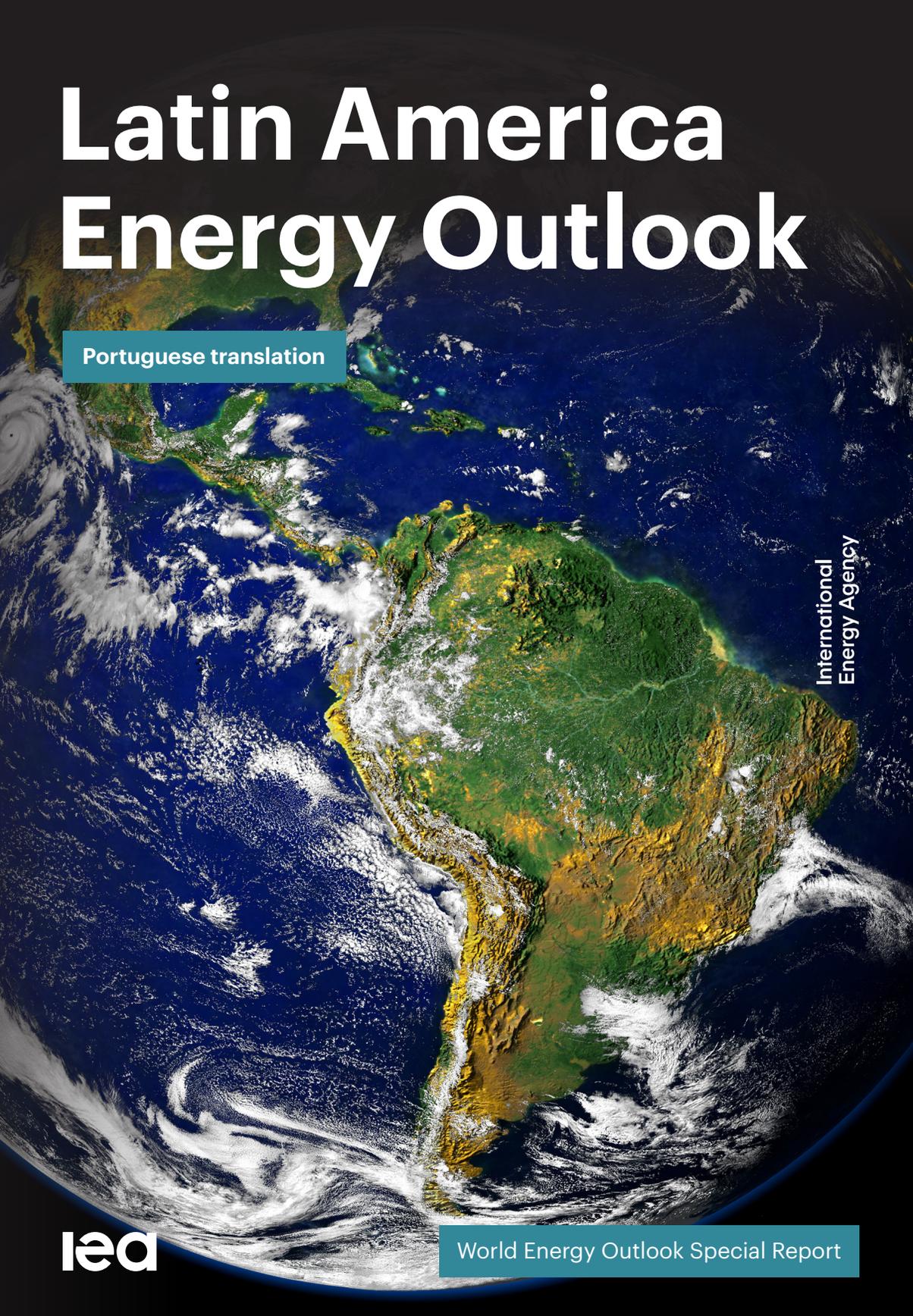


Latin America Energy Outlook

A satellite-style image of the Earth showing the Latin American and Caribbean region. The landmasses are colored in shades of green and yellow, indicating vegetation and terrain. The surrounding oceans are a deep blue, and white clouds are scattered across the scene. The title 'Latin America Energy Outlook' is overlaid in large white text at the top.

Portuguese translation

International
Energy Agency

iea

World Energy Outlook Special Report

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 13 association countries and beyond.

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at www.iea.org/terms

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Republic of Türkiye
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Argentina
Brazil
China
Egypt
India
Indonesia
Kenya
Morocco
Senegal
Singapore
South Africa
Thailand
Ukraine

Em muitos indicadores, a região da América Latina e Caribe destaca-se pela sua extraordinária dotação de recursos naturais, tanto combustíveis fósseis quanto energias renováveis, e pela sua história de elaboração de políticas que proporcionou, notavelmente, um dos setores elétricos mais limpos do mundo. A expansão das tecnologias de energias renováveis, como a energia hidrelétrica e a bioenergia, inicialmente impulsionada por uma ênfase na segurança energética, foi mais recentemente impulsionada por um compromisso cada vez mais profundo com a sustentabilidade. Dezesesseis dos 33 países da região comprometeram-se a alcançar zero emissões líquidas até meados do século ou antes, e a maioria apresentou metas climáticas atualizadas e cada vez mais ambiciosas, relacionadas ao acordo climático de Paris de 2015.

Nosso *Latin America Energy Outlook*, a primeira avaliação aprofundada e abrangente da Agência Internacional de Energia (AIE) da América Latina e Caribe, baseia-se em décadas de colaboração com parceiros em toda a região. Em apoio aos objetivos energéticos da América Latina e Caribe, este relatório explora as oportunidades e os desafios que temos pela frente, fornecendo informações sobre como o futuro energético da região e as principais tendências globais estão profundamente interligados.

Um trunfo fundamental para a região é o seu setor elétrico de baixas emissões. Isso estabelece as bases para outros aspectos fundamentais das transições energéticas, incluindo uma produção extensiva e limpa de mercadorias e a produção de combustíveis como o hidrogênio de baixas emissões. Seus recursos e a profunda experiência em bioenergia sustentável também posicionam a região como líder em combustíveis sustentáveis para transporte em nível nacional e mundial. Entretanto, a eletrificação global dos transportes e a expansão das redes elétricas geram uma corrida na procura por minerais críticos, como o cobre, o lítio, os elementos raros e o grafite. As amplas reservas desses minerais da região fazem com que esta esteja em uma posição privilegiada para expandir sua produção e suprir as necessidades da transição global para energias limpas, com potencial adicional para subir na cadeia de valor para o refino e processamento.

Colher estes benefícios exigirá uma visão estratégica clara, políticas públicas robustas e amplas parcerias entre governos e outras partes interessadas. Os países da região precisam conceber e implementar políticas e normas que atraiam investimentos substanciais, garantam a sustentabilidade e proporcionem transições justas e equitativas. Isto inclui superar os desafios remanescentes no acesso à energia, criando simultaneamente empregos e estimulando a inovação nos setores emergentes de energia limpa.

O petróleo e o gás continuam importantes na região. O gás natural equilibra o abastecimento dos sistemas de eletricidade e é um combustível essencial para a indústria, enquanto a maioria dos veículos rodoviários depende do petróleo, apesar da prevalência dos biocombustíveis. A América Latina e Caribe, que abrigam abundantes recursos de petróleo e de gás, continuarão a desempenhar um papel vital no abastecimento dos mercados internacionais, embora se preveja que a demanda global por petróleo e gás atinja o seu pico nesta década sob as configurações políticas atuais. A gestão dessa transição exigirá a cooperação de um amplo conjunto de partes interessadas que estejam dispostas a se adaptar e a inovar à medida que as necessidades locais e globais mudam nos próximos anos.

Este relatório é uma prova das fortes relações da AIE com países da América Latina e Caribe, incluindo cinco membros da família da AIE: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e México. Além disso, este relatório reflete as contribuições de funcionários governamentais, especialistas e partes interessadas de 17 países da região. Também fornece uma base para a nossa colaboração com outras instituições internacionais na região, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento, a Organização Latino-Americana de Energia e a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe das Nações Unidas.

Gostaria de agradecer aos colegas da AIE, liderados por Stéphanie Bouckaert e Brent Wanner, que realizaram a pesquisa, modelagem e análise que resultaram neste importante marco no trabalho da nossa Agência com a região, que continuará a expandir-se nos próximos anos. Espero uma maior cooperação regional e bilateral inspirada nas conclusões deste relatório.

A AIE está pronta para apoiar os países da região à medida que avançam nas suas transições para energias limpas, construindo no processo um sistema energético global mais seguro e mais justo.

Dr Fatih Birol
Diretor Executivo
Agência Internacional de Energia

Este estudo foi preparado pela equipe do World Energy Outlook (WEO) da Diretoria de Sustentabilidade, Tecnologia e Panoramas em cooperação com outras diretorias e escritórios da Agência Internacional de Energia (AIE).

O estudo foi elaborado e dirigido por **Laura Cozzi**, Diretora de Sustentabilidade, Tecnologia e Panoramas. Os principais autores e coordenadores da análise foram **Stéphanie Bouckaert** e **Brent Wanner**. **Joerg Husar** liderou as relações institucionais, com o apoio de **Alejandra Bernal**.

O relatório se beneficiou do apoio e das contribuições do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Os principais autores da AIE neste relatório foram: **Oskaras Alšauskas** (transporte), **Lucila Arboleya Sarazola** (líder em investimento), **Daniel Crow** (líder em modelagem climática e setor de uso da terra), **Julie Dallard** (líder do Capítulo 5, eletricidade), **Amrita Dasgupta** (líder do Capítulo 1, minerais críticos), **Tomás De Oliveira Bredariol** (líder em produção de combustíveis, minerais críticos), **Eric Fabozzi** (eletricidade), **Víctor García Tapia** (edifícios, eficiência energética), **Bruno Idini** (transições centradas em pessoas), **Javier Jorquera Copier** (integração elétrica regional), **Martin Kueppers** (líder do Capítulo 2, indústria), **Jennifer Ortiz** (água), **Diana Perez Sanchez** (líder em políticas, indústria), **Apostolos Petropoulos** (líder do Capítulo 5, líder em transporte), **Amalia Pizarro** (líder em hidrogênio), **Max Schoenfish** (eletricidade, hidrogênio), **Ryota Taniguchi** (eletricidade, política climática), **Natalia Triunfo** (transporte) e **Anthony Vautrin** (resposta pelo lado da demanda).

Outras contribuições importantes foram feitas por: **Yasmine Aرسالane**, **Praveen Bains**, **Clara Camarasa**, **Pedro Carvalho**, **Olivia Chen**, **Yunyou Chen**, **Chiara D'Adamo**, **Davide D'Ambrosio**, **Michael Drtil**, **Jérôme Hilaire**, **Paul Hugues**, **Hyeji Kim**, **Yun Young Kim**, **Peter Levi**, **Jinsun Lim**, **Yannick Monschauer**, **Jeremy Moorhouse**, **Ana Morgado**, **Maximilian Olmos Van Velden**, **Alessio Pastore**, **Francesco Pavan**, **Matthieu Prin**, **Arthur Rogé**, **Gabriel Saive**, **Leonie Staas**, **Matthieu Suire**, **Gianluca Tonolo**, **Fernanda Vilar**, **Christoph Winkler** e **Peter Zeniewski**.

Marina Dos Santos e **Reka Koczka** prestaram apoio essencial.

Edmund Hosker assumiu a responsabilidade editorial. **Debra Justus** atuou como revisora geral.

Comentários e feedback valiosos foram fornecidos por outros gestores seniores e vários outros colegas da AIE. Em particular, **Mary Warlick**, **Araceli Fernández**, **Rebecca Gaghen**, **Tim Gould**, **Timur Gül**, **Dennis Hesseling**, **Pablo Hevia-Koch**, **Tae-Yoon Kim**, **Christophe McGlade**, **Brian Motherway**, **Uwe Remme**, **Thomas Spencer** e **Daniel Wetzel**.

Agradecemos ao Escritório de Comunicações e Mídias Digitais da AIE pela ajuda na produção do relatório e dos materiais do site, especialmente a **Jethro Mullen**, **Poeli Bojorquez**, **Curtis Brainard**, **Jon Custer**, **Hortense de Roffignac**, **Astrid Dumond**, **Merve Erdil**, **Grace Gordon**, **Julia Horowitz**, **Oliver Joy**, **Isabelle Nonain-Semelin**, **Julie Puech**, **Robert Stone**, **Sam Tarling**, **Clara Vallois**, **Lucile Wall**, **Therese Walsh** e **Wonjik Yang**. O Gabinete do Diretor Jurídico da AIE, o Gabinete de Gestão e Administração e o Centro de Dados de Energia prestaram assistência durante a preparação do relatório.

Valiosas contribuições para esta análise foram feitas por Ana Lepure, Luiz Gustavo Silva de Oliveira e David Wilkinson (consultores independentes).

Apoio à modelagem da poluição do ar e dos impactos associados à saúde foi fornecido por Peter Rafaj, Gregor Kiesewetter, Laura Warnecke, Katrin Kaltenecker, Jessica Slater, Chris Heyes, Wolfgang Schöpp, Fabian Wagner e Zbigniew Klimont (Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados). Foram fornecidas contribuições valiosas para a modelagem e análise de emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso da terra, agricultura e produção de bioenergia por Nicklas Forsell, Zuelclady Araujo Gutierrez, Andrey Lessa-Derci-Augustynczik, Stefan Frank, Pekka Lauri, Mykola Gusti e Petr Havlík (Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados).

Esta análise recebeu o apoio do Clean Energy Transitions Programme da AIE, iniciativa emblemática para transformar o sistema energético mundial rumo a um futuro seguro e sustentável para todos.

Agradecemos também à Organização Latino-Americana de Energia (OLADE) e à Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL). Recebemos apoio adicional da alta administração do Banco Interamericano de Desenvolvimento, em particular Ariel Yépez García (Gerente do Setor de Infraestrutura e Energia) e Marcelino Madrigal (Chefe da Divisão de Energia).

Revisores

Muitos funcionários seniores de governos e especialistas internacionais forneceram contribuições e analisaram as minutas do relatório. Seus comentários e sugestões foram de grande valia. Eles incluem:

Oscar Álamos	ISA INTERCHILE
Túlio Alves	Comisión De Integración Energética Regional
Carlos Ares	Asociación Argentina de Hidrógeno
Kimberly Ballou	US Department of Energy
Gustavo Barbarán	Secretaría de Energía, Argentina
Esteban Barrantes	Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica
Luiz Barroso	PSR - Energy Consulting and Analytics
Harmeet Bawa	Hitachi Energy
Isabel Beltran	Global Energy Alliance for People and Planet
Ilse Berdellans Escobar	International Atomic Energy Agency
Fernando Branger	CAF Banco de Desarrollo de America Latina
Luciano Caratori	Instituto y Fundación Torcuato Di Tella
Jorge Cárcamo	Ministerio de energía de Honduras
Joana Chiavari	Climate Policy Initiative (CPI/PUC-Rio)
Fiona Clouder	ClouderVista

Suani Coelho	Universidade de São Paulo
Patricia Colaferro	Alacero, Asociación Latinoamericana del Acero
Manlio Coviello	TERNA Plus
Gustavo Naciff de Andrade	Empresa de Pesquisa Energética
Nelson Delgado	Asociación Mexicana de Energía Solar Fotovoltaica, A.C.
Nicolas Di Sbroiavacca	Fundación Bariloche
Esteban Echeverría	Alianza por el Hidrógeno
Ramón Fiestas	Comitê da América Latina do Conselho Global de Energia Eólica
Edward Enrique Fuentes	Ministerio de Energía y Minas de Guatemala
Sebastian Galarza	Centro Movilidad Sostenible
Elbia Gannoum	Associação Brasileira de Energia Eólica
Carlos Garibaldi	Associação Regional de Empresas de Petróleo, Gás e Biocombustíveis na América Latina e no Caribe
Felipe Gonçalves	Fundação Getúlio Vargas
Patricia Costa Gonzalez de Nunes	Empresa de Pesquisa Energética
Francesca Gostinelli	ENEL
Andrea Heins	World Energy Council Argentine Committee
Sebastian Kind	Greenmap
Marcos Kulka	H2 Chile
Antonio Levy	Agência Alemã para Cooperação Internacional
Rosilena Lindo	Get.Transform
Fernando Llaver	Splight
Alvaro Lorca	Pontificia Universidad Católica de Chile
Aida Lorenzo	Bioenergy Community of Practice / LEDS LAC
Natacha Marzolf	Banco Interamericano de Desenvolvimento
Albert Melo	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Sebastian Nieto Parra	OECD Development Centre
Luis Alberto Orjuela López	Ministerio de Minas y Energía de Colombia
Brendan Oviedo	Asociación Peruana de Energías Renovables
Camilo Pabón	International Transport Forum
Giovanni Pabón	Transforma
Juan Roberto Paredes	Banco Interamericano de Desenvolvimento
Glenn Pearce-Oroz	Sustainable Energy for All
Joaquín Perez Torres	Secretaría de Energía
José Ignacio Perez-Arriaga	Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas, España
Vicky Pollard	DG for Climate Action, European Commission

Rayén Quiroga	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
Vanderleia Radaelli	Banco Interamericano de Desenvolvimento
Ricardo Raineri	Pontificia Universidad Católica de Chile
Andres Rebolledo	Organización Latinoamericana de Energía
Carla Reque	Ministerio De Hidrocarburos Y Energías, Bolivia
Mauricio Roitman	ITBA University
Ana Lía Rojas	Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento
Marina Ruete	International Institute for Sustainable Development
Carlos Salgado	United Nations Development Programme
Ignacio Santelices	Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica Latinoamericanas
Gustavo Santos Masili	Ministério de Minas e Energia do Brasil
Claudio Seebach	Generadoras de Chile / World Energy Council
Roxana Serpa Vargas	Consultora Independente
Paul Simons	Yale University
Leonardo Stanley	Centro de Estudio de Estado y Sociedad
Wilmar Suárez	C40 Cities
Javier Toro Cabrera	Comisión Nacional de Energía, Chile
Joaquin Ubogui	McKinsey & Co
Patricia Ventura Nicolas	IPD Latin America
Arnaldo Vieira de Carvalho	Esconsult International
Carlos Villalobos	Universidad de Talca
Veronica Vukasovic	Agência Alemã de Cooperação Internacional, Chile / H2LAC
Virginia Zalaquett	Pontificia Universidad Católica de Chile

O trabalho reflete as opiniões do Secretariado da Agência Internacional de Energia, mas não reflete necessariamente as de países membros da AIE ou de qualquer financiador, apoiador ou colaborador específico. Nenhum membro da AIE ou qualquer financiador, apoiador ou colaborador que contribuiu para este trabalho faz qualquer declaração ou garantia, expressa ou implícita, em relação ao conteúdo do trabalho (incluindo sua integridade ou precisão) e não será responsável por qualquer uso ou fundamentação neste trabalho.

Este documento e qualquer mapa aqui incluído são apresentados sem prejuízo do status ou da soberania sobre qualquer território, da delimitação de fronteiras e limites internacionais e do nome de qualquer território, cidade ou área.

Comentários e perguntas são bem-vindos e devem ser endereçados para:

Laura Cozzi

Directorate of Sustainability, Technology and Outlooks (Diretoria de Sustentabilidade,
Tecnologia e Panoramas)

International Energy Agency

9, rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15

França

E-mail: weo@iea.org

Mais informações sobre o World Energy Outlook podem ser acessadas em
www.iea.org/weo.

Prefácio.....	3
Agradecimentos.....	5
Sumário executivo	15

1

<i>Situação atual</i>	23
1.1 Visão geral	24
1.1.1 Economia.....	27
1.1.2 Demografia.....	33
1.2 Investimento e financiamento	35
1.2.1 Investimento	36
1.2.2 Financiamento.....	38
1.3 Tendências de energia e emissões	41
1.3.1 Demanda energética	41
1.3.2 Geração de eletricidade	45
1.3.3 Recursos e oferta de energia.....	47
1.3.4 Meio ambiente.....	53
1.4 Pobreza energética e acessibilidade	56
1.4.1 Acesso à energia moderna	56
1.4.2 Acessibilidade e desigualdade.....	57
1.5 Políticas energéticas, compromissos climáticos e Contribuições Nacionalmente Determinadas	61

2

<i>Panorama de energia e emissões</i>	65
2.1 Introdução	67
2.1.1 População e crescimento econômico.....	70
2.2 Oferta total de energia	72
2.3 Consumo final de energia	77
2.3.1 Transporte.....	78
2.3.2 Indústria	83
2.3.3 Edificações.....	90
2.4 Setor elétrico	94
2.4.1 Demanda de eletricidade	94
2.4.2 Geração da eletricidade	97
2.4.3 Capacidade elétrica instalada.....	100
2.4.4 Investimento no setor elétrico	101
2.4.5 Flexibilidade do sistema elétrico	102

2.5	Produção de energia.....	104
2.5.1	Combustíveis fósseis	104
2.5.2	Bioenergia e hidrogênio	110
2.6	Emissões e poluição do ar.....	113
2.6.1	Emissões de CO ₂ relacionadas com a energia	113
2.6.2	Poluição do ar.....	114

3

Áreas chave para ação política

117

3.1	Transporte urbano e cidades sustentáveis	119
3.1.1	Desenvolvimento de mobilidade urbana de baixo carbono.....	120
3.1.2	Poluição do ar urbana	122
3.2	Aproveitar o potencial de eficiência energética	125
3.2.1	Potencial da economia de combustível para reduzir a demanda de petróleo nos transportes.....	127
3.2.2	Códigos de energia para construção e padrões mínimos de performance energética para aparelhos.....	128
3.2.3	Aumentar a eficiência em indústrias não intensivas em energia	131
3.3	Minerais críticos: um contribuinte chave à segurança mineral global e ao crescimento econômico regional.....	132
3.3.1	Perspectivas de oferta.....	132
3.3.2	Mineração responsável e sustentável	135
3.3.3	Subir na cadeia de produção.....	137
3.4	Hidrogênio: uma nova fronteira energética	139
3.4.1	Perspectivas de demanda por hidrogênio de baixas emissões e combustíveis à base de hidrogênio	140
3.4.2	Produção de hidrogênio de baixas emissões	144
3.5	Transições centradas em pessoas.....	147
3.5.1	Acesso à energia.....	147
3.5.2	Acessibilidade dos preços de energia.....	150
3.5.3	Emprego no setor energético.....	152
3.6	Segurança e integração elétrica regional.....	155
3.6.1	Justificativa para maior integração elétrica regional	155
3.6.2	Benefícios e desafios para melhorar a integração elétrica regional.....	159
3.7	Transições em economias produtoras.....	162
3.7.1	Equilibrar as perspectivas de demanda de curto e longo prazo.....	162
3.7.2	Reduzir as emissões de gases de efeito estufa.....	165
3.7.3	Diversificar as economias.....	167

3.8	Bioenergia: uma oportunidade sustentável	168
3.8.1	Biocombustíveis líquidos.....	168
3.8.2	Biogás e biometano.....	174
3.8.3	Oferta de bioenergia	175
3.9	Alcançar emissões líquidas zero: investimento e financiamento	176
3.9.1	Fontes de financiamento.....	177
3.9.2	Desafios e formas de mobilizar mais investimento.....	180

4

Implicações para transições globais e segurança energética **185**

4.1	Papel da América Latina e Caribe na definição das tendências energéticas globais.....	186
4.1.1	Demanda energética	186
4.1.2	Emissões de CO ₂ relacionadas com a energia	188
4.1.3	Emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso da terra e da agricultura	190
4.2	Papel da ALC para alcançar transições globais para energias limpas e no apoio à segurança energética	193
4.2.1	Diversidade da oferta de combustíveis fósseis	193
4.2.2	Hidrogênio de baixas emissões, combustíveis à base de hidrogênio e produtos relacionados	199
4.2.3	Minerais críticos	206

5

Perfis energéticos regionais e nacionais **209**

	Introdução.....	209
	América Latina e Caribe	210
	Argentina	216
	Brasil	222
	Chile	228
	Colômbia.....	234
	Costa Rica.....	240
	México	246
	Notas.....	252

Anexos

Anexo A.	Tabelas para projeções de cenários	257
Anexo B.	Definições.....	271
Anexo C.	Referências	293

A América Latina e Caribe está bem posicionada para prosperar à medida que o mundo avança para uma era de energia limpa

A forma como a América Latina e Caribe utiliza os seus vastos recursos moldará o futuro energético da região e o seu papel no sistema energético global. A América Latina e Caribe é uma região simultaneamente grande e diversificada em termos de desenvolvimento econômico e de recursos naturais. É rica em combustíveis fósseis e energias renováveis, bem como em minerais críticos. Seja aproveitando biocombustíveis no Brasil, energia hidrelétrica no Brasil, Venezuela, México, Colômbia, Argentina e Paraguai, ou recursos solares e eólicos de alta qualidade no Brasil, México, Chile ou Argentina; produzindo cobre ou lítio no Chile, Peru, e Argentina, minerais essenciais para tecnologias de energia limpa; ou explorando os vastos recursos de petróleo e gás natural na Venezuela, Brasil, Colômbia, Argentina, México ou Guiana, a América Latina e Caribe está bem posicionada para prosperar, contribuir para a segurança energética global e alcançar os objetivos climáticos à medida que as transições para energias limpas avançam.

Os combustíveis fósseis representam cerca de dois terços da matriz energética da região, consideravelmente inferior à média global de 80%, graças à parcela de 60% das energias renováveis na geração de eletricidade. A energia hidrelétrica, sozinha, é responsável por 45% do fornecimento de eletricidade na região. Na Costa Rica e no Paraguai, quase todo o fornecimento de eletricidade provém de fontes renováveis. Os combustíveis fósseis dominam em muitos setores de uso final e o petróleo é, notadamente, o principal combustível utilizado nos transportes. Contudo, a parcela de biocombustíveis no transporte rodoviário é o dobro da média global. A América Latina e Caribe foi responsável por 5% de todas as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) relacionadas à energia desde 1971, representando ao mesmo tempo 9% do PIB global durante esse período. Atualmente, a região é uma exportadora líquida de petróleo bruto e carvão, mas uma importadora líquida de produtos petrolíferos e de gás natural.

A América Latina e Caribe representa hoje 8% da população mundial e 7% da economia global, mas pode desempenhar um papel de grande impacto na nova economia energética. Com grandes recursos de petróleo e gás, a região pode ajudar a diversificar o fornecimento desses produtos no curto prazo. A região também está progredindo no desenvolvimento e exportação de biocombustíveis avançados e hidrogênio com baixas emissões, e está intensificando a produção de minerais essenciais para tecnologias de energia limpa. A região possui tudo o que precisa para transições seguras, acessíveis e rápidas. Além disso, o sucesso na América Latina e Caribe pode trazer muitos benefícios ao mundo.

As transições para energias limpas oferecem oportunidades para um crescimento econômico mais forte

A economia da América Latina e Caribe está emergindo de um período de crescimento lento nos últimos dez anos. A taxa de expansão da região foi um terço da média global durante esse período. Os ônus substanciais da dívida, déficits fiscais, inflação elevada e a crise energética mundial travaram o crescimento econômico. Isso gerou ecos da chamada “década perdida” de 1980, quando o PIB regional cresceu lentamente em meio a crises de dívida e queda dos investimentos.

Um crescimento econômico mais forte pode ser alcançado com políticas energéticas sólidas e desenvolvimento de recursos. Prevê-se que o crescimento econômico aumente na próxima década para mais que o dobro da taxa de desenvolvimento econômico observada nos últimos dez anos, à medida que os países fortalecem os seus setores industriais e de serviços, concentram-se em produtos de maior valor e aproveitam os vastos recursos energéticos e minerais da região, o que também impulsionará a competitividade econômica dos setores com utilização intensiva de energia. É necessária uma série de medidas para atrair o investimento estrangeiro direto, tais como a implementação de estruturas regulatórias claras, a simplificação dos procedimentos administrativos e o trabalho em estreita colaboração com as instituições de desenvolvimento.

Nosso *Latin America Energy Outlook 2023 (Panorama Energético da América Latina 2023)*, o primeiro panorama da Agência Internacional de Energia para a região, contém análises aprofundadas das tendências energéticas e climáticas para a região e seus países, identificando oportunidades e desafios chave, à medida que um crescimento mais robusto retorna. Este relatório explora três cenários. O relatório se concentra no Cenário de Políticas Declaradas (STEPS), que reflete as configurações políticas atuais, e no Cenário de Compromissos Anunciados (APS), que pressupõe que todos os compromissos e metas sejam alcançados na íntegra e dentro do prazo, incluindo as metas climáticas estabelecidas pelas Contribuições Nacionalmente Determinadas. O APS também reflete os compromissos de emissões líquidas zero assumidos por 16 países: Antígua e Barbuda, Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Dominica, República Dominicana, Granada, Guiana, Jamaica, Panamá, Peru, Suriname e Uruguai, que em conjunto são responsáveis por 60% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas à energia e dois terços do PIB da região. O progresso também é comparado com o Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE), que estabelece um caminho para descarbonizar o sistema energético global até a metade do século.

A eletricidade limpa constitui um trampolim para a transição da região

Amplos recursos renováveis representam uma oportunidade para tornar o setor elétrico na América Latina e Caribe —um dos mais limpos do mundo— ainda mais limpo. As fontes de eletricidade renováveis ultrapassam o crescimento da demanda de eletricidade em todos os cenários, aumentando a sua parcela de fornecimento de eletricidade de pouco mais de 60% atualmente, para dois terços em 2030 e 80% em 2050 com as configurações políticas atuais. A energia hidrelétrica, a base do fornecimento de eletricidade da região há décadas, fornece atualmente a maior parte da eletricidade no Brasil, na Colômbia, na Costa Rica, no Equador, no Panamá, no Paraguai e na Venezuela. Embora as suas perspectivas de crescimento sejam mais limitadas no futuro devido a preocupações ambientais e sociais, a energia hidrelétrica representa uma enorme fonte de flexibilidade. Isso será fundamental, uma vez que a parcela de energia solar fotovoltaica e eólica na produção de eletricidade duplicará até 2030, passando dos atuais 11%, e atingirá 40% em 2050. Brasil, México, Chile e Argentina lideram o caminho no desenvolvimento de energia solar fotovoltaica e eólica. O gás natural continuará a gerar cerca de um quarto da eletricidade até 2030, enquanto o carvão e o petróleo diminuem rapidamente. No APS, a região acelera a mudança para as energias renováveis, ultrapassando a parcela de 70% em 2030, dez anos antes do STEPS, e mais de 90% em 2050.

Integração regional oferece segurança adicional e benefícios em termos de custos à medida que a matriz de eletricidade evolui. Ainda que os benefícios sejam bem compreendidos e tenha sido feito progresso nas interconexões bilaterais e nas usinas de propriedade conjunta, o comércio transnacional de eletricidade continua limitado. A nossa análise conclui que os benefícios de uma integração regional mais forte na América Latina e Caribe aumentarão devido a vários fatores: conectar países com diferentes participações de energia eólica e solar fotovoltaica reduziria as necessidades de flexibilidade, explorar um conjunto mais amplo de recursos programáveis melhoraria a flexibilidade do fornecimento; e a conexão entre a demanda e a oferta de eletricidade de diferentes zonas climáticas proporcionaria maior resiliência às condições em transformação.

A eletricidade torna-se mais central para a economia regional e é a forma final de energia que mais cresce na América Latina e Caribe. A demanda de eletricidade crescerá 90% até 2050 com as configurações políticas atuais e 180% para cumprir com todos os compromissos e metas, o que duplica a parcela de eletricidade no consumo final total. Energias renováveis baratas na região proporcionam à eletricidade uma vantagem de custo em muitas aplicações em relação a outros combustíveis, especialmente o gás natural em países importadores. No APS, o principal fator que impulsiona o crescimento da demanda de eletricidade é a produção de hidrogênio, seguida pelas edificações (incluindo eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado), a eletrificação dos transportes (com quase 16 milhões de veículos elétricos, incluindo ônibus, nas estradas até 2030) e crescimento da indústria para produzir ferro e aço, alumínio e produtos químicos mais limpos. Os picos na demanda de eletricidade aumentam ainda mais rapidamente do que a demanda média em ambos os cenários, reforçando a necessidade de capacidade programável e de armazenamento para manter a segurança elétrica.

As políticas determinam o caminho para a matriz energética na América Latina e Caribe

As configurações políticas atuais estabelecem um rumo para um crescimento modesto da utilização de combustíveis fósseis na região a longo prazo, complementado por energias renováveis. À medida que a demanda total de energia ultrapassa o crescimento dos combustíveis fósseis, a sua participação na matriz energética cai dos 67% atuais para 63% em 2030 e 54% em 2050. Nesse caminho, a utilização do petróleo registra um crescimento modesto, permanecendo de longe o combustível dominante nos transportes, apesar da maior utilização de biocombustíveis e dos veículos elétricos ganharem força. O gás natural também continua a crescer, com uma nova demanda da indústria de produtos químicos, ferro e aço no México, Argentina e Brasil, somando-se à crescente utilização nos transportes e edificações, e à demanda estável no setor elétrico. O carvão continua sendo uma pequena parte da matriz energética da região à medida que sua demanda diminui, com reduções no setor elétrico do Chile, Brasil e México sendo parcialmente compensadas por uma maior utilização na indústria. Apesar do crescimento dos combustíveis fósseis, as energias renováveis atendem à maior parte da nova demanda de energia na região nas configurações políticas atuais, lideradas pela expansão da eletricidade renovável, além de uma duplicação da utilização de biocombustíveis nos transportes e de maior uso de bioenergia na indústria. Isso aumenta a percentagem de energias renováveis de 28% em 2022 para mais de 40% em 2050.

O cumprimento de todos os compromissos e metas dentro do prazo estabelece um caminho diferente para a América Latina e Caribe, levando a um declínio no uso de combustíveis fósseis em favor de fontes de baixas emissões. Nesse caminho, o consumo de cada combustível fóssil atinge o seu pico nesta década e depois diminui de forma progressiva. A utilização de petróleo será reduzida em mais da metade até 2050, com a maior parte das reduções nos transportes devido à maior disponibilidade de transportes públicos, veículos elétricos, ganhos de eficiência e combustíveis mais limpos. O Brasil lidera a expansão do uso sustentável de biocombustíveis, enquanto o Chile e o México aumentam suas frotas de veículos elétricos. Nesta trajetória, a utilização de gás natural na região diminuirá em um terço até 2050, com as maiores reduções no setor elétrico na Argentina, no Brasil, no México, no Chile e na Colômbia. A descarbonização da eletricidade nesses países para cumprir compromissos e metas é também o principal fator para impulsionar as reduções mais profundas no uso de carvão e para um crescimento mais rápido das energias renováveis na região.

Medidas de eficiência energética em edificações, transportes e indústria controlam o crescimento da demanda de energia, ao mesmo tempo que proporcionam uma vasta gama de benefícios sociais. Até o momento, políticas de eficiência energética não são difundidas na região. Menos de um terço dos países tem padrões mínimos de performance energética para equipamentos industriais ou eletrodomésticos e poucos têm normas compulsórias de energia para edificações. Uma melhor cobertura dos padrões de desempenho em todos os setores, normas de economia de combustíveis mais rigorosas e normas de construção atualizadas relacionadas à energia reduzem o crescimento do consumo de energia final em um quinto em 2030. A adoção das melhores tecnologias disponíveis para produtos como os aparelhos de ar-condicionado modera o crescimento da demanda de energia com pouco ou nenhum custo para os consumidores.

Grandes recursos permitem um fornecimento dinâmico e diversificado de combustível tradicional e mais limpo na região

A América Latina e Caribe produziu mais de 8 milhões de barris de petróleo por dia (mb/d) em 2022, excedendo a demanda regional com um valor de produção de US\$ 230 bilhões de dólares, com mais recursos disponíveis para aumentar a produção. Atualmente, os maiores produtores de petróleo da região são Brasil, México, Colômbia, Venezuela e Argentina e eles estão em vários estágios de desenvolvimento de recursos. Na Venezuela, a produção de petróleo diminuiu três quartos desde 2010 e as fontes convencionais na Argentina mostram sinais de declínio. Por outro lado, a produção no Brasil aumentou quase 40% desde 2010 e começou recentemente na Guiana após uma onda de descobertas *offshore*. Incluindo esses recursos, a região detém cerca de 15% dos recursos mundiais de petróleo e gás. Até 2030, a produção de petróleo na região ultrapassará o crescimento da demanda, acrescentando cerca de 2 mb/d de exportações líquidas. O Brasil e a Guiana aumentam a produção de petróleo em mais de 1 mb/d, o que lhes confere dois dos três maiores aumentos nas exportações líquidas do mundo até 2035. No entanto, quaisquer novos projetos enfrentariam grandes riscos comerciais se o mundo estivesse no caminho certo rumo às emissões líquidas zero até 2050, já que a demanda de petróleo diminuiria rapidamente.

A região produziu cerca de 5% do gás natural mundial em 2022, mas é uma importadora líquida de gás e permanece assim neste panorama, apesar de deter grandes recursos. A produção de gás natural apresenta uma ligeira redução na região até 2030 sob as configurações políticas atuais, aumentando sua balança de importações. Se os compromissos e metas forem cumpridos na íntegra, incluindo a redução da queima e das emissões de metano, a produção de gás natural diminuirá de forma gradual, mas a demanda cairá mais rapidamente, especialmente depois de 2030, reduzindo a balança de importação em 30 bilhões de metros cúbicos (bcm) em 2050, em relação ao nível atual. A Argentina expande a produção de gás em ambos os casos, explorando recursos não convencionais, sendo a maior parte do gás consumido na região. A produção cai em vários outros países, como Trinidad e Tobago. Argentina, Brasil, México, Colômbia e Venezuela têm mais recursos de gás que poderiam ser explorados face a uma maior demanda, preços de mercado atrativos e custos de produção inferiores ao esperado.

A América Latina e Caribe tem um enorme potencial para expandir a produção de combustíveis com baixas emissões. A bioenergia é uma indústria em crescimento na região e os biocombustíveis, em particular, podem ajudar a cumprir as metas climáticas e de segurança energética. O Brasil é um importante produtor e consumidor de biocombustíveis, sendo o bioetanol muito utilizado no transporte rodoviário. Com mais apoio político, a utilização de biogás e biometano também pode se expandir na produção de eletricidade e nos transportes. Os biocombustíveis avançados têm um potencial significativo, como a exportação economicamente competitiva de bioquerosene para aviação. Com abundantes recursos energéticos renováveis, a região tem potencial para se tornar um grande produtor de hidrogênio de baixo custo e baixas emissões e combustíveis relacionados, particularmente na Argentina, Brasil, Colômbia e Chile. Já há anúncios de projetos significativos de hidrogênio de baixas emissões. Além das aplicações tradicionais do hidrogênio, como o refino e produtos químicos, o hidrogênio de baixas emissões também permitiria reduções de emissões em outras aplicações industriais. Por exemplo, o desenvolvimento da produção de ferro com baixas emissões de carbono e com custos competitivos poderia proporcionar um grande impulso à economia regional e atrair investimento estrangeiro.

As transições globais abrem grandes mercados para a América Latina e Caribe

Recursos minerais significativos oferecem oportunidades para diversificar a oferta global e proporcionar crescimento econômico, permitindo ao mesmo tempo transições globais para energias limpas. A região possui um terço ou mais das reservas globais de lítio, cobre e prata. As receitas da produção de minerais críticos (grafite, bauxita, níquel, zinco, lítio, cobre e neodímio) totalizaram cerca de US\$ 100 bilhões em 2022. No APS, estas receitas ultrapassam as provenientes da produção de combustíveis fósseis antes de 2050. As exportações de cobre e lítio devem ser especialmente significativas: o cobre como um componente essencial das redes elétricas, que precisam ser fortalecidas e expandidas, e o lítio para impulsionar a utilização de veículos elétricos e o armazenamento em baterias à medida que mais energias renováveis são integradas aos sistemas de eletricidade.

A região dispõe de recursos que a posicionam bem para um sistema energético em evolução, desde o petróleo e o gás de xisto até as energias renováveis, minerais e metais. O progresso nas cadeias produtivas, de exportações de minerais brutos e minérios para a produção de materiais refinados e processados, pode beneficiar a economia da região e promover o desenvolvimento tecnológico. Os produtores precisam ser ágeis e fazer uma boa leitura dos mercados para aproveitar novas oportunidades. Em todos os casos, padrões elevados em questões ambientais, sociais e de governança, incluindo atenção às emissões de metano, farão uma enorme diferença para as perspectivas.

Para cumprir com os objetivos nacionais e aproveitar as oportunidades globais, a região deve lidar com as lacunas políticas, aumentar os investimentos e colocar as pessoas no centro das suas estratégias

Existe uma lacuna significativa na implementação dos compromissos anunciados para a América Latina e Caribe, uma vez que as configurações políticas atuais conduzem ao aumento das emissões de CO₂, enquanto os compromissos climáticos exigem cortes profundos. É necessário resolver as lacunas políticas para também resolver a diferença entre a trajetória das emissões de CO₂ no STEPS, que sobe das atuais 1 660 milhões de toneladas (Mt) para 1 850 Mt em 2050, e no APS, onde estas emissões caem para menos de 800 Mt em 2050. A nossa análise aponta para as energias renováveis, a eletrificação, a eficiência energética e outras medidas para reduzir a demanda como as principais áreas que requerem maior atenção por parte dos legisladores e medidas de implementação mais fortes.

Juntamente à energia, abordagens para reduzir as emissões na região também devem observar seriamente mudanças no uso da terra e a agricultura. Atualmente, mudanças no uso da terra e a agricultura produzem 45% das emissões regionais de gases de efeito estufa (GEE). Após décadas de perda de cobertura arbórea, os compromissos do APS levam a uma redução de 80% no desmatamento florestal primário até 2030 e a um crescimento florestal líquido de 100 milhões de hectares até 2050. Juntamente com melhores práticas de gestão de recursos, o uso da terra e a agricultura atingem zero emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2030, com os esforços de reflorestamento no Brasil e no México desempenhando um papel fundamental.

O investimento em energia limpa precisa de um grande impulso para alcançar os objetivos de redução das emissões relacionadas à energia e para a busca de oportunidades internacionais. No APS, o investimento em energias limpas duplica até 2030, para US\$ 150 bilhões, e aumenta cinco vezes até 2050. A proporção entre investimento em fontes limpas e combustíveis fósseis sem captura de emissões aumentará de cerca de 1:1 atualmente para 4:1 durante a década de 2030. Atrair capital privado será fundamental para atingir esse objetivo, mas desafios incluem os custos elevados de financiamento, instabilidade política e regulatória e capacidade limitada de crédito doméstico. A superação desses obstáculos requer políticas de apoio, soluções sob medida, tais como instrumentos de *hedging*, e mais financiamento concessional, principalmente para a eficiência energética e tecnologias emergentes.

Uma transição inclusiva e com foco nas pessoas exige acesso universal à energia moderna a preços acessíveis. A região da América Latina e Caribe apresenta um dos mais elevados níveis de desigualdade de renda, sendo os 10% mais ricos da população responsáveis por 40% das emissões totais. Cerca de 17 milhões de pessoas continuam sem acesso à eletricidade e 74 milhões não têm acesso à cozinha com energia limpa. É necessário fazer mais para alcançar o acesso universal em ambas as frentes. A acessibilidade à energia também é uma preocupação fundamental. Uma transição mais rápida para a energia limpa poderia reduzir os custos de energia para as famílias, fazendo com que seja mais fácil acabar com os subsídios aos combustíveis fósseis. No entanto, os grupos de renda mais baixa podem precisar de apoio, dados os custos iniciais mais elevados de algumas tecnologias de energia limpa. As transições para energias limpas também oferecem novas oportunidades de emprego para os trabalhadores da região, com a previsão de que os empregos no setor de energia possam aumentar mais de 15% até 2030, principalmente em tecnologias de energia limpa e no setor de minerais críticos.

Situação atual

Uma potência global de energia limpa – pronta para trocar de marcha

R E S U M O

- O *Latin America Energy Outlook 2023 (Panorama Energético da América Latina 2023)* é o primeiro panorama da AIE (Agência Internacional de Energia) para a região. Contém análises aprofundadas por país e região das perspectivas energéticas, oportunidades e principais desafios dessa vasta e diversificada região que abriga 8% da população mundial, 7% do PIB global e cerca de 6% da oferta e demanda global de energia.
- A economia da América Latina e Caribe (ALC) é movida intensamente por recursos naturais e o seu elevado nível de dependência de recursos naturais, como combustíveis e minerais, expõe a sua economia à volatilidade nos mercados internacionais e aos ciclos de preços. A procura de oportunidades na nova economia energética poderia ajudar a impulsionar o seu desenvolvimento econômico. O seu setor energético com baixas emissões, os recursos minerais essenciais e o potencial para o desenvolvimento de energias limpas significam que a região poderá desempenhar um papel fundamental nas transições para energias limpas. São necessários elevados padrões ambientais, sociais e de governança (ESG) para aproveitar essa oportunidade.
- ALC é rica em recursos energéticos que vão desde energia hidrelétrica até gás não convencional. Existe um potencial significativo para um maior desenvolvimento da bioenergia e de recursos de energia solar e eólica de alta qualidade. Brasil, México, Argentina e outros países são grandes produtores de petróleo e gás. Alguns produtores enfrentam um declínio na produção, como a Venezuela, enquanto outros veem um aumento de nova oferta, como a Guiana. A Colômbia é o principal fornecedor de carvão da região, e o Chile, o Peru, a Argentina e o Brasil produzem grandes volumes de minerais essenciais, como lítio, cobre e grafite.
- No momento, a região é responsável por apenas 5% das emissões globais acumuladas de gases de efeito estufa relacionadas com energia. Isto reflete a dependência de longa data do setor elétrico da energia hidrelétrica. Mas os combustíveis fósseis continuam a ser a principal fonte de energia e o petróleo continua a ser o combustível dominante em muitos países, principalmente para utilização nos transportes e na indústria.
- A região tem um dos níveis mais altos de desigualdade de renda do mundo. Isso é evidente no perfil das emissões relacionadas a energia, em que os 10% mais ricos da população são responsáveis por 40% das emissões totais, enquanto cerca de 17 milhões de pessoas permanecem sem acesso à eletricidade. Uma transição justa exige acesso universal à energia moderna a preços acessíveis e deve envolver comunidades e grupos étnicos.

- Metade dos países da região se comprometeu a atingir zero emissões líquidas até 2050 ou antes. Eles representam cerca de 65% do PIB da região e 60% das suas emissões de CO₂ são relacionadas à energia. A região precisa aumentar os investimentos em tecnologias de energia limpa para alcançar os seus objetivos de redução de emissões relacionadas à energia. Os esforços para reduzir as emissões na região devem considerar também a agricultura e a mudança no uso do solo, que representam, respectivamente, 25% e 20% do total das suas emissões de gases de efeito estufa. Isso destaca a importância de combater o desmatamento.

1.1 Visão geral

A América Latina e Caribe (ALC) compõe uma região diversa que abriga cerca de 8% da população mundial e gera cerca de 7% do produto interno bruto (PIB) global. Aproximadamente 8% da sua população é composta de povos nativos. A região cobre cerca de 15% da superfície terrestre, indo desde o México até o extremo sul da Patagônia. Ela inclui ecossistemas importantes e diversos, como a Bacia do Rio Amazonas, a Cordilheira dos Andes, o Deserto do Atacama, os Llanos e os Pampas, além dos planaltos presentes no Brasil e na Guiana. Ela possui uma das taxas de urbanização mais elevadas do mundo (cerca de 82%) e a maior parte das suas cidades e da atividade econômica estão concentradas ao longo da costa.

Os países da ALC são responsáveis por cerca de 5% do total da oferta e demanda global de energia e das emissões associadas. As energias renováveis, principalmente a energia hidrelétrica (45%), geram mais de 60% da sua eletricidade, tornando o seu setor elétrico um dos que apresentam menor intensidade de carbono do mundo. Na Costa Rica e no Paraguai, quase 100% do fornecimento da oferta de eletricidade provém de fontes renováveis (Tabela 1.1). A região tem uma indústria de bioenergia crescente que se expandiu 30% na última década.

As energias renováveis representam uma grande oportunidade para a região, que contempla extensos litorais favoráveis à energia eólica, muita luz do sol para energia solar, alto potencial geotérmico ao longo dos Andes e rios caudalosos para energia hidrelétrica. No entanto, aproveitar ao máximo este potencial exige que a energia renovável seja transferida por grandes distâncias e terrenos difíceis, desde os locais com os melhores recursos renováveis até os centros populacionais e de atividade econômica. No setor elétrico, o investimento em energias renováveis tem sido historicamente superior ao em combustíveis fósseis, mas, no geral, o investimento na produção de petróleo e gás natural continua superior ao total investido no setor elétrico, embora esse desequilíbrio esteja diminuindo.

A região detém 15% dos recursos globais de petróleo e gás e menos de 1% dos recursos globais de carvão. Dispõe também de grandes recursos não convencionais de petróleo e gás, como o petróleo e o gás de xisto, que estão sendo explorados ativamente na Argentina. Tanto as economias de exportadoras quanto importadoras de hidrocarbonetos estão representadas na região: Brasil, Venezuela e Colômbia estão entre os principais exportadores de petróleo, enquanto Chile, República Dominicana e Panamá são alguns dos países altamente dependentes das importações de petróleo e gás para suprir as suas demandas internas de energia.

Tabela 1.1 ▶ Principais indicadores para países selecionados da ALC e indicadores totais para a região, 2022

	População (milhões de pessoas)	PIB <i>per capita</i> milhares de US\$ (2022, PPC)	Combustíveis fósseis em OTE	Energias renováveis na geração de eletricidade	Proporção de dependência de importações	
					Petróleo	Gás
Argentina	46,0	27	85%	33%	0,07	-0,15
Bolívia	12,2	10	84%	38%	-0,36	0,76
Brasil	215,3	18	46%	88%	0,30	-0,40
Chile	19,8	29	69%	59%	-0,98	-0,81
Colômbia	51,9	19	73%	78%	0,63	
Costa Rica	5,2	25	50%	99%	-1,00	
Cuba	11,2	N/A	85%	5%	-0,66	
República Dominicana	11,2	23	89%	17%	-0,99	-1,00
Equador	18,0	13	81%	81%	0,55	
El Salvador	6,3	11	52%	84%	-1,00	-1,00
Guatemala	17,3	11	37%	70%	-0,94	
Guiana	0,8	42	95%	2%	0,67	-0,89
Haiti	11,6	3	25%	13%	-1,00	
Honduras	10,4	7	52%	61%	-0,97	
Jamaica	2,8	12	91%	13%	-1,00	-1,00
México	129,8	23	89%	19%	0,21	-0,56
Nicarágua	6,9	7	42%	69%	-0,96	
Panamá	4,4	37	76%	78%	-1,00	-1,00
Paraguai	6,8	16	29%	100%	-0,97	
Peru	34,0	15	73%	62%	-0,42	0,35
Suriname	0,6	18	89%	49%	-0,09	
Trindade e Tobago	1,5	28	100%	0%	0,72	0,35
Uruguai	3,4	28	44%	85%	-0,93	-1,00
Venezuela	28	9	81%	80%	0,70	
ALC	658	18	67%	61%		

Notas: PIB expresso em dólares dos EUA do ano 2022 em termos de paridade de poder de compra (PPC); OTE = oferta total de energia. As energias renováveis incluem energia geotérmica, hidrelétrica, marinha, bioenergia moderna e resíduos renováveis, energia solar e eólica. A dependência das importações é representada como a proporção entre as importações líquidas e a demanda para os importadores líquidos, e as exportações líquidas para a produção para os exportadores líquidos. Por exemplo, para a Guiana, uma exportadora líquida de petróleo, a sua dependência das importações de petróleo seria constituída pelas exportações líquidas de petróleo (3,9 milhões de toneladas de equivalente de petróleo [Mtep]) divididas pela produção de petróleo (5,9 Mtep). A proporção de dependência das importações considera dados de 2021.

Fontes: As estimativas populacionais da AIE baseiam-se em UN DESA, (2022); World Bank, (2023a); bancos de dados e análises da AIE. Dados de PIB obtidos de Oxford Economics, (2023a) e IMF, (2023a). Os combustíveis fósseis em OTE e as energias renováveis na eletricidade são estimativas baseadas em dados da AIE *World Energy Balances* IEA, (2023a).

A ALC é uma das regiões mais democráticas do mundo (*Economist Intelligence, 2023*), no entanto, enfrenta um dos níveis mais elevados de desigualdade de renda do mundo. Mais de quinze países da região apresentam regularmente um coeficiente de Gini¹ superior a 40 e 17 milhões de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade. Planos de integração regional, como o MERCOSUL, CAN (Comunidade Andina), OLADE (Organização Latinoamericana de Energia) e SICA (Sistema de Integração Centroamericana)² até agora tiveram sucesso limitado no que concerne à energia, com a notável exceção do planejamento e implementação do Mercado Regional de Eletricidade na América Central.

Naturalmente, os desafios variam de país para país, mas, no geral, incluem a corrupção perversiva (as pontuações no índice de percepção da corrupção³ de cerca de 30 ou menos não são exceção), a falta de transparência e de dados abertos e as elevadas taxas de desemprego e de emprego informal. Esses desafios afetam os serviços energéticos e as perspectivas de desenvolvimento. Por exemplo, apesar dos riscos envolvidos, é comum o roubo de cabos de cobre e de petróleo de oleodutos. A América Latina e Caribe tem sofrido com o subinvestimento em energia durante muitas décadas, e a dívida elevada restringe a capacidade dos governos de acelerar as transições para energias limpas. Melhorias em parcerias regionais e internacionais pode ajudar a região a superar muitos desses desafios e a expandir o seu papel na economia energética global.

ALC está numa posição única na qual pode tornar-se um exemplo de desenvolvimento sustentável e progresso se conseguir superar os desafios atuais. De forma específica, a região tem uma oportunidade significativa de utilizar os seus recursos naturais para se tornar líder na produção de hidrogênio com baixas emissões e no desenvolvimento de minerais críticos. Essas iniciativas, por sua vez, poderiam ajudar a região a se industrializar novamente e diversificar sua economia. Práticas responsáveis de extração e produção precisam ser reforçadas para proteger o meio ambiente, comunidades locais e povos nativos, e para gerir adequadamente o uso da terra e o desmatamento face a pontos de desequilíbrios ecossistêmicos, como a savanização na Amazônia e a perda dos recifes de corais.

O *Latin America Energy Outlook 2023* é a primeira análise aprofundada da *Agência Internacional de Energia* (AIE) sobre o panorama energético específico para a região. Esta análise discorre sobre as perspectivas de oferta e demanda de energia e emissões relacionadas e oportunidades chave para expansão do seu papel na emergente economia energética global. Em consonância com a prática internacional padrão, apresentam-se dados e projeções energéticas para toda a América Latina e Caribe. No entanto, o foco desta análise é a América Latina. O Caribe é uma sub-região importante, com seus próprios desafios e oportunidades energéticas (Quadro 1.5).

¹ O coeficiente de Gini mede o quanto a distribuição de renda entre pessoas físicas ou famílias difere de uma distribuição igualitária. Um valor 0 representa igualdade absoluta, enquanto 100 representa o maior grau possível de desigualdade. A pontuação mais alta dentre todos os países do mundo em 2022 foi 63.

² MERCOSUL = *Mercado Común del Sur* (Mercado Comum do Sul); CAN = *Comunidad Andina* (Comunidade Andina); OLADE = *Organización Latinoamericana de Energía* (Organização Latinoamericana de Energia); SICA = *Sistema de la Integración Centroamericana* (Sistema de Integração Centroamericana).

³ O Índice de Percepção da Corrupção (IPC) de um país é o nível percebido de corrupção no setor público numa escala de 0-100, onde 0 significa altamente corrupto e 100 significa ímpoluto. Em 2022, a Dinamarca teve a pontuação mais alta (90) enquanto a Somália teve a pior pontuação (11) (Transparency International, 2023).

Este relatório está estruturado em cinco capítulos. Este capítulo inicial analisa a maneira como o panorama energético e econômico da região evoluiu ao longo das décadas e onde se encontra hoje. O segundo capítulo apresenta as perspectivas para a demanda de energia, produção de eletricidade e oferta de energia em vários cenários do *World Energy Outlook* (WEO) (Panorama Energético Mundial) da AIE (IEA, 2023b). O terceiro detalha nove temas importantes para o setor de energia. O quarto capítulo considera as implicações globais do panorama energético da América Latina e destaca a sua importância em termos de metas energéticas e climáticas. O capítulo cinco fornece um perfil aprofundado da região, bem como perfis nacionais para Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica e México. Versões mais extensas desses perfis estão disponíveis no site da AIE (IEA, 2023b).

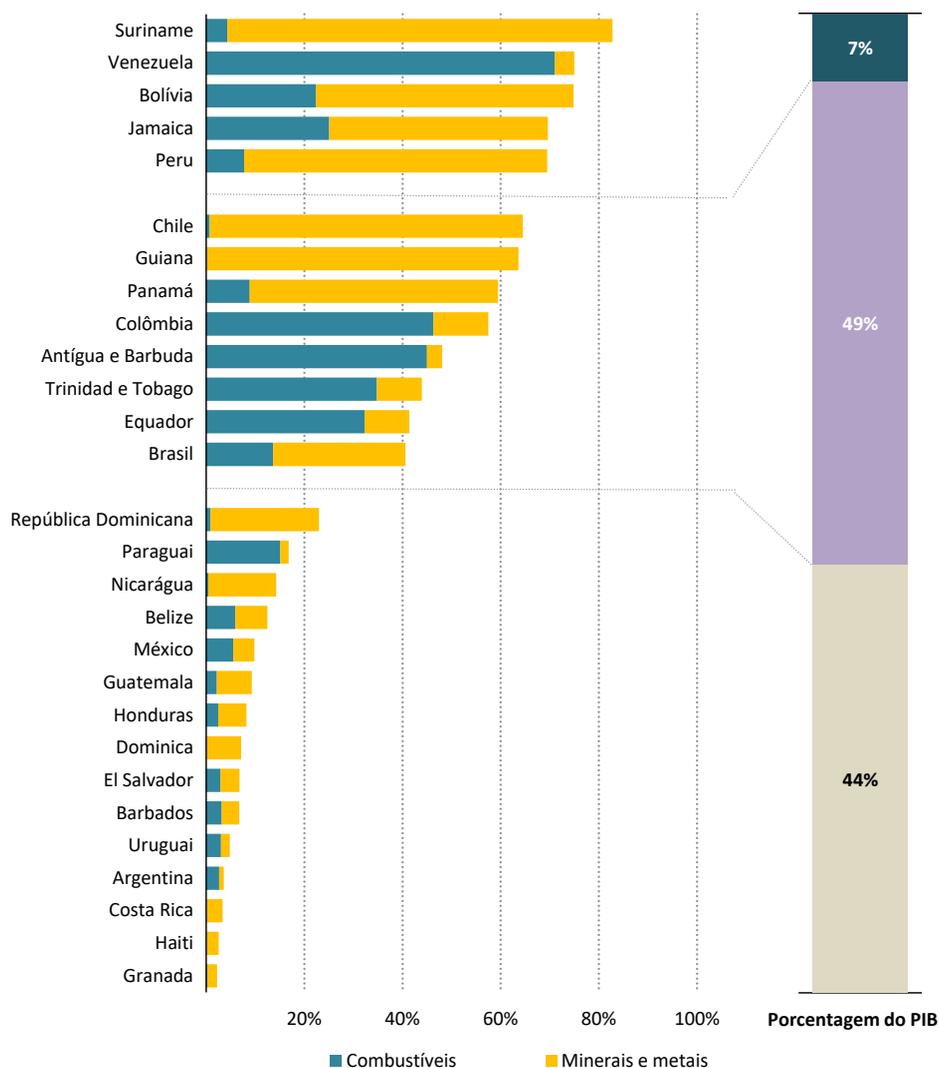
1.1.1 Economia

A estratégia econômica na ALC na década de 1950 procurou reduzir a dependência das importações e desenvolver as comunidades rurais. Isso possibilitou uma expansão da classe média, especialmente na Argentina, no Brasil e no México, bem como uma rápida urbanização. Nas décadas mais recentes, a economia regional assistiu a uma onda de desregulamentação e privatização com o objetivo de estimular a atividade econômica e aumentar as exportações. No entanto, o seu elevado grau de dependência das exportações de *commodities* faz com que a região continue exposta aos impactos econômicos (Figura 1.1).

Atualmente a economia da ALC está intimamente ligada à produção de commodities (combustíveis e minerais), alimentos para exportação (como soja e carne bovina) e outras matérias-primas (UNCTAD, 2022). A região é fortemente afetada pelos mercados internacionais, pela moeda estrangeira e pelos ciclos de preços. Na chamada “década perdida” da região, entre 1980 e 1990, as crises da dívida e a queda do investimento afetaram a produção industrial em muitos países da ALC e o PIB regional permaneceu relativamente estável em cerca de US\$ 5 trilhões. Desde então, a região tem visto um crescimento e progresso significativos: a economia regional mais do que duplicou nas três décadas desde 1990, para cerca de US\$ 12 trilhões em 2022. A maior parte desse crescimento ocorreu em meados da década de 2000, quando os elevados preços das matérias-primas contribuíram para o aumento do investimento e para os ganhos de produtividade. A região se beneficiou historicamente de superciclos globais de *commodities*, mas os ciclos desviaram a atenção da necessidade de grandes reformas para sustentar o crescimento em longo prazo.

Com o início da pandemia global de Covid-19 em 2020 e a invasão da Ucrânia pela Federação Russa (doravante denominada "Rússia") em 2022, a economia da região mostra novamente sinais de abrandamento, embora não de forma homogênea entre países. A taxa de crescimento anual do PIB da região caiu de 7% entre 2020 e 2021 para 4% entre 2021 e 2022, e as primeiras estimativas mostram uma nova queda na taxa de crescimento em 2023. Embora as pressões sobre os preços que acompanharam a crise energética mundial de 2022 pareçam ter atingido o seu pico, a inflação subjacente permanece elevada e o seu impacto nos preços dos alimentos afeta os mais vulneráveis (Quadro 1.1).

Figura 1.1 ▶ Participação das commodities nas exportações totais de mercadorias e PIB por país na ALC, 2021



IEA. CC BY 4.0.

As economias da ALC estão altamente expostas às exportações de commodities; aquelas que dependem de commodities responsáveis por mais de um terço das suas exportações, representam 56% do PIB regional

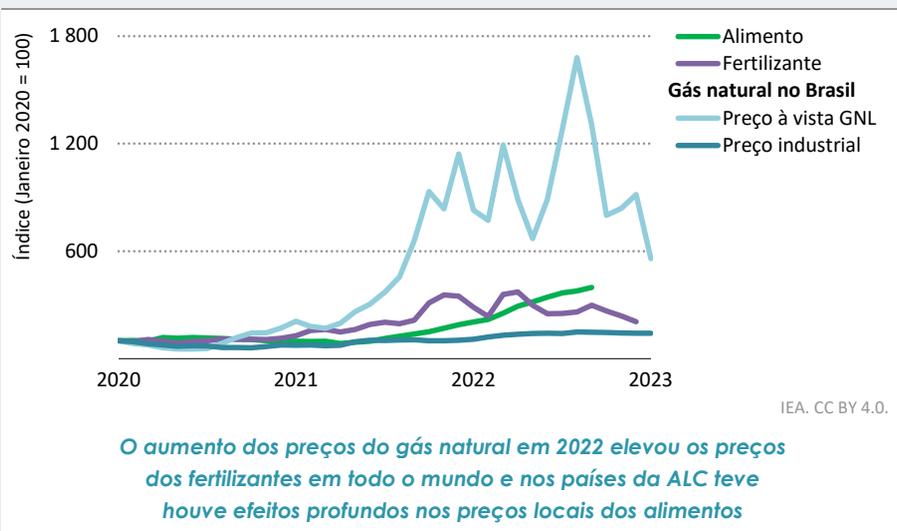
Nota: A porcentagem do PIB na barra direita refere-se à contribuição de cada grupo de países para o PIB regional total.

Fontes: Análise da AIE com base em dados do comércio de mercadorias do país da UNCTAD (2022). Os dados de PIB são baseados em Oxford Economics (2023a) e IMF (2023a).

Quadro 1.1 ► Impacto da invasão da Ucrânia pela Rússia nos preços dos alimentos na ALC

Os países da ALC exportam cerca de 10% da sua oferta interna agregada dos principais cereais (milho, arroz, trigo e cevada), principalmente da Argentina. Para culturas oleaginosas como a soja, frutas e legumes, a região é uma fonte ainda mais rica de exportações, produzindo 25-60% mais do que o seu consumo interno. Além disso, a ALC também é responsável por quase 60% da produção mundial de café, sendo Brasil e Colômbia grandes produtores. Apesar dessa oferta alimentar interna abundante, muitos na região passam fome: 6,5% das pessoas sofriam de subnutrição em 2022, 37,5% enfrentaram insegurança alimentar moderada/grave; e outros 13% insegurança alimentar grave (UN FAO, 2023a).

Figura 1.2 ► Índices de preços de alimentos, fertilizantes e gás natural para a ALC



IEA. CC BY 4.0.

Notas: GNL = gás natural liquefeito. O valor de referência dos preços do fertilizante corresponde ao Preço à Vista da Ureia Granular CFR (CFR = custo e frete) Brasileira. O valor de referência dos preços dos alimentos corresponde aos dados sobre a inflação dos preços dos alimentos para a América Latina e Caribe da ONU FAO, (2023b). O valor de referência dos preços do gás natural (Brasil, preço ao consumidor final da indústria) corresponde a uma média de preços regulados para usuários industriais de diversos portes. O valor de referência dos preços do gás natural (Brasil, preço à vista do GNL) corresponde ao preço de importação do GNL.

Uma questão importante neste contexto é a dependência da ALC das importações de fertilizantes para a produção de alimentos e, especificamente, das importações de ureia e de outros fertilizantes granulados, que são normalmente utilizados onde a facilidade de transporte e utilização são fatores-chave. A importância dessa dependência foi agravada pela crise energética relacionada com a invasão da Ucrânia pela Rússia. Os preços dos fertilizantes nitrogenados minerais estão intimamente ligados aos preços do gás natural, com o combustível representando 70% a 80% do custo de produção (Figura 1.2). A invasão da Rússia

elevou os preços à vista do gás natural liquefeito (GNL) nos centros europeus e internacionais para máximas históricas, o que levou a enormes aumentos nos preços dos fertilizantes nos mercados mundiais. No primeiro semestre de 2022, o preço das importações de fertilizantes para a ALC aumentou quase 190% em comparação com o mesmo período de 2021, enquanto o volume comercializado aumentou apenas 4% (IICA, 2023). Por exemplo, o México registrou um aumento de até 300% nos preços dos fertilizantes (El Economista, 2023). A produção interna de fertilizantes foi gravemente afetada pelos aumentos dos preços do gás natural, o que levou a um aumento da dependência das importações. O Brasil se tornou o maior importador mundial de fertilizantes granulados pela primeira vez em 2021, enquanto a Argentina ficou entre os dez maiores importadores em 2020 (IFA, 2023).

As atuais crises energéticas e alimentares globais têm implicações a curto e médio prazo. Os governos precisarão decidir como reagir. No curto prazo, os *policymakers* na ALC poderiam se concentrar na concepção de estruturas de apoio sustentáveis para proteger os cidadãos mais vulneráveis dos elevados preços dos alimentos. A médio prazo, poderiam incentivar os produtores de alimentos a aumentar a eficiência da utilização de nutrientes e a redobrar esforços para substituir a utilização de combustíveis fósseis na cadeia de produção alimentar por fontes de energia seguras e sustentáveis (ver Capítulo 3).

Essas pressões, juntamente com os desafios institucionais e a concorrência internacional, ameaçam levar uma segunda década perdida para a região (Figura 1.4) (CEPAL, 2023a). Por outro lado, a ALC ainda poderá se recuperar, principalmente se for capaz de conter as elevadas taxas de inflação e capitalizar o seu potencial como um centro fundamental para o sistema global emergente de energia limpa (Quadro 1.2). A reindustrialização da região para produzir produtos de valor agregado e processados ou refinados é um dos principais desafios enfrentados atualmente.

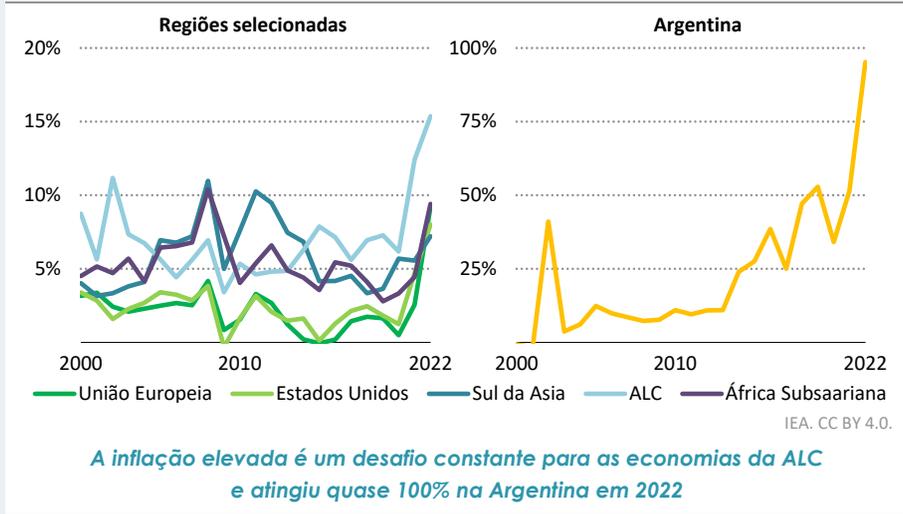
Quadro 1.2 ► Inflação em níveis recordes na ALC

A inflação é uma preocupação para assalariados e pensionistas, cuja renda e patrimônio se deterioram em termos reais à medida que as indexações são lentas ou parciais, bem como para os investidores que procuram fluxos de caixa previsíveis e podem ter receio de contrair dívidas. A inflação elevada é um problema recorrente na maioria das economias da ALC e um obstáculo importante a um maior crescimento econômico. A ALC (excluindo a Venezuela) teve uma taxa média anual de inflação de 7% entre 2000 e 2022, em comparação com 5,9% no Sul da Ásia, 5,4% na África Subsaariana, 2,5% nos Estados Unidos e 2,3% na União Europeia (Figura 1.3). Depois de ter subido para cerca de 15% em 2022, a inflação nas economias da ALC deverá diminuir para menos de 12% em 2023 (em comparação a 7% em nível global), mas essa diminuição reflete quedas nos preços de commodities em vez de avanços na redução da inflação subjacente.

Essa questão é mais grave em alguns países do que em outros. É especialmente importante na Argentina, onde a inflação ultrapassou os 50% em 2021 e atingiu quase 100% em 2022. Isso foi 16 vezes a inflação anual no Brasil em 2022, 12 vezes a do México e 7 vezes a da

Colômbia. A inflação foi mais baixa entre o início da década de 2000 e o início da década de 2010, com uma média de 9% entre 2003 e 2013, mas atingiu quase 25% em 2014 e permaneceu consistentemente acima desse valor desde então.

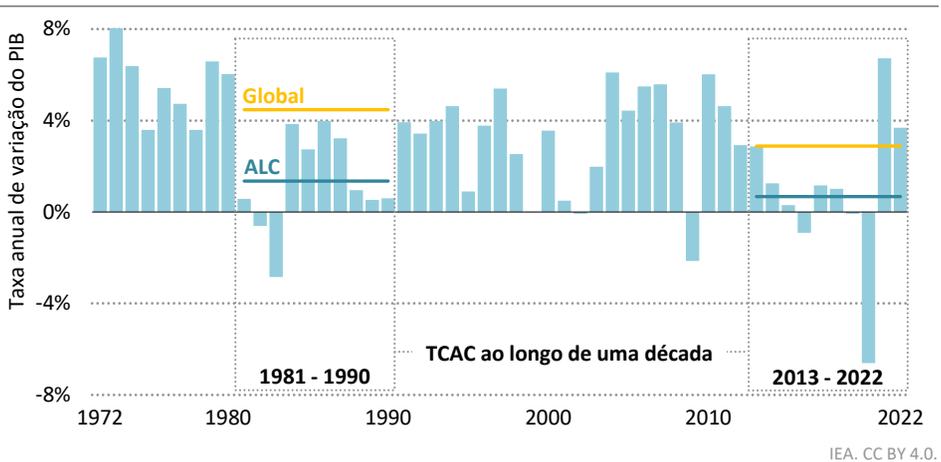
Figura 1.3 ▸ Inflação anual em países e regiões selecionadas, 2000-2022



Nota: Inflação medida pelo Índice de Preços ao Consumidor. Nesta figura, a ALC exclui a Venezuela. O Sul da Ásia inclui Afeganistão, Bangladesh, Butão, Índia, Maldivas, Nepal, Paquistão e Sri Lanka.

Fontes: CEPAL (2023b); IMF (2023c); World Bank (2023a).

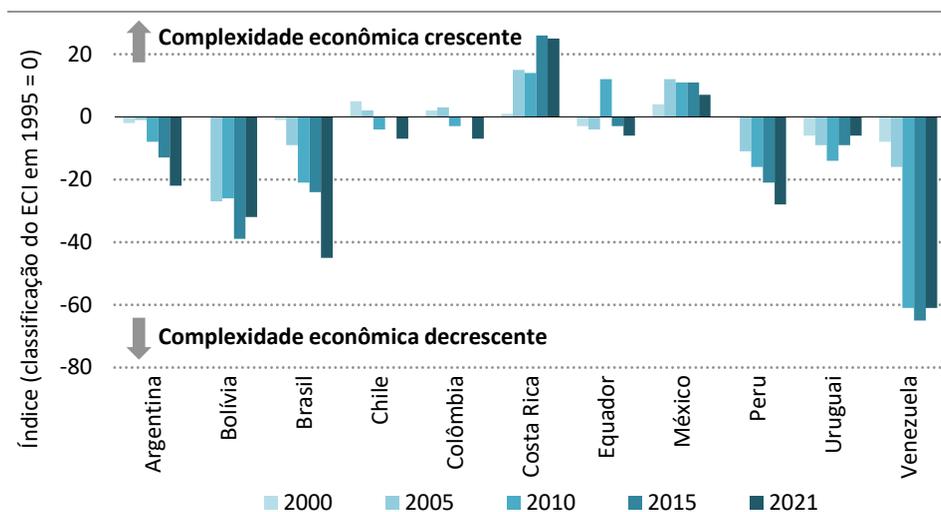
Figura 1.4 ▸ Taxa anual de variação do PIB na ALC, 1972-2022



A taxa média de crescimento do PIB nos últimos dez anos é de cerca de metade da taxa de crescimento que a região teve na “década perdida” de 1980

Nota: TCAC = taxa de crescimento anual composta.

Figura 1.5 ▸ Mudança relativa nas classificações de complexidade econômica para países selecionados da ALC, 1995-2021



IEA. CC BY 4.0.

Muitas economias da ALC tornaram-se menos complexas ao longo do tempo, com uma mudança nas exportações de produtos de valor agregado para matérias-primas e commodities

Notas: ECI = índice de complexidade econômica, que é um índice utilizado para classificar os países com base na diversificação e complexidade de sua cesta de exportações. Cada ano é representado como uma queda/aumento nas classificações em relação a 1995.

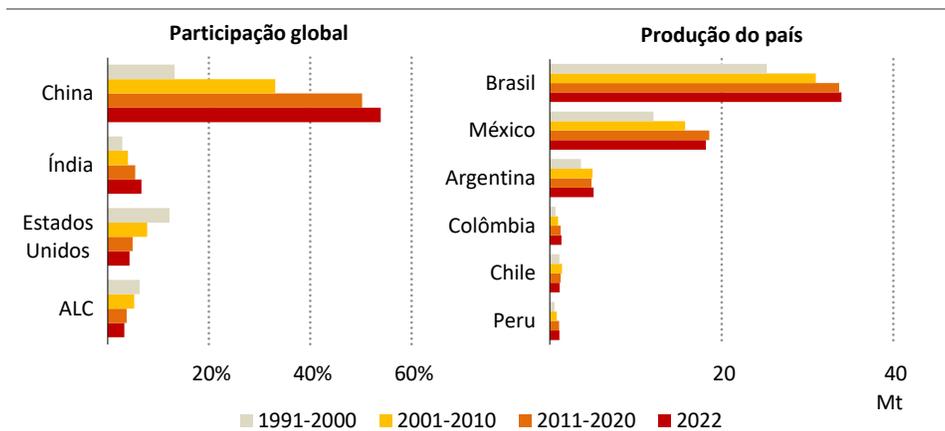
Fonte: Análise da AIE com base em dados de Harvard University (2023).

O papel da ALC na economia global mudou ao longo do tempo. Alguns países exportam menos produtos processados e de valor agregado do que há três décadas. Em vez disso, tornaram-se exportadores de produtos agrícolas brutos, petróleo bruto, gás natural e minerais e metais não processados, reduzindo assim a complexidade das suas economias nacionais e dificultando significativamente as suas perspectivas de entrar em mercados para o comércio de produtos de valor agregado (Figura 1.5). Com exceção da Costa Rica e do México, que conseguiram diversificar até certo ponto as suas exportações, o resultado é que a maioria das principais economias da região simplificaram a natureza dos produtos que exportam e reduziram a complexidade das suas economias internas (Harvard University, 2023). Esse cenário traz um risco de que essas economias fiquem presas em uma relação centro-periferia com economias mais industrializadas, onde ocorrem operações avançadas de fabricação, processamento e refinamento.

As exportações de cobre do Chile constituem um exemplo disso. Há uma década, o cobre refinado e as ligas de cobre representavam cerca de 30% da receita de exportação do país, tornando-se a maior fonte de receita de exportação do Chile em 2010. Porém, em 2021, quase 30% da sua receita de exportação provinha de minério de cobre e cobre não refinado, enquanto a percentagem de cobre refinado e ligas de maior valor caiu para 19% (Harvard University, 2023). Tendências semelhantes foram observadas em vários outros países da ALC.

Uma consequência dessa mudança para economias menos complexas ao longo do tempo foi uma queda nas exportações de bens de valor elevado. Devido, em parte, ao aumento dos custos de energia, a ALC como um todo vem perdendo participação no mercado global para produtos industrializados importantes e de alto valor, como o aço, embora o Brasil ainda seja o nono maior produtor de aço do mundo (Figura 1.6). Dessa forma, a região tornou-se cada vez mais dependente das importações de produtos com utilização intensiva de energia. A transição para a energia limpa poderia ajudar os países da região a fazer mudanças nas suas economias e exportações. A energia limpa e acessível, juntamente com a produção mineral sustentável e responsável, poderia apoiar a reindustrialização, impulsionar a competitividade internacional da região e ajudar a inverter as tendências econômicas recentes.

Figura 1.6 ▶ Média anual da participação global na produção de aço dos principais produtores e na produção de aço nos países da ALC



IEA. CC BY 4.0.

O aumento dos custos de energia e a concorrência no mercado global reduziram as participações no mercado siderúrgico dos produtores da ALC e aumentaram a dependência das importações

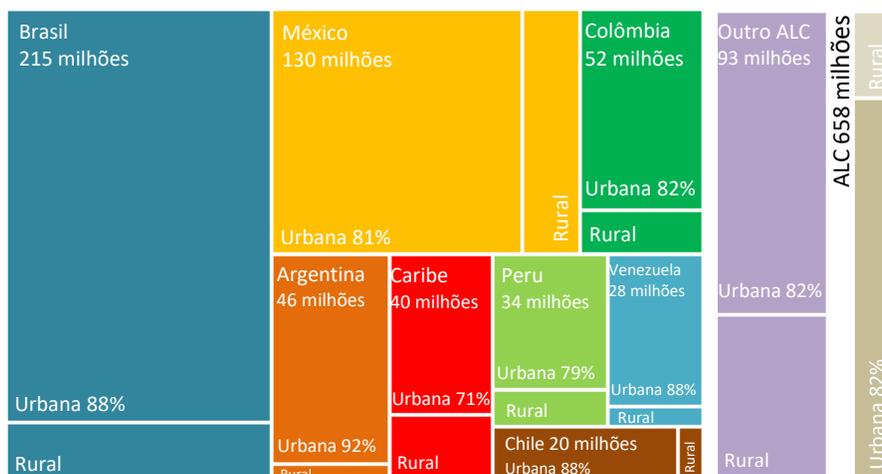
Nota: Mt = milhões de toneladas.

Fonte: World Steel Association (2023).

1.1.2 Demografia

Atualmente apenas seis países (Brasil, México, Colômbia, Argentina, Peru e Venezuela) representam mais de três quartos da população de 658 milhões de pessoas na ALC (Figura 1.7). A população aumentou nos últimos anos nessa região, mas de forma mais lenta do que na maioria dos países da África e do Sul e Sudeste Asiático. A população da ALC era 12% maior em 2022 do que em 2010, em comparação com um valor médio de 16% para os mercados emergentes e as economias em desenvolvimento durante esse período. A população da ALC também é mais jovem do que em muitas economias avançadas, com uma idade média de cerca de 30 anos, o que é oito a dez anos inferior à dos Estados Unidos e do Canadá.

Figura 1.7 ▶ População e urbanização por país na ALC, 2022



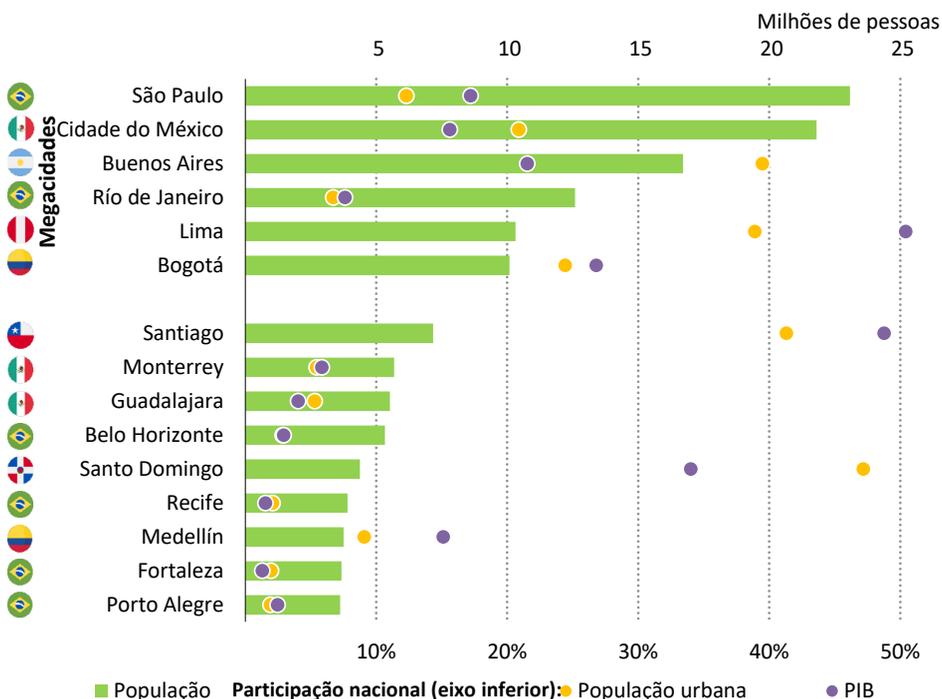
Apenas seis países representam mais de três quartos dos 658 milhões de habitantes da ALC e a região é uma das mais urbanizadas do mundo

Fonte: As estimativas populacionais baseiam-se nas bases de dados do World Bank, (2023b) e UN DESA (2022).

A ALC é uma das regiões mais urbanizadas do mundo, com uma média regional de cerca de 82% da população vivendo em cidades. Brasil, México, Colômbia, Argentina, Chile e Peru abrigam muitos dos maiores centros urbanos da região, com o Brasil tendo seis das quinze maiores cidades da ALC, que juntas respondem por quase 33% do PIB do Brasil (Figura 1.8). Isso faz com que o papel das cidades nas transições para energias limpas na ALC seja extremamente importante e abre a perspectiva de que atuem como centros de inovação em energias limpas.

Muitas dessas grandes áreas urbanas enfrentam desafios relacionados a habitação irregular que carecem de serviços básicos, têm níveis elevados de trabalho informal e pobreza energética. Esses desafios ressaltam os benefícios em potencial que poderiam ser obtidos com o investimento em redes de distribuição de eletricidade, gestão de resíduos e água, desenvolvimento de iniciativa de transporte público seguro e sustentável e edifícios eficientes do ponto de vista energético. Os desafios também exemplificam a necessidade de trabalhar para melhorar o planejamento urbano, criar cidades sustentáveis e investir na infraestrutura necessária para torná-las mais seguras, mais eficientes e mais resilientes frente aos impactos das mudanças climáticas e dos desastres naturais.

Figura 1.8 ▶ População das 15 maiores cidades da ALC e sua participação na população urbana nacional e no PIB, 2022



IEA. CC BY 4.0.

A ALC abriga seis megacidades, incluindo três cidades com uma população de mais de 15 milhões de habitantes

Nota: As cidades nessa figura referem-se às áreas metropolitanas, que são centros urbanos constituídos pela cidade e seus arredores.

Fontes: Os dados populacionais das áreas metropolitanas foram retirados de Demographia World Urban Areas (2023). Os cálculos da parcela de área metropolitana no PIB nacional se baseiam nos dados de Oxford Economics (2023b).

1.2 Investimento e financiamento

O espaço fiscal limitado e os problemas macroeconômicos, questões de governança e as estruturas de investimento incompletas contribuíram para o investimento baixo e o crescimento lento da oferta de energia na ALC e também afetaram o desenvolvimento de vários projetos de infraestrutura (ver Capítulo 5). A resolução de questões relacionadas às necessidades de investimento e financiamento e o incentivo ao investimento poderão desempenhar um papel crucial para ajudar a região na sua recuperação.

1.2.1 Investimento

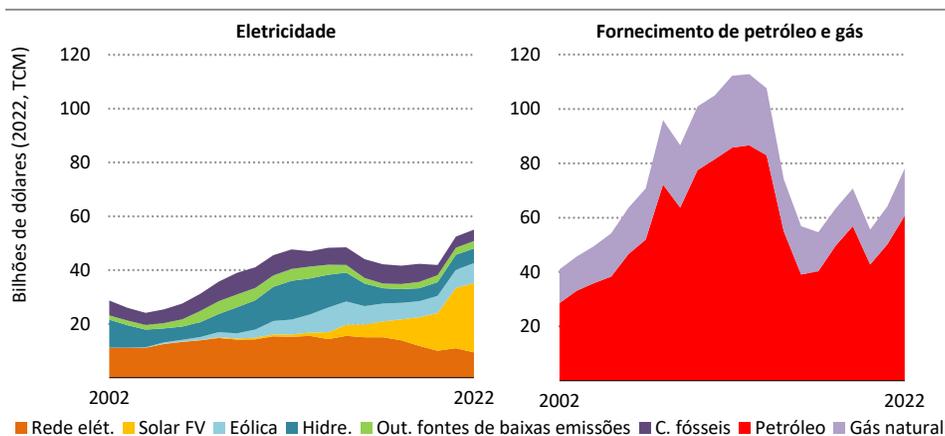
Globalmente, a ALC tem um dos níveis mais baixos de investimento em energia em termos percentuais do PIB. O investimento em energia ficou abaixo dos 3% entre 2014 e 2022, em comparação com 5% na Eurásia, Oriente Médio e Norte da África e quase 4% na África Subsaariana. Vários países da região enfrentam desafios relacionados à infraestrutura energética, incluindo redes elétricas obsoletas e ineficientes e a implementação limitada de sistemas modernos de armazenamento e distribuição de energia.

Os governos da região da ALC gastaram cerca de US\$ 14 bilhões na transição para energias limpas desde 2020, o que representa cerca de 15% do total do valor gasto nos mercados emergentes e nas economias em desenvolvimento. A maior parte desse valor tem sido aplicada em tecnologias de cozinha com energia limpa, geração de eletricidade com baixas emissões e redes. Desde a crise energética de 2022, o foco principal tem sido manter os serviços energéticos acessíveis, com ênfase especial nos combustíveis para transportes. Em junho de 2023, foram mobilizados US\$ 33 bilhões para essa finalidade. Refinar a abrangência do apoio fornecido ajudaria a proporcionar mais alavancagem aos governos para impulsionar a adoção de tecnologias de energia limpa na região (IEA, 2023c).

Além do espaço fiscal limitado, o investimento reduzido na produção de petróleo e gás em nível mundial desempenhou um papel significativo na região. As despesas de capital na produção de petróleo e gás diminuíram consideravelmente desde que o auge das commodities terminou por volta de 2014. O investimento médio anual na oferta de energia na região foi de cerca de US\$ 110 bilhões entre 2010 e 2014. Esse valor caiu para uma média de US\$ 65 bilhões nos sete anos seguintes após 2014, antes de saltar para US\$ 80 bilhões em 2022 (Figura 1.9). No entanto, o investimento no setor elétrico aumentou nos últimos anos, passando de uma média de US\$ 45 bilhões nos primeiros cinco anos da década de 2010 para US\$ 50 bilhões no período de três anos até 2022, embora esse aumento não tenha sido suficientemente grande para corresponder à queda no investimento na oferta de petróleo e gás. Ainda assim, as perspectivas para a energia limpa mostram grandes sinais de melhoria, especificamente com aumento dos gastos de capital em energia solar e eólica. O investimento de capital em energias renováveis tem sido muito maior do que na geração de combustíveis fósseis durante a última década. Esse investimento foi quase dez vezes superior em 2022, sendo a energia solar fotovoltaica (FV) responsável por grande parte desse aumento nos gastos.

Depois de permanecer enfraquecido por uma década, o IED (Investimento Estrangeiro Direto) na ALC aumentou para quase US\$ 225 bilhões em 2022, uma recuperação sólida que ultrapassou os níveis pré-pandemia (CEPAL, 2023c). Os anúncios de IED – um indicador de investimentos futuros – se concentraram fortemente nas energias limpas, sobretudo na geração de energia renovável. As empresas dos Estados Unidos e da União Europeia têm sido os principais investidores na ALC. A Comissão Econômica para a América Latina e Caribe estima que o investimento dos Estados Unidos e da União Europeia representou 55% do IED total na ALC em 2022, e cerca de 50% ou mais desde 2015 (CEPAL, 2023c).

Figura 1.9 ▶ Investimento em oferta de eletricidade, petróleo e gás na ALC, 2000-2022



IEA. CC BY 4.0.

O investimento na produção de petróleo e gás continua a ser superior ao investimento na oferta de eletricidade, mas a diferença diminuiu nos últimos anos

Nota: Outras fontes de baixas emissões incluem outras energias renováveis, energia nuclear, baterias e combustíveis fósseis com captura, utilização e armazenamento de carbono.

Os bancos de desenvolvimento também têm sido importantes fontes de financiamento na região, financiando especialmente os projetos relacionados à energia. Os bancos multilaterais e regionais de desenvolvimento, especialmente o Banco Mundial, o Banco Interamericano de Desenvolvimento e a *Corporación Andina de Fomento*, têm desempenhado um papel fundamental no fornecimento de dívida de longo prazo, bem como no apoio técnico para o desenvolvimento de projetos e consultoria em políticas. Os bancos nacionais de desenvolvimento, como o BNDES, também deram contribuições importantes, inclusive por meio da concessão de empréstimos denominados em moeda local para projetos de energia.

A República Popular da China (China) concedeu empréstimos soberanos consideráveis para projetos de energia e infraestrutura na ALC, embora o seu nível de empréstimos tenha diminuído nos últimos anos (Quadro 1.3). O China Development Bank e o China-Export Import Bank forneceram mais de US\$ 136 bilhões em empréstimos soberanos entre 2005 e 2020, a Venezuela recebeu sozinha mais de dois quintos e o Brasil mais de um quinto desse valor (Ray and Myers, 2023).

Quadro 1.3 ▶ Empréstimos soberanos à ALC de bancos de desenvolvimento chineses

Ao longo da última década, os bancos de desenvolvimento chineses têm sido uma importante fonte de financiamento para alguns governos na ALC (Ray & Myers, 2023). Esses empréstimos parecem ter atingido o pico em 2010 e têm diminuído rapidamente desde 2016. A maioria dos empréstimos (concedidos principalmente pelo China Development Bank e pelo China Export-Import Bank) foi destinada a energia e, especificamente, a projetos relacionados ao petróleo.

Cerca de 45% do total dos empréstimos entre 2005 e 2020 foram destinados à Venezuela, que recebeu aproximadamente US\$ 60 bilhões, com o acordo de que a amortização da dívida seria por meio de exportações de petróleo. Contudo, a produção de petróleo na Venezuela diminuiu após 2010 e caiu ainda mais em 2016, e durante anos a China recusou-se a emprestar mais dinheiro à Venezuela, reduzindo assim o investimento global da China na região (Boston University Global Development Policy Center, 2022). O Brasil e o Equador, dois outros grandes produtores de petróleo, foram os outros maiores beneficiários de empréstimos chineses, tendo recebido US\$ 31 bilhões e US\$ 18 bilhões, respectivamente, desde 2007. A Argentina financiou alguns grandes projetos de infraestrutura, ferrovias e linhas de metrô, com os US\$ 17 bilhões emprestados da China.

Ao mesmo tempo, a China se tornou um dos maiores parceiros comerciais da ALC. Por exemplo, embora não tenha ocorrido uma adoção em massa de veículos elétricos (VE), quase todos os ônibus elétricos e muitos carros elétricos na ALC vêm da China (Ugarteche, de Leon, & Garcia, 2023). O Brasil, de modo específico, fortaleceu significativamente as suas parcerias comerciais com a China nas últimas duas décadas: em 2000, a China era o destino de apenas 2% das exportações totais do Brasil, que aumentaram para 16% em 2010 e para 32% ou quase US\$ 98 bilhões em 2021 (Harvard University, 2023).

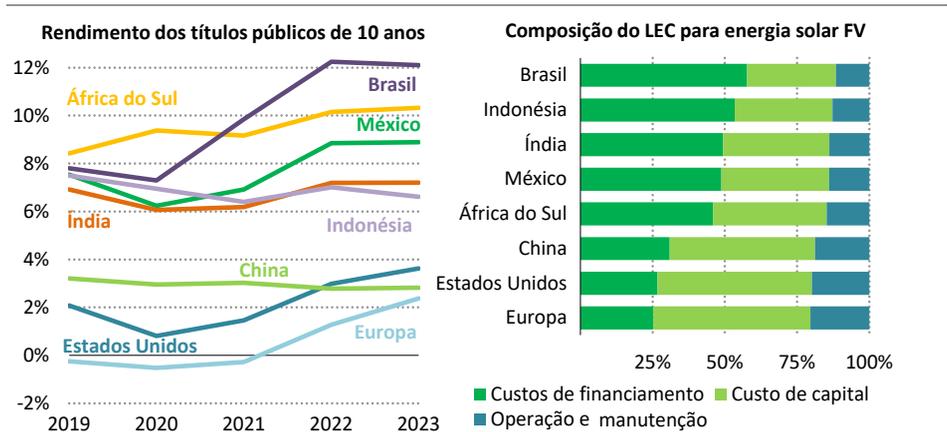
1.2.2 Financiamento

Um obstáculo significativo que impede o fluxo de mais dinheiro é o elevado custo de capital da região. Dados do *Cost of Capital Observatory* (IEA, 2023d) mostram que o custo de capital para uma usina solar fotovoltaica comum no Brasil estava entre 12,5% e 13,5% (valor nominal, após impostos) em 2021, que foi o valor mais alto dentre diversas economias em desenvolvimento. Para o México, a mesma faixa ficou entre 9,5% e 10%, comparável à faixa entre 9% e 10,5% na Índia. O custo de capital no Brasil e no México foi cerca de duas a três vezes maior do que na China, na Europa e nos Estados Unidos.

Os custos de financiamento de toda a economia são elevados na ALC. O custo do capital depende em grande parte de uma avaliação de dois conjuntos de riscos: aqueles relacionados ao país e aqueles relacionados ao setor ou tipo de projeto. Estes últimos são refletidos na taxa básica para o país, acrescida de um prêmio para o setor ou projeto. Os rendimentos dos títulos públicos de longo prazo são um indicador de referência utilizado para estimar a taxa básica de um país. Os rendimentos dos títulos públicos com vencimento em dez anos dos países da ALC são geralmente

elevados. Por exemplo, os rendimentos dos títulos públicos brasileiros em reais estavam acima de 12% em 2023 para títulos soberanos e denominados em moeda local, e quase 9% no México (Figura 1.10). Essas taxas de rentabilidade são semelhantes às da África do Sul (acima de 10% em 2023) e superiores às da Indonésia e da Índia para títulos soberanos denominados em moeda nacional (entre 6,5% e 7,5% em 2023). Elas também são duas vezes maiores ou apenas mais altas que as dos Estados Unidos ou de países europeus.

Figura 1.10 ▶ Rentabilidade de títulos públicos de longo prazo e composição de custo nivelado para usina de energia solar fotovoltaica em escala comercial com FID em 2021



IEA. CC BY 4.0.

Os custos elevados dos empréstimos na ALC significam que todos os projetos têm de atingir um nível elevado para serem aprovados. um obstáculo ao investimento em ativos de energia limpa, como a energia solar FV, que depende fortemente de endividamento

Nota: FID = decisão final de investimento; LCOE = custo nivelado de eletricidade.

Fonte: Análise da AIE com base em Refinitiv (2023).

Por sua vez, as taxas de juros elevadas, em grande parte resultantes da inflação elevada, tendem a representar um grande obstáculo ao investimento, fazendo com que seja difícil financiar dívidas (empréstimos ou obrigações) e cumprir com os retornos preferenciais dos investidores (fornecedores de capital). Essa é uma preocupação fundamental na região, uma vez que a transição energética exige muitos investimentos em ativos como a energia solar fotovoltaica e a energia eólica, que dependem fortemente de dívida, refletindo o elemento fixo nas estruturas de custos e receitas (IEA, 2021). Por exemplo, os custos de financiamento representaram quase 60% do total dos custos nivelados de uma usina de energia solar fotovoltaica que atingiu a decisão final de investimento (FID) no Brasil em 2021, em comparação com 30% na China e 25% na Europa.

A capacidade de obter capital interno de baixo custo depende em grande parte do nível subjacente de desenvolvimento do sistema financeiro, medido, por exemplo, pela capacidade de

contrair dívida, pela capacidade de obter capital de instituições privadas, pela liquidez e profundidade dos mercados de capitais nacionais e pela possibilidade de acesso a um conjunto diversificado de fontes de financiamento. A participação do crédito bancário privado no PIB e a participação da capitalização do mercado de ações no PIB (dois indicadores-chave do desenvolvimento do setor financeiro) são baixas na ALC (ver Capítulo 3). Uma nova fonte de capital que poderia ser útil é o financiamento sustentável (Quadro 1.4). Essa é uma forma de financiamento relativamente nova, principalmente sob a forma de dívida, que está potencialmente disponível para projetos que incorporem indicadores de desempenho ambientais, sociais e de governança. Os títulos verdes são usados para financiar projetos verdes. Títulos de sustentabilidade são similares e são usados para financiar projetos sustentáveis.

Quadro 1.4 ▶ Dívida verde, social, de sustentabilidade e de títulos atrelados à sustentabilidade na ALC

Os mercados emergentes e as economias em desenvolvimento, além da China, contribuíram com apenas 10% da dívida Verde, Social, de Sustentabilidade e de títulos atrelados à Sustentabilidade que foi emitida em nível mundial até o momento. Em setembro de 2023, a ALC representava mais de 3% do total global, cerca de US\$ 225 bilhões.

Quase 45% de todas as emissões na ALC foram na forma de títulos verdes. Os títulos e empréstimos de sustentabilidade e títulos atrelados à sustentabilidade (SLB), cujos retornos estão relacionados a indicadores de desempenho, têm apresentado uma tendência crescente e cada um representa um quinto das emissões. As sociedades de capital fechado contribuíram com metade das emissões, enquanto os bancos comerciais representaram cerca de 15% (em comparação com uma média global de quase um quarto). Por outro lado, a parcela das emissões dos governos na ALC é ligeiramente superior à média global e tem aumentado nos últimos anos. A maior parte da emissão soberana tem sido por meio de dívida definida pela utilização de receitas, especialmente títulos sociais e de sustentabilidade, com o Chile e o México em primeiro plano em valor total emitido pelos governos. O Chile, o México e o governo do Uruguai foram os primeiros na região a emitir títulos soberanos de SLB.

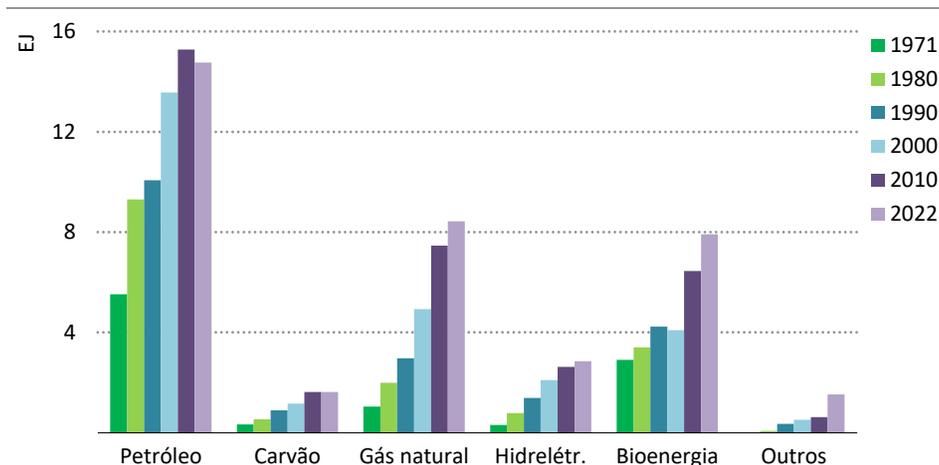
O SLB emitido pelo Uruguai é o primeiro desse tipo porque envolve recompensas e penalidades. De acordo com os termos dos títulos, o governo deve pagar um nível de juros mais elevado aos detentores de obrigações (*bondholders*) (um “aumento”) se não cumprir com seus objetivos de sustentabilidade até 2025 e um nível de juros mais baixos (uma “redução”) caso supere os objetivos. As metas de sustentabilidade são reduzir a intensidade dos gases de efeito estufa por unidade de PIB e preservar as florestas nativas. O título foi emitido em outubro de 2022 por um total de US\$ 1,5 bilhão e teve uma subscrição cerca de três vezes maior, demonstrando forte interesse do mercado. Os SLB podem ser úteis na ALC como fonte de financiamento adicional para governos, cujas características podem não estar disponíveis por meio de títulos convencionais.

1.3 Tendências de energia e emissões

1.3.1 Demanda energética

Ainda que haja recursos energéticos renováveis em abundância, incluindo energia solar, eólica, geotérmica, hidrelétrica e bioenergia, atualmente a maioria dos países da ALC depende fortemente de combustíveis fósseis para cumprir com as suas necessidades energéticas. Em média, o petróleo continua sendo o principal combustível utilizado, respondendo por 40% da oferta total de energia (OTE) na ALC (Figura 1.11). A demanda de petróleo é impulsionada pelos setores de transportes e da indústria.

Figura 1.11 ▶ Oferta total de energia por fonte na ALC, 1971-2022



IEA. CC BY 4.0.

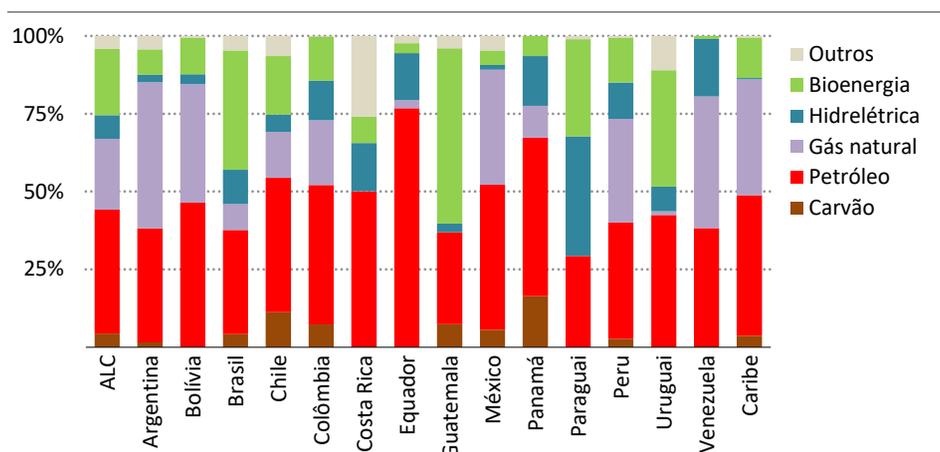
O petróleo tem sido o principal combustível na matriz energética da ALC há mais de cinco décadas, enquanto o gás natural tem sido o combustível que mais cresce

Nota: Outros incluem energias renováveis, excluindo hidro e bioenergia, energia nuclear, resíduos não renováveis e outras fontes.

Embora a procura de petróleo pareça diminuir gradativamente, o gás natural registrou um aumento no setor de eletricidade. A participação do gás natural no OTE aumentou de 19% em 2000 para 23% em 2022. A produção de carvão esteve estagnada na última década: seu uso é significativo na indústria e na geração de energia. As energias renováveis também desempenham um papel muito significativo na produção de eletricidade, especialmente na energia hidrelétrica, embora a parcela de energias renováveis no OTE varie de forma acentuada de país para país. A parcela de bioenergia no OTE tem sido relativamente constante na região desde 2010, cerca de 20%. Tal como acontece com as energias renováveis, a qualidade dos recursos bioenergéticos e os padrões de utilização variam amplamente entre os países. No entanto, a ALC como um todo é o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis, graças ao tamanho das suas florestas e à escala da sua produção de milho e cana-de-açúcar.

Embora o petróleo seja o combustível dominante na região, há grandes diferenças na sua utilização, variando entre apenas 7% do OTE em Trinidad e Tobago e 95% na Guiana. Esse padrão se aplica a outros combustíveis, como o gás natural, representando menos de 5% do OTE em países como Costa Rica, Equador, El Salvador, Guatemala, Guiana, Suriname e Uruguai, porém mais de 30% em outros como Argentina, Bolívia, México, Peru e Venezuela. Juntos, Brasil e México respondem por quase dois terços do OTE da região. Apesar da parcela de energias renováveis no OTE variar em toda a região, a energia hidrelétrica é dominante (Figura 1.12). A ALC é um dos líderes mundiais em capacidade hidrelétrica, embora a sua participação no OTE não tenha mudado desde meados de 2010. A energia solar fotovoltaica e eólica são fontes de geração de energia emergentes na ALC.

Figura 1.12 ▶ **Matriz de oferta total de energia na ALC e em países selecionados, 2022**



IEA. CC BY 4.0.

A parcela média de combustíveis fósseis na matriz energética primária foi de cerca de 65% em 2022, mas apresentou diferenças entre os países, dependendo das suas ofertas de recursos internos

Nota: Outros incluem energias renováveis (excluindo hidro e bioenergia) energia nuclear, resíduos não renováveis e outras fontes.

Quadro 1.5 ▶ **Desafios e oportunidades energéticas específicas no Caribe**

Os países do Caribe enfrentam desafios energéticos únicos relacionados às suas localizações geográficas, tais como a falta de interligações energéticas e a vulnerabilidade das infraestruturas relacionada às mudanças climáticas. Em comparação com a América Latina, o Caribe tem um maior grau de dependência de combustíveis fósseis importados para todas as necessidades energéticas, incluindo a geração de eletricidade (Figura 1.14). Esses fatores aumentam as preocupações com a segurança da oferta de energia e a exposição aos ciclos de preços variáveis no mercado global. No setor elétrico, todos os serviços auxiliares precisam ser implementados localmente e as variações relacionadas à alta e baixa temporada no

turismo exigem uma capacidade elevada de produção de energia de reserva. Esses fatores sustentam tarifas de eletricidade relativamente elevadas, que ultrapassam USD 0,40/kWh in certos países caribenhos. Isso impede o acesso universal à energia moderna e prejudica a competitividade dos países do Caribe, (Burunciuc, 2022).

Os sistemas energéticos nas ilhas dependem normalmente de limitadas infraestruturas de rede, o que torna difícil a integração de fontes de energia renováveis (Flessa, 2023). Além disso, a obtenção de financiamento para projetos é difícil, uma vez que a maioria dos países do Caribe são classificados como economias de rendimento médio ou médio-baixo, fazendo com que o acesso ao financiamento por concessão seja um desafio (Mohan, 2022). No entanto, os países caribenhos estabeleceram metas ambiciosas de energia limpa para superar o “dilema do aprisionamento fóssil” (Kersey, Blechinger, & Shirley, 2021): Em 2013, os membros da Comunidade do Caribe (CARICOM) chegaram a um acordo sobre uma política energética regional com o objetivo de atingir metas estabelecidas para a descarbonização e a eficiência energética, reforçando simultaneamente a segurança energética. Os países do Caribe têm excelentes recursos energéticos renováveis que poderiam até permitir que a região se tornasse um exportador de energia.

O acesso à energia continua sendo um desafio em algumas partes do Caribe. Em alguns países ainda há muito a ser feito, e o Haiti é um caso extremo (Figura 1.22). Em outros, como a Jamaica, já existe acesso quase universal. Nos países onde restam apenas alguns pequenos grupos de comunidades isoladas, a crescente implantação da geração distribuída de energia tem o potencial de proporcionar acesso à energia moderna para todos num futuro próximo.

Nos últimos anos, os furacões prejudicaram gravemente a oferta de eletricidade e a atividade econômica em vários países caribenhos. O investimento para melhorar a resiliência da produção –por exemplo, colocando alguns elementos-chave da rede no subsolo, aumentando a utilização de mini redes e aumentando a capacidade de armazenamento– poderia produzir benefícios líquidos superiores a US\$ 4 bilhões (IDB, 2020).

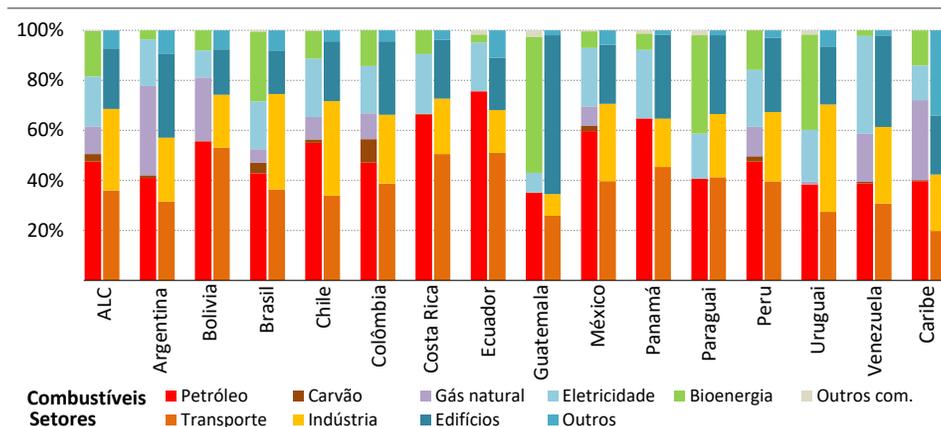
Os desafios e oportunidades específicos e únicos do Caribe são notavelmente diferentes do resto da ALC e a necessidade energética do Caribe é relativamente pequena (5% do total da ALC em 2022). Este relatório, portanto, não tem a intenção de abranger o Caribe em grandes detalhes, embora cite exemplos da região nos casos pertinentes.

Setores de uso final

O **transporte** é a maior fonte de demanda de energia na ALC, respondendo por 36% do consumo total de energia dos setores de uso final (Figura 1.13). O transporte rodoviário é responsável por 94% da demanda total de energia nos transportes, principalmente sob a forma de gasolina (46% da utilização do transporte rodoviário) e diesel (41%). A frota de automóveis na ALC aumentou cerca de 2,5 vezes desde 2000. O Brasil foi responsável por quase metade e o México por pouco mais de um quinto da frota total de automóveis em 2022. O aumento da renda e a classe média são os fatores que impulsionam a expansão da frota automóvel, embora a falta de transporte público adequado também estimule o crescimento da frota de automóveis (ver Capítulo 3).

A bioenergia é responsável por 10% do consumo de energia no transporte e essa parcela varia em toda a região. Esse é um fator significativo no Brasil, onde cerca de 80% da frota de automóveis consiste em veículos no modelo *flex*, que podem operar com altos níveis de mistura de etanol. O transporte ferroviário é relativamente menos desenvolvido na ALC ou é menos utilizado do que no passado em países onde já foi importante, como na Argentina. A parcela de transporte ferroviário na demanda total de energia para transportes na região é cerca de metade da média global.

Figura 1.13 ▸ **Consumo final total por setor de combustível e uso final na ALC e em países selecionados, 2022**



IEA. CC BY 4.0.

O petróleo é o combustível dominante nos setores de uso final, principalmente nos transportes e depois na indústria na maioria dos países

Nota: Outros combustíveis incluem a energia solar térmica e geotérmica utilizada diretamente nos setores de uso final. Outros incluem agricultura e outros usos não energéticos.

A **indústria** é o segundo maior setor em termos de demanda de energia para uso final, representando 33% do total. O setor industrial é responsável por 31% do PIB da ALC, quase US\$ 2 trilhões de produção a cada ano (World Bank, 2022). A indústria química tem a maior demanda energética do setor. Mas a sua parcela na demanda total de energia no setor industrial caiu de 21% em 2000 para 17% em 2022, uma vez que a demanda global de energia no setor refletiu o declínio da competitividade das indústrias com utilização intensiva de energia, especialmente a siderúrgica e química. A demanda de energia nas atividades de produção alimentar e de mineração está aumentando. Sua parcela combinada na demanda total de energia da indústria aumentou de 15% em 2000 para 21% em 2022, muito acima da média global de 7%. Atualmente, quase metade da demanda de energia na indústria da região provém das indústrias leves, em comparação com 30% a nível mundial. Isso resulta em uma baixa intensidade energética no setor industrial em comparação com outras regiões ou países.

A eletricidade e a bioenergia substituíram o petróleo como combustíveis dominantes na indústria nas últimas décadas: a demanda de petróleo diminuiu mais de 0,2 milhões de barris por dia (mb/d) desde 2000. O aumento da produção de gás natural na região e a descoberta de novos campos de

gás, por exemplo, no Brasil, Colômbia e Argentina, levaram juntos a um aumento de 58% no uso de gás natural na indústria, em média, nesses países. Esse aumento ocorre principalmente nas indústrias leves, onde o gás natural pode facilmente substituir outros combustíveis, como o petróleo. A procura de gás natural quase duplicou nessas indústrias, embora a sua utilização tenha apresentado menor presença na mineração, onde o petróleo cumpre com 43% da demanda de energia, enquanto o gás natural representa 9%.

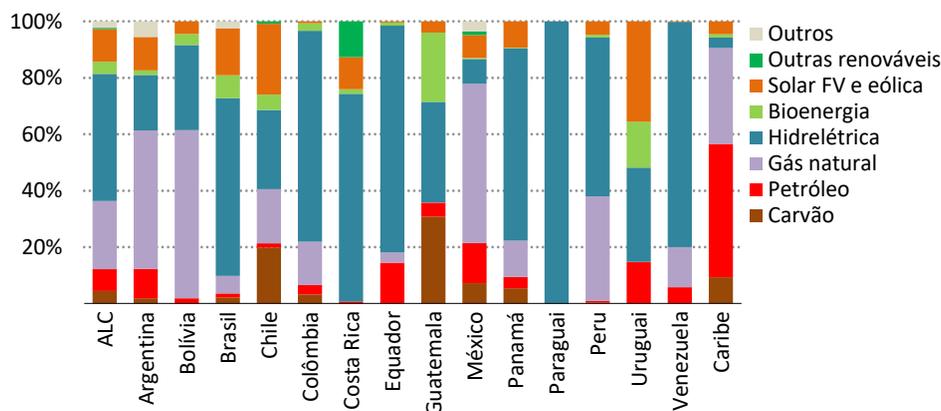
O setor **edificações** registrou um aumento da demanda de energia à medida em que habitação, infraestrutura, eletrodomésticos e serviços se expandiram. Por exemplo, a posse de eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado aumentou 20% no período de 2010 a 2022, refletindo o aumento da renda e a melhoria dos padrões de vida. A demanda de energia para aquecimento é baixa em comparação com regiões de clima mais frio e representa menos de 10% do consumo de energia do setor edificações, em comparação com cerca de 50% na América do Norte e na Europa. Contudo, a demanda de energia para aquecimento é expressiva em alguns países durante os períodos frios. No Chile, há políticas de utilização de madeira seca para reduzir a poluição do ar interior, enquanto na Argentina o gás natural é o principal combustível para aquecimento. Globalmente, a demanda de energia no setor edificações é suprida principalmente por eletricidade (43%).

1.3.2 Geração de eletricidade

De modo geral, a ALC tem um dos sistemas de eletricidade com emissões mais baixas do mundo, com as energias renováveis respondendo por cerca de 61% da geração de eletricidade em 2022 (Figura 1.14). A energia hidrelétrica foi responsável por 45% da geração total, a eólica por 8%, a energia solar fotovoltaica por 4% e a bioenergia por 4%. A energia nuclear representou 2%. Os combustíveis fósseis representaram 36% da geração de eletricidade em 2022, dos quais 24% foram provenientes do gás natural, 8% do petróleo e quase 4% do carvão. A intensidade das emissões de dióxido de carbono (CO₂) da geração de eletricidade na região foi de 215 gramas de CO₂ por quilowatt-hora (g CO₂/kWh) em 2022. Esse é um dos níveis mais baixos do mundo e menos de metade da média global.

Cada país da ALC possui uma matriz única de geração de eletricidade. Muitos deles são capazes de recorrer a grandes recursos de energia renovável. Alguns países dependem fortemente da energia hidrelétrica. Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, Panamá, Paraguai e Venezuela geram, cada um, pelo menos 60% de sua eletricidade a partir de hidrelétricas. A energia eólica e a energia solar fotovoltaica geralmente constituem uma parte menor da matriz de geração de energia da ALC, apesar de representarem 25-35% da geração de eletricidade no Chile e no Uruguai. Apenas Argentina, Brasil e México possuem reatores nucleares, que fornecem respectivamente 6%, 2% e 3% da geração de energia. Outros países dependem mais dos combustíveis fósseis, que representaram mais de 35% da geração de eletricidade em vinte e dois países da ALC, incluindo quase todos os países do Caribe. O gás natural é o principal combustível para a geração de eletricidade na Argentina, Bolívia, República Dominicana, Jamaica, México, Trinidad e Tobago, enquanto o carvão também desempenha um papel importante no Chile, na República Dominicana e na Guatemala. O petróleo é utilizado para geração de eletricidade em muitos países da região, embora na maioria dos países continentais da ALC a sua participação seja inferior a 20%.

Figura 1.14 ▶ Geração de eletricidade por fonte na ALC e em países selecionados, 2022



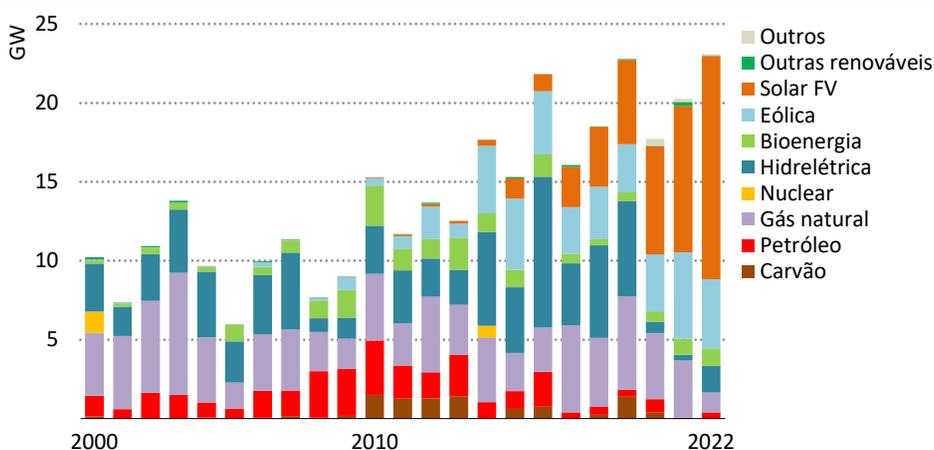
IEA. CC BY 4.0.

Mais de 60% de participação em energias renováveis, principalmente hidrelétricas, conferem à geração de eletricidade na ALC um dos perfis de emissões mais baixos do mundo

Nota: Outras energias renováveis incluem energia geotérmica, concentração de energia solar e energia marítima. Outros incluem energia nuclear, resíduos não renováveis e outras fontes.

A energia hidrelétrica é responsável por cerca de 45% da geração total de eletricidade na ALC, um valor superior ao de mais de 110 países no mundo. Países como a Colômbia, Costa Rica, Equador, Panamá, Paraguai e Venezuela têm parcelas hídricas especialmente elevadas, acima de 60%, e apenas um grupo de países como a Noruega, o Canadá, a Suíça e a Islândia têm um nível comparável. Embora a energia hidrelétrica tenha trazido enormes benefícios para a região, incluindo a oferta uma grande quantidade de armazenamento de energia, os países precisam observar com atenção as implicações dos efeitos das mudanças climáticas nos índices pluviométricos e na temperatura, tanto nos seus projetos hidroelétricos existentes como nos que já estão planejados (ver Capítulo 2).

A energia hidrelétrica mantém sua participação dominante na geração de energia renovável na ALC, embora as adições de capacidade eólica e solar fotovoltaica tenham acelerado acentuadamente nos últimos anos, o que pode marcar um ponto de inflexão na matriz de oferta de eletricidade (Figura 1.15). Nas duas décadas anteriores a 2019, a energia hidrelétrica, o gás natural e o petróleo representaram coletivamente mais de metade do total de adições de capacidade por ano. Nos últimos três anos, a energia eólica e a energia solar fotovoltaica foram responsáveis por mais da metade das adições anuais de capacidade. A parcela de combustíveis fósseis nas adições de capacidade totais vem diminuindo, com quase nenhuma construção de centrais elétricas alimentadas a carvão ou petróleo nos últimos anos e menor quantidade de novas centrais alimentadas a gás natural, especialmente nos últimos anos.

Figura 1.15 ▶ Adições anuais de capacidade por fonte na ALC, 2000-2022

IEA. CC BY 4.0.

Durante décadas, a ALC recorreu à energia hidrelétrica, ao gás natural e ao petróleo para atender ao crescimento da demanda por eletricidade, mas nos últimos anos voltou-se drasticamente para a energia eólica e solar fotovoltaica.

Nota: GW = gigawatts. Outras energias renováveis incluem energia geotérmica, concentração de energia solar e energia marítima. Outros incluem resíduos não renováveis e outras fontes.

1.3.3 Recursos e oferta de energia

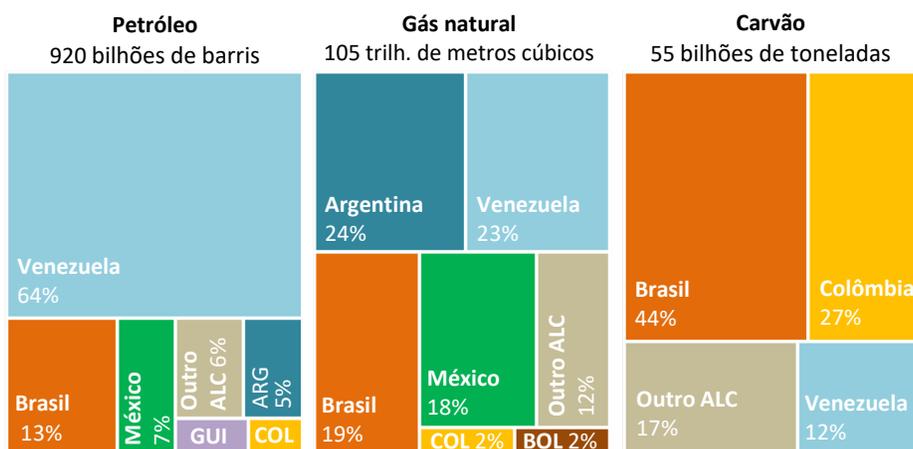
A ALC é rica em recursos energéticos, desde minerais essenciais até gás não convencional, energia hidrelétrica, bioenergia e outras energias renováveis. As áreas com potencial de crescimento incluem energia solar e eólica, etanol avançado, hidrogênio de baixas emissões e bioquerosene para aviação. Os recursos e as perspectivas de desenvolvimento variam acentuadamente de país para país. Chile, Brasil e Peru produzem volumes substanciais de minerais essenciais, como cobre, lítio e grafite, enquanto a Bolívia e a Argentina procuram explorar ainda mais os seus grandes recursos de lítio. Brasil, México e Argentina são os maiores dentre vários produtores de petróleo e gás. Alguns países vivem um declínio da sua produção, como a Venezuela, enquanto outros, como a Guiana, têm margem para prover novos fornecimentos. A Colômbia é o principal fornecedor de carvão na região, embora declarações públicas recentes tenham indicado que o país está se afastando do carvão, assim como os seus principais mercados de exportação.

A ALC desempenha um papel importante no comércio global de energia e em outros setores, refletindo a sua localização geográfica, a riqueza dos recursos naturais e as relações comerciais. Acordos comerciais como o MERCOSUL, a Aliança do Pacífico, o Acordo Estados Unidos-México-Canadá e acordos bilaterais facilitam os fluxos comerciais entre a ALC e os Estados Unidos, Canadá, Europa, Ásia e África. A região é um importante fornecedor de *commodities*, incluindo petróleo e gás, bem como minerais essenciais, e está bem posicionada para contribuir para a nova economia energética global em desenvolvimento.

Combustíveis fósseis

A ALC possui recursos substanciais de petróleo e gás. Esses recursos estão distribuídos de forma desigual entre os países e muitos deles são difíceis de acessar e desenvolver considerando um valor econômico plausível. A região tem alguns recursos de carvão, principalmente no Brasil e na Colômbia (Figura 1.16). Atualmente os combustíveis fósseis são responsáveis por dois terços da oferta total de energia na ALC: petróleo (40%), gás natural (23%) e carvão (4%).

Figura 1.16 ▶ Recursos de combustíveis fósseis na ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

A região tem quase 15% dos recursos globais de petróleo e gás e menos de 1% dos recursos globais de carvão.

Notas: GUY = Guiana; BOL = Bolívia. COL = Colômbia. Os recursos correspondem ao volume de hidrocarbonetos restantes que ainda poderão ser produzidos. Isso inclui volumes já identificados como reservas e volumes cuja recuperação não é financeiramente viável por uma série de razões, incluindo preço, falta de tecnologia disponível ou recursos baseados em investigação geológica, mas que ainda não foram descobertos.

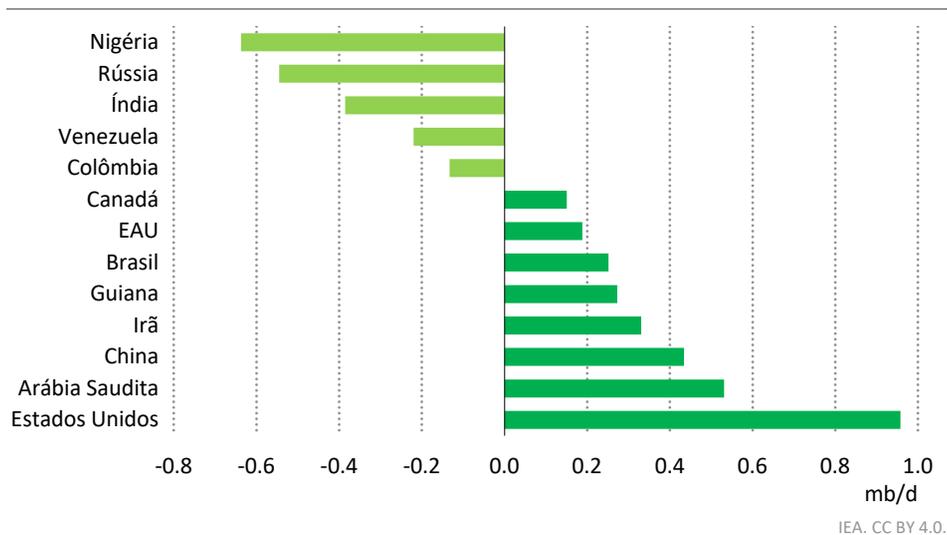
Fontes: BGR (2021); BP (2022); CEDIGAZ (2022); OGJ (2022); US DOE/EIA (2015); US DOE/EIA (2013); USGS (2012); USGS (2012b); Bancos de dados e análises da AIE.

A Guiana e o Brasil aumentaram a sua produção de petróleo e gás natural nos últimos anos e, juntos, foram responsáveis por cerca de 15% do aumento na oferta global de petróleo entre 2019 e 2022 (Figura 1.17). A produção de petróleo e gás na ALC aumentou de forma acentuada em 2022 (cerca de 5%) à medida que os preços dos combustíveis fósseis aumentaram em resposta à procura pós-pandemia e à crise energética devido à invasão da Ucrânia pela Rússia. Espera-se um maior crescimento em 2023, tendo em conta a rigidez do mercado, os cortes da OPEP+ e a entrada em operação de novos projetos. Atualmente, os principais projetos incluem trabalhos para desenvolver a produção não convencional na Argentina, bem como novos campos offshore no Brasil e na Guiana.

Fontes potenciais de nova produção de hidrocarbonetos levantaram preocupações ambientais na região. O desenvolvimento de recursos não convencionais através do *fracking* (fraturamento

hidráulico) foi proibido em regiões do Brasil e do Uruguai, e uma moratória está em discussão na Colômbia. A Argentina é atualmente o único país da ALC que desenvolveu petróleo e gás de xisto em grande escala. As preocupações ambientais não se limitam à produção não convencional de hidrocarbonetos. Após grandes descobertas da ExxonMobil na Guiana, uma decisão judicial exigiu que a empresa fornecesse garantias financeiras ilimitadas para lidar com potenciais derramamentos de petróleo nas suas atividades de exploração, mesmo que essas garantias tenham sido limitadas a US\$ 2 bilhões. Uma licença para perfuração foi negada recentemente em uma área *offshore* sob a jurisdição do Brasil e a agência ambiental mencionou como uma das principais razões a falta de estrutura adequada para lidar com potenciais impactos de derramamentos de petróleo.

Figura 1.17 ► Mudanças na oferta de petróleo para países selecionados, 2019-2022



O aumento da produção na ALC foi responsável por quase 20% do crescimento global na oferta de petróleo

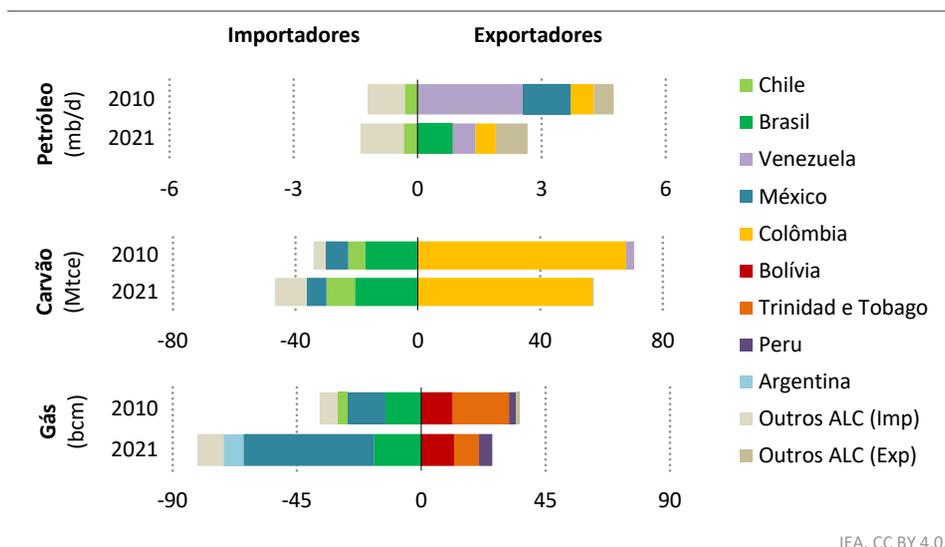
Nota: mb/d = milhões de barris por dia; EAU = Emirados Árabes Unidos.

A produção de carvão é de escala relativamente pequena, exceto na Colômbia, que representa por volta de 90% da oferta na ALC. A Colômbia exportou aproximadamente 60 milhões de toneladas de equivalente de carvão (Mtce) em 2022, sendo a maior parte em carvão para caldeiras (*steam-coal*) para a Europa para o setor energético. A produção caiu de cerca de 80 Mtce para 50 Mtce em 2020, quando a pandemia de Covid-19 levou a uma queda na demanda de energia, e desde então manteve-se abaixo dos 60 Mtce.

A ALC é uma exportadora líquida de petróleo bruto e carvão e uma importadora líquida de gás natural (Figura 1.18). Brasil, Colômbia e Venezuela são os principais exportadores líquidos de petróleo bruto, tendo a China e os Estados Unidos como seus principais clientes. O México é de

longe o maior importador de gás natural, a maior parte do qual vem dos Estados Unidos. Espera-se que a Argentina passe de importadora líquida de gás natural a exportadora à medida que desenvolve os seus recursos de gás não convencional. A Colômbia é a única exportadora substancial de carvão. O comércio regional desempenha um papel importante na ALC: por exemplo, o carvão vai da Colômbia para o Brasil e Chile, o Brasil fornece petróleo ao Chile e outros países vizinhos e a Bolívia fornece gás natural por gasoduto para o Brasil e a Argentina. Alguns países, como Panamá e Cuba, dependem fortemente das importações e são altamente vulneráveis aos ciclos de preços.

Figura 1.18 ▶ Importações e exportações líquidas de combustíveis fósseis na ALC, 2010 e 2021



IEA. CC BY 4.0.

Brasil, Colômbia e Venezuela juntos respondem por cerca de 70% das exportações líquidas de combustíveis fósseis na região

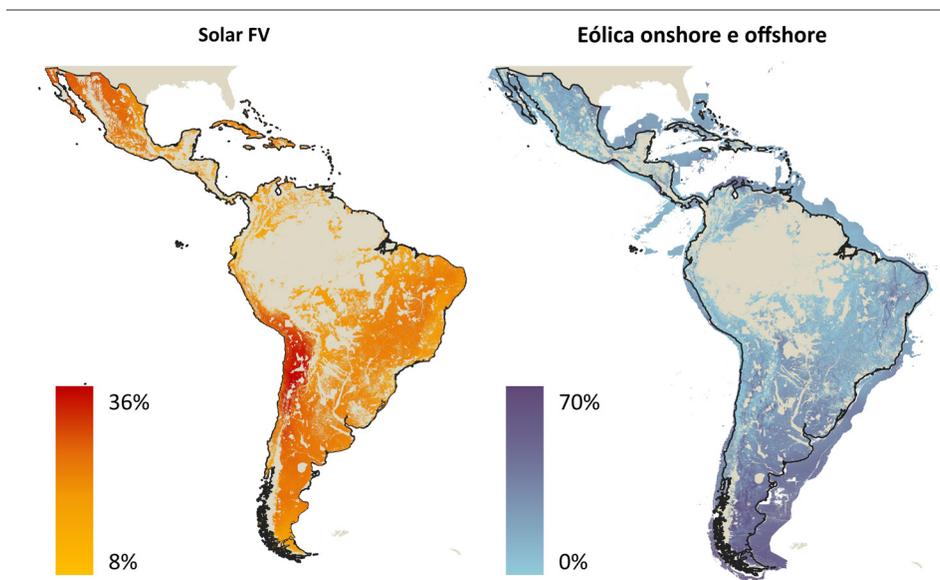
Notas: mb/d = milhões de barris por dia; Mtce = milhões de toneladas de carvão equivalente; bcm = mil milhões de metros cúbicos. O GNL está incluído no gás.

Embora a região seja uma exportadora líquida de petróleo bruto, é uma importadora líquida de produtos petrolíferos, principalmente dos Estados Unidos. Os países com recursos petrolíferos internos limitados, como o Chile e o Uruguai, dependem fortemente das importações de petróleo bruto e de produtos petrolíferos refinados para cumprir com as suas necessidades. Vários dos principais produtores têm uma capacidade de refino substancial, incluindo Brasil, México, Venezuela e Argentina, mas também importam alguns produtos petrolíferos para responder à procura de categorias ou qualidades específicas de produtos ou para cumprir com divergências temporárias entre oferta e demanda internas. A Venezuela tem observado a diminuição da sua capacidade de refino devido à manutenção insuficiente e ao subinvestimento, levando a deficiências na oferta interna de gasolina e diesel.

Energias renováveis

A energia renovável oferece uma oportunidade significativa para a ALC. A energia hidrelétrica tem sido uma importante fonte de produção de eletricidade em muitos países, mas grande parte do potencial hidrelétrico remanescente está concentrado na Bacia Amazônica, que já sofre com o desmatamento, as mudanças climáticas e a mineração ilegal. Os biocombustíveis também desempenham um papel significativo, fornecendo 10% da energia utilizada para a produção de energia e transportes (em comparação com menos de 5% a nível global). Ao longo do tempo, existe potencial para os biocombustíveis terem ganhos de produtividade, explorarem matérias-primas avançadas, ajudarem a descarbonizar setores cujas emissões são difíceis de reduzir e permitirem uma produção de energia com emissões líquidas negativas.

Figura 1.19 ▶ Fatores médios simulados de capacidade solar fotovoltaica e eólica na ALC



IEA. CC BY 4.0.

O norte do Chile, Peru e México têm as melhores condições de energia solar fotovoltaica da região, enquanto o potencial eólico é maior na Patagônia, em Guajira na Colômbia e no nordeste e sul do Brasil

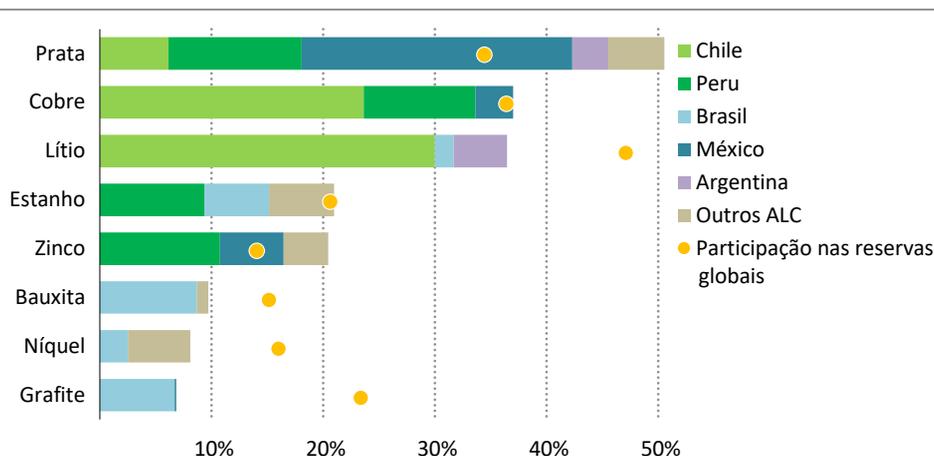
Notas: Os fatores de capacidade solar FV são calculados presumindo usinas solares fotovoltaicas com módulos de silício policristalino (melhor tecnologia disponível [MTD] em 2030), rastreamento de eixo único e ângulo de inclinação adaptado ao local. Os fatores de capacidade eólica *onshore* são calculados com base em uma turbina eólica com diâmetro de rotor de 160 metros (m), com altura de cubo de 80-150 m e capacidade de 3-6 megawatts (MW), ambos adaptados ao local (MTD em 2030). Os fatores de capacidade eólica *offshore* são calculados com base em uma turbina eólica com diâmetro de rotor de 220m, com altura de cubo de 100-170m e capacidade de 10-17 MW, ambos adaptados ao local (MTD em 2030). Os fatores de capacidade solar FV e eólica são calculados com base em fatores de capacidade médios de 2000-2019.

O espaço para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica e dos recursos eólicos *onshore* e *offshore* é outra enorme oportunidade (Figura 1.19). Brasil, México, Colômbia, Chile e Peru estão conduzindo uma onda de novas adições de capacidade solar fotovoltaica e adicionaram recentemente mais capacidade do que a África, o Oriente Médio e a Eurásia juntos. Para a energia eólica, Brasil, Chile, Colômbia, México e Argentina estão na vanguarda do desenvolvimento de novas capacidades. A longo prazo, explorar o potencial dos recursos eólicos poderia permitir que os países da ALC se tornassem produtores competitivos de hidrogênio com baixas emissões.

Minerais

Muitos países da ALC são grandes produtores de minerais essenciais (Figura 1.20). O Chile é o maior produtor de cobre do mundo e responde atualmente por cerca de 30% da oferta global de lítio. O Brasil é um grande exportador de bauxita e grafite. O Peru e outros países da região desempenham um papel fundamental na produção de outros minerais essenciais, como o níquel e o zinco. A região também possui reservas substanciais subexploradas, por exemplo, lítio na Bolívia e elementos raros no Brasil. Uma base forte de recursos oferece a oportunidade de avançar na cadeia de produção para o refino e processamento de minério, adicionando mais valor, criando empregos e ajudando a diversificar a oferta global de minérios refinados.

Figura 1.20 ▶ Participação dos países da ALC na produção e reservas globais de minerais selecionados, 2022



IEA. CC BY 4.0.

A ALC é altamente significativa para a produção de lítio e outros minerais essenciais necessários para transições de energia limpa

Para aproveitar essas oportunidades, as atividades de mineração devem aderir a elevados padrões ambientais, sociais e de governança (ASG) e beneficiar as comunidades locais. Muitos dos recursos minerais encontram-se em ecossistemas sensíveis que já estão sujeitos a uma série de tensões. Algumas das maiores minas de cobre estão no norte do Chile, onde a escassez de água é um

problema crítico. Essa é também uma área de desenvolvimento de lítio, e a quantidade de água necessária para produzir lítio corre o risco de agravar o problema da escassez de água. Vários depósitos de bauxita e elementos raros no Brasil ficam na Bacia Amazônica. É essencial que haja uma aplicação consistente de ESG para proteger a biodiversidade da região, as comunidades locais e os povos originários (ver Capítulo 3). Há algumas histórias de sucesso das quais podemos tirar proveito. Por exemplo, a mina de cobre Los Bronces fez melhorias no sistema de transporte de água e implementou um circuito automatizado de recirculação para reciclar mais de 78% da água que utiliza (Copper Alliance, 2023). É necessário ter mais histórias de sucesso como essa para servir como exemplo.

1.3.4 Meio ambiente

Os países da ALC são alguns dos mais biodiversos do mundo e abrigam ecossistemas sensíveis que enfrentam uma série de desafios. A capacidade limitada de aplicação da lei e as pressões econômicas constituem um caminho delicado para transições justas. A colaboração internacional pode trazer grandes benefícios para todos os envolvidos, como ajudar a combater a pobreza energética, reduzir as emissões e acelerar o progresso rumo aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

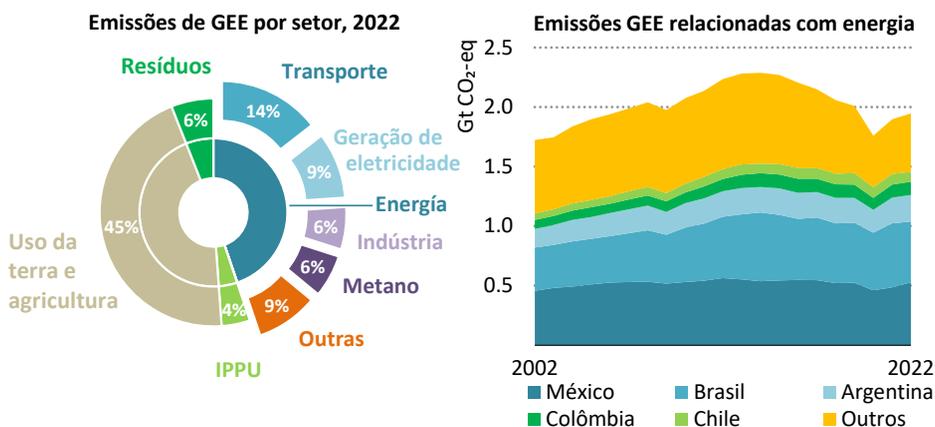
Emissões

A ALC foi responsável por cerca de 5% do total das emissões acumuladas de gases de efeito estufa (GEE) relacionadas a energia entre 1970 e 2022. Em 2019, foi responsável por cerca de 8% do total de emissões de GEE em toda a economia. Em nível global, estima-se que o setor energético seja responsável por mais de três quartos das emissões de GEE. Na ALC, é responsável por menos da metade dessas emissões (Figura 1.21). Isso enfatiza a importância do uso da terra e da agricultura na região, que foi responsável por cerca de 45% do total de emissões de GEE, em 2022.

As fontes de energia com baixas emissões ajudaram a limitar a contribuição histórica da região para as mudanças climáticas, mas uma transição para energias limpas envolverá o combate às emissões nos transportes e na indústria, bem como a realização de novos progressos no setor energético. O transporte rodoviário foi a principal fonte de emissões de CO₂ relacionadas à energia em 2022 (cerca de 550 milhões de toneladas [Mt] de CO₂, cerca de 33% do total), seguido pela geração de energia (380 Mt CO₂, 23%) e pela indústria (370 Mt CO₂, 22%).

A redução das emissões de metano provenientes da produção de petróleo e gás oferece uma oportunidade precoce e importante para limitar o aquecimento global a curto prazo. As operações de petróleo e gás na ALC emitiram quase 8 Mt de metano em 2022, o equivalente a mais de 230 Mt CO₂. Estimamos que cerca de 80% dessas emissões poderiam ser reduzidas com as tecnologias existentes e 40% poderiam ser evitadas sem nenhum custo líquido, porque os gastos com as medidas de redução são inferiores ao valor de mercado do gás adicional captado (ver Capítulo 3).

Figura 1.21 ▶ Emissões de GEE por setor na ALC, 2022, e emissões de GEE relacionadas a energia por país, 2002-2022



IEA. CC BY 4.0.

O México e o Brasil são responsáveis por mais da metade das emissões de GEE relacionadas à energia. As emissões na região vinham caindo desde 2015, mas essa tendência se inverteu após 2020

Notas: IPPU = processos industriais e uso de produtos; Gt CO₂-eq = gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente. Uma tonelada de metano é considerada equivalente a 30 toneladas de CO₂ com base no potencial de aquecimento global de 100 anos e uma tonelada de óxido nitroso é considerada equivalente a 273 toneladas de CO₂ com base no potencial de aquecimento global de 100 anos (IPCC, 2021). As emissões relacionadas à combustão de energia estão incluídas no segmento de energia. IPPU corresponde às emissões de processamento, ao uso de gases de efeito estufa em produtos e aos usos não energéticos de carbono de combustíveis fósseis. O metano inclui apenas as emissões de metano provenientes das operações de petróleo, gás e carvão. As emissões de metano provenientes de equipamentos de uso final estão incluídas nos setores consumidores. Outras energias abrangem a utilização de energia pelas indústrias de transformação e as perdas de energia na conversão da energia primária em uma forma que possa ser utilizada nos setores de uso final.

Fontes: As emissões do setor de energia são provenientes de bancos de dados da AIE. As emissões do uso do solo e da agricultura baseiam-se em modelagem do International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). As estimativas de emissões para os outros setores são do Climate Watch (2023).

Mudança no uso da terra

A mudança no uso da terra é uma importante fonte de emissões de GEE na ALC e é uma importante fonte de perda de biodiversidade. O pior ainda pode estar por vir: os habitats naturais enfrentam a exploração madeireira ilegal e a pressão da agricultura, mineração e expansão urbana (Quadro 1.6). Brasil, Colômbia, Equador e muitos outros países da região se comprometeram a parar o desmatamento até 2030, mas o caminho para essa meta apresenta lentidão (UNFCCC, 2021). Por outro lado, Uruguai, Chile e Costa Rica conseguiram reverter o desmatamento desde 2000 por meio de uma série de medidas, incluindo incentivos ao reflorestamento, promoção de áreas protegidas e envolvimento com as comunidades locais. Pode haver ganhos na área econômica e também provenientes da mudança climática. A restauração de terras degradadas e os ganhos de produtividade poderão fazer com que a produção de bioenergia continue a se

expandir sem afetar as áreas florestais, principalmente se a região progredir na utilização de resíduos e de matérias-primas avançadas. A mudança no uso do solo poderia se transformar de fontes de emissões a sumidouros de carbono.

Quadro 1.6 ▶ O que o futuro reserva para a Amazônia?

A floresta amazônica é a maior floresta tropical do mundo e um foco ecológico. É também o lar de cerca de 400 grupos étnicos de povos nativos, muitos dos quais não têm contacto com a sociedade moderna, bem como centenas de comunidades locais com acesso escasso à energia e infraestrutura (World Bank, 2019). A região abrange nove países e cobre uma área de aproximadamente 7 milhões de quilômetros quadrados, quase o tamanho da Austrália. Ela desempenha um papel importante na sustentação dos padrões climáticos globais, servindo como sumidouro de carbono e regulando os ciclos regionais e globais da água. Grandes áreas rurais, diversos centros urbanos como São Paulo e usinas hidrelétricas dependem da água da evapotranspiração da floresta transportada para o sul pelas correntes de vento.

A Bacia Amazônica também abriga importantes recursos energéticos que vão desde reservatórios de petróleo e gás até depósitos de minerais essenciais e um potencial hidrelétrico importante e inexplorado. O desenvolvimento e a utilização desses recursos sem causar danos não é simples. Equador e Colômbia desenvolveram recursos de hidrocarbonetos na região amazônica e observaram os impactos que os derramamentos de petróleo tiveram nos rios, nas florestas e no povo. O Brasil implementou operações de mineração em grande escala para extração de bauxita e mineração de estanho em pequena escala na Amazônia, que têm sido motivo de preocupação com relação ao desmatamento e à interferência no habitat. O desenvolvimento do projeto hidrelétrico de Belo Monte, uma usina de 11,2 GW no rio Xingu, foi controverso com seus potenciais impactos às comunidades de povos nativos e fluxos ecológicos de água.

Cerca de 15-20% da Floresta Amazônica original foi perdida. A maior parte do desmatamento ocorreu em suas fronteiras, muitas vezes após a construção de estradas e outras infraestruturas. Considerando diversas tensões envolvidas, desde o desmatamento até secas extremas e inundações causadas pelo aquecimento global, as evidências sugerem que a Floresta Amazônica pode estar se aproximando de seu momento mais crítico (Boulton, Lenton, & Boers, 2022). Consequentemente, há o risco de que as pressões enfrentadas possam fazer com que grandes partes da floresta percam a capacidade de se recuperar da seca ou do desmatamento e, como resultado, de se transformar em uma savana. Isso causaria grandes interferências no clima regional e global e traria um prejuízo irremediável à diversidade biológica.

Os esforços para encontrar sinergias entre o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental e para garantir a saúde da floresta tropical a longo prazo e o bem-estar dos seus habitantes têm sido o foco de atenção. Em 2023, o Brasil realizou a Cúpula da Amazônia, na qual representantes dos países da região concordaram com um conjunto de políticas e medidas ambientais para reforçar a cooperação regional e impedir que a floresta tropical

chegue a “um caminho sem volta”. Diversas iniciativas visam promover práticas de gestão florestal sustentável, planos agroflorestais, pagamento por serviços ao ecossistema e iniciativas relacionadas aos povos nativos e lideradas pela comunidade que exploram a produção sustentável de produtos florestais.

A colaboração internacional tem um papel importante no apoio a essas iniciativas. Por exemplo, o Fundo Amazônia criado pelo Brasil e pela Noruega permite que países de todo o mundo contribuam para financiar projetos que reduzam o desmatamento, fortaleçam áreas protegidas, promovam meios de subsistência sustentáveis para comunidades locais ou melhorem a pesquisa científica e os esforços de monitoramento.

Poluição do ar

A redução das emissões de GEE também traz grandes benefícios para a qualidade do ar. Mais de 85.000 mortes prematuras todos os anos na ALC podem ser atribuídas à poluição do ar ambiente (externo). As principais fontes de poluição do ar incluem a indústria, a produção de energia e o transporte rodoviário. O transporte é uma importante fonte de poluição do ar nas áreas urbanas. Uma mudança dos automóveis com motor de combustão interna para os VE e mais opções de transporte público contribuiria muito para melhorar a qualidade do ar nas cidades, ao mesmo tempo que reduziria as emissões. A infraestrutura para apoiar mudanças modais nos transportes ferroviários e nas vias fluviais para o transporte de mercadorias, sempre que as mudanças forem viáveis, reduziria a poluição do ar, bem como a utilização de energia e emissões de GEE. As melhorias nos níveis de poluição do ar doméstico dependem de esforços dedicados para expandir o acesso a cozinha e aquecimento com energia limpa, inclusive para comunidades isoladas que ainda dependem de biomassa para cozinhar e/ou para aquecimento (ver Capítulo 3).

1.4 Pobreza energética e acessibilidade

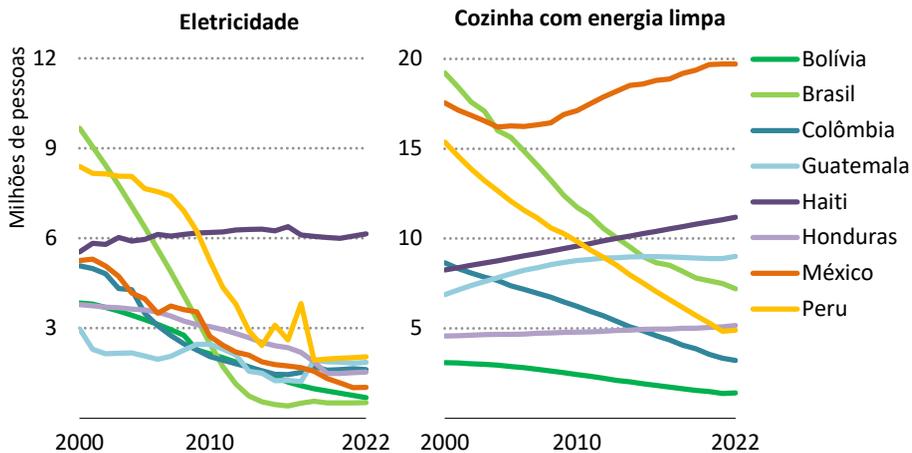
1.4.1 Acesso à energia moderna

Garantir o acesso à energia segura e acessível para todos continua sendo um desafio decisivo para os países da ALC, especialmente nas zonas rurais e remotas. Houve progresso no sentido de alcançar o acesso universal à eletricidade por meio de políticas governamentais, como o programa Luz para Todos no Brasil, que contribuiu para a redução de 95% no número de pessoas no Brasil sem acesso à eletricidade nos últimos 20 anos (Figura 1.22). A crescente disponibilidade e utilização de tecnologias fora da rede tem sido útil. No entanto, cerca de 3% da população da ALC (17 milhões de pessoas) continua sem acesso a serviços básicos de eletricidade, e essa situação não melhorou no período de uma década. Além disso, a qualidade e a segurança do serviço continuam sendo uma preocupação para aqueles que têm acesso.

Entretanto, a crise energética mundial que levou ao aumento dos preços do gás natural prejudicou gravemente o progresso da região relacionado ao acesso a cozinha com energia limpa. Cerca de 11% da população da ALC não tem acesso a esse tipo de energia. Na verdade, esse número tem aumentado no México, Haiti, Honduras e Guatemala. A falta de acesso a combustíveis para

cozinha com energia limpa tem um impacto desproporcional nas partes mais vulneráveis da população, como mulheres e crianças, e deteriora significativamente a qualidade do ar interior.

Figura 1.22 ▶ População sem acesso a eletricidade e soluções para cozinha com energia limpa na ALC, 2000-2022



IEA. CC BY 4.0.

Embora tenham ocorrido progressos consideráveis na melhoria do acesso à eletricidade, quase uma em cada oito pessoas ainda não tinha acesso a cozinha com energia limpa em 2022

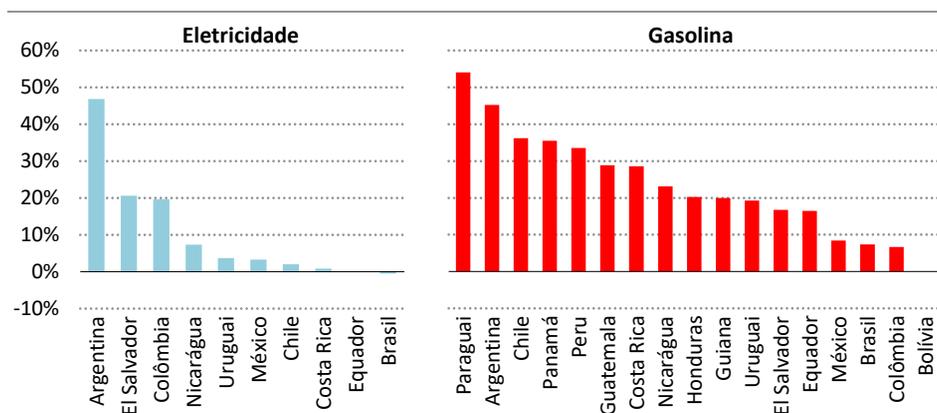
Fonte: análise da AIE baseada em IEA (2023e); OLADE (2022); WHO (2022).

1.4.2 Acessibilidade e desigualdade

Acessibilidade

Antes da crise energética, os preços elevados ou voláteis dos combustíveis fósseis já eram uma preocupação, afetando desproporcionalmente os consumidores mais pobres e vulneráveis, que gastam uma maior parte da sua renda em energia (IEA, 2022). A crise energética devido à invasão da Ucrânia pela Rússia gerou preços muito mais elevados e uma volatilidade considerável. O preço do gás natural aumentou mais de 40% na Argentina, Brasil e Uruguai em 2022, enquanto o preço do gás liquefeito de petróleo (GLP) aumentou entre 10-20% na maioria dos países. Os preços de eletricidade foram geralmente menos afetados graças aos altos níveis de geração de energia hidrelétrica em muitos países, e as represas reabastecidas até reduziram os preços da eletricidade no Brasil (Figura 1.23). Vários países responderam à alta dos preços com a oferta de vales, subsídios e outras medidas, juntamente com os regimes de apoio existentes, para proteger os consumidores do aumento nas contas de energia domésticas (IEA, 2023f).

Figura 1.23 ▸ Aumentos dos preços da energia para famílias em países selecionados da ALC em 2022 em relação a 2021



IEA. CC BY 4.0.

Apesar das medidas destinadas a atenuar os aumentos no preço da gasolina, esse preço aumentou de forma mais acentuada que o preço da eletricidade em 2022

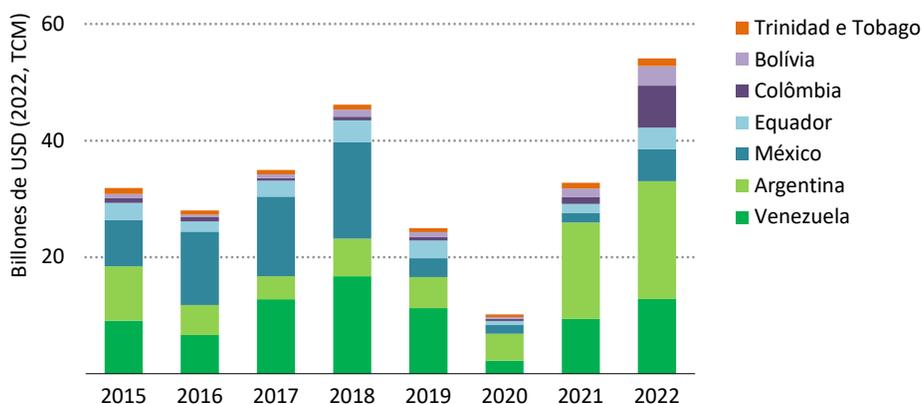
Notas: As variações de preços são apresentadas pela taxa nominal. Os preços da eletricidade no Equador e os preços da gasolina na Bolívia permaneceram estáveis. Os aumentos dos preços ao consumidor na Argentina também foram excepcionalmente elevados para outros produtos (Quadro 1.2).

Fontes: IEA (2023g), estimativas da AIE e Global Petrol Prices (2023).

O aumento acentuado dos custos de combustível para transporte colocou uma pressão adicional sobre as famílias. Alguns países forneceram proteção por meio de medidas existentes: os preços dos combustíveis estão congelados há anos na Bolívia, por exemplo. Outros países controlaram os preços cortando temporariamente os impostos sobre os combustíveis para transportes ou compensando os produtores e importadores de combustíveis por manterem os preços baixos. A maioria das famílias de baixa renda na ALC não tem meios financeiros para ter um carro, embora muitas dessas famílias tenham sido afetadas pelo custo do combustível para veículos de duas rodas ou pelo aumento das tarifas de ônibus, uma vez que dois terços de todas as viagens na região são feitas por transporte público (SLOCAT, 2022).

De forma geral, a pandemia de Covid-19 sustentou uma triplicação dos subsídios ao consumo de combustíveis fósseis em 2021 em relação a 2020, e eles aumentaram significativamente ainda mais em 2022 (Figura 1.24). Embora tenham fornecido um apoio valioso considerando os aumentos acentuados dos preços da energia, os subsídios gerais aos combustíveis fósseis não são uma boa solução a longo prazo: beneficiam desproporcionalmente os ricos e os seus custos representam um ônus adicional para os governos que já enfrentam grandes problemas com dívidas. Isso aponta para a necessidade de encontrar formas de direcionar os subsídios para aqueles que mais precisam deles. Apesar do aumento da inflação e da turbulência global nos mercados energéticos, os subsídios mantiveram a percentagem de renda mensal que as famílias médias gastam no consumo de energia em grande parte estável entre 3% e 8%, embora as despesas com combustível para transporte tenham aumentado de maneira acentuada.

Figura 1.24 ▶ Subsídios ao consumo de combustíveis fósseis e eletricidade em países selecionados da ALC, 2015-2022



IEA. CC BY 4.0.

Os subsídios ao consumo de combustíveis fósseis aumentaram acentuadamente em 2021 e 2022 em resposta ao aumento dos custos de energia

Notas: TCM = taxa de câmbio de mercado. Os subsídios ao consumo de eletricidade apresentados nesta figura são apenas aqueles ligados à energia gerada a partir de combustíveis fósseis.

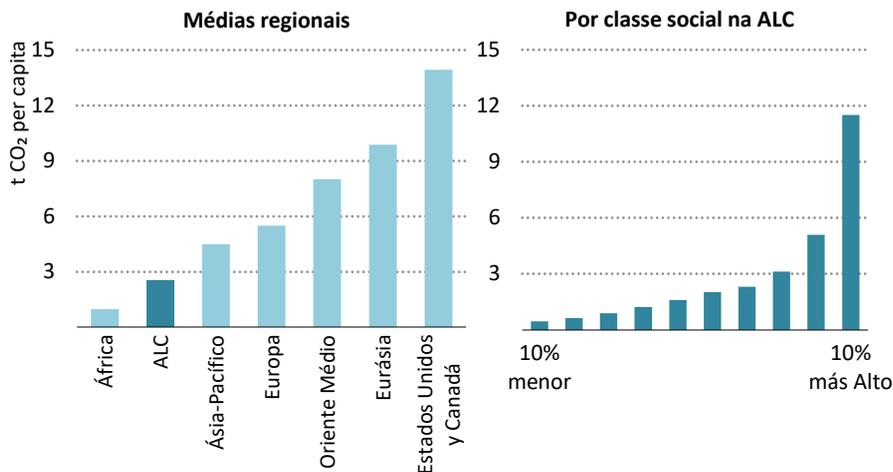
Fonte: IEA (2023h).

Desigualdade

Há desigualdades entre regiões de todo o mundo em termos de emissões de CO₂. Numa base *per capita*, a ALC tem uma pegada de carbono comparativamente baixa, com média de 2,5 toneladas de CO₂ (t CO₂) *per capita* em 2022, cerca de metade da média global de 4,6 t CO₂ *per capita*. A África é a única região com emissões *per capita* mais baixas. Há desigualdades na ALC também entre grupo de renda. Os 10% mais ricos, aqueles com renda média anual de US\$ 35.500, emitem cerca de 12 t CO₂ *per capita* por ano e representam 40% de toda a pegada de carbono da região. Em outras palavras, os 10% mais ricos emitem cinco vezes mais do que uma pessoa de classe média na ALC. Por outro lado, estima-se que os 10% mais pobres emitam apenas 0,5 t de CO₂ *per capita* por ano (Figura 1.25).

Essas desigualdades regionais não são diferentes das observadas em nível global, onde o decil com maiores emissões é responsável por quase metade das emissões globais (IEA, 2023i). As maiores desigualdades estão associadas ao transporte de pessoas, especialmente aviação e transporte rodoviário, que são os usos de energia mais elásticos em relação à renda. Em contrapartida, o uso residencial de energia é geralmente mais igualitário entre os grupos de renda, apesar do uso de aparelhos de ar condicionado ser significativamente mais elevado nas famílias mais ricas (EPE, 2023).

Figura 1.25 ▸ Emissões per capita de CO₂ relacionadas à energia, por região e grupo de renda na ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

As emissões médias per capita na ALC são mais baixas do que em qualquer outra região exceto a África, mas os 10% mais ricos são responsáveis por 40% das emissões regionais

As famílias de baixa renda são as que menos contribuem para as emissões relacionadas a energia, mas gastam a maior parte de sua renda nas contas de energia e são as que têm maior probabilidade de não ter acesso à energia moderna. Para promover transições concentradas nas pessoas, os governos precisam adotar políticas climáticas que também diminuam a desigualdade, tais como incentivos sujeitos a condições de recursos para a aquisição de tecnologias de energia limpa (IEA, 2023j). Fazer isso da maneira certa depende de ter uma boa compreensão das implicações das transições em termos de emprego e igualdade, além de exigir que vários órgãos governamentais trabalhem de forma coordenada e eficaz. Um exemplo é o Panamá, onde foi criado o Conselho de Transição Energética para delegar responsabilidades e oferecer aconselhamento estratégico sobre metas, incluindo o acesso à energia (República de Panamá Consejo de Gabinete, 2020).

1.5 Políticas energéticas, compromissos climáticos e Contribuições Nacionalmente Determinadas

Os compromissos climáticos de médio e longo prazo evoluíram na ALC desde o Acordo de Paris em 2015. Dezesesseis dos seus 33 países se comprometeram a cumprir as metas de emissões líquidas zero até meados do século ou antes. Juntos, eles representam cerca de 65% do PIB da região e cerca de 60% das emissões de CO₂ relacionadas à energia (Tabela 1.2). Algumas dessas metas estão condicionadas ao apoio internacional, incluindo o aumento do financiamento climático utilizando mecanismos de crédito de carbono como o Artigo 6 e programas setoriais como REDD+.⁴

No contexto do Acordo de Paris, as Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs) são concebidas para permitir que os países estabeleçam as suas ambições de mitigação e adaptação, estruturas políticas, planos e metas com um horizonte de médio prazo. Todos os países da ALC apresentaram as suas primeiras CNDs e, posteriormente, 29 países atualizaram as suas CNDs para buscar metas de mitigação mais ambiciosas ou para aumentar a transparência, fornecendo mais detalhes sobre as suas políticas. A maioria do atual conjunto de CNDs da região inclui uma meta quantificável de redução de emissões. Um terço das CNDs menciona explicitamente uma meta absoluta ou relativa, e o restante se baseia em um cenário contrafactual de manutenção do *status quo* para especificar as suas potenciais reduções de emissões. O objetivo deveria ser que mais países adotassem metas absolutas de redução de emissões para a próxima rodada de CNDs na preparação para a COP 30 em 2025, incluindo metas para 2035.

As emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis na ALC foram de cerca de 1,5 gigatoneladas (Gt) de CO₂ em 2022. Se todas as CNDs forem totalmente implementadas, incluindo a sua componente condicional ligada ao apoio internacional, a AIE estima que as emissões aumentarão para 1,7 Gt de CO₂ até 2030. Se apenas as metas incondicionais de mitigação das CNDs fossem alcançadas, as emissões aumentariam para 1,8 Gt CO₂, o equivalente a um aumento de 18% em comparação com 2022. Isso indica a necessidade de maior ambição e de que um trabalho maior precisa ser feito em países com objetivos de emissões líquidas zero a longo prazo, para que estejam no caminho certo e atinjam a meta. Medidas detalhadas integradas à uma estratégia política bem definida, incluindo necessidades de financiamento, ajudariam a melhorar a transparência e a criar confiança para o futuro. Esses devem ser vistos como o próximo passo essencial para a próxima rodada de CNDs.

⁴ Os países estabeleceram a estratégia REDD+ para proteger as florestas como parte do Acordo de Paris. REDD significa reduzir as emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal nos países em desenvolvimento. O + representa atividades adicionais relacionadas às florestas para proteção do clima, como o manejo sustentável das florestas e a conservação e aumento de estoques de carbono em florestas.

Tabela 1.2 ▶ Compromissos de emissões de médio e longo prazo na ALC

País	Emissões em toda a economia			Emissões de CO ₂ provenientes da combustão de combustíveis	
	Parcela de emissões de GEE em 2019 por setor	meta de emissões de GEE até 2030	Ano da meta de emissões líquidas zero	2021 (Mt CO ₂)	Meta de CND até 2030 (Mt CO ₂)
Meta absoluta (níveis máximos)					
Argentina		349 Mt CO ₂ -eq	2050	166	168
Chile		95 Mt CO ₂ -eq*	2050	85	65
Colômbia		169,4 Mt CO ₂ -eq	2050	77	112
Costa Rica		9,11 Mt CO ₂ -eq	2050	7,5	7,1
Peru		179 Mt CO ₂ -eq	2050	46	44
Uruguai		0,96 Mt CO ₂ -eq	2050	7,5	1,3
Alvo relativo					
Brasil		-50% em relação a 2005	2050	439	435
Dominica		-45% em relação a 2014	2030	0,17	0,10
Granada		-40% em relação a 2010	2050	0,31	0,19
Panamá		-11,5%* em relação a 2017	2050	11	11
São Cristóvão e Névis		-61%* em relação a 2010	-	0,24	0,09
Santa Lúcia		-7,2%* em relação a 2010	-	0,51	0,45
Meta baseada em cenário de referência com evolução inalterada					
Bahamas		-30% da referência	-	2,4	1,4
Barbados		-70% da referência	2030	1,3	0,45
República Dominicana		-27% da referência	2050	27	32
Equador		-11,9% da referência (em 2025)	-	34	34 (em 2025)
El Salvador		-6% da referência	-	6,9	8,1
Sectores: ● Energia ● LULUCF ● Agricultura ● Outros				<i>Continua na próxima página...</i>	

País	Parcela de emissões de GEE em 2019 por setor	Emissões em toda a economia		Emissões de CO ₂ provenientes da combustão de combustíveis	
		meta de emissões de GEE até 2030	Ano da meta de emissões líquidas zero	2021 (Mt CO ₂)	Meta de CND até 2030 (Mt CO ₂)
Guatemala		-22,6% da referência	-	18	17
Haiti		-25,5% da referência	-	3,1	2,3
Honduras		-16% da referência	-	9,2	12
Jamaica		-28,5%* da referência	2050	6,0	5,0
México		-40% da referência	-	375	474
Nicarágua		-10% da referência	-	4,8	12
Paraguai		-20% da referência	-	8,3	6,2
São Vicente e Granadas		-22% da referência (em 2025)	-	0,27	0,25 (em 2025)
Trinidad e Tobago		-45%* da referência	-	13	22
Venezuela		-20% da referência	-	45	177
Nenhuma meta quantificável					
Antígua e Barbuda		n/a	2040	0,64	n/a
Belize		n/a	-	0,67	n/a
Bolívia		n/a	-	20	n/a
Cuba		n/a	-	21	n/a
Guiana		n/a	Já líquida zero	2,8	n/a
Suriname		n/a	Já líquida zero	2,6	n/a

Setores: ● Energia ● LULUCF ● Agricultura ● Outros

*Não abrange LULUCF na meta CND.

Notas: LULUCF = uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura. As metas refletem os esforços incondicionais e condicionais mencionados na CND. As emissões LULUCF não são exibidas quando positivas. As metas de emissões de CO₂ relacionadas a energia até 2030 são estimativas da AIE, ajustando as metas energéticas ou econômicas de CND aos dados históricos da AIE.

Fontes: Análise baseada em dados de estimativas da AIE; Climate Watch (20223); Ritchie, Roser and Rosada (2020).

Panorama de energia e emissões

De vento em popa?

R E S U M O

- Este panorama explora três cenários para a América Latina e Caribe (ALC), focando no Cenário de Políticas Declaradas (STEPS), que reflete as políticas e medidas atuais, e o Cenário de Compromissos Anunciados (APS), que reflete o cumprimento integral e tempestivo de todas as ambições e compromissos assumidos por países e indústrias, incluindo as Contribuições Nacionalmente Determinadas e as metas de emissões líquidas zero. Quando apropriado, progresso é comparado com o Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE).
- Crescimento populacional e econômico são fatores fundamentais que influenciam o consumo de energia. Espera-se que a população da ALC aumente dos 658 milhões atuais para quase 700 milhões até 2030 e 750 milhões até 2050, juntamente com uma urbanização contínua. Após um período de crescimento lento, o PIB da região apresenta aceleração, em parte devido ao crescimento de serviços e à reindustrialização.
- Emissões de CO₂ na ALC aumentam discretamente no STEPS, de 1 660 milhão de toneladas (Mt) em 2022 para pouco mais de 1 690 Mt em 2030, 200 Mt acima da trajetória para cumprir com os compromissos e metas de longo prazo do APS. Uma aceleração da implantação de energias renováveis pode reduzir quase 40% desta diferença, sendo complementada pela eletrificação, demanda evitada e eficiência energética. A diferença entre emissões de CO₂ aumenta ainda mais até 2050, chegando a 1 850 Mt no STEPS, mas caindo para 800 Mt no APS. A poluição do ar ambiente piora no STEPS, mas melhora até certo ponto no APS; a poluição do ar doméstica melhora em ambos os cenários à medida que se avança no uso de energia limpa para cozinhar.
- Enquanto a demanda total de energia aumenta em cada cenário, a sua composição varia amplamente. No STEPS, o consumo de combustíveis fósseis aumenta lentamente, mas estes continuam a cumprir com a maior parte da demanda de energia, embora a parcela de combustíveis fósseis na matriz energética caia de 67% em 2022 para 63% em 2030. No APS, o consumo de todos os combustíveis fósseis atinge seu pico em meados da década de 2020 e sua participação na matriz energética diminui para 57% em 2030. Energias renováveis respondem por 80% do crescimento da demanda até 2030 no STEPS, aumentando a sua participação na matriz energética de 28% em 2022 para 33% em 2030, enquanto o forte crescimento no APS coloca as energias renováveis em rota para ultrapassar os combustíveis fósseis na ALC antes de 2040. No Cenário NZE, a adoção mais rápida de energias renováveis e maiores ganhos de eficiência energética levam a parcela de combustíveis fósseis para 50% em 2030.
- O consumo final de energia na ALC aumenta 1,5% ao ano até 2030 no STEPS. A taxa anual de aumento é de 0,8% no APS, refletindo uma melhoria da eficiência energética e de materiais. Ambos os cenários veem um declínio na participação do petróleo na demanda

de energia, que cai dos 48% atuais para 41% no STEPS e 23% no APS em 2050, em grande parte devido à adoção de veículos elétricos e à utilização de biocombustíveis. A participação do carvão no consumo final de energia permanece baixa na região em todos os cenários, sendo ele utilizado principalmente na indústria. Os países da região implementam uma série de estratégias de descarbonização. O Brasil lidera a expansão do uso de biocombustíveis, por exemplo, enquanto o Chile e o México promovem veículos elétricos e a Argentina aumenta o número de veículos a gás natural.

- O crescimento da demanda por eletricidade aumenta a sua participação na demanda total de energia dos atuais 20% para 21% até 2030 no STEPS e 23% no APS. Os setores de edificações e da indústria veem a demanda crescer mais rapidamente à medida em que a quantidade de aparelhos de ar-condicionado aumenta em 40% até 2030 e em que ocorre uma progressiva eletrificação da indústria. Padrões mínimos de performance energética e códigos de construção relacionados à energia ajudam a compensar parcialmente o crescimento da demanda, especialmente no APS. Até 2050, a demanda por eletricidade na ALC aumenta quase 90% no STEPS e 180% no APS. O pico da demanda por eletricidade cresce ainda mais rápido.
- A expansão de fontes renováveis de eletricidade ultrapassa o crescimento da demanda por eletricidade na região, aumentando a sua participação na matriz elétrica de pouco mais de 60% atualmente para mais de dois terços em 2030 no STEPS e mais de 70% no APS. A parcela de energias renováveis continua aumentando até 2050. Atualmente, a energia hidrelétrica é a maior fonte de eletricidade, mas instalações de energia solar fotovoltaica e eólica cumprem com a maior parte da nova demanda. A energia nuclear é responsável por uma pequena quantidade de geração em alguns países, como no Brasil, na Argentina e no México. O gás natural continua cumprindo com cerca de um quarto do fornecimento de eletricidade na ALC até 2030, enquanto a geração a carvão e a petróleo diminui rapidamente, reduzindo ainda mais a pegada de emissões do que já é um dos setores elétricos com menor intensidade de emissões no mundo. O investimento no setor elétrico se concentra nas energias renováveis, na expansão e modernização da rede e em novas fontes de flexibilidade do sistema, incluindo baterias e gerenciamento de respostas pelo lado da demanda.
- O quadro de produção de energia na região deverá sofrer mudanças significativas. No STEPS, a produção de petróleo aumenta até 2050, com saltos notáveis de produção na Guiana e no Brasil, enquanto a produção de gás natural aumenta fortemente após 2030, à medida em que a Argentina explora as suas reservas não convencionais. No APS, a produção de petróleo na região diminui após 2030, mediante a menor demanda global. A produção de gás natural na região cai mais de 10% até 2030 e outros 20% até 2050 no APS, apesar de um crescimento notável na Argentina. Em ambos os cenários, a produção de carvão diminui rapidamente e a bioenergia representa uma parte substancial da oferta de energia, com um forte crescimento em biocombustíveis líquidos e em biogases. A produção de hidrogênio de baixas emissões se fortalece após 2030 em ambos os cenários, mas aumenta dez vezes mais até 2050 no APS em relação ao STEPS.

2.1 Introdução

Este *Latin America Energy Outlook* (Panorama Energético da América Latina) baseia-se no *World Energy Outlook-2023* (Panorama Energético Mundial de 2023). Inclui três cenários que exploram diferentes caminhos para o setor energético até 2050. Esses cenários incluem os dados mais recentes sobre o mercado e custos da energia e se baseiam nas projeções mais recentes para as tendências econômicas, populacionais e demográficas. Eles consideram políticas e estratégias industriais relacionadas à energia e ao clima e exploram as implicações dos planos nacionais, metas e Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs) em toda a América Latina e Caribe (ALC) e no mundo. As variações entre os cenários refletem em grande parte as diferentes escolhas políticas feitas pelos governos. Os três cenários são:

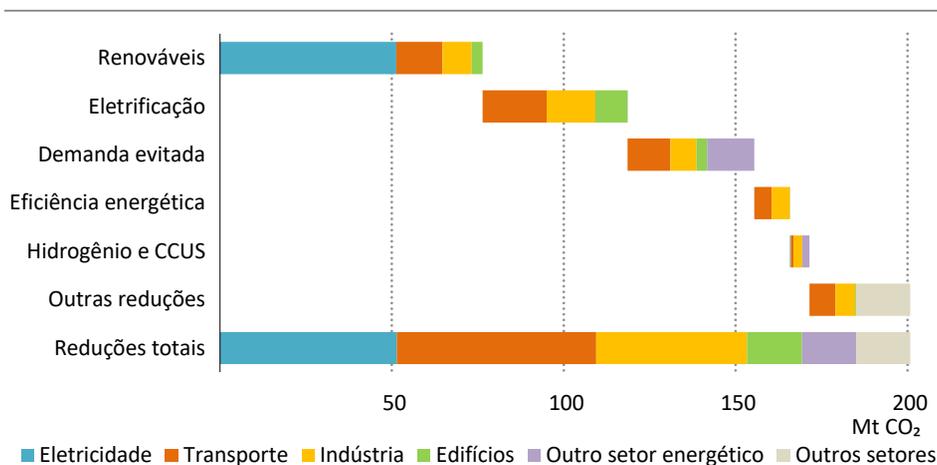
- O **Cenário de Políticas Declaradas** (STEPS) é concebido para indicar as diretrizes predominantes do progresso do sistema energético, com base em um estudo detalhado do atual panorama de políticas. Os resultados do STEPS refletem um estudo detalhado do setor das políticas e medidas que estão em vigor ou que foram anunciadas. Não se considera que aspirações energéticas ou climáticas são cumpridas de forma automática. O STEPS está atualmente associado a um aumento de temperatura de 2,4 °C em 2100 (com uma probabilidade de 50%).
- O **Cenário de Compromissos Anunciados** (APS) pressupõe que os governos cumprirão, na íntegra e no prazo, todos os compromissos relacionados ao clima que anunciaram, incluindo metas de emissões líquidas zero a longo prazo e compromissos das CNDs, bem como compromissos em áreas relacionadas, tais como o acesso à energia. Compromissos assumidos por empresas e outras partes interessadas também são considerados quando contribuem para além das intenções definidas pelos governos. Enquanto o STEPS analisa detalhadamente o que os governos estão fazendo realmente para alcançar as suas metas e objetivos em toda a economia energética, o APS reflete o que os governos dizem que vão alcançar. Considerando que a maior parte dos governos ainda está muito longe de implementar ou anunciar políticas para cumprir integralmente os seus compromissos e promessas, este cenário pode ser considerado como dando a eles o benefício da dúvida, progresso considerável é necessário para alcançar os seus objetivos. Presume-se que países sem compromissos ambiciosos a longo prazo se beneficiam, neste cenário, das reduções aceleradas de custos que ocorrem para uma série de tecnologias de energia limpa. O APS está associado a um aumento de temperatura de 1,7 °C em 2100 (com 50% de probabilidade).
- O **Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050** (NZE) é um cenário normativo que retrata um caminho para o setor energético ajudar a limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais em 2100 (com pelo menos 50% de probabilidade) sem ultrapassar muito este limite. O Cenário NZE foi totalmente atualizado e é o foco do relatório recente *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach* (IEA, 2023a). O Cenário NZE também atende aos principais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU relacionados à energia: até 2030 se alcança o acesso universal a serviços energéticos modernos e confiáveis assim como melhorias importantes na qualidade do ar. A

cada ano de emissões elevadas e progresso limitado em direção aos ODS, fica mais difícil alcançar os objetivos do Cenário NZE. Entretanto, com base na nossa análise, a recente aceleração nas transições para energias limpas significa que ainda há um caminho para alcançar esses objetivos.

Nenhum dos cenários deve ser considerado como uma previsão. Em vez disso, esses cenários são desenhados para explorar várias vias de ação e as suas implicações para a segurança energética, o desenvolvimento e o meio ambiente.¹ Assim, eles têm a intenção de fornecer aos formuladores de políticas, na ALC e em outros locais, informações sobre o impacto de escolhas políticas e uma compreensão mais profunda das opções que podem produzir resultados diferentes.

A nossa análise verifica que as políticas atuais levariam a um pequeno aumento nas emissões totais de dióxido de carbono (CO₂) da região relacionadas à energia entre 2022 e 2030, mas que existem oportunidades para reduzir as emissões e cumprir com os compromissos anunciados. Reduzir esta lacuna de implementação (diferença entre o STEPS e o APS) poderia poupar cerca de 200 milhões de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂) até 2030 (Figura 2.1).

Figura 2.1 ▶ **Lacuna de implementação de reduções de emissões de CO₂ por medida de mitigação e setor, entre o STEPS e o APS, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

Um aumento no uso de energias renováveis via um desenvolvimento mais rápido de energia solar fotovoltaica, eólica e biocombustíveis cobre quase 40% da lacuna de implementação

Notas: Mt CO₂ = milhões de toneladas de dióxido de carbono; CCUS = captura, uso e armazenamento de carbono. Outro setor energético inclui a transformação de energia em outra forma ou a produção de combustíveis. Outras reduções incluem outras trocas de combustível, emissões de processo e emissões fugitivas. Edificações inclui edificações relacionadas à agricultura.

¹ Informações sobre a abordagem de modelagem, desenho de cenário e parâmetros de entrada estão disponíveis em: IEA (2023b): [iea.li/model](https://www.iea.li/model).

As principais ações necessárias para reduzir a lacuna de implementação na América Latina e Caribe até 2030 são:

- A medida de mitigação mais importante é aumentar a utilização de energias renováveis, o que representa quase 40% da diferença. No APS, a energia solar fotovoltaica e a eólica se expandem 35% mais do que no STEPS, atingindo 280 gigawatts (GW) de capacidade instalada e gerando quase 30% da eletricidade. Nos setores de transportes e indústria, uma maior utilização da bioenergia também contribui para uma maior percentagem de energias renováveis.
- A eletrificação direta de usos finais reduz outros 20% da lacuna de implementação. Isso implica aumentar a parcela de automóveis e ônibus elétricos no total de vendas para 20% até 2030 e aumentar a utilização de eletricidade em processos térmicos de baixa e média temperatura, aumentando assim a parcela atual da eletricidade em indústrias sem uso intensivo de energia em três pontos percentuais para 40%. Progresso em eletrificação torna-se cada vez mais eficaz como forma de reduzir as emissões à medida que a parcela de energias renováveis na produção de eletricidade se expande.
- Medidas que reduzem a demanda de energia, ou seja, demanda evitada, reduzem cerca de 20% da lacuna. Elas incluem uma maior utilização dos transportes públicos, estratégias de eficiência de materiais na indústria e um melhor acesso a fogões eficientes e de energia limpa.
- Um aumento da eficiência energética preenche cerca de 5% da lacuna. Essas economias provêm da melhoria de consumo de combustível nos veículos, principalmente nos caminhões, e do aumento da eficiência energética nos processos industriais: as melhorias nos processos podem ser alcançadas aumentando o rigor e a cobertura de padrões mínimos de performance energética (*minimum energy performance standards - MEPS*) para motores, bem como apoiando empresas na realização de auditorias de eficiência energética e no desenvolvimento de planos de implementação.
- A lacuna restante é reduzida por uma série de medidas, como a redução das emissões fugitivas (10 Mt CO₂) e a redução das emissões dos processos industriais por meio da utilização de novos métodos de produção. A captura, uso e armazenamento de carbono (CCUS) e o hidrogênio desempenham um papel menor (menos de 5%) durante o resto da década, mas tornam-se cada vez mais importantes após 2030.

Para reduzir a lacuna de implementação, são necessárias políticas que impulsionem a redução das emissões nessas áreas e apoio a essas políticas via ações paralelas para fortalecer os sistemas energéticos, por exemplo, adicionando novas linhas de transmissão à rede e garantindo uma flexibilidade adequada aos sistemas elétricos, uma vez que haverá aumento de geração variável de energias renováveis.

Este capítulo apresenta o panorama e análises detalhadas para Brasil, México, Argentina, Chile, Colômbia e Costa Rica. Os cinco primeiros são as maiores economias da região: em conjunto, representam cerca de 80% do produto interno bruto (PIB), da oferta total de energia e das

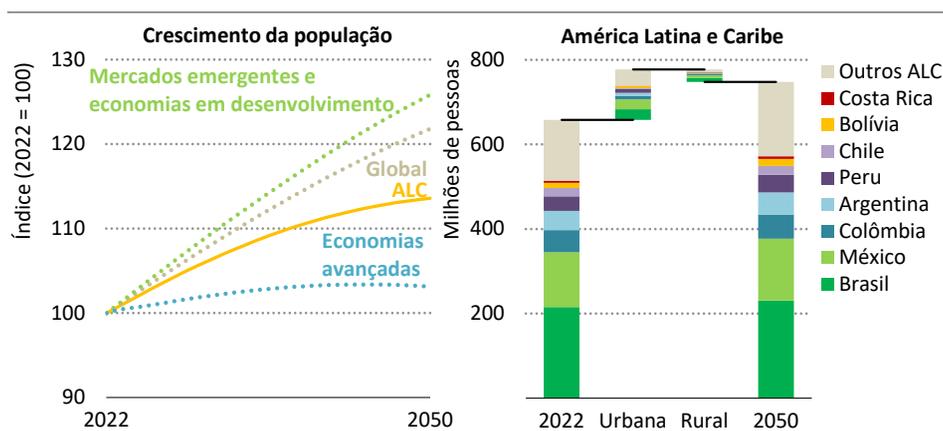
emissões de CO₂ relacionadas à energia da ALC. A Costa Rica é um país em crescimento acelerado que já possui um setor elétrico totalmente descarbonizado. Os demais países da América Latina e Caribe são mencionados coletivamente como *Outros países da ALC* neste capítulo.

2.1.1 População e crescimento econômico

A população da ALC é atualmente de 658 milhões. Na próxima década, projeta-se que a população aumente cerca de 0,7% ao ano, atingindo quase 700 milhões em 2030. O crescimento continua a um ritmo mais lento, com a população chegando a quase 750 milhões em 2050. A taxa de crescimento populacional é mais elevada do que nas economias avançadas, mas mais baixa do que em outros mercados emergentes e economias em desenvolvimento, especialmente as da África (Figura 2.2). Entre os países da ALC, Guatemala, Honduras e Bolívia registram as taxas de crescimento populacional mais elevadas e a Argentina tem a taxa mais elevada entre os países foco. As taxas de crescimento populacional na Jamaica e em Cuba são as mais baixas da região, enquanto o Chile registra o crescimento mais baixo entre os países foco neste capítulo.

As cidades continuam dominando as habitações na ALC. A população rural diminui ao longo do tempo, continuando uma tendência desde 1993, enquanto a população urbana aumenta constantemente. A percentagem da população que vive em áreas urbanas aumenta dos 82% atuais para 83% em 2030 e 88% em 2050, período no qual mais 120 milhões de pessoas vivem em cidades. Dentre os maiores países, a mudança para cidades é particularmente relevante na Guatemala, Bolívia, México e Peru, que apresentam atualmente taxas de urbanização abaixo da média regional.

Figura 2.2 ▸ Crescimento populacional por grupo econômico e na ALC, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

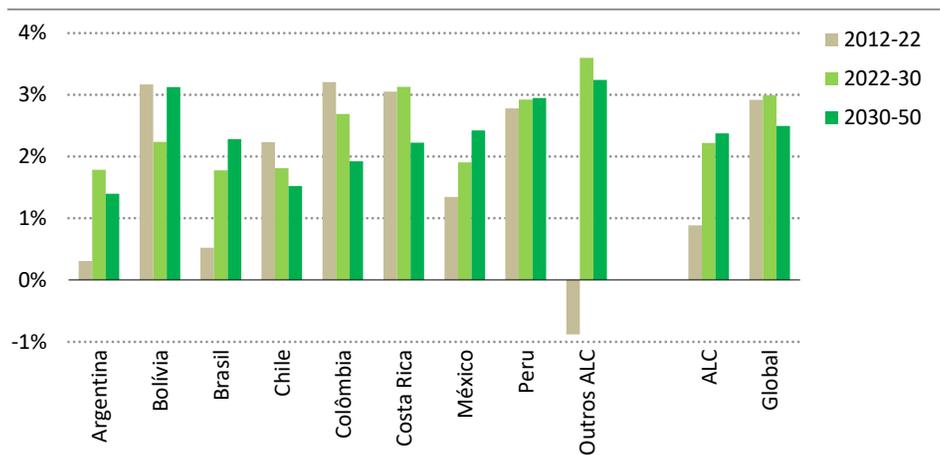
A taxa de crescimento populacional na ALC está entre a média das economias avançadas e dos mercados emergentes e economias em desenvolvimento, com todo o crescimento ocorrendo nas áreas urbanas

Fontes: UN DESA (2018, 2022); World Bank (2023); bancos de dados e análises da AIE.

Após uma década de crescimento econômico relativamente baixo, as economias da ALC devem superar as dificuldades causadas pela atual crise energética e pela inflação elevada e recuperar o dinamismo. O crescimento médio do PIB mais do que duplica em todos os cenários, passando de menos de 1% na última década para 2,2% no período até 2030, impulsionado pelo forte crescimento da demanda nos setores de serviços e da indústria. O crescimento do PIB atinge então uma média anual de 2,4% ao ano entre 2030 e 2050. Esse crescimento constante significa que o PIB da região aumenta até 2050, duplicando os níveis atuais. A ALC continua sendo uma região de renda média, com um nível de PIB *per capita* superior ao da maioria dos mercados emergentes e economias em desenvolvimento, mas inferior ao das economias avançadas.

A taxa de crescimento do PIB varia entre os países da ALC, dependendo, em grande medida, dos seus atuais níveis de renda e da sua estrutura econômica. As duas maiores economias, Brasil e México, respondem juntas por mais da metade do PIB da ALC. A taxa de crescimento anual do PIB desses dois países aumenta para 1,8% no período até 2030 e depois acelera para cerca de 2,3% ao ano até 2050 (Figura 2.3). Chile, Colômbia e Costa Rica têm atualmente um PIB *per capita* relativamente alto, acima de US\$ 8 000 *per capita* (paridade de poder de compra - PPC - 2022) e seu PIB cresce entre 1,8% e 3,1% ao ano durante a próxima década, impulsionado pela expansão no setor de serviços: depois cai para cerca de 1,5%-2,2% a cada ano até 2050, assim como outras economias avançadas. Países com renda *per capita* mais baixa hoje, incluindo a Bolívia e o Peru, mantêm taxas de crescimento do PIB de cerca de 3% ao ano até 2050.

Figura 2.3 ▶ Crescimento médio anual do PIB na ALC e em países selecionados, 2012-2050



IEA. CC BY 4.0.

Após uma década de crescimento lento, a taxa de crescimento anual do PIB mais do que duplica na próxima década, com forte desenvolvimento no Brasil, Costa Rica e Peru

Nota: Calculado com base no PIB expresso em dólares dos EUA do ano 2022 em termos de paridade de poder de compra.

Fontes: Análise da AIE baseada em Oxford Economics (2023) e IMF (2023).

2.2 Oferta total de energia

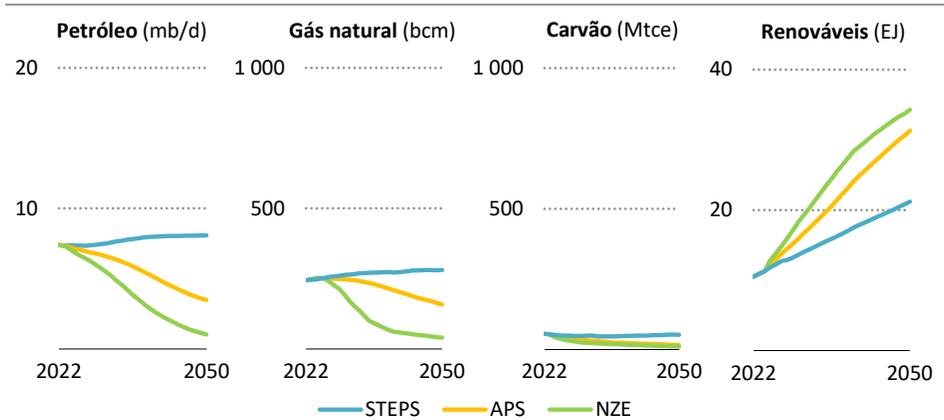
Impulsionado pelo crescimento populacional e econômico, a oferta total de energia (OTE) na ALC no STEPS é 10% maior em 2030 do que é atualmente, e 35% maior em 2050. O crescimento no setor dos serviços, que é menos intensivo em energia, e usos finais mais eficientes conduzem a uma diminuição da intensidade energética de 7% no período até 2030 e de quase 30% até 2050: sem essa diminuição, o crescimento da demanda de energia seria maior. Embora a demanda absoluta por combustíveis fósseis aumente, a sua participação na matriz energética diminui dos 67% atuais para 63% em 2030, como resultado das políticas atuais e dos custos decrescentes de fontes renováveis de energia.

Existe uma diferença significativa entre a oferta total de energia no STEPS e no APS. Como reflexo do aumento de ambição climática nos compromissos de emissões líquidas zero e nas CNDs, a oferta total de energia aumenta apenas 9% até 2030 e 14% até 2050 no APS. A intensidade energética no APS é 2% inferior à do STEPS em 2030 e 9% inferior em 2050. A participação de combustíveis fósseis na matriz energética cai para menos de 60% em 2030 e para apenas cerca de um quarto em 2050 no APS, dos quais 13% são utilizados como matéria-prima e 3% são capturados por CCUS.

No Cenário NZE, os ganhos adicionais de eficiência em todo o sistema energético limitam o crescimento da oferta total de energia dos níveis atuais a apenas 2% até 2030 e 6% até 2050. Melhorias na intensidade energética triplicam até 2030 em comparação com 2010-2022 e a intensidade energética é reduzida quase pela metade até 2050. A oferta de combustíveis fósseis diminui para 50% da OTE em 2030 e para menos de 10% em 2050, dos quais quase 40% são utilizados para fins não energéticos e 20% são capturados por CCUS. Com melhorias significativas na intensidade energética e redução da demanda global, a oferta de energia renovável é apenas 10% superior a do APS em 2050.

Os combustíveis fósseis apresentam trajetórias variadas ao longo do tempo. O petróleo continua sendo a maior fonte de energia no STEPS e segue nesta posição até 2040 no APS, sendo utilizado principalmente para transportes. A oferta de gás natural aumenta um pouco mais do que a de petróleo no STEPS, mas diminui no APS à medida em que o setor elétrico troca mais rapidamente do gás para fontes de baixas emissões (Figura 2.4). A demanda por carvão permanece majoritariamente constante no STEPS, com uma maior utilização no setor industrial compensando em boa parte o declínio da utilização no setor elétrico, enquanto no APS ela diminui em todos os setores. No entanto, o carvão continua sendo o combustível fóssil menos utilizado na região e representando menos de 5% da oferta total de energia.

Figura 2.4 ▶ Oferta total de energia por combustível e cenário na ALC, 2022-2050



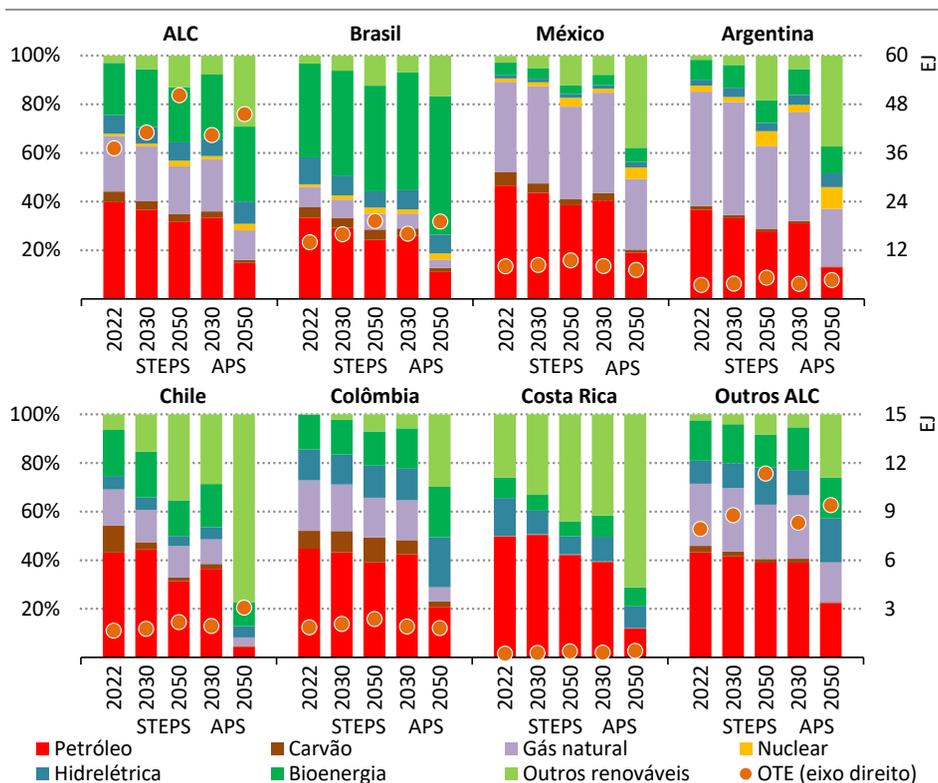
IEA. CC BY 4.0.

A demanda por combustíveis fósseis aumenta no STEPS, enquanto compromissos de emissões líquidas zero e CNDs levam a sua diminuição a partir desta década no APS; energias renováveis apresentam forte crescimento

Notas: mb/d = milhões de barris por dia; bcm = bilhões de metros cúbicos; Mtce = milhões de toneladas de carvão equivalente; EJ = exajoule; STEPS = Cenário de Políticas Declaradas; APS = Cenário de Compromissos Anunciados; NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050. Os eixos Y são dimensionados para valores energéticos equivalentes.

As energias renováveis, especialmente a energia hidrelétrica e a bioenergia, já desempenham um papel significativo na oferta de energia na ALC, mas contribuem mais no futuro, principalmente devido à rápida expansão da energia eólica e solar fotovoltaica e ao aumento do uso da bioenergia. As políticas atuais levam a uma duplicação da oferta de energias renováveis até 2050 no STEPS, com um crescimento ainda mais rápido no APS, especialmente depois de 2030. No Cenário NZE, a utilização de energias renováveis quase duplica até 2030. As energias renováveis também cada vez mais são utilizadas para produzir hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio. Embora a formação de demanda interna seja uma prioridade, vários países da região exportam produtos à base de hidrogênio para o mercado global tanto no APS como no Cenário NZE. A energia nuclear continua desempenhando um papel pequeno em todos os cenários, aumentando ligeiramente a sua participação para cerca de 3% da OTE até 2050.

Figura 2.5 ▶ Oferta total de energia por combustível e cenário na ALC e países selecionados, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

Energias renováveis substituem combustíveis fósseis em todos os países, principalmente depois de 2030; o gás natural registra tendências particularmente divergentes dependendo das políticas nacionais

Nota: OTE = oferta total de energia.

Mudanças na matriz de combustíveis diferem entre os países da ALC de acordo com a disponibilidade de recursos, uso atual de energia e políticas governamentais (Figura 2.5). No STEPS, a Argentina e o México aumentam sua produção de gás natural para cumprir com a crescente demanda interna e a participação de combustíveis fósseis na oferta total de energia nestes países diminui apenas 2-4 pontos percentuais até 2030. A bioenergia ajuda a substituir os combustíveis fósseis em alguns países e dá uma contribuição particularmente grande para a transição energética do Brasil. No Chile, progresso rumo a objetivos como a eliminação progressiva da geração elétrica a carvão diminui a participação dos combustíveis fósseis na OTE dos atuais 69% para 61% em 2030. No APS, a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética primária do Chile diminui para menos de 50% até 2030. No Brasil e na Costa Rica, ela diminui de cerca de 50% (atualmente) para menos de 40% em 2030, em comparação com 40-50%

no STEPS. Sem um compromisso de emissões líquidas zero e com uma CND menos ambiciosa, o México é o país que apresenta menos mudanças na sua matriz energética primária até 2030.

DESTAQUE

Resiliência climática da infraestrutura energética

A infraestrutura energética na América Latina e Caribe já está exposta aos impactos das mudanças climáticas. A região teve de lidar com mudanças no ciclo das chuvas e nas temperaturas médias, bem como eventos climáticos cada vez mais extremos, como inundações, secas, ondas de calor e furacões. Esses fatores impõem desafios para oferta e demanda de energia, bem como para a segurança das infraestruturas energéticas. Em meio a ondas de calor em junho de 2023, o consumo de eletricidade no México aumentou 9% acima da demanda máxima registrada no ano anterior, e a margem de reserva operacional do sistema elétrico caiu para menos de 6% (Governo do México, 2023). Durante uma seca em 2021, a pior em 91 anos, a geração de energia hidrelétrica do Brasil diminuiu significativamente, com barragens registrando níveis de reservatório de apenas 24% da capacidade, levando ao aumento dos preços de energia e a um nível mais alto de consumo de combustíveis fósseis (The Wall Street Journal, 2021).

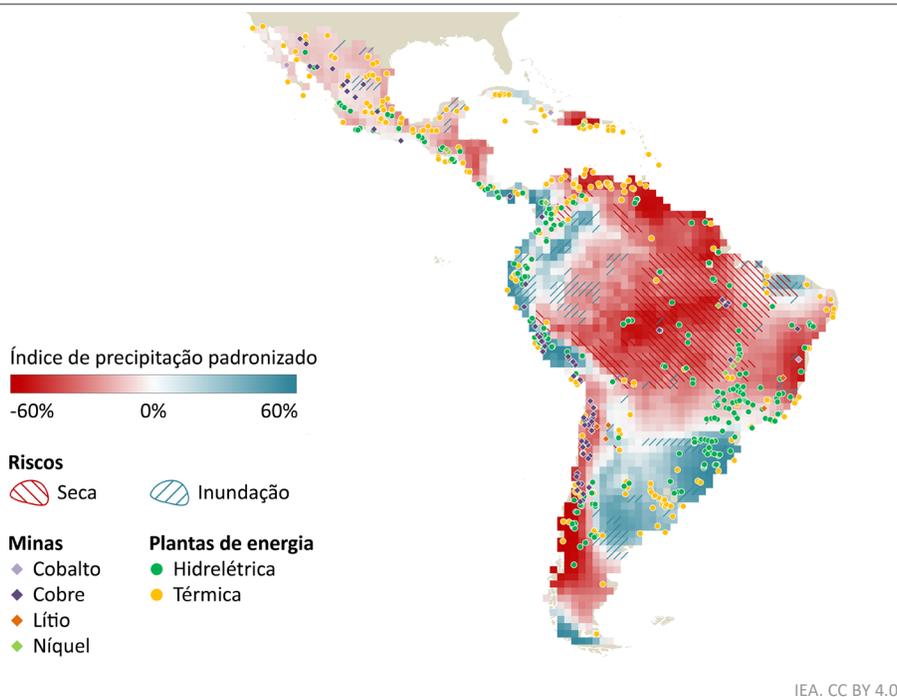
O aumento da variabilidade nos padrões de chuvas é uma grande preocupação, e faz com que alguns locais fiquem mais úmidos e outros mais secos (Figura 2.6). Projeta-se que mais de 70% da capacidade hidrelétrica instalada sofrerá as consequências de um clima mais seco em meados do século em comparação com o período pré-industrial, e a produção a partir de usinas existentes na região fique, em média, 8% inferior no período 2020-2060 do que no período 1970-2000, com a redução de chuvas em muitas partes da região sendo apenas parcialmente compensada por aumentos na área dos Andes e em algumas outras (IEA, 2021).

Projeta-se também que mais de 65% da capacidade instalada de geração elétrica baseada em combustíveis fósseis seja impactada por um clima mais seco em meados do século, fazendo com que seja mais difícil garantir a água para resfriamento necessária para as operações dessas usinas. Da mesma forma, mais de 70% das minas de lítio e cobre podem enfrentar um clima mais seco em meados do século, representando riscos para operações de extração e processamento de minerais críticos intensivas em água (ver Capítulo 3, seção 3.3). A disponibilidade de bioenergia também pode ser afetada pelas secas que ameaçam o aumento e a consistência da produção agrícola, reduzem a fotossíntese e alteram a composição química das culturas.

O aumento das temperaturas também é uma preocupação na maior parte da ALC, principalmente no Brasil, no norte do Chile e no sul do Peru. O aumento projetado na frequência de dias quentes pode diminuir a eficiência das usinas solares fotovoltaicas, eólicas e térmicas, a menos que se adotem a tempo medidas adicionais de resiliência, como sistemas de resfriamento reforçados para usinas termelétricas e projetos aprimorados para painéis solares e turbinas eólicas (IEA, 2022). É provável que o aumento das temperaturas também

aumento do consumo de eletricidade para condicionamento térmico. Na ALC, projeta-se que os graus-dia de refrigeração (um índice que aponta o excesso de temperatura acima de um limite no qual é necessário o condicionamento térmico) aumentem entre 29-43% em 2041-2060, em comparação com 1990-2000. A crescente necessidade de ar-condicionado deve aumentar a demanda imposta às redes elétricas, num momento no qual as temperaturas ambientes mais elevadas poderão reduzir a capacidade das redes de transmissão e distribuição.

Figura 2.6 ▶ Mudanças no ciclo de chuvas na ALC no cenário SSP2-4.5, 2040-2060



Mais de 70% das usinas hidrelétricas existentes, das minas de lítio e de cobre e 65% das usinas elétricas à combustíveis fósseis precisam se preparar para lidar com climas mais secos até meados do século

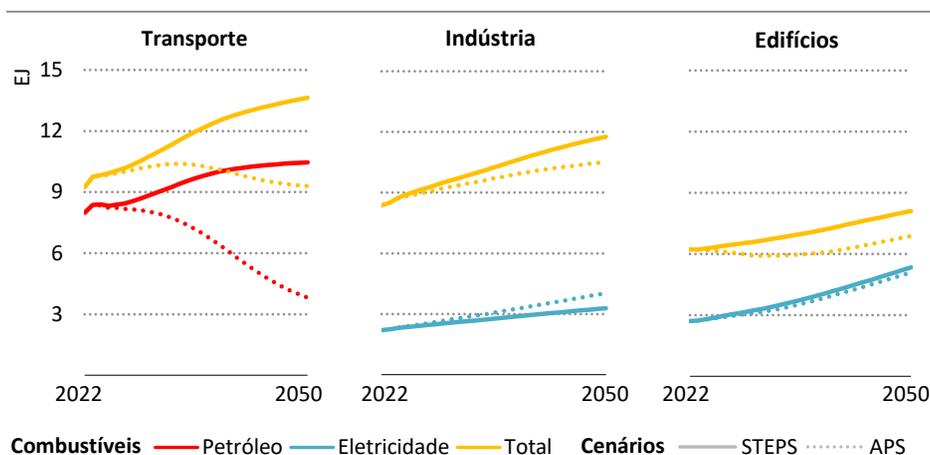
Notas: SSP2-4.5 é um cenário de emissões no *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report*. Dentre os cenários do IPCC, o cenário mencionado é o que está mais alinhado com o STEPS. O Índice Padronizado de Precipitação compara a precipitação acumulada durante um período fixo com a distribuição da precipitação de longo prazo para o mesmo local e período para caracterizar as secas meteorológicas. Somente usinas com capacidade instalada acima de 100 megawatts são apresentadas. Seca: aumento de dias secos consecutivos em 10 dias ou mais. Enchente: aumento de mais de 10% na precipitação máxima em um dia.

2.3 Consumo final de energia

O consumo final de energia na América Latina e Caribe é dominado pelo petróleo, que atualmente representa quase metade do consumo final total. A outra metade está de modo geral dividida entre eletricidade (20%), bioenergia (18%) e gás natural (11%). Carvão representa apenas 3%. Transportes representam 36%, a indústria 33% e as edificações 24% do consumo final de energia. O petróleo é o combustível dominante nos transportes.

O consumo final de energia aumenta em média 1,5% por ano até 2030 no STEPS, com os setores da indústria e dos transportes registrando um crescimento mais rápido que o setor de edificações (Figura 2.7). Depois de 2030, o crescimento do consumo final de energia desacelera para 1,1% ao ano, à medida que o crescimento populacional também desacelera e ganhos de eficiência energética ocorrem ainda mais rapidamente. Apesar de um aumento contínuo no consumo de energia nos transportes, as atuais políticas no âmbito do STEPS conduzem a uma mudança gradual do petróleo para a eletricidade e a bioenergia. A participação do petróleo no consumo final total se reduz dos 48% atuais para 46% em 2030 e 41% em 2050.

Figura 2.7 ▶ Consumo final total por combustível principal, setor e cenário na ALC, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

Eletrificação e um aumento do uso de biocombustíveis levam ao pico de consumo de petróleo nos transportes no APS; a eletrificação aumenta de forma constante nos setores da indústria e de edificações

No APS, o cumprimento das ambições estabelecidas nas CNDs reduz o crescimento do consumo final total para 0,8% ao ano até 2030. Este crescimento é impulsionado pelos transportes e pela indústria, enquanto a melhoria da eficiência energética e o acesso à energia limpa para cozinhar levam o consumo de energia das edificações a uma estabilidade até 2030. O aumento da utilização de bioenergia e de eletricidade reduz a parcela de combustíveis fósseis no consumo final total

para menos de 60% até 2030 e para 35% em 2050, com a parcela de petróleo em 2050 caindo para um quarto.

O consumo de petróleo cai de forma acentuada na ALC no APS, com altas taxas de declínio mesmo em algumas economias produtoras. Isso ajuda os governos a cumprirem com os compromissos relacionados com o clima e, no caso dos importadores de petróleo, a aumentar a segurança energética. Enquanto isso, o gás natural desempenha um papel importante como combustível de transição, principalmente nas economias produtoras. O gás é utilizado principalmente para processos industriais, mas em alguns países também fornece energia para cozinhar, aquecimento e transportes. O consumo de eletricidade aumenta em ambos os cenários, e em todos os setores e países, impulsionado pelo aumento do uso aparelhos de ar-condicionado e eletrodomésticos, e pela eletrificação na indústria. Além disso, no APS, a implantação acelerada de veículos elétricos (VE) faz com que o consumo de eletricidade para transportes mais do que duplique em comparação com o STEPS em 2030.

O efeito dessas mudanças no consumo final de energia *per capita* varia de país para país. À medida em que a renda média aumenta e as famílias compram mais eletrodomésticos, aparelhos de ar-condicionado e veículos, o consumo de energia *per capita* aumenta relativamente rápido ao longo do tempo em todos os países. Em alguns países, como Chile, Brasil, México e Argentina, onde a produção industrial desempenha um papel mais proeminente, o consumo de energia *per capita* tende a ser mais elevado atualmente do que em muitos outros países da ALC, mas não tende a aumentar de forma rápida ao longo do tempo, uma vez que ganhos de eficiência energética limitam a demanda energética da indústria.

2.3.1 Transporte

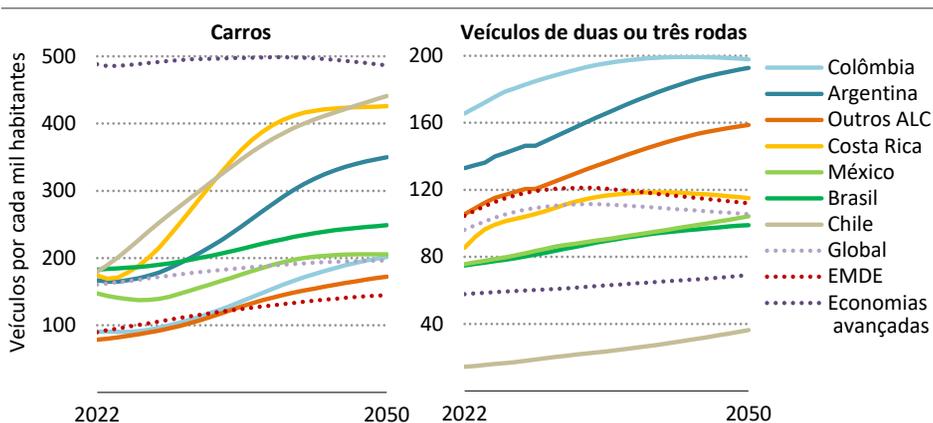
O transporte rodoviário é responsável por 95% do consumo de energia do setor de transportes na ALC. No transporte rodoviário, automóveis e veículos comerciais leves representam mais de 55% da demanda de energia, o restante vem de caminhões pesados (mais de 30%), ônibus (quase 10%) e veículos de duas ou três rodas (menos de 5%). Em média, 86% dos transportes nos países da ALC dependem do petróleo, abaixo da média global de 91%. Os 14% restantes da demanda do setor de transportes é suprido por biocombustíveis (10% da demanda de transportes), gás natural (3,5%) e eletricidade (menos de 0,5%). O Brasil tem a maior parcela de biocombustíveis no setor de transportes do mundo. A Argentina e a Colômbia também têm parcelas relativamente elevadas de utilização de biocombustíveis e gás natural (principalmente a Argentina) nos transportes. A pequena dimensão da contribuição da eletricidade na região da ALC reflete tanto a baixa utilização dos veículos elétricos até o momento quanto o papel limitado do transporte ferroviário.

Atividade

Rendas mais elevadas, altas taxas de urbanização e opções de transporte público relativamente limitadas em muitos países levam a níveis crescentes de propriedade de automóveis e veículos de duas ou três rodas. Em toda a região, o número de automóveis aumenta de cerca de 140 carros a cada mil pessoas atualmente para 230 em 2050 no STEPS, e o número de veículos de duas ou três rodas aumenta de quase 95 a cada mil pessoas atualmente para mais de 130 em 2050. As taxas

de posse de automóveis variam de acordo com o país: Chile e a Costa Rica registram um rápido crescimento na região e têm um número comparativamente elevado de automóveis *per capita* em 2050. A posse de veículos de duas ou três rodas também varia, com altas taxas na Colômbia e na Argentina e baixas taxas no Chile, embora as taxas de posse ainda aumentem 2,5 vezes entre 2022 e 2050 (Figura 2.8).

Figura 2.8 ▶ Posse de automóveis e veículos de duas ou três rodas em países/regiões selecionados no Cenário de Políticas Declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A posse de automóveis e veículos de duas ou três rodas se expande mais rapidamente na ALC do que a média global; Chile e Costa Rica registram altas taxas de crescimento para automóveis

Nota: EMDE = economias de mercados emergentes e em desenvolvimento.

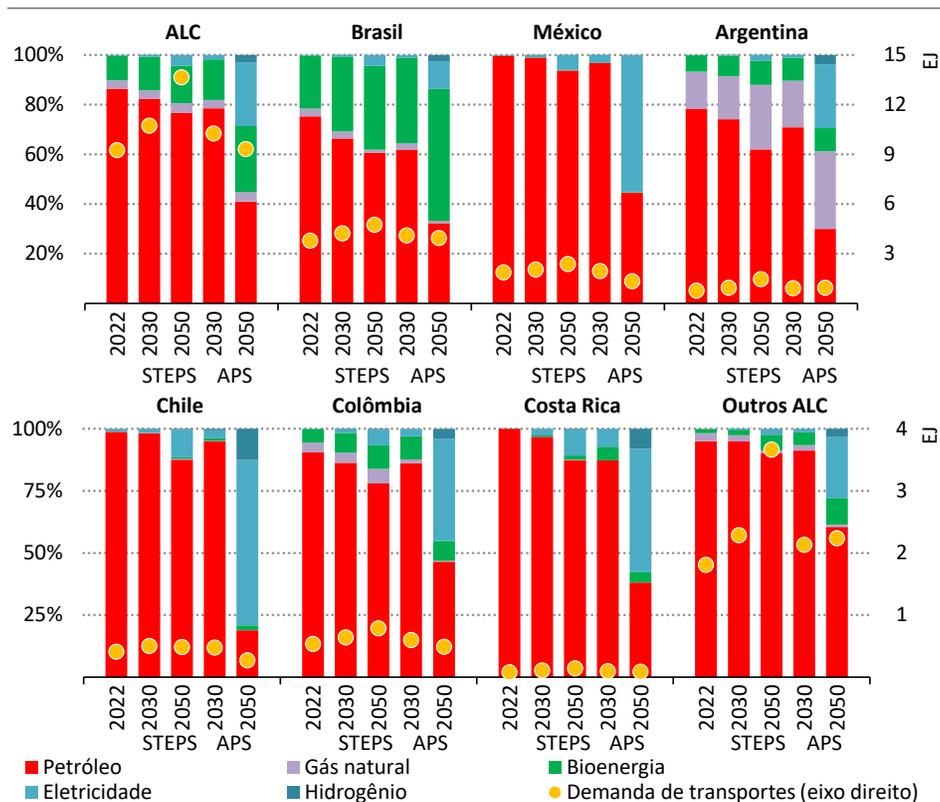
Dentre os diferentes meios de transporte, a aviação registra um crescimento mais rápido, seguida pelo transporte ferroviário, pelo transporte privado de passageiros e pelos ônibus. O transporte rodoviário de carga aumenta mais rapidamente que o transporte ferroviário de carga, com o total para a atividade de frete mais que duplicando até 2050.

Panorama

As políticas atuais não conduzem a mudanças fundamentais na demanda de energia nos transportes. No STEPS, o consumo de energia aumenta 1,9% anualmente até 2030, impulsionado pelo aumento do número de veículos e pelo aumento do transporte de mercadorias. O petróleo continua sendo o combustível dominante, mesmo que países implementem políticas para substituir o consumo de petróleo (Figura 2.9). A participação do petróleo no consumo do setor de transporte rodoviário diminui dos 86% atuais para 82% em 2030, principalmente em decorrência do aumento do uso de biocombustíveis no Brasil e de certo nível de eletrificação. Os requerimentos de mistura (*blending*) fazem com que a participação de biocombustíveis aumente

em outros países, como Argentina e Colômbia, embora em menor grau do que no Brasil. A eletricidade avança pouco: até 2030, apenas 1 em cada 20 carros e cerca de 1 em cada 4 veículos de duas ou três rodas vendidos são elétricos, sendo a eletricidade responsável por apenas cerca de 1% do consumo de energia nos transportes. A utilização de gás natural nos transportes no STEPS permanece praticamente inalterada, com o apoio de políticas na Argentina para veículos a gás natural veicular compensando a estagnação da demanda em outros países.

Figura 2.9 ▶ **Consumo de energia nos transportes por combustível e cenário na ALC e em países selecionados, 2022-2050**



IEA. CC BY 4.0.

O consumo de petróleo em transportes diminui à medida que Colômbia, México, Chile e Costa Rica aceleram o uso de veículos elétricos e o Brasil aumenta seu uso de biocombustíveis

No APS, a implementação de medidas mais ambiciosas para atingir as metas das CNDs leva a resultados diferentes. A eletrificação e padrões mais rigorosos de economia de combustíveis reduzem o crescimento da demanda de energia nos transportes para 1,3% ao ano até 2030. O consumo de petróleo atinge seu pico na metade da década de 2020 e a sua participação na

demanda do setor dos transportes cai para menos de 80% até 2030, em grande parte devido à implantação acelerada de veículos elétricos e à utilização de biocombustíveis nos principais países consumidores de petróleo, incluindo Brasil, México, Argentina e Colômbia. Os veículos de duas ou três rodas são os primeiros a serem eletrificados, seguidos dos ônibus e dos automóveis: até 2030, quase todos os veículos de duas ou três rodas e 1 em cada 5 carros e ônibus vendidos são elétricos, embora apenas 3% das vendas de caminhões de carga média e pesada sejam elétricos. O número crescente de ônibus elétricos ajuda a reduzir a poluição do ar urbana.

A diferença entre o STEPS e o APS aumenta após 2030. No STEPS, o crescimento do consumo de energia nos transportes diminui para 1,2% ao ano graças a ganhos na eficiência no uso de combustível e ao aumento da participação de veículos elétricos. A parcela do petróleo na demanda cai ligeiramente, para menos de 80% em 2050, enquanto a parcela da eletricidade sobe para 4%. No APS, as vendas de veículos elétricos e o uso de biocombustíveis aceleram, levando a um pico na demanda de energia do setor de transportes até 2035 e à redução da parcela de petróleo no consumo de energia deste setor para quase metade (40%) até 2050. Cerca de 60% de todos os automóveis e ônibus são elétricos em 2050, mas há menos progresso na redução do consumo de petróleo e das emissões dos caminhões de carga média e pesada e, especialmente, na aviação, que requerem apoio político direcionado para serem descarbonizados. O hidrogênio produzido na região é responsável por cerca de 10% do consumo de energia no transporte rodoviário no Chile e na Costa Rica até 2050.

Políticas e estratégias de descarbonização

Os países seguem várias estratégias para reduzir a sua dependência dos produtos petrolíferos e empregam uma combinação de incentivos, metas e impostos sobre o carbono, mas todas as estratégias contêm alguma combinação de medidas relacionadas a:

- **Economia de combustível:** Normas rigorosas de economia de combustível ajudam a reduzir o consumo de petróleo no transporte rodoviário. Embora o atual consumo médio de combustível na ALC esteja apenas um pouco acima da média mundial, apenas cinco países têm padrões de eficiência de combustível para veículos leves e apenas Argentina, Colômbia e México têm padrões também para caminhões pesados (Tabela 2.1). Padrões mais rígidos de economia de combustível para caminhões de carga média e pesada, em particular, têm um impacto no APS, levando a uma melhoria de 11%, em comparação com o STEPS, no consumo médio de combustível das vendas até 2030.
- **Eletrificação:** México, Costa Rica e Chile têm os compromissos mais ambiciosos em relação a veículos elétricos: no APS, a participação dos carros elétricos no mercado aumenta para 30% ou mais até 2030, muito acima da média da ALC de 20%. No entanto, os veículos elétricos não chegam a representar metade do estoque de veículos na região até ao final da década de 2040 no APS, destacando a necessidade de progredir o mais cedo possível e de facilitar a utilização de veículos elétricos por meio de políticas que visem construir a infraestrutura de recarga necessária e melhorar as redes elétricas.

- Biocombustíveis:** O Brasil continua muito acima da média global no uso de biocombustíveis. Atualmente, mais de 80% dos carros novos podem funcionar com gasolina misturada com elevadas percentagens de etanol, acima mesmo do requerimento atual de entre 20% e 27% (Bloomberg, 2023). Isso demonstra a capacidade do Brasil de produzir etanol em larga escala. Argentina, Colômbia, Peru e Uruguai, dentre outros países, têm metas de mistura de biocombustíveis (*blending*) e, conseqüentemente, aumentam a participação dos biocombustíveis em ambos os cenários.
- Combustível de aviação sustentável (*Sustainable aviation fuel - SAF*):** A aviação é o meio de transporte que mais cresce na ALC. É um setor onde é difícil de reduzir emissões devido à sua forte dependência do petróleo. No APS, a demanda de energia para a aviação, incluindo *bunkers* internacionais, duplica até 2050 e o petróleo cumpre com quase 80% desta demanda. O bioquerosene de aviação é responsável por mais 18%, mas seu potencial é limitado pela quantidade de matéria-prima que pode ser obtida de forma sustentável (ver Capítulo 3, Quadro 3.3). O querosene sintético produzido a partir de hidrogênio e de CO₂ biogênico ou atmosférico representa apenas 2% da demanda até 2050: sua produção é cara e apenas o Brasil possui medidas para apoiar sua adoção por meio de sua política de biocombustíveis RenovaBio e de um requerimento de SAF planejado para 2027. A Colômbia está iniciando as consultas sobre um plano de ação de SAF relacionado à sua Lei de Ação Climática.

Tabela 2.1 ▶ Principais políticas de transporte em países selecionados

	Padrões de economia de combustível para veículos leves	Políticas e metas de veículos elétricos	Requerimentos de biocombustível	Apoio a combustíveis de aviação de baixas emissões
Brasil	●	●	●	●
Argentina, Colômbia, México	●	●	●	○
Bolívia, Costa Rica, Equador, Panamá, Paraguai, Uruguai	○	●	●	○
Chile	●	●	○	○
Cuba, República Dominicana, El Salvador, Nicarágua, Trinidad e Tobago	○	●	○	○
Honduras, Peru	○	○	●	○

Política implementada: ○ Não ● Sim

A Argentina também vê um papel para o gás natural na redução da dependência do petróleo e no aumento da utilização dos recursos energéticos nacionais. Na Argentina, mais de 10% dos caminhões rodam com gás natural em 2050 no APS. No entanto, apostar no gás natural exige um planejamento cuidadoso para evitar o *lock-in* de emissões, incluindo por meio do desenvolvimento de motores que possam funcionar com elevadas percentagens de combustíveis gasosos de baixas emissões.

Existem também oportunidades em transferências modais para transportes públicos, reduzindo o número de automóveis e, assim, diminuindo emissões:

- Sistemas eletrificados de trânsito rápido via ônibus têm o potencial de atender às necessidades de mobilidade urbana de forma sustentável. Mais de 45 cidades da região já investiram neles. Bogotá é a cidade com a maior frota de ônibus elétricos do mundo fora da China (ver Capítulo 3, seção 3.1).
- A expansão da rede ferroviária é outra opção para reduzir as emissões do setor dos transportes, embora exija investimentos intensivos em capital e um planejamento cuidadoso, dados os desafios apresentados pela geografia da região. A atual rede ferroviária totaliza cerca de 95 000 quilômetros (km), o que representa menos de 7% da rede ferroviária mundial. No passado, algumas partes da ALC tinham redes ferroviárias significativas, de forma que há a possibilidade de reabrir vias históricas. Estas poderiam ser convertidas para transporte ferroviário leve em vez de transporte ferroviário pesado padrão para reduzir a complexidade e os custos relacionados. Juntamente com os sistemas de transporte rápido via ônibus, a expansão do transporte ferroviário urbano poderia ajudar a reduzir os problemas de congestionamento e de poluição do ar, enquanto a introdução de trilhos de alta velocidade na região tem o potencial de transferir demanda da aviação, embora este potencial seja limitado por restrições geográficas em alguns países. Aumentar a proporção de passageiros-quilômetros percorridos por trem dos atuais 2% na ALC para um valor próximo da média global de 7% pode reduzir a dependência em produtos petrolíferos, já que as ferrovias da região são cinco vezes menos intensivas em petróleo por passageiro-quilômetro do que o transporte rodoviário.

2.3.2 Indústria

As economias da ALC tornaram-se menos complexas ao longo do tempo (ver Capítulo 1, seção 1.1.1), e um dos resultados é que o setor industrial da região consome menos energia do que a média global. As indústrias não intensivas em energia, ou outras indústrias, são responsáveis por quase metade do consumo de energia no setor industrial, muito acima da média global de 30%. As indústrias alimentar e de mineração são as mais significativas, representando dois terços (alimentação) e um quarto (mineração) do consumo de energia do setor de indústria leve. Indústrias de produtos químicos, ferro e aço são os maiores consumidores de energia dentre as indústrias intensivas em energia. Mais da metade da produção de aço da ALC está no Brasil, seguido pelo México (30%) e Argentina (8%). O Brasil também ocupa o primeiro lugar na produção de produtos químicos de alto valor² (70%), enquanto a maior parcela da produção de amônia e metanol está em Trinidad e Tobago (mais de 70%).

A preponderância de indústrias não intensivas em energia indica que o setor industrial na ALC pode, em geral, suprir sua demanda de energia com calor de baixa e média temperatura, o que não requer necessariamente combustíveis fósseis. Atualmente, um quarto da energia utilizada na indústria provém da eletricidade e outro quarto de bioenergia. Os combustíveis fósseis,

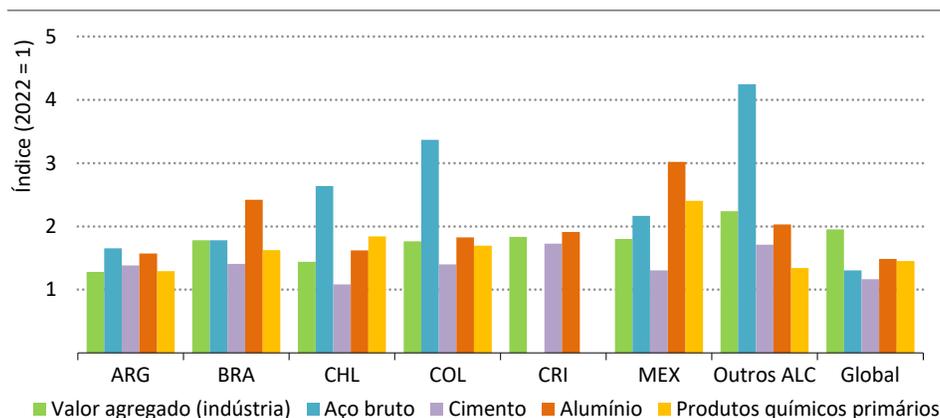
² Produtos químicos de alto valor incluem etileno, propileno e aromáticos.

principalmente para processos de alta temperatura, representam cerca de 50% da energia usada na indústria na ALC, o que está bem abaixo da média global de 65%, com o petróleo e o gás natural representando cerca de 20% cada e o carvão 10%.

Atividade

O ressurgimento da indústria de manufaturas é um dos motores da recuperação econômica na ALC, após 20 anos de disparidade entre a demanda por bens e a capacidade da indústria de atendê-la. Em cada um dos nossos cenários, o valor agregado pela indústria aumenta mais de 2% ao ano até 2050, quase o dobro da taxa desde 2000, mas ainda ligeiramente abaixo da média global. A produção de bens comercializados globalmente, como aço, alumínio e produtos químicos primários, aumenta de forma particularmente rápida, o que permite à região reduzir suas importações (Figura 2.10). A produção de aço duplica até 2050 no STEPS, com aumentos consideráveis na Colômbia, Chile e Peru, onde, em alguns casos, a produção diminuiu nos últimos anos, mas a capacidade existente pode ser aproveitada para aumentá-la. A produção de alumínio registra um crescimento particularmente rápido no México e no Brasil, o que é facilitado pela disponibilidade de sucata que permite a utilização de processos de produção de menor intensidade energética. A produção de produtos químicos primários na ALC cresce de forma alinhada à média global. A produção de cimento aumenta mais lentamente, a uma taxa média anual de 1,3% ao ano até 2050. A taxa aumenta mais rapidamente na Costa Rica e em outros países da ALC, onde a demanda *per capita* é baixa atualmente.

Figura 2.10 ▶ Produção industrial para materiais e países selecionados no Cenário de Políticas Declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A produção de alumínio e aço aumenta significativamente, reduzindo as necessidades de importação da região; o crescimento do valor agregado pela indústria permanece ligeiramente abaixo da média global

Notas: ARG = Argentina; BRA = Brasil; CHL = Chile; COL = Colômbia; CRI = Costa Rica; MEX = México. Produtos químicos primários incluem amônia, metanol, etileno, propileno e aromáticos.

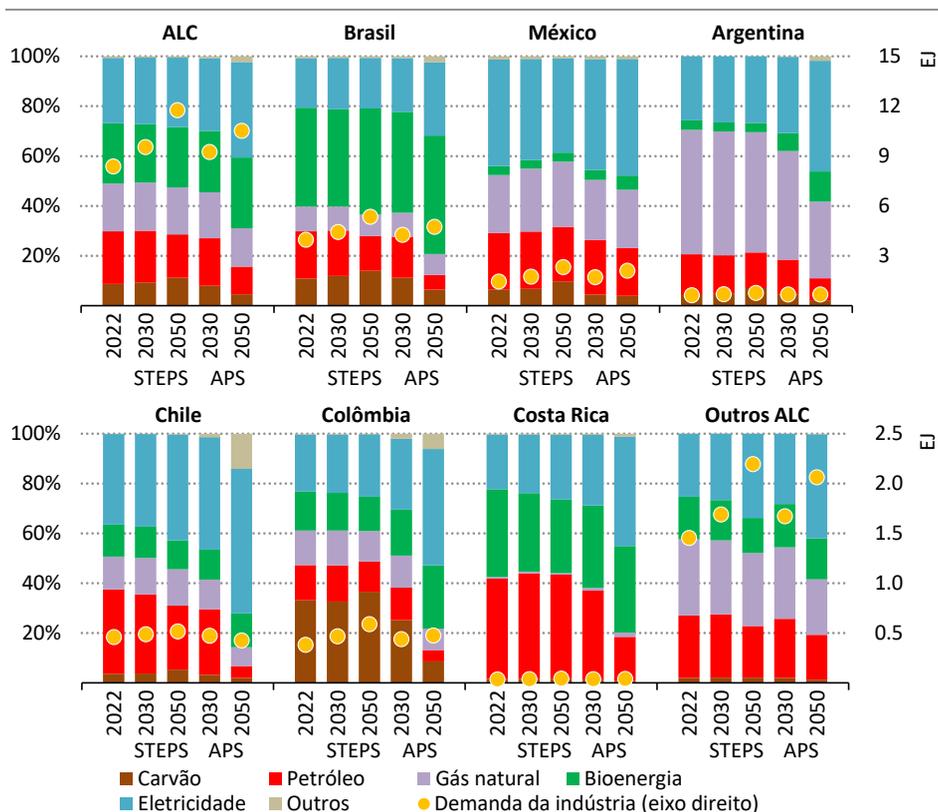
Panorama

No STEPS, a produção industrial expande-se em todos os subsetores, com o consumo de energia aumentando em média 1,7% ao ano até 2030. A matriz de combustíveis permanece majoritariamente consistente. O México e a Colômbia registram aumentos particularmente rápidos na demanda de energia da indústria, impulsionados pelo forte crescimento na produção de alumínio, produtos químicos e aço. Em 2030, o Brasil ainda é responsável por quase metade do consumo de energia do setor industrial.

No APS, os compromissos anunciados resultam em novas medidas para moderar o crescimento da demanda no setor industrial e provocar mudanças na matriz de combustíveis. Medidas de eficiência energética e de materiais reduzem o crescimento do consumo de energia na indústria para 1,3% ao ano até 2030, o que é 0,4 pontos percentuais inferior ao STEPS. Eletrificação adicional leva a uma redução na percentagem de utilização de combustíveis fósseis, principalmente em indústrias não intensivas em energia. O Chile eletrifica a sua indústria mais rapidamente do que outros países da ALC, impulsionado pelo seu objetivo de alcançar uma redução de 70% nas emissões em relação aos níveis de 2018 até 2050, com a parcela de eletricidade na demanda de energia industrial aumentando dos atuais 36% para 45% até 2030. A Costa Rica e a Colômbia também registram grandes aumentos na eletrificação da demanda de energia industrial, aumentando em ambos os países de mais de 20% atualmente para quase 30% em 2030. O uso da bioenergia aumenta mais de dois pontos percentuais na Argentina e na Colômbia.

A partir de 2030, os caminhos do STEPS e do APS divergem cada vez mais. Ambos os cenários preveem um maior crescimento das indústrias intensivas em energia, o que diminui a parcela de indústrias não intensivas em energia para cerca de 40% do total do setor industrial. No entanto, o aumento da eficiência energética e de materiais reduz o consumo de energia em 10% no APS em comparação com o STEPS em 2050 (Figura 2.11). Além disso, o aumento do uso de fontes renováveis, como a bioenergia ou a energia solar térmica, e o aquecimento elétrico, como a utilização de bombas de calor, nas indústrias leves e a mudança de rotas de produção baseadas em combustíveis fósseis para rotas de produção inovadoras, como a produção de amônia e ferro (H₂-DRI) baseada 100% em hidrogênio eletrolítico, diminui a participação dos combustíveis fósseis na demanda de energia do setor industrial de 45% no STEPS para apenas 30% no APS.

Figura 2.11 ▶ Consumo de energia na indústria por combustível e cenário na ALC e países selecionados, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

É necessária uma mistura de eletrificação, bioenergia e redução da demanda para cumprir os compromissos anunciados; alguns países pretendem usar o gás natural como combustível de transição para indústrias pesadas

Nota: Outros incluem energia solar térmica, geotérmica, hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio.

Políticas e estratégias de descarbonização

Os países da ALC recorrem a uma série de estratégias para impulsionar o desenvolvimento industrial e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de CO₂ por meio da implementação de incentivos, requerimentos e, em alguns casos, impostos sobre o carbono.

- **Incentivos financeiros:** Reduzir a utilização de combustíveis fósseis na produção industrial exige investimentos substanciais. Vários países têm medidas em vigor para estimular o investimento: são exemplos disso a isenção de impostos sobre a importação de equipamentos de energia renovável na Costa Rica, a utilização de créditos de descarbonização no programa RenovaBio no Brasil e o apoio direcionado à descarbonização

nas indústrias petroquímicas e outras indústrias estratégicas na Bolívia. No APS, estas e outras medidas do tipo significam que os investimentos cumulativos são 10% mais elevados no APS do que no STEPS até 2030.

- **Eficiência:** O aumento da eficiência energética e da eficiência no uso de materiais reduz o consumo de energia industrial no APS para 10% abaixo do nível do STEPS em 2050. Medidas importantes para melhorar a eficiência energética nas indústrias leves são padrões mínimos de performance energética (*Minimum energy performance standards – MEPS*) mais rigorosos para motores elétricos, sistemas de gestão de energia e auditorias. Menos de um terço dos países da região atualmente possui *MEPS* em vigor (Tabela 2.2). A colaboração e a troca de conhecimento poderiam ajudar a ampliar a cobertura de *MEPS* (ver Capítulo 3, seção 3.2). Abordagens de eficiência no uso de materiais, tais como o prolongamento da vida útil de edificações ou a minimização das perdas de produção, reduzem a necessidade de produção de materiais, à exceção do alumínio, em 6-9% no APS e, assim, também reduzem o consumo de energia. O Chile oferece um bom exemplo: implementou auditorias energéticas obrigatórias e a adoção e implementação de sistemas de gestão de energia para alguns produtores industriais, de modo a atingir uma redução de 4% da intensidade energética em relação aos níveis de 2019 até 2026.
- **Mineração de minerais críticos:** A mineração, especialmente de minerais críticos, é um subsetor industrial significativo na ALC. No APS, as emissões de CO₂ provenientes da mineração em 2030 serão reduzidas em quase 10% em comparação com o STEPS, principalmente devido ao aumento da eletrificação. Muitos países produtores, como a Bolívia e o Chile, já implementaram normas para garantir que o aumento projetado na produção de minérios críticos na ALC para atender à demanda global seja alcançado de forma sustentável (ver Capítulo 3, seção 3.3).
- **Estratégia relacionada ao hidrogênio:** O hidrogênio de baixas emissões³ permite a descarbonização do setor industrial, especialmente para aplicações que não podem ser facilmente eletrificadas. Oito países da ALC têm planos de ação ou estratégias em vigor para produzir e utilizar hidrogênio, embora a implementação generalizada não seja esperada antes de 2030 no APS. Com o tempo, o hidrogênio de baixas emissões substituirá o hidrogênio baseado em gás natural na indústria química para a produção de amônia e metanol (ver Capítulo 3, seção 3.4) e também será usado em novas aplicações, como H₂-DRI na fabricação de aço e em máquinas pesadas na mineração. Além disso, a produção de materiais baseada em hidrogênio de baixas emissões cria uma oportunidade regional para exportar bens de alto valor e superar o desafio do transporte e armazenamento de hidrogênio puro (ver Capítulo 4, seção 4.2.2). Em 2050, o hidrogênio eletrolítico supre um terço da produção de amônia na ALC e cerca de 15% de sua produção de ferro no APS, em parte graças ao aumento do financiamento para avançar projetos com tecnologias atualmente em fase de protótipo ou demonstração (Quadro 2.1).

³ O hidrogênio de baixas emissões é definido no Capítulo 3, seção 3.4 e as definições no Anexo A.

Tabela 2.2 ▶ Principais políticas do setor da indústria em países selecionados

	Incentivos financeiros à descarbonização	MEPs para motores	Normas para mineração de minerais críticos	Mandatos de eficiência para toda a indústria	Estratégia relacionada ao hidrogênio
Chile, Costa Rica	●	●	●	●	●
Brasil	●	●	●	○	●
Colômbia	○	●	●	●	●
México	○	●	●	●	○
Bolívia	●	○	●	●	○
Equador	○	●	●	○	●
Panamá	○	●	○	○	●
Peru	○	●	●	○	○
Argentina	○	○	●	○	●
Uruguai	○	○	○	○	●

Política implementada: ○ Não ● Sim

Nota: MEPS = padrões mínimos de performance energética.

A eletrificação de processos industriais é outro elemento essencial para concretizar as ambições do APS. No APS todos os países da ALC com compromissos de emissões líquidas zero aumentam a participação da eletricidade na matriz energética em pelo menos dez pontos percentuais até 2050. Embora o gás natural deve servir como combustível de transição em alguns países, é importante limitar a sua utilização no setor industrial durante transições energéticas a indústrias intensivas em energia que necessitam de calor de alta temperatura, a fim de cumprir com os compromissos climáticos anunciados. Processos de temperatura mais baixa em indústrias leves oferecem uma oportunidade mais imediata para o uso de fontes que não dependam de combustíveis fósseis, como bombas de calor e bioenergia. No APS, o consumo de gás natural nas indústrias não intensivas em energia na ALC diminui 40% até 2050, mas aumenta 17% nas indústrias intensivas em energia, impulsionado pelas áreas de aço e cimento.

A captura, utilização e armazenamento de carbono (*Carbon capture, utilization and storage – CCUS*), uma tecnologia importante para a descarbonização de indústrias intensivas em energia, é outro elemento da transição. É usada principalmente na ALC para reduzir emissões da combustão e de processos da produção de cimento.

Quadro 2.1 ► Mobilizando financiamento para uma descarbonização inovadora na indústria

Na América Latina e Caribe, as emissões de indústrias pesadas (aço, cimento e produtos químicos) diminuem cerca de um quarto até 2050 no APS, em comparação com uma redução nas emissões globais do sistema energético de 50% durante o mesmo período. As indústrias pesadas são fonte de algumas das emissões mais inflexíveis da região, devido em grande parte ao fato de as tecnologias necessárias para fazerem frente a essas emissões estarem em fases iniciais de desenvolvimento, com um nível de maturidade tecnológica (*Technology readiness level - TRL*) mais baixo do que em outros setores, como a geração elétrica e transporte de passageiros. Para a indústria pesada, estas incluem tecnologias em fase de protótipo e demonstração, como a produção de ferro direto reduzido à base de hidrogênio eletrolítico, craqueamento a vapor via elétrica e fornos de cimento equipados com tecnologias de *CCUS*. O financiamento governamental para PD&D, a provisão de infraestrutura facilitadora, políticas para criar mercados diferenciados, contratos públicos verdes e medidas amplas como a precificação do carbono ajudarão a concretizar estas tecnologias. Tais medidas precisam ser acompanhadas de financiamento de baixo risco, a fim de mobilizar o enorme investimento de capital necessário durante as fases iniciais de implantação.

Financiamento governamental sem retorno pode ser apropriado em casos específicos, mas a escala de financiamento necessária (bilhões de dólares para uma única usina em escala comercial, na maioria dos casos) aponta para um papel importante do setor privado, especialmente tendo em conta a escassez de dinheiro disponível na ALC atualmente. Governos ainda têm um papel fundamental: o de mobilizar capital do setor privado para os investimentos necessários, tanto por meio da provisão de mecanismos de financiamento com retorno como de parcerias público-privadas que assumem alguns dos riscos financeiros iniciais desses projetos. Esses mecanismos poderiam incluir financiamentos concessionais e subordinados, seguros, garantias para dívidas, incentivos fiscais e de mercado baseados no desempenho e investimento em equidade em projetos em estágio inicial.

Financiamento internacional tem um papel importante a desempenhar para complementar as ações tomadas por governos individuais e, assim, facilitar transições para energias limpas em mercados emergentes e economias em desenvolvimento, onde é particularmente difícil acessar financiamento do setor público ou privado na escala necessária. Financiamento internacional para apoiar a descarbonização industrial pode assumir várias formas, incluindo contribuições para fundos administrados por instituições multilaterais e bancos de desenvolvimento, financiamento misto, acordos bilaterais e ajuda oficial ao desenvolvimento. Esses fundos já existem: o programa de Descarbonização da Indústria do Climate Investment Fund, por exemplo, foi anunciado em 2021 e atualmente cobre mais de 100 projetos na ALC. Porém, uma transição global bem-sucedida para energias limpas exigirá que as economias avançadas aumentem substancialmente o apoio de doações, a fim de causar um impacto significativo nas emergentes transições econômicas (Climate Investment Funds, 2023).

Esse quadro foi preparado em colaboração com V. Radaelli, N. Pufal, S. López, G. Cárdenas, P. Henriquez e A. Cathles do Grupo Banco Interamericano de Desenvolvimento. As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente as opiniões do Banco Interamericano de Desenvolvimento, de seu conselho de administração ou dos países que eles representam.

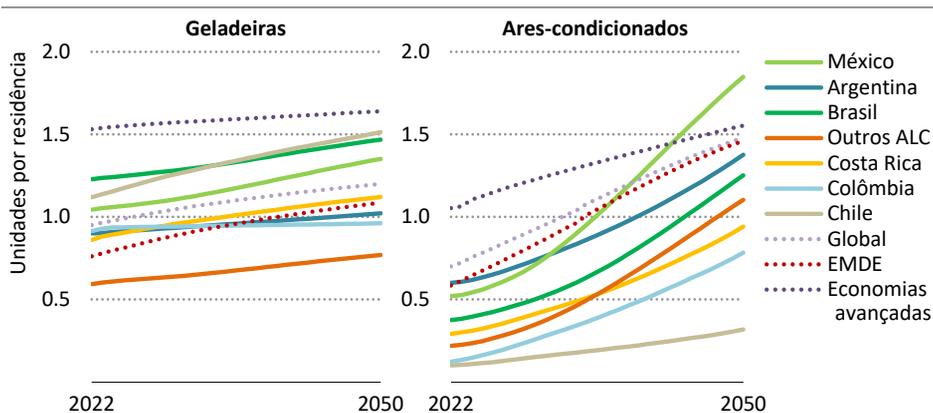
2.3.3 Edificações

Residências são atualmente responsáveis por três quartos do consumo de energia no setor de edificações, sendo o um quarto restante utilizado em edificações não residenciais. Nas edificações residenciais, fogões e eletrodomésticos representam quase um quinto do consumo de energia cada, enquanto o aquecimento de água consome cerca de 15%. O aquecimento e a refrigeração ambiente representam 6-7% cada, embora haja variações significativas entre países. Na Argentina e no Chile, países com a maior demanda de aquecimento *per capita* na região, o aquecimento ambiente é responsável por mais de 20% (Chile) e até 35% (Argentina) do consumo de energia no setor de edificações.

A eletricidade é a fonte de energia mais significativa, representando quase 45% do consumo total no setor de edificações. A Costa Rica tem uma participação particularmente elevada da eletricidade no consumo de energia em edificações, em 77%. A utilização tradicional de biomassa e o petróleo representam cerca de um quinto do consumo de energia no setor de edificações cada, o gás natural 10% e as energias renováveis os 5% restantes. O petróleo, principalmente na forma de gás liquefeito de petróleo, é utilizado principalmente para cozinhar e, em menor medida, para aquecer água. Cerca de 74 milhões de pessoas na ALC, pouco mais de 10% da população, ainda não têm acesso a instalações de cozinha com energia limpa e a maioria delas depende do uso tradicional de biomassa.

Atividade

Figura 2.12 ▶ Posse de geladeiras e ares-condicionados em países/regiões selecionados no Cenário de Políticas Declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A posse de geladeiras aumenta de forma modesta, enquanto a posse de ares-condicionados aumenta muito, com as maiores taxas de crescimento na Colômbia e no México

O progresso econômico e o aumento das temperaturas aumentam a importância do condicionamento térmico na demanda de energia. Atualmente, a quantidade de aparelhos de ar-condicionado por residência na região é cerca de metade da média global, mas esta quadruplica

até 2050 no STEPS para um valor próximo à média global, que por sua vez aumenta ao longo do período (Figura 2.12). Além disso, projeta-se que o número de graus-dia de refrigeração aumente nas próximas décadas, o que implica que cada aparelho de ar-condicionado será utilizado com mais frequência, dependendo também do progresso na mitigação climática. A quantidade de aparelhos de ar-condicionado por residência duplica na Argentina, onde atualmente esta quantidade é relativamente elevada, e registra um crescimento menor do que em quase qualquer outro país da ALC. A posse de outros eletrodomésticos, como máquinas de lavar louça e geladeiras, aumenta de forma mais modesta em toda a região, em geral de forma alinhada com as tendências globais.

O setor de serviços cresce a uma média anual de 2,4% até 2050, contribuindo fortemente para o crescimento do PIB. As taxas de crescimento do PIB são mais elevadas em países como o México, onde as estruturas econômicas estão se encaminhando para atividades mais orientadas para os serviços, e na Costa Rica, onde setores de serviços bem estabelecidos se expandem rapidamente.

Panorama

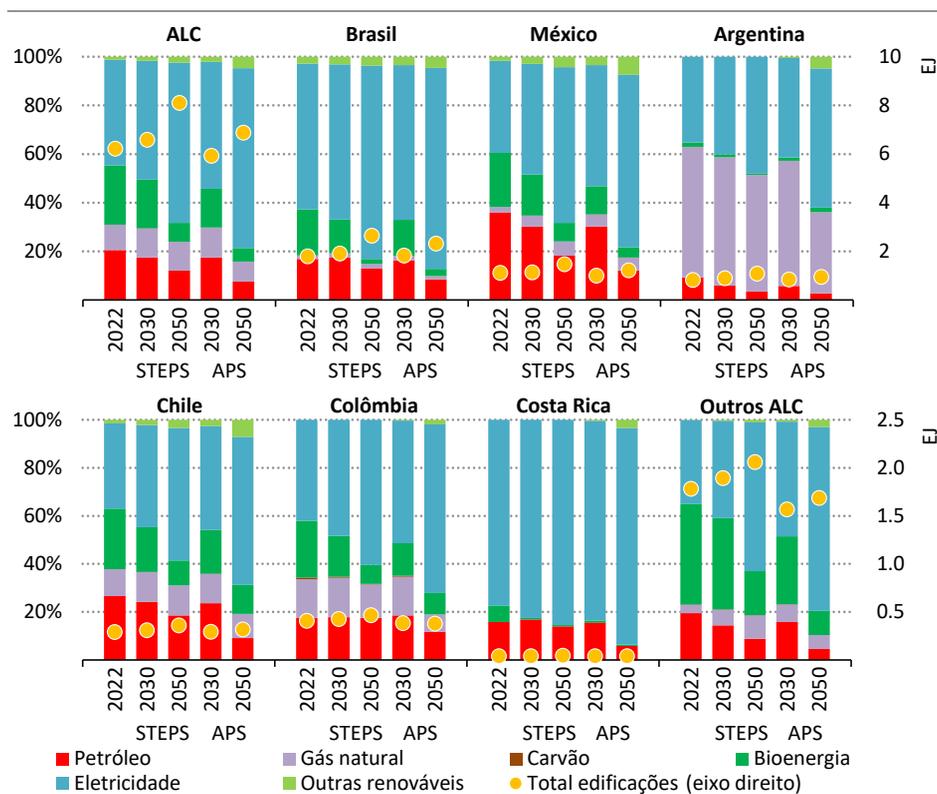
No STEPS, o consumo de energia no setor de edificações aumenta cerca de 0,7% ao ano até 2030. Nas edificações residenciais, progresso para cozinhas com energia limpa envolve uma mudança da utilização tradicional da biomassa para alternativas mais eficientes, o que reduz o crescimento geral da demanda. No entanto, cerca de 61 milhões de pessoas continuam sem acesso a cozinhas com energia limpa em 2030, ficando aquém da meta do ODS 7.1 de alcançar o acesso universal a serviços energéticos modernos, confiáveis e acessíveis (ver Capítulo 3, seção 3.5). A demanda residencial de eletricidade aumenta para atender à crescente utilização de aparelhos de ar-condicionado e eletrodomésticos. A eletricidade representa uma parcela de quase 50% do consumo de energia em edificações até 2030, uma vez que também substitui a utilização tradicional de biomassa e óleo para cozinhar e aquecer água. O uso de gás natural também substitui o uso de óleo. México e Chile registram os maiores aumentos na eletrificação: a parcela de eletricidade no consumo total de energia nas edificações aumenta dos atuais 38% e 36%, respectivamente, para 46% e 42% em 2030.

No APS, o acesso a opções de cozinha com energia limpa acelera, diminuindo o consumo de energia no setor de edificações em 5% até 2030 em comparação com os níveis atuais. A eletrificação também acelera em comparação com o STEPS, atingindo mais de 50% até 2030. Argentina e Chile, países com demanda de energia *per capita* relativamente alta no setor de edificações atualmente, limitam o crescimento do consumo de energia em edificações neste período a apenas 0,2-0,3% ao ano no APS, principalmente como resultado do uso de caldeiras mais eficientes para aquecimento e da modernização do isolamento de ambientes.

Avanços em energia limpa para cozinhar e em eficiência energética reduzem o crescimento anual do consumo de energia para 0,4% ao ano até 2050 no APS, em comparação com 1% no STEPS. O consumo de eletricidade aumenta significativamente em ambos os cenários, representando dois terços de toda a energia utilizada nas edificações no STEPS e três quartos no APS. Em ambos os cenários, a rápida expansão do uso de aparelhos de ar-condicionado leva a climatização de espaços a mais que o dobrar do seu consumo de energia em comparação com os níveis atuais até

2050, tornando-se o segundo maior uso final depois dos eletrodomésticos. Ares-condicionados e eletrodomésticos são responsáveis, em conjunto, por mais de metade do consumo total de energia nas edificações em 2050. O aumento da eletrificação no APS reduz a participação de petróleo e gás para cerca de 15% em comparação com um quarto no STEPS (Figura 2.13). Em ambos os cenários, até 2050, os combustíveis fósseis restantes são utilizados principalmente para aquecimento de água e de ambientes, principalmente na Argentina, no Chile e no México, e uso na culinária. A porcentagem de energias renováveis no aquecimento de espaços e de água aumenta no APS dos atuais 11% para mais de um quarto em 2050.

Figura 2.13 ▶ Consumo de energia em edificações por combustível e cenário na ALC e em países selecionados, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

Um aumento no uso de eletricidade substitui o uso de petróleo e biomassa tradicional em edificações e ganhos de eficiência reduzem o consumo de energia no APS

Políticas e estratégias de descarbonização

A matriz energética do setor de edificações varia entre os países da ALC, assim como as políticas para moderar o crescimento da demanda e reduzir as emissões de CO₂. A eficiência energética, no entanto, desempenha um papel fundamental em todas as estratégias nacionais para equilibrar

a pressão crescente da demanda e para reduzir a lacuna de implementação entre o STEPS e o APS (ver Capítulo 3, seção 3.2). Considerando o elevado nível de urbanização, diretrizes políticas municipais podem desempenhar um papel essencial nas transições para energia limpa, para além das políticas, medidas e programas a nível nacional. Um bom exemplo é a definição de metas rumo a edificações com emissões líquidas zero assinada pela Cidade do México como parte da iniciativa *C40 Cities* (C40 Cities, 2021).

Dois estratégias de eficiência energética se destacam:

- **Padrões mínimos de performance energética:** Muitos países já possuem *MEPs* e/ou classificações para eletrodomésticos que proporcionam ganhos de eficiência no STEPS (Tabela 2.3). Esforços adicionais visando a eficiência no APS reduzem o consumo elétrico de usos finais, como eletrodomésticos, refrigeração de ambientes e iluminação, em relação aos níveis do STEPS, em cerca de 50 terawatts-hora (TWh) até 2030 e 170 TWh até 2050. Isto resulta numa redução do pico de demanda elétrica em 5% em 2050.
- **Códigos de energia para construções:** Melhorias no isolamento térmico de edificações podem ser incentivadas por códigos de construção, o que também pode aumentar a resiliência em caso de eventos catastróficos. Atualmente, apenas alguns países da ALC têm códigos de energia mandatórios para edificações, representando uma proporção muito menor do que na maioria das outras regiões. Alguns países, como o Brasil e a Argentina, estabeleceram padrões de desempenho voluntários, mas a experiência em outros locais sugere que progresso requer códigos obrigatórios que sejam aplicados de maneira eficaz. Códigos de construção estão sendo desenvolvidos ou aprimorados em vários países. O Peru, por exemplo, atualizou recentemente o seu código e a República Dominicana, a Guiana, e Trinidad e Tobago estão atualmente em processo de desenvolvimento de novos códigos.

Tabela 2.3 ▶ Principais políticas do setor de edificações em países selecionados

País	Códigos de construção		Eletrodomésticos		Refrigeração	
	Obrigatório	Voluntário	MEPs	Classificações	MEPs	Classificações
Argentina, Chile, Cuba, Equador, Panamá, Peru	●	●	●	●	●	●
Brasil, Costa Rica, México	○	●	●	●	●	●
Colômbia	○	●	●	●	○	●
Uruguai	○	○	○	●	●	●
Bolívia	○	○	●	●	○	●
Venezuela	○	○	●	●	●	●
Paraguai	●	●	○	○	○	○
Nicarágua	○	○	●	○	●	○
Honduras	○	○	○	○	●	●

Política implementada: ○ Não ● Sim

Nota: *MEPs* = padrões mínimos de performance energética.

Eletricidade e fontes renováveis ajudam a substituir a utilização de combustíveis fósseis para aquecimento de espaços e de água no setor de edificações. No APS, a eletricidade fornece 31% do aquecimento ambiente e 38% do aquecimento de água até 2050 e é acompanhada pelo aumento das vendas de bombas de calor e outros equipamentos de aquecimento elétrico. A venda de bombas de calor aumenta no México, Brasil e Chile. O uso de dispositivos térmicos solares se expande para fornecer quase um quarto da energia necessária para o aquecimento de água até 2050 no APS, em comparação com os 7% atuais.

O gás natural continua sendo utilizado principalmente para aquecimento, mas o seu papel diminui com o tempo. Na Argentina, a participação do gás natural no aquecimento ambiente diminui no APS de 88% atualmente para 73% em 2050. Por outro lado, no Chile, que também consome uma quantidade significativa de energia para aquecimento ambiente, a percentagem de gás natural aumenta no APS dos 5% atuais para 15% em 2050, uma vez que o país reduz a sua dependência na lenha para aquecimento. Essa substituição requer apoio governamental, uma vez que a mudança da lenha gratuita para o gás natural aumenta os custos para as famílias.

Atualmente, sistemas de aquecimento urbano não têm um papel na ALC. A região tem necessidades relativamente baixas de aquecimento ambiente e os sistemas distritais requerem um investimento significativo. No entanto, os elevados níveis de urbanização e as crescentes necessidades de refrigeração sugerem um potencial para sistemas de refrigeração distrital. Recentemente, vários países iniciaram estudos de viabilidade para avaliar potenciais oportunidades. A Colômbia tem atualmente alguns projetos-piloto, incluindo o projeto *La Alpujarra*, que fornece refrigeração a várias edificações públicas com o objetivo de promover a eficiência energética e substituir aparelhos de ar-condicionado que funcionam com elementos de refrigeração que destroem a camada de ozônio (EPM, 2022). No final de 2022 foram lançados dois projetos-piloto de refrigeração distrital em Trinidad e Tobago, apoiados por uma doação do Global Environment Facility (Ministry of Planning and Development Trinidad and Tobago, 2022).

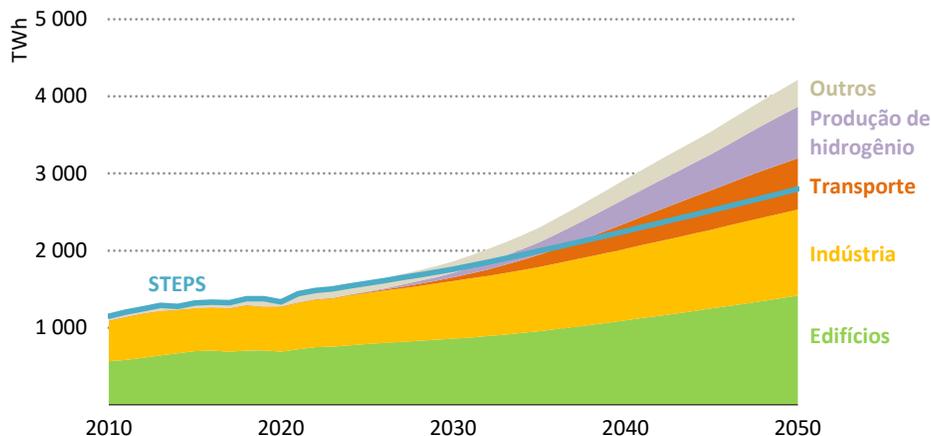
2.4 Setor elétrico

2.4.1 Demanda de eletricidade

A demanda de eletricidade na América Latina e Caribe deve aumentar a uma média anual de 2,3% entre 2022 e 2050 no STEPS, em comparação com apenas 1,8% na última década. Nos últimos dez anos, a demanda de eletricidade cresceu 235 TWh. No STEPS, essa demanda aumenta na próxima década em mais de 360 TWh e nas próximas três décadas em mais de 1 300 TWh, o que equivale a 2,3 vezes a demanda total de eletricidade no Brasil em 2022. Em decorrência desse aumento, a participação da eletricidade no consumo final total no STEPS aumenta de 20% em 2022 para mais de 25% em 2050. No APS, a demanda de eletricidade aumenta mais que o dobro em termos absolutos até 2050 (Figura 2.14), com uma eletrificação mais rápida dos transportes e de outros usos finais, juntamente com a produção de hidrogênio, aumentando a parcela de eletricidade no consumo final total para 40% em 2050.

Em termos setoriais, o crescimento total da demanda de eletricidade nos STEPS é impulsionado principalmente pelos setores de edificações e da indústria. Representam mais de 90% do crescimento até 2030 e continuam a ser responsáveis pela maior parte do crescimento até 2050. As edificações representam de forma isolada metade do crescimento total da demanda de eletricidade até 2030, em grande parte devido ao aumento da demanda de refrigeração e eletrodomésticos. A eletrificação dos transportes e a utilização de eletricidade para a produção de hidrogênio são menos significativas: apesar do rápido crescimento, representam 10% do crescimento total da demanda de eletricidade até 2030 e 20% até 2050. No entanto, no APS, o crescimento da demanda é impulsionado de forma muito mais sólida pelos transportes e pela produção de hidrogênio, que aumentam muito mais rapidamente do que no STEPS: são responsáveis por 40% do crescimento global da demanda até 2030 e por 80% até 2050. O aumento da demanda nos edifícios, embora moderado por melhorias na eficiência energética, aumenta quase tanto como no STEPS.

Figura 2.14 ▶ Demanda de eletricidade por setor na ALC no Cenário de Compromissos Anunciados e no Cenário de Políticas Declaradas, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

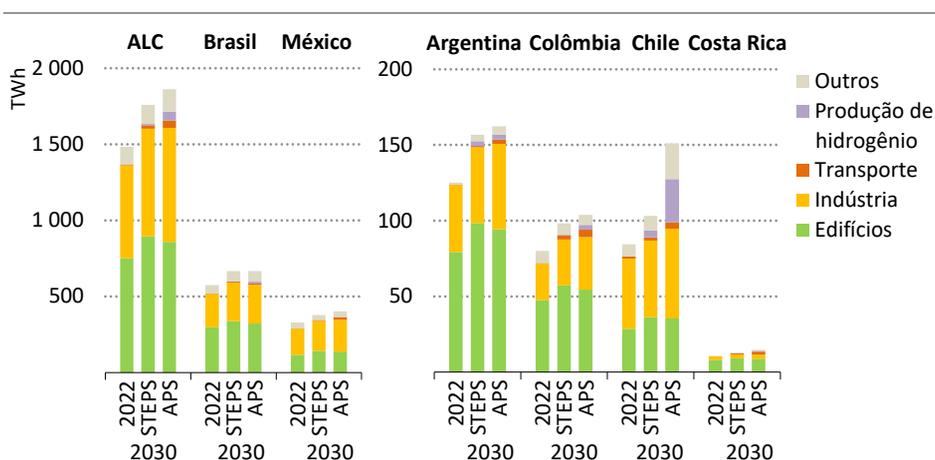
A demanda de eletricidade aumenta rapidamente nos setores da indústria e de edificações e a partir da década de 2030 também nos transportes e na produção de hidrogênio

Nota: TWh = terawatts-hora.

Na região, a demanda total de eletricidade no STEPS cresce mais rapidamente no Chile, onde aumenta mais de 20% até 2030 e mais do que duplica até 2050. Esse aumento é impulsionado em grande parte pela produção de hidrogênio, que passa de quase zero em 2022 para responder por mais de um terço do crescimento da demanda de eletricidade do Chile até 2030 e aumenta esta porcentagem para 50% até 2050 (Figura 2.15). No entanto, este aumento na demanda de

eletricidade no Chile representa menos de um décimo do crescimento global da demanda de eletricidade na ALC até 2030. O Brasil é responsável por um terço de todo o crescimento da demanda na ALC até 2050, com a maior parte da demanda proveniente de seus setores de construção e indústria. A demanda de eletricidade também aumenta fortemente em vários outros países, incluindo Costa Rica, Argentina e Colômbia, onde cada um deles registra um crescimento médio de cerca de 2,2% ao ano entre 2022 e 2050. No APS, a demanda cresce mais rapidamente no Chile do que em qualquer outro lugar, atingindo 6,5 vezes mais do que os níveis de 2022 em 2050, uma diferença cada vez maior em comparação com o STEPS que reflete principalmente um aumento muito mais rápido da produção de hidrogênio no APS.

Figura 2.15 ▶ Demanda de eletricidade por setor e cenário na ALC e países selecionados, 2022 e 2030

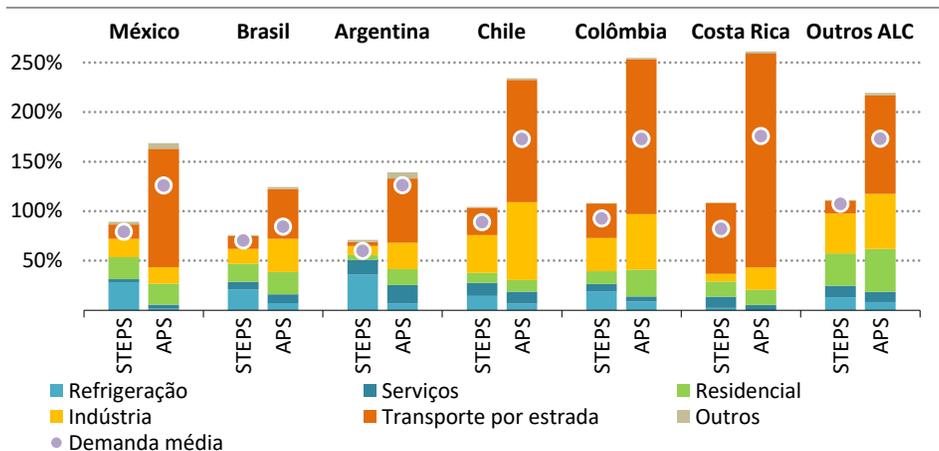


IEA. CC BY 4.0.

A demanda de eletricidade deve registrar um crescimento robusto em ambos os cenários, em parte devido ao aumento da propriedade de ar-condicionado, um fator-chave em edificações

O aumento do consumo de eletricidade tem um impacto significativo no pico anual da demanda de eletricidade em ambos os cenários. Níveis mais elevados de uso de ar-condicionado fazem com que a demanda seja mais sensível à temperatura, e o aumento das vendas de veículos elétricos aumenta o risco de variações rápidas na demanda causadas por níveis de carregamento sem controle. Como consequência, o pico de demanda dobra no Chile, na Colômbia e na Costa Rica no STEPS e mais que triplica no APS (Figura 2.16). O pico de demanda aumenta mais rapidamente do que a demanda média em todos os países do STEPS, e ainda mais no APS, onde a eletrificação avança muito mais rapidamente.

Figura 2.16 ▶ Aumento do pico de demanda por eletricidade por setor e cenário em países selecionados em 2050 em relação a 2022



IEA. CC BY 4.0.

O pico de demanda aumenta mais rápido que a demanda média em cada cenário, impulsionado por níveis mais elevados de propriedade de ar-condicionado e pelo aumento da mobilidade elétrica

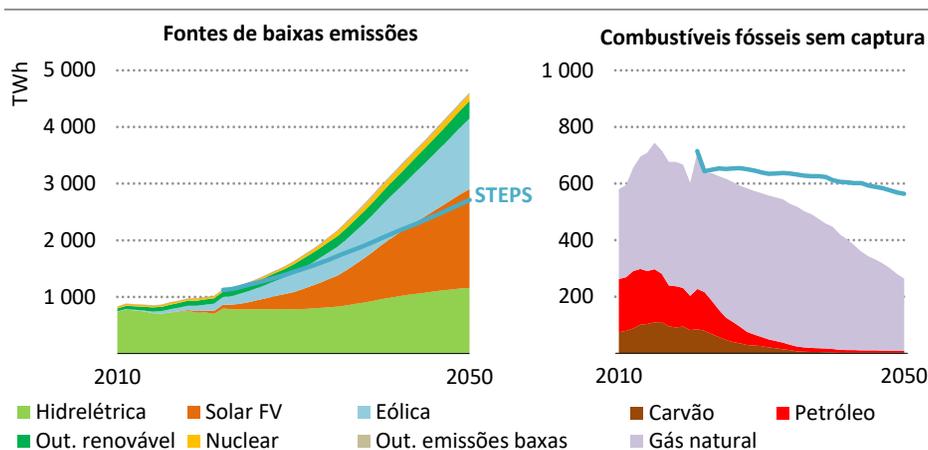
Nota: O pico de demanda é definido como as 500 horas de maior carga do ano.

Atender aos picos de demanda é um teste crítico da confiabilidade do sistema de eletricidade, e a eficiência energética tem um papel central a desempenhar. No APS, por exemplo, a contribuição do ar-condicionado para o aumento da demanda nos horários de pico é reduzida para metade em comparação com os STEPS, como resultado de *MEPs* mais rigorosos. O aumento do pico de demanda também pode ser mitigado por meio da gestão da resposta à demanda, dado que uma grande parte do aumento é impulsionada por usos finais com potencial de flexibilidade significativo, como veículos elétricos e aparelhos de ar-condicionado. Por exemplo, encontrar formas de transferir a recarga de veículos elétricos de horários durante o dia com maior necessidade de refrigeração para horas noturnas, contribui significativamente para limitar o pico diário. Medidas de resposta pelo lado da demanda possibilitadas por ferramentas como a utilização de contadores inteligentes nas redes de distribuição estão sendo implementadas em vários países da região.

2.4.2 Geração da eletricidade

A matriz de eletricidade na América Latina e Caribe deve ser remodelada ao longo dos próximos 30 anos, tanto no STEPS quanto no APS. A maior parte do crescimento da demanda é atendido por meio da implantação crescente de energia eólica e solar fotovoltaica.

Figura 2.17 ▶ Geração de eletricidade a partir de fontes de baixas emissões e de combustíveis fósseis sem captura de emissões na ALC no Cenário de Compromissos Anunciados e no Cenário de Políticas Declaradas, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

Lideradas pela energia solar fotovoltaica e eólica, as energias renováveis expandem-se rapidamente para atender toda a nova demanda e substituir o carvão e o petróleo no APS, enquanto a produção de eletricidade baseada em gás natural continua a diminuir

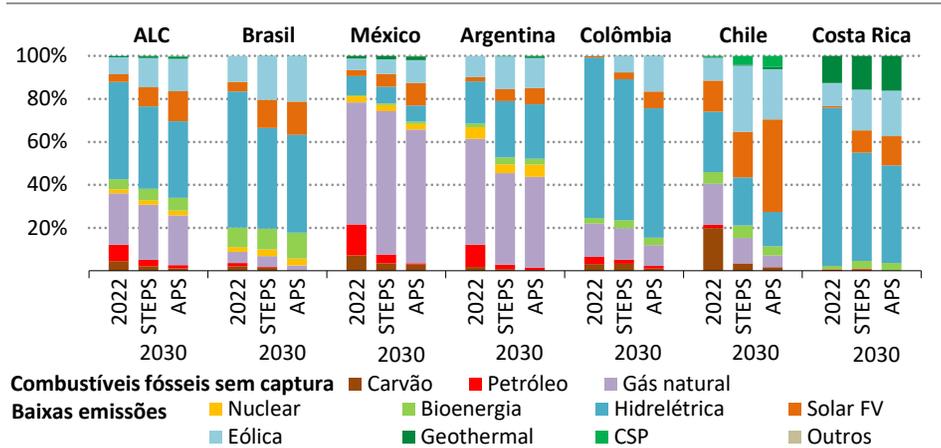
Nota: Out. = Outros. A energia solar fotovoltaica inclui projetos distribuídos e em escala comercial.

No STEPS, a percentagem de fontes de baixas emissões na produção total aumenta de 63% em 2022 para mais de 80% em 2050, com mais de dois terços do aumento proveniente da energia solar fotovoltaica e eólica. A produção de energia hidrelétrica aumenta em 260 TWh até 2050, mas aumenta mais lentamente do que a demanda. A participação da energia hidrelétrica na geração total cai dos 45% atuais para menos de 35% em 2050 (Figura 2.17). O uso de combustíveis fósseis sem uso reduzido cai significativamente: foram responsáveis por 36% da produção em 2022, mas serão reduzidos para metade dessa percentagem em 2050. A utilização de petróleo e carvão cai drasticamente, enquanto a demanda de gás natural, que já é o combustível fóssil com a maior parcela de produção, aumenta um quarto até 2030, atinge o pico por volta de 2040 e volta a cair para cerca do nível de 2030 em 2050. A intensidade média das emissões de CO₂ da geração de eletricidade cai em dois terços, de 216 gramas de dióxido de carbono por quilowatt-hora (g CO₂/ kWh) em 2022 para cerca de 70 g CO₂/kWh em 2050.

No APS, a implantação da energia solar fotovoltaica e eólica acelera, e a sua participação na produção total aumenta para 30% até 2030 e atinge 60% em 2050. A energia hidrelétrica continua sendo a base do fornecimento de eletricidade na ALC e fornecerá um quarto da eletricidade em 2050. Em conjunto, as fontes de baixas emissões representam 95% da produção total de eletricidade até 2050, e a percentagem de combustíveis fósseis sem captura de emissões cai para 5%. Embora o gás natural continue servindo como uma importante fonte de geração despachável,

o carvão e o petróleo quase são eliminados até 2040. A participação dos combustíveis fósseis na geração de electricidade cai na maioria dos países da região: no México, Argentina e alguns outros, cai 50% em relação ao nível de 2022. O resultado líquido das mudanças é que a intensidade das emissões de CO₂ da produção de electricidade cai para um décimo dos níveis de 2022 até 2050.

Figura 2.18 ▶ Matriz de geração de electricidade por fonte e cenário na ALC e em países seleccionados, 2022 e 2030



IEA. CC BY 4.0.

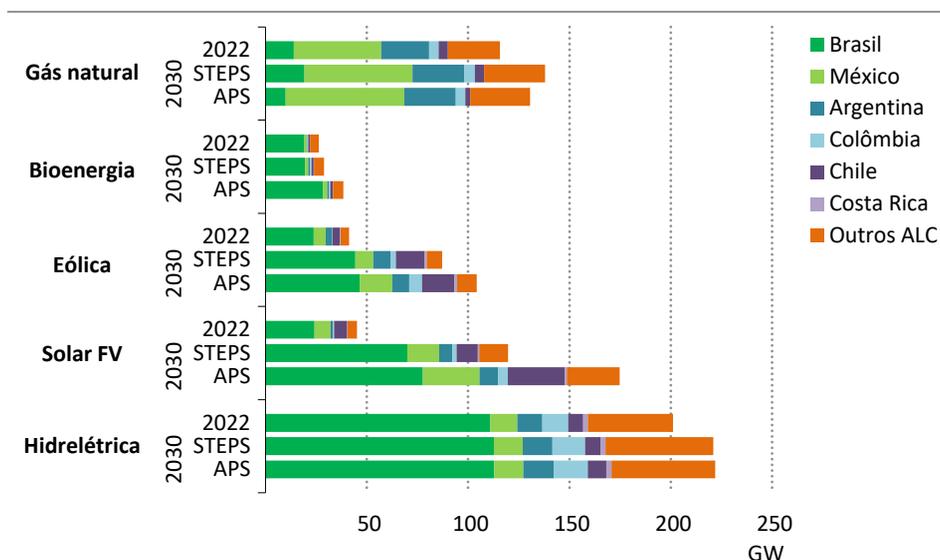
A energia hidrelétrica segue sendo a maior fonte de geração, mas um conjunto ampliado de energias renováveis leva a maiores parcelas de geração de electricidade de baixas emissões

Cada país da América Latina e Caribe pretende descarbonizar a geração e, ao mesmo tempo, utilizar os recursos naturais e a infraestrutura existente da maneira que melhor atenda às suas necessidades de electricidade. Para vários desses países, incluindo o Brasil, a Colômbia, a Costa Rica e o Paraguai, isso significa que a energia hidrelétrica segue sendo a principal fonte de electricidade. Ela fornece mais de 40% da geração total de electricidade na ALC em 2030 em ambos os cenários (Figura 2.18). Na Costa Rica, a energia geotérmica mantém uma participação de 15% na geração total até 2050 no APS. No México e na Argentina, o gás natural continua a fornecer muito mais geração do que qualquer outra fonte até 2030. A velocidade da mudança varia entre os países da região, com alguns mudando mais rapidamente que outros para fontes de electricidade de baixas emissões. A mudança acontece de forma particularmente rápida no Chile, onde o carvão representou 20% da produção em 2022, mas é quase totalmente eliminado até 2030. No STEPS, 85% das necessidades de geração no Chile são atendidas por fontes de baixas emissões até 2030. Em longo prazo, a energia solar concentrada proporciona flexibilidade adicional ao sistema. No APS, a geração de energia solar fotovoltaica no Chile aumenta até 2030 para triplicar o nível no STEPS e atender à crescente demanda de energia para a produção de hidrogênio.

2.4.3 Capacidade elétrica instalada

Em ambos os cenários, a capacidade de energias renováveis representa 80% das novas adições no período até 2030. A energia solar fotovoltaica e a energia eólica são responsáveis por mais de 60% de todas as adições de capacidade até 2030 no STEPS e quase 70% no APS, mas outras energias renováveis, incluindo a energia hidrelétrica, a bioenergia e a geotérmica, também aumentam. O gás natural é a única fonte de combustível fóssil que registra um aumento significativo na capacidade até 2030, embora represente apenas 15% das novas adições de capacidade no STEPS e mais de 10% no APS. As adições de capacidade de carvão e petróleo são inferiores a 1% em ambos os cenários. Aumentos da capacidade de energia nuclear, concentrados no Brasil, México e Argentina, que possuem programas de energia nuclear existentes, apresentam acréscimos até 2050 inferiores a 2% do total de acréscimos em ambos os cenários. No APS, mais capacidade de energias renováveis é instalada em toda a região e há menos acréscimos de capacidade adicional alimentada a gás natural do que no STEPS.

Figura 2.19 ▶ Capacidade instalada por fontes e países selecionados no Cenário de Políticas Declaradas e Cenário de Compromissos Anunciados, 2022 e 2030



IEA. CC BY 4.0.

A base de energia hidrelétrica é reforçada pelo forte crescimento da energia solar fotovoltaica e eólica, e complementada pela bioenergia, enquanto a capacidade de despachar geração a gás natural segue com um papel

Nota: GW = gigawatt.

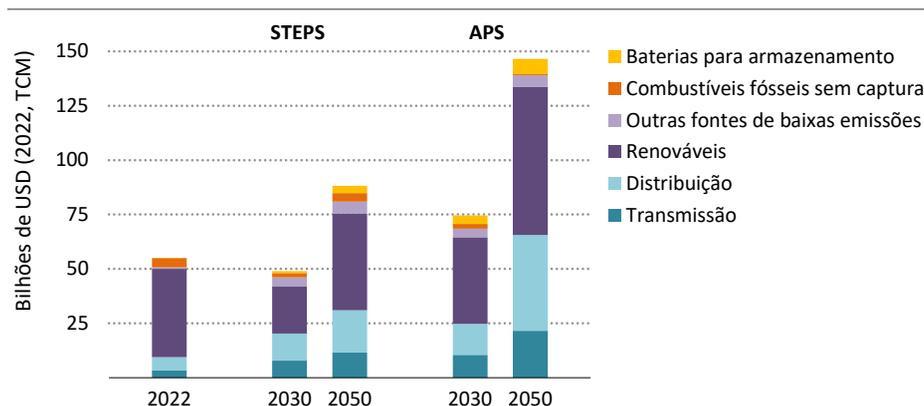
No STEPS, a energia hidrelétrica continua sendo a base da capacidade de electricidade instalada, embora a capacidade de energia solar fotovoltaica se expanda rapidamente. Em 2030, a energia hidrelétrica e a energia solar fotovoltaica representam juntas 50% da capacidade instalada

(Figura 2.19), com o gás natural e a energia eólica representando 20% e 13%, respectivamente, da capacidade total. No APS, a matriz de eletricidade é totalmente remodelada até 2050, com a energia solar fotovoltaica sozinha compreendendo mais de 40% de toda a capacidade instalada na região. A energia eólica também se expande e, em conjunto, a energia solar fotovoltaica e a energia eólica representam 60% da capacidade total instalada em 2050, o que é quase quatro vezes maior que a energia hidrelétrica. A capacidade de gás natural permanece praticamente estável até 2050. A capacidade do carvão cai 90% e o petróleo, dois terços: o declínio global dos combustíveis fósseis sem uso reduzido é de cerca de 25%.

2.4.4 Investimento no setor elétrico

O investimento no setor elétrico aumenta em cada cenário para cumprir com a crescente demanda de eletricidade e para modernizar e expandir a infraestrutura da rede. No STEPS, depois de permanecer globalmente estável até 2030 e de beneficiar da redução dos custos da energia solar fotovoltaica e eólica, o investimento no setor elétrico aumenta para 60% acima do nível de 2022 (Figura 2.20). O investimento em energias renováveis e redes representa a maior parte, complementado por montantes menores para outras fontes de baixas emissões e combustíveis fósseis sem uso reduzido. No APS, o investimento no setor elétrico aumenta muito mais rapidamente para proporcionar transições mais rápidas para energias limpas e atender a uma demanda maior. Em 2050, aumenta para mais de 2,5 vezes o nível de 2022, com um aumento de 70% no investimento em energias renováveis, e é dois terços mais elevado do que no STEPS. Aumentar o investimento em ambos os cenários significa mobilizar mais capital privado e desenvolver modelos de negócios inovadores (ver Capítulo 3, seção 3.9).

Figura 2.20 ▶ Investimento no setor elétrico por categoria e cenário na ALC, 2022, 2030 e 2050



IEA. CC BY 4.0.

O investimento no setor elétrico continua a aumentar em ambos os cenários, impulsionado pelas adições de capacidade de energias renováveis e expansão da rede

Nota: TCM = taxa de câmbio de mercado.

O investimento em redes elétricas aumenta no STEPS de 17% do investimento total no setor elétrico em 2022 para cerca de 35% em 2050, e os gastos triplicam em relação aos níveis de 2022 para cerca de US\$ 30 bilhões até 2050. No APS, o investimento na rede elétrica aumenta ainda mais drasticamente até 2050. O investimento em redes de transmissão aumenta quase 6,5 vezes em relação aos níveis de 2022, atingindo mais de US\$ 20 bilhões, enquanto o investimento em redes de distribuição aumenta mais de 7 vezes, para US\$ 45 bilhões. Os investimentos são impulsionados pela necessidade de cumprir com o aumento da demanda, integrar acréscimos de capacidade renovável e modernizar as infraestruturas de rede existentes, inclusive por meio da digitalização.

O rápido aumento da demanda de eletricidade e o aumento da capacidade energética renovável aumentam a necessidade de uma expansão significativa das redes de apoio. No STEPS, a rede elétrica na ALC se expande de cerca de 9 milhões de km de linhas e cabos em 2022 para 10 milhões de km em 2030 e 13,6 milhões de km em 2050. No APS, a rede elétrica da ALC cresce para 17 milhões de km de linhas e cabos até 2050. A expansão da rede ajuda a torná-la mais robusta e a melhorar a integração regional, ao mesmo tempo em que permite que as redes elétricas apoiem as transições energéticas em toda a América Latina e Caribe.

2.4.5 Flexibilidade do sistema elétrico

Prevê-se que as necessidades de flexibilidade⁴ do sistema elétrico na América Latina e Caribe aumentem consideravelmente durante o período avaliado. Esses sistemas são atendidos por uma combinação de energia hidrelétrica, usinas termelétricas, baterias e resposta pelo lado da demanda.

O aumento da proporção de geração variável de energia eólica e solar fotovoltaica e as mudanças nos perfis de demanda de eletricidade são os principais impulsionadores das necessidades de flexibilidade do sistema elétrico. A crescente porcentagem de geração não despachável a partir de energia eólica e solar fotovoltaica aumenta a variabilidade da carga residual (a carga que permanece após a remoção da produção eólica e solar da demanda de eletricidade). Pelo lado da oferta, a energia hidrelétrica é uma fonte significativa de flexibilidade do sistema elétrico, mas está sujeita a variações nos ciclos de chuva entre estações e ao longo dos anos. Pelo lado da demanda, o crescente uso de ar-condicionados em muitos países da ALC, o aumento da eletrificação na indústria e nos transportes, em conjunto, provocam picos mais elevados da demanda de eletricidade e aumentam a variabilidade horária, diária e sazonal do consumo de eletricidade, embora também proporcionem oportunidades adicionais para resposta pelo lado da demanda.

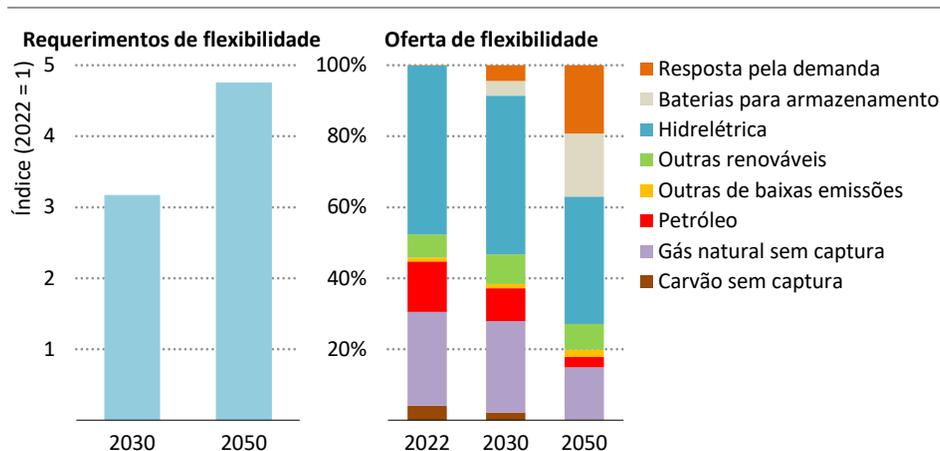
As redes também desempenham um papel vital no aumento da flexibilidade do sistema em todos os períodos. Ao conectar diferentes fontes de eletricidade em grandes áreas tanto internamente quanto entre países, as redes e as interligações ajudam a equilibrar as variações da demanda e a oferta de energias renováveis variáveis dependentes do clima. Isso reduz a necessidade de

⁴ Flexibilidade é definida como a capacidade de um sistema de eletricidade de gerenciar de maneira confiável e econômica a variabilidade da demanda e da oferta. Inclui desde garantir a estabilidade instantânea do sistema de eletricidade até apoiar a segurança do fornecimento a longo prazo.

flexibilidade de outras fontes e, ao mesmo tempo, aumenta a eficiência e reduz custos. Embora as variações sazonais e interanuais desempenhem um papel cada vez mais importante em sistemas caracterizados por elevadas percentagens de energias renováveis variáveis e energia hidrelétrica, a mudança na carga residual de uma hora para a outra continua a ser um indicador útil para as necessidades de flexibilidade, e é utilizada nesta análise. O impacto da variabilidade sazonal e interanual e o papel potencial das redes e da integração regional na resposta a estes e outros desafios de flexibilidade são discutidos mais detalhadamente no Capítulo 3 (ver seção 3.6).

O APS projeta um aumento mais significativo do que o STEPS na percentagem de energias renováveis variáveis nos sistemas elétricos em toda a região. A participação combinada da energia eólica e solar fotovoltaica na matriz de eletricidade aumenta dos atuais 11% para quase 30% em 2030 e ultrapassa os 60% em 2050 no APS. A demanda de eletricidade para refrigeração ambiente mais do que duplica durante o período do panorama, o que aumenta a variabilidade ao aumentar a sensibilidade à temperatura da demanda total de eletricidade. Isso, por sua vez, aumenta a necessidade de flexibilidade do sistema para equilibrar continuamente a oferta e a demanda e manter a estabilidade da rede. No APS, as necessidades de flexibilidade em toda a região triplicam até 2030 e aumentam quase cinco vezes até 2050 (Figura 2.21).

Figura 2.21 ▶ **Requerimentos de flexibilidade e oferta de flexibilidade na ALC no Cenário de Compromissos Anunciados, 2022, 2030 e 2050**



IEA. CC BY 4.0.

A energia hidrelétrica continua sendo a principal fonte da flexibilidade do sistema elétrico, sendo cada vez mais complementada por baterias e medidas de ajuste da demanda

A energia hidrelétrica é uma fonte essencial para atender às necessidades de flexibilidade horária em muitos países da ALC, principalmente no Brasil, na Colômbia e na Argentina. Em 2022, respondeu por metade da oferta de flexibilidade, sendo a maior parte do restante proveniente de termelétricas a gás natural e óleo combustível. Embora se projete que a contribuição da energia hidrelétrica para cumprir com os requerimentos de flexibilidade aumente em termos absolutos no APS à medida que a capacidade hidrelétrica aumenta, a sua participação na oferta de

flexibilidade cai para cerca de um terço até 2050, visto que a demanda de eletricidade aumenta mais rapidamente do que a capacidade hidrelétrica.

Depois de 2030, a energia hidrelétrica, como fonte de flexibilidade nos sistemas elétricos, será cada vez mais complementada por medidas de resposta pelo lado da demanda e armazenamento em baterias. Projeta-se que estas fontes emergentes de flexibilidade do sistema elétrico contribuam de forma significativa para a flexibilidade do sistema elétrico e para a ampliação da sua segurança até 2050. As baterias são adequadas para amenizar as variações diárias na alimentação de energia solar fotovoltaica, enquanto as tecnologias de resposta pelo lado da demanda têm o potencial de dissociar a demanda de serviços de energia e o consumo de eletricidade. Por exemplo, isso é possível por meio da programação da recarga de veículos elétricos por meio de sistemas de recarga inteligente ou ajuste do funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado ou dos aquecedores elétricos em resposta aos sinais da rede por meio de controles inteligentes. Além das ferramentas digitais, aproveitar ao máximo o potencial significativo da resposta pelo lado da demanda existente requer uma estrutura regulamentar eficaz e sinalização adequado dos preços. Diversas medidas já estão sendo implementadas em vários países da região, o que proporciona uma base sólida.

Embora a percentagem de flexibilidade proporcionada pelas usinas térmicas diminua, elas continuam sendo uma importante fonte de flexibilidade em escalas temporais longas no APS. Elas mantêm um papel valioso em países que enfrentam flutuações sazonais na demanda, por exemplo. Em termos absolutos, as usinas alimentadas a gás natural na ALC proporcionam tanta flexibilidade em 2050 quanto atualmente. O carvão está a ponto de ser eliminado da matriz elétrica. As usinas termelétricas de baixas emissões, incluindo a bioenergia e a nuclear, continuam sendo importantes fontes de flexibilidade.

2.5 Produção de energia

2.5.1 Combustíveis fósseis

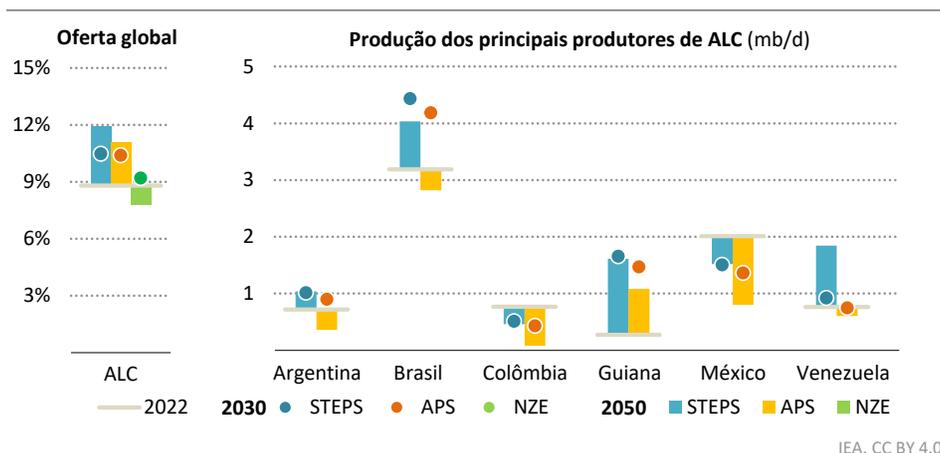
As perspectivas para a oferta de combustíveis fósseis na América Latina e Caribe variam significativamente de acordo com o combustível. A região é exportadora líquida de petróleo bruto. As exportações devem aumentar juntamente com a produção nos próximos anos, à medida que novos desenvolvimentos *offshore* no Brasil e na Guiana entrarem em operação. Por outro lado, a região é importadora líquida de gás natural e muitos países precisam utilizar o gás como combustível com emissões relativamente baixas. A produção de carvão desempenha um papel menor na região e que deve diminuir ainda mais. A Colômbia é o principal produtor de carvão, embora a maior parte da sua produção seja atualmente utilizada para gerar eletricidade em mercados onde as energias renováveis são cada vez mais a escolha preferida para nova capacidade de geração.

Petróleo

Os países da ALC produziram mais de 8 milhões de barris de petróleo por dia (mb/d) em 2022, o que representou pouco menos de 10% da oferta global de petróleo. A maior parte foi utilizada para atender à demanda na região. Embora as perspectivas variem de produtor para produtor, a

produção total de petróleo na ALC aumenta no STEPS até 2030 e depois aumenta ainda mais até 2050. No APS, diminui após 2030, à medida em que a demanda doméstica e global de petróleo se contrai (Figura 2.22). No Cenário NZE, a oferta de petróleo começa a diminuir antes de 2030 e a região mantém a sua parcela da produção global até 2050.

Figura 2.22 ▶ Participação da ALC na oferta global de petróleo e produção de petróleo da ALC por país e cenário em 2030 e 2050 em relação a 2022



IEA. CC BY 4.0.

A maioria dos principais produtores de petróleo da ALC aumenta a produção até 2050 no STEPS, enquanto a produção diminui no APS em todos os países, exceto na Guiana

O valor da produção de petróleo na ALC em 2022 totalizou cerca de US\$ 230 bilhões, o que equivale a cerca de 2% do PIB da região. O Brasil foi o principal produtor, respondendo por mais de 35% da oferta. O México foi o segundo maior produtor, com quase 25%, seguido pela Colômbia, Venezuela e Argentina, cada um responsável por pouco menos de 10%. Outros produtores incluem Equador e Guiana. Os produtores da ALC estão em vários estágios de desenvolvimento de recursos. Na Venezuela, a produção de petróleo caiu de cerca de 3 mb/d em 2010 para menos de 1 mb/d em 2022 e há previsões de que permaneça neste nível durante o resto da década. No Brasil, a produção aumentou quase 45% de 2010 a 2022. A Guiana iniciou a produção de petróleo recentemente, registrando um aumento nas descobertas *offshore* (Quadro 2.2), e poderá ver seu nível de produção de 2022 aumentar mais de cinco vezes até 2030. Os recursos petrolíferos convencionais na Argentina mostram sinais de declínio, com a produção caindo entre 2010 e 2022, mas o desenvolvimento de recursos não convencionais pode proporcionar novas vias de crescimento, e estão sendo feitos investimentos para aumentar a capacidade de exportação tendo em conta este desenvolvimento potencial.⁵

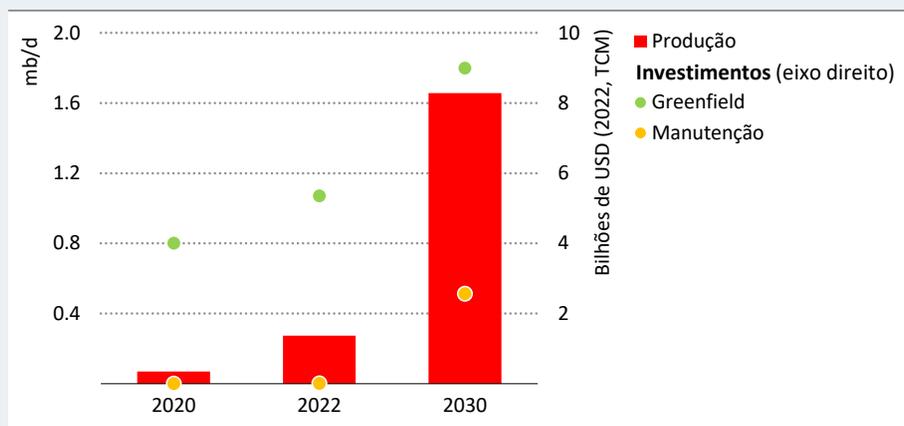
⁵ Os recursos petrolíferos não convencionais geralmente incluem: petróleo extrapesado e betume, querogênio e óleo de formação fechada. Os recursos de gás não convencional geralmente incluem: gás de xisto, gás de formação fechada, metano de leito de carvão e hidratos de gás.

As perspectivas para produção de petróleo mostram em geral potencial de crescimento, especialmente no curto prazo, embora isso não se aplique a todos os produtores. No STEPS, a participação da ALC na oferta global de petróleo aumenta gradualmente até 2050. No APS, a parcela da região na oferta mundial de petróleo aumenta mais lentamente, permanecendo em torno de 10% ao longo do período do panorama.

Quadro 2.2 ▶ Abundantes novas descobertas de petróleo na Guiana

A Guiana emergiu como uma das principais fontes de nova oferta global de petróleo devido a grandes desenvolvimentos *offshore*. A atividade de exploração começou a acelerar com a descoberta do campo Liza em 2015, que fica a cerca de 190 km da costa. Desde então, várias descobertas no Bloco Stabroek se seguiram, incluindo os campos Liza Deep, Snoek, Ranger, Longtail, Tilapia, Yellowtail, Redtail, Whiptail e Sailfin. As descobertas de petróleo e gás trouxeram investimentos substanciais e transformaram as perspectivas econômicas da Guiana. A produção do projeto Liza Fase 1 começou em dezembro de 2019, com Liza Fase 2 seguindo em fevereiro de 2022 (Exxon, 2023). Juntos, aumentaram a produção de petróleo da Guiana para quase 0,3 mb/d em 2022. No STEPS, o investimento para desenvolver a produção de petróleo e gás aumenta para mais de US\$ 10 bilhões até 2030 (Figura 2.23).

Figura 2.23 ▶ Produção de petróleo e gastos em investimentos na Guiana no Cenário de Políticas Declaradas, 2020, 2022 e 2030



IEA. CC BY 4.0.

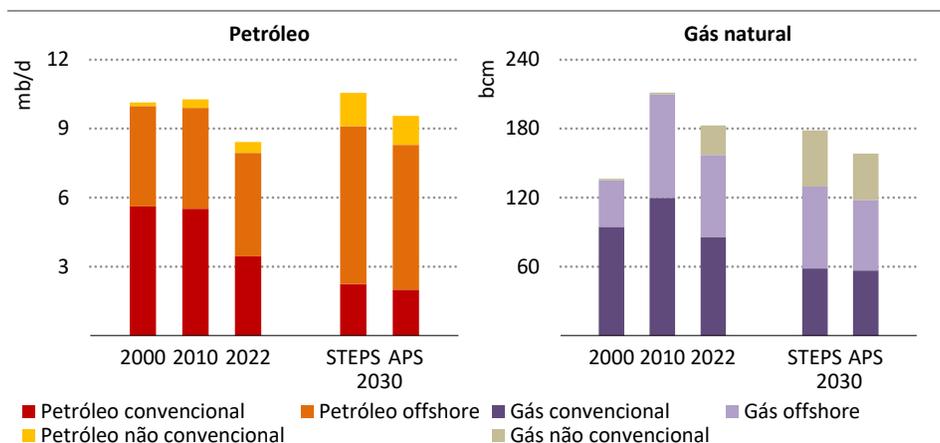
A produção de petróleo aumenta para mais de 1,6 mb/d em 2030, com o investimento anual em novas operações (greenfield) chegando próximo de US\$ 10 bilhões

O aumento da atividade petrolífera traz consigo desafios, incluindo a necessidade de garantir elevados padrões de transparência e proteção ambiental. Há também a questão de como a Guiana escolhe utilizar suas receitas do petróleo e gás. Isso pode desempenhar um papel fundamental na determinação da forma como o país se ajusta à transição energética global e na definição do rumo que estabelece para o seu desenvolvimento.

A oferta de petróleo nos países da ALC aumenta de 2022 a 2030, atingindo cerca de 11 mb/d no STEPS e 10 mb/d no APS, e as exportações líquidas aumentam quase 2 mb/d em ambos os cenários. Isso reflete aumentos de produção de mais de 1 mb/d até 2030 no Brasil e na Guiana. A Argentina acrescenta menos de 0,5 mb/d à sua produção e a oferta de petróleo diminui lentamente no México, na Colômbia e no Equador.

As tendências de oferta começam a divergir no STEPS e no APS após 2030. No STEPS, a produção continua a aumentar, atingindo quase 12 mb/d em 2050. A Venezuela duplica a sua produção de petróleo entre 2030 e 2050. No APS, a oferta de petróleo diminui mais de 35% entre 2030 e 2050. Todos os produtores reduzem a produção devido à menor demanda por petróleo, tanto no mercado interno quanto no internacional. Em linha com o seu compromisso de emissões líquidas zero, o Brasil reduz a sua demanda de petróleo em mais de 45% e a sua produção cai quase 1,5 mb/d entre 2030 e 2050.

Figura 2.24 ▶ Produção de petróleo e gás natural por fonte e cenário na ALC, 2000-2030



IEA. CC BY 4.0.

Os campos offshore são a principal fonte de nova oferta, mas o petróleo não convencional e recursos de gás natural também aumentam a sua participação na produção até 2030

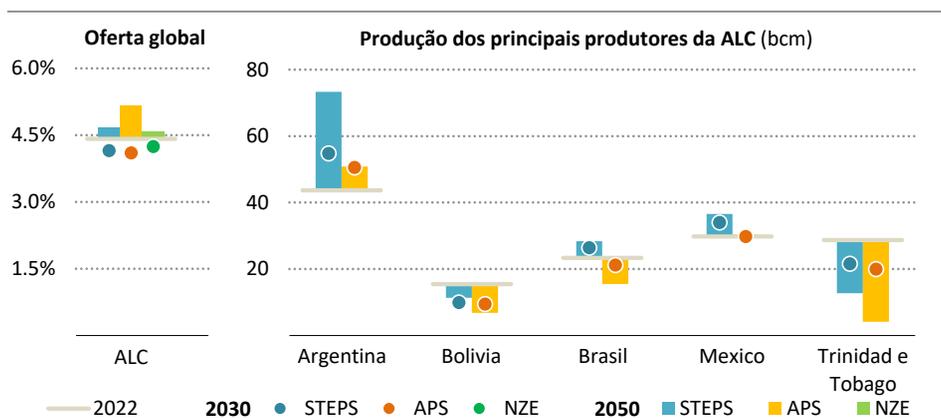
Gás natural

Os países da ALC produziram pouco menos de 185 bilhões de metros cúbicos (*billion cubic metres – bcm*) de gás natural em 2022, representando pouco menos de 5% da oferta global. No STEPS, a produção diminui ligeiramente na região até 2030. Após isso, o desenvolvimento de reservas de gás não convencional na Argentina leva a uma recuperação na produção (Figura 2.24). No APS, a demanda regional de gás natural cai substancialmente no longo prazo. Em decorrência disso, o número de novos campos diminui e a produção continua a cair durante o período do panorama.

A Argentina é o principal produtor de gás natural da região, respondendo por quase 25% da oferta, com cerca de 60% da sua produção proveniente de recursos não convencionais (contra menos de 2% em 2010). O México é o segundo maior produtor, com mais de 15%, seguido de perto por Trinidad e Tobago, com uma participação semelhante, e pelo Brasil, com pouco menos de 15%. Bolívia, Venezuela e Peru respondem cada um por outros 5-10%. A oferta aumentou na última década em alguns países como Brasil, Peru e Argentina, mas em geral tem estado em declínio. A produção de gás natural da ALC em 2022 foi mais de 15% inferior à sua produção em 2010.

Mais de 90% da produção de gás natural é consumida na região no setor elétrico, indústria, transportes e edificações. Trinidad e Tobago é o principal exportador de gás natural liquefeito (GNL): exportou cerca de 12 bcm para países importadores em 2022. A produção de gás natural é um importante motor da economia em Trinidad e Tobago, e os preços extraordinários aumentaram o valor das suas exportações para cerca de US\$ 12 bilhões em 2022, de modo que as receitas de exportação de gás foram equivalentes a quase 40% do seu PIB. A Bolívia é outro importante exportador de gás natural e enviou cerca de 11 bcm por gasoduto para o Brasil e a Argentina em 2022. Muitos outros países na região importam gás natural para suprir sua demanda interna. O México é o maior importador: importou mais de 45 bcm dos Estados Unidos por meio de gasodutos em 2022.

Figura 2.25 ▶ Participação da ALC na oferta global e produção de gás natural por país e cenário em 2030 e 2050 em relação a 2022



IEA. CC BY 4.0.

A produção de gás natural da ALC diminui lentamente até 2030 no STEPS e depois aumenta consideravelmente à medida que novos recursos não convencionais são desenvolvidos na Argentina

A produção de gás natural na região atingiu o seu pico em meados da década de 2010 e há poucas perspectivas de crescimento no período até 2030. A produção cai para menos de 180 bcm até 2030 no STEPS e para pouco menos de 160 bcm no APS. Muitos dos principais produtores enfrentam reservas e produção em queda, incluindo Colômbia, Bolívia, Venezuela e Trinidad e

Tobago, embora as reduções nesses países sejam de certa forma compensadas pelo aumento da produção na Argentina, México e Brasil (Figura 2.25). Após 2030, a Argentina deve desenvolver campos substanciais de gás natural não convencional. No STEPS, o país aumenta a sua produção em mais de um terço entre 2030 e 2050, fazendo com que a produção regional acumulada de gás natural se recupere e ultrapasse o nível atual para 195 bcm em 2050. No APS, a produção de gás natural na ALC continua a diminuir após 2030, caindo para 125 bcm até 2050. A produção estabiliza no México e diminui em todos os outros países, exceto na Argentina, onde a produção aumenta cerca de 15% até 2030 e depois permanece praticamente estável até 2050. Esse aumento na produção permite à Argentina tornar-se um exportador líquido de gás natural.

Alguns países da ALC consideram o gás natural como um combustível de emissões relativamente baixas que pode contribuir para atender a um crescimento demanda e fornecer serviços energéticos importantes, como a geração elétrica durante picos de demanda. No entanto, um aumento na produção de gás natural pode acarretar o risco de ativos encalhados, incluindo gasodutos ou instalações de GNL subutilizados (ver Capítulo 3, seção 3.7).

Carvão

A região produziu cerca de 65 milhões de toneladas de carvão equivalente (Mtce) em 2022, representando apenas 1% da oferta global de carvão. A Colômbia é o produtor dominante, representando cerca de 90% da produção, e as suas exportações de carvão atingiram mais de US\$ 20 bilhões em valor em 2022. O segundo e o terceiro maiores produtores de carvão, México e Brasil, produziram pouco mais de 3 Mtce cada em 2022. Com exceção da Colômbia, a produção de carvão atende principalmente a demanda interna. Mais de 90% do carvão produzido na Colômbia é carvão para caldeiras, utilizado principalmente para geração elétrica, mais de 95% do qual é exportado. Atualmente a Europa é o principal mercado para as exportações de carvão colombiano, porém, cerca de 30% das suas exportações de carvão vão para outros países da ALC.

A produção de carvão diminui em todos os cenários. A produção cai mais de 45% entre 2022 e 2030 no STEPS, e quase 60% no APS. De 2030 a 2050, a produção de carvão fica estagnada no STEPS, ao passo que é quase totalmente eliminada no APS. A redução de mercados importadores de carvão para caldeiras é a principal causa desse declínio. Muitos países comprometeram-se a descarbonizar os seus setores elétricos para atingir metas de emissões líquidas zero. Na Europa, o principal destino das cargas de carvão colombianas, a maioria dos países já está tomando medidas para substituir as usinas alimentadas a carvão por alternativas mais limpas, como a eólica e a solar. A mesma tendência se aplica a outras economias avançadas. O crescimento do carvão também deverá diminuir ao longo do tempo em muitos mercados emergentes e economias em desenvolvimento, à medida em que a geração renovável se torna cada vez mais competitiva em termos de custos, especialmente no APS. Objetivos de políticas climáticas e de recursos nacionais também impulsionam esta transição do carvão: a Colômbia anunciou recentemente a suspensão de novas licenças de exploração de carvão, como forma de apoiar a emergente nova economia de energia limpa.

2.5.2 Bioenergia e hidrogênio

A bioenergia e o hidrogênio de baixas emissões, na qualidade de potenciais substitutos dos combustíveis fósseis em setores de difícil redução de emissões da economia, são componentes essenciais de um sistema energético com baixas emissões.

Bioenergia

A bioenergia forneceu cerca de um quinto da energia utilizada na América Latina e Caribe em 2022 e projeta-se que continue a contribuir significativamente. Isso destaca a necessidade de parâmetros rigorosos que definam o que é considerado bioenergia *sustentável*.

Em 2022, cerca de um sexto da produção de bioenergia na ALC consistiu em biomassa tradicional para utilização no aquecimento doméstico e na cozinha, uma proporção que caiu quase pela metade desde 2000. A utilização tradicional da biomassa é ineficiente e causa poluição do ar doméstica que tem sido associada a mais de 80 000 mortes prematuras na região. Substituir o uso tradicional de biomassa por alternativas modernas de bioenergia sólida é mais eficiente em termos energéticos e evita impactos negativos à saúde e ao meio-ambiente.

Mais de 35% da demanda de bioenergia sólida moderna destina-se à utilização na indústria de manufaturas, principalmente na indústria leve, como a produção alimentar e de tabaco. No entanto, certos usos da bioenergia na indústria de manufaturas podem ser ineficientes e poluentes, como por exemplo na fabricação de tijolos. Cerca de um sexto da bioenergia sólida moderna na ALC é usada para gerar eletricidade e o restante é usado nos setores agrícola e de construção.

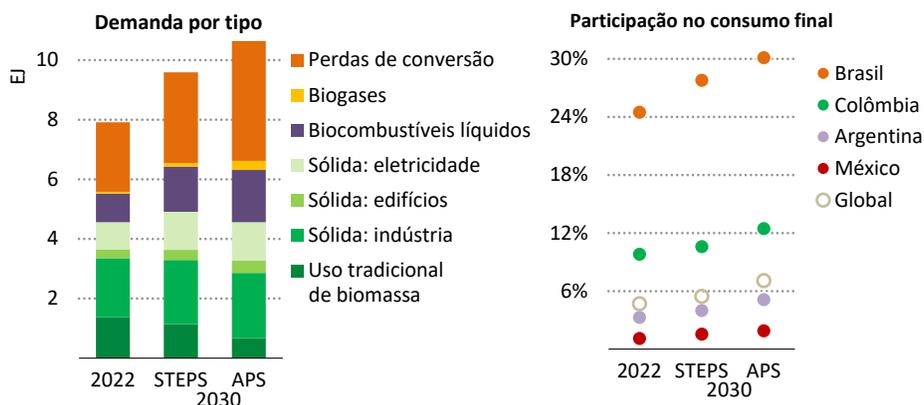
A demanda de biocombustíveis líquidos foi de quase 1 000 petajoules (PJ) em 2022, cerca de três vezes a média global em uma base *per capita*. Cerca de 95% é utilizada no transporte rodoviário. A maior parte do restante é utilizada para produção de matérias-primas para produtos químicos ou na produção agrícola.

O STEPS e o APS projetam um crescimento na demanda de bioenergia moderna (cerca de 20% e 35%, respectivamente) até 2030 em comparação com 2022, mas isso oculta diferenças na matriz subjacente de combustíveis e suas utilizações (Figura 2.26). No STEPS, o uso tradicional da biomassa diminui moderadamente (cerca de 15%) até 2030, enquanto no APS este uso cai pela metade. Por outro lado, o crescimento da demanda de biocombustíveis líquidos é mais forte no APS do que no STEPS, impulsionado principalmente pelo transporte rodoviário e, em parte, por novos combustíveis a serem usados na navegação e bioquerosene de aviação.

A participação da bioenergia moderna na matriz energética aumenta apenas ligeiramente (3%) na região até 2030 no STEPS, mas mais significativamente no APS (7%). No entanto, as tendências diferem entre os países. O Brasil, líder mundial no uso de bioenergia moderna, continua a expandir seu uso para descarbonizar, especificamente, o setor de transportes. Os mandatos de biocombustíveis na Argentina e na Colômbia aumentam a participação da bioenergia moderna nas suas matrizes gerais de oferta de energia: a utilização de biocombustíveis líquidos aumenta significativamente e, em menor grau, o mesmo acontece com a utilização de biogases. A produção

de bioenergia moderna aumenta em toda a região para cumprir com a demanda interna e de exportação. A disponibilidade de recursos bioenergéticos na região, a competitividade dos biocombustíveis líquidos e a possibilidade de misturar biometano com gás natural ajudam a estimular a demanda e a substituir os produtos petrolíferos e o gás natural (ver Capítulo 3, seção 3.8).

Figura 2.26 ▶ **Demanda de bioenergia por tipo e participação da bioenergia moderna no consumo final por cenário em países selecionados da ALC, 2022 e 2030**



IEA. CC BY 4.0.

Há um crescimento mais forte da demanda por biocombustíveis líquidos e biogases no APS do que no STEPS, especialmente impulsionado pelo Brasil que expande sua posição de liderança no uso de bioenergia

Notas: Edificações inclui edificações relacionadas à agricultura. A demanda de bioenergia exclui os biocombustíveis exportados, mas inclui as perdas de conversão associadas à produção de biocombustíveis para exportação.

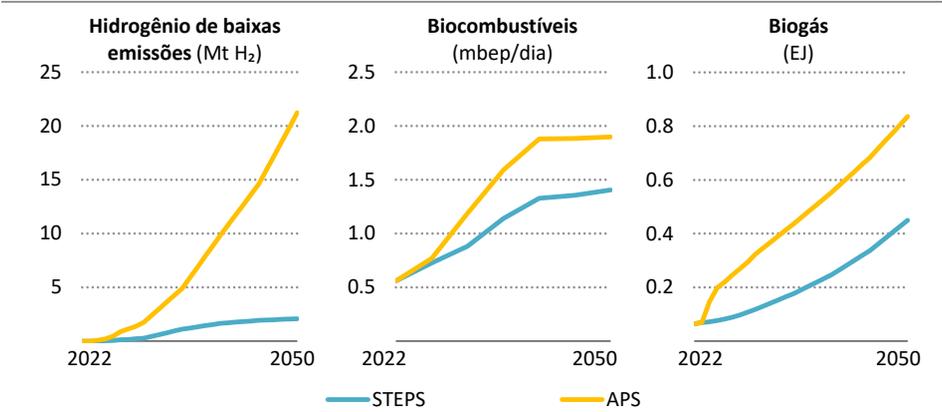
Hidrogênio

Atualmente, a produção de hidrogênio consome cerca de 1,5% da oferta total de energia da região. O hidrogênio é usado principalmente no refino e na produção de produtos químicos, como amônia e metanol. A reforma a vapor do gás natural sem CCUS fornece cerca de 80% da produção atual de hidrogênio. Há potencial para que o hidrogênio eletrolítico seja produzido de forma mais barata na região do que na maioria das outras partes do mundo (ver Capítulo 3, seção 3.4).

No STEPS, a produção de hidrogênio na região aumenta quase 40% em relação ao nível de 2022 até 2030 e duplica até 2050. No APS, a produção aumenta dois terços até 2030 e seis vezes até 2050. O hidrogênio de baixas emissões aumenta no STEPS de quase zero para 5% da produção total de hidrogênio em 2030 e 25% em 2050, mas a maior parte dessa produção ainda é baseada em gás natural sem captura de emissões. Por outro lado, no cenário APS, há um aumento

dinâmico na produção de hidrogênio devido a um rápido aumento do hidrogênio de baixas emissões, especificamente do hidrogênio eletrolítico. O hidrogênio de baixas emissões é responsável por mais de 25% da produção total em 2030 e mais de 85% em 2050 no APS (Figura 2.27). Até 2050, a proporção da oferta total de energia na ALC utilizada para a produção de hidrogênio aumenta dos 1,5% atuais para 2,5% no STEPS e mais de 8,5% no APS. O impulso na produção de hidrogênio de baixas emissões reflete o seu papel na descarbonização de setores de difícil redução de emissões, como o ferro e o aço, o transporte de mercadorias pesadas, a aviação e o transporte marítimo, juntamente com a sua utilização tradicional no refino de petróleo e na produção de produtos químicos. Reflete também o potencial de exportação de hidrogênio de baixas emissões. No APS, uma pequena parcela de hidrogênio de baixas emissões substitui o hidrogênio produzido a partir do uso de gás natural sem captura de emissões na região, mas grande parte do aumento na produção é impulsionado pelo seu potencial de exportação (ver Capítulo 4, seção 4.2.2).

Figura 2.27 ▶ Produção de hidrogênio e bioenergia de baixas emissões na ALC por cenário, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A utilização de bioenergia moderna aumenta significativamente em ambos os cenários; a produção de hidrogênio de baixas emissões aumenta fortemente no APS

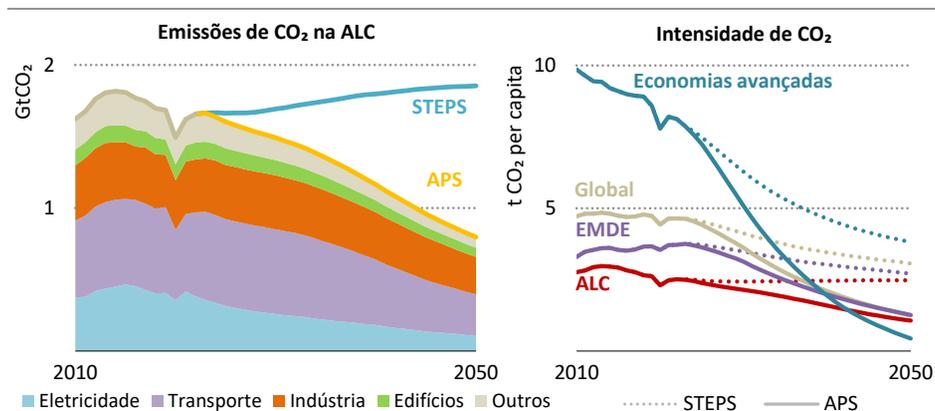
Nota: Mt H₂ = milhões de toneladas de hidrogênio, mbep/dia = milhões de barris de equivalente de petróleo por dia.

2.6 Emissões e poluição do ar

2.6.1 Emissões de CO₂ relacionadas com a energia

As emissões de CO₂ relacionadas à energia da ALC totalizaram 1 660 milhão de toneladas de CO₂ (Mt CO₂) em 2022. No STEPS, aumentam 2% até 2030, impulsionadas pelo crescimento econômico projetado (Figura 2.28). O setor elétrico, que atualmente é responsável por cerca de um quarto do total das emissões de CO₂ relacionadas com a energia, vê suas emissões continuarem a diminuir com a implantação acelerada de energias renováveis. Por outro lado, o aumento da atividade industrial e de transportes conduz a emissões mais elevadas nos setores de uso final, com aumentos de mais de 10% nos transportes e na indústria. As emissões continuam a aumentar após 2030 no STEPS, embora sejam moderadas pelo aumento da eletrificação em usos finais e por ganhos de eficiência energética. As emissões totais atingem 1 850 Mt CO₂ até 2050, um nível muito próximo do pico observado em 2014.

Figura 2.28 ▶ Emissões de CO₂ por setor e cenário na ALC e intensidade de CO₂ por grupo econômico e cenário, 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

A implementação dos compromissos anunciados leva à diminuição das emissões de CO₂: as emissões per capita na ALC permanecem abaixo da média global no STEPS e no APS

Nota: Gt CO₂ = gigatonelada de dióxido de carbono, t CO₂ = tonelada de dióxido de carbono, EMDE = mercados emergentes e economias em desenvolvimento (*emerging market and developing economies*).

As medidas tomadas em função dos compromissos anunciados de emissões líquidas zero e das CNDs já começam a dissociar o crescimento econômico da ALC de aumentos nas emissões de CO₂, acelerando a expansão de energias renováveis e a eletrificação de setores de uso final. No APS, as emissões diminuem quase 10%, para 1 490 Mt CO₂ em 2030, o que representa 200 Mt CO₂ a menos que no STEPS. O setor elétrico, no qual as emissões diminuem em um terço, contribui com três quartos da redução total das emissões. As emissões do setor de edificações diminuem com o progresso na eletrificação, enquanto as emissões dos transportes permanecem próximas dos

níveis atuais, uma vez que o aumento das vendas de veículos elétricos e a maior utilização de biocombustíveis quase compensam o aumento das emissões provenientes das vendas adicionais de veículos com motor de combustão interna. As emissões aumentam 2% no setor industrial à medida em que a produção intensiva em energia se expande.

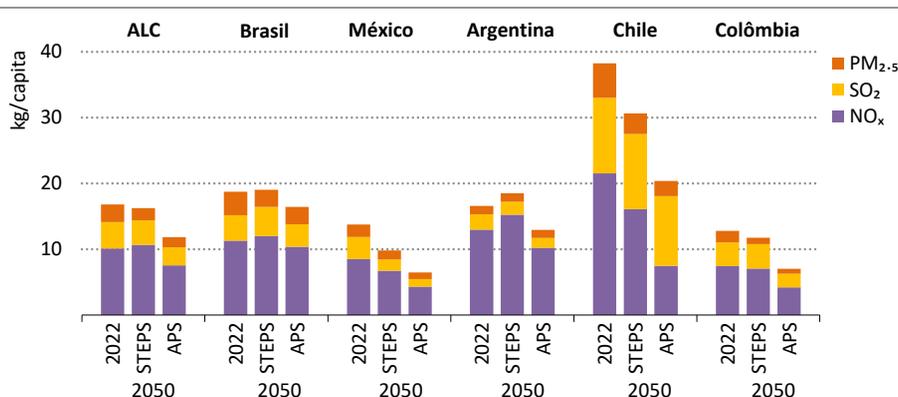
A lacuna de implementação aumenta após 2030, à medida em que países com estas metas alcançam emissões líquidas zero. Subsequentemente, as emissões totais de CO₂ do setor elétrico no APS caem quase pela metade em relação ao nível de 2030, para pouco menos de 800 Mt CO₂ até 2050, colocando estas emissões cerca de 1 000 Mt CO₂ abaixo do seu nível no STEPS. Esse progresso é impulsionado pela rápida descarbonização do setor elétrico e por uma maior eletrificação dos usos finais. O aumento do uso de veículos elétricos reduz as emissões dos transportes em 50%, e o aumento da eletrificação em indústrias leves reduz as emissões da indústria em 30%. Os setores intensivos em emissões, incluindo as indústrias intensivas em energia, os caminhões de carga pesada, o transporte marítimo e a aviação, são responsáveis por mais de metade das emissões restantes em 2050. Muitos países comprometeram-se a compensar as emissões restantes do setor energético em outros setores. No Cenário NZE, as emissões totais do setor energético na região se aproximam de zero em 2050, e as emissões restantes em áreas de difícil abatimento são compensadas via captura de carbono na produção de biocombustíveis (*bioenergy with carbon capture and storage - BECCS*) e, em menor medida, por captura de carbono direta do ar.

A intensidade de CO₂ da ALC, que atualmente é a segunda mais baixa dentre as principais regiões do mundo e cerca de metade da média global, permanece abaixo dessa média em ambos os cenários. No STEPS, as emissões de CO₂ *per capita* permanecem aproximadamente constantes até 2050, em cerca de 2,5 toneladas de CO₂ (t CO₂) *per capita*, em comparação com uma média global de 3,1 t CO₂ *per capita* em 2050. O cumprimento pleno dos compromissos anunciados e das CNDs no APS faz com que a intensidade de emissões na região diminua para 1,1 t CO₂ *per capita* em 2050, o que é cerca de 0,2 t CO₂ *per capita* abaixo da média global nesse cenário. Todos os países da região contribuem para reduzir a lacuna de implementação, com a Costa Rica, o Brasil, a Colômbia e o Chile acelerando as reduções de emissões, conforme declarado nas suas ambiciosas CNDs.

2.6.2 Poluição do ar

A poluição do ar continua sendo uma preocupação na América Latina e Caribe, sobretudo nas grandes cidades. Embora as emissões de poluentes *per capita* variem consideravelmente de país para país, o transporte rodoviário – que é a principal fonte de emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) – é um denominador comum. Em alguns países, as emissões de dióxido de enxofre (SO₂) (que resultam principalmente do uso do carvão no setor elétrico e na indústria) e as emissões de material particulado fino como PM_{2.5} (frequentemente resultantes da utilização de biomassa em edificações) também são significativas.

Figura 2.29 ▶ Emissões de poluentes do ar por poluente na ALC e em países selecionados em 2022 e por cenário em 2050



IEA. CC BY 4.0.

A poluição do ar não melhora significativamente no STEPS até 2050, apesar de progresso em alguns países; reduções no APS são devido sobretudo à emissões mais baixas de NO_x do que no STEPS

Notas: kg/capita = quilogramas *per capita*, NO_x = óxidos de nitrogênio, PM_{2,5} = material particulado fino, SO₂ = dióxido de enxofre. Dados para 2022 são estimados.

Fonte: Análise da AIE baseada em modelagem do IIASA.

Exposição à poluição atmosférica levou a cerca de 85 000 mortes prematuras em países da ALC em 2022, grande parte em decorrência da emissão de poluentes nos setores de edificações, indústria e transportes. Respirar ar poluído em ambientes fechados também causou cerca de 84 000 mortes prematuras, principalmente devido ao uso tradicional de biomassa para cozinhar e aquecer residências. No STEPS, o atual nível limitado de regulamentação e uma forte e contínua dependência em produtos à base de petróleo no setor de transportes significam que não há redução significativa nas emissões de poluentes do ar até 2050 (Figura 2.29). O APS mostra um cenário diverso: em alguns países, um esforço focado em acelerar a adoção de veículos elétricos e impor normas para escapamentos, especialmente para caminhões, ajuda a levar a reduções consideráveis das emissões de NO_x e PM_{2,5}. Projeta-se um progresso limitado e uma população cada vez mais urbana e envelhecida, levando as mortes prematuras associadas à poluição do ar ambiente a continuarem a aumentar até 2050 (ver Capítulo 3, seção 3.1.2). Em contrapartida, a redução da dependência na biomassa para aquecimento das casas e progresso no uso de energia limpa na cozinha resultam em menos mortes prematuras por exposição à poluição do ar em residências até 2050 em ambos os cenários (ver Capítulo 3, seção 3.5.1).

Áreas chave para ação política

Oportunidades e desafios em igual medida?

RESUMO

- Na América Latina e Caribe (ALC), cada país enfrenta desafios particulares e tem oportunidades específicas para a evolução do seu setor energético. No entanto, existem algumas questões energéticas que são relevantes para muitos, se não todos, os países da ALC e que são críticas para o panorama energético da região e para as perspectivas de progresso socioeconômico. Analisamos nove temas transversais a este respeito de forma detalhada neste capítulo.
- Os transportes públicos e a infraestrutura rodoviária na ALC não acompanharam a rápida urbanização, resultando no aumento do congestionamento do tráfego, das emissões de CO₂ e da poluição do ar. A promoção da mobilidade urbana de baixo carbono por meio de investimentos em sistemas de transportes públicos, da eletrificação de automóveis e ônibus e de combustíveis mais limpos, como os biocombustíveis, oferece uma oportunidade para melhorar o panorama: em 2030, as emissões específicas médias de CO₂ provenientes do transporte rodoviário de passageiros são 17% inferiores aos níveis atuais no Cenário de Políticas Declaradas (STEPS) e 25% inferiores no Cenário de Compromissos Anunciados (APS). A percentagem da população que respira ar limpo é maior no APS e no Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE) do que no STEPS.
- Medidas de eficiência energética em edificações, indústrias e transportes no APS reduzem o crescimento do consumo de energia em 2030, em comparação com o STEPS. No setor dos transportes, atingir os níveis de economia de combustível da União Europeia em todos os países da ALC pouparia cerca de 0,5 milhão de barris por dia de demanda de petróleo em 2030. No setor de edificações, a análise mostra que os aparelhos de ar-condicionado mais eficientes não são necessariamente os mais caros.
- A sua dotação de significativos recursos minerais críticos oferece aos países da ALC a oportunidade de diversificar e gerar crescimento econômico, apoiando simultaneamente transições globais para energias limpas. A receita total estimada proveniente da produção de minerais críticos na ALC foi de cerca de US\$ 100 bilhões em 2022. As receitas provenientes de minerais críticos ultrapassam as receitas combinadas da produção de combustíveis fósseis no APS e no Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE). Sucesso depende da adesão a elevados padrões ambientais, sociais e de governança e da entrega de benefícios para as comunidades locais. Ao subir degraus na cadeia de fornecimento para produzir materiais refinados e processados, a região pode impulsionar a sua economia.
- Os abundantes recursos renováveis na ALC oferecem um excelente potencial para produzir hidrogênio de baixas emissões. Os projetos anunciados de hidrogênio de baixas emissões na região podem produzir até 3,5 milhões de toneladas de hidrogênio (Mt H₂) em 2030, principalmente a partir da eletrólise da água, e até 6 Mt H₂ se os projetos atualmente em fase conceitual forem postos em prática. Isso representaria 15% dos projetos anunciados em todo o mundo. No APS, a utilização do hidrogênio na ALC em 2030 fica principalmente

ligada às aplicações tradicionais, como produtos químicos e refino, mas se expande significativamente até 2050, com a maior parte da produção adicional exportada sob a forma de combustíveis à base de hidrogênio.

- O sucesso da transição energética depende de ela trazer bons resultados para as pessoas. Na ALC, cerca de 3% da população ainda não tem acesso à eletricidade e 11% não tem acesso à energia limpa para cozinhar. O custo da inação é enorme em termos de pobreza energética, saúde e desenvolvimento. A acessibilidade da energia continua a ser uma preocupação fundamental: uma transição mais rápida para tecnologias de energia limpa reduz os custos da energia para as famílias, facilitando o término de subsídios aos combustíveis fósseis, mas grupos de menor renda provavelmente necessitam de apoio com os custos iniciais mais elevados de algumas tecnologias limpas. A transição energética global também oferece novas oportunidades de emprego. Os empregos no setor de energia devem aumentar em 1 milhão até 2030 no APS, principalmente no setor de eletricidade e na mineração e processamento de minerais críticos, bem como nos setores do petróleo e gás, à medida em que a região aumenta a sua produção.
- Os sistemas elétricos na ALC migram para elevadas percentagens de energias renováveis variáveis, o que exige maior flexibilidade do sistema. A integração regional da eletricidade oferece benefícios que incluem maior segurança de fornecimento e custos mais baixos. Houve progresso em interconexões bilaterais e em usinas elétricas de propriedade conjunta, mas o comércio transfronteiriço de eletricidade continua limitado. Tirar proveito das oportunidades proporcionadas por uma escala mais ampla requer vontade política sustentada, desenvolvimento de infraestruturas, harmonização de normas técnicas, desenho eficaz do mercado e coordenação institucional.
- Alguns países da ALC têm grandes produtores de combustíveis fósseis, especialmente de petróleo e de gás natural, e esses países podem promover diversas iniciativas para apoiar a transição para energias limpas. Eles podem contribuir de forma importante para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), combatendo a queima em *flares* e as emissões de metano provenientes das suas operações. Existem também oportunidades para os produtores de hidrocarbonetos diversificarem para tecnologias de baixas emissões, como a energia eólica *offshore*, a captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) e a energia geotérmica. A colaboração entre governos e sociedades é essencial para facilitar esse processo.
- A bioenergia, especialmente os biocombustíveis, pode ajudar os países da ALC a cumprir as metas de segurança energética e de emissões. O Brasil é um importante produtor e consumidor de biocombustíveis, com o bioetanol alimentando uma parcela significativa da energia usada no transporte rodoviário. Os biocombustíveis avançados têm um potencial considerável na ALC, que poderia se tornar um grande exportador global de bioquerosene para aviação, aproveitando a sua atual capacidade de produção. O biogás e o biometano têm potencial a ser explorado, mas são necessárias políticas de apoio para estimular a sua utilização na geração elétrica e nos transportes.
- O investimento em energia na ALC como percentagem do PIB foi de 2,5% entre 2015 e 2022. No Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE), essa percentagem aumenta para 4,1% até 2030, com uma realocação robusta de capital para ativos de energia limpa,

especialmente nos setores da eletricidade e de uso final. A participação do setor privado é essencial e são necessários esforços para atrair mais capital privado. Os desafios incluem elevados custos de financiamento, instabilidade política e regulatória e capacidade de crédito interna limitada. São necessárias melhores políticas para acelerar o investimento e adaptar soluções, tais como instrumentos de *hedge* ou mais financiamento na forma de concessões, especialmente para tecnologias mais recentes e eficiência energética.

Cada país da ALC enfrenta desafios específicos e tem oportunidades particulares para desenvolver o seu setor energético. No entanto, existem algumas questões energéticas que são relevantes para muitos, se não todos, os países da ALC e que são críticas para as perspectivas energéticas da região e para as perspectivas de progresso socioeconômico. Este capítulo se aprofunda nos nove temas transversais:

- Transporte urbano e cidades sustentáveis
- Aproveitar o potencial de eficiência energética
- Minerais críticos: um contribuinte chave à segurança mineral global e ao crescimento econômico regional
- Hidrogênio: uma nova fronteira energética
- Transições centradas em pessoas
- Segurança e integração elétrica regional
- Transições em economias produtoras
- Bioenergia: uma oportunidade sustentável
- Alcançar emissões líquidas zero: investimento e financiamento

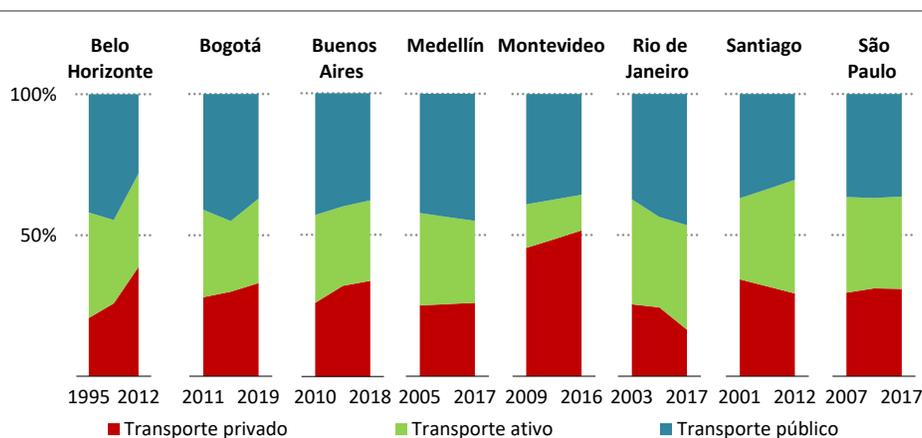
3.1 Transporte urbano e cidades sustentáveis

A América Latina e Caribe abrigam seis megacidades, três das quais têm uma população superior a 15 milhões (São Paulo, Cidade do México e Buenos Aires). A região é altamente urbanizada: 82% de sua população vive em cidades. A ALC enfrenta o difícil desafio de melhorar os sistemas de transporte urbano para torná-los eficientes, seguros, acessíveis e sustentáveis para todos os habitantes de seus extensos centros urbanos (IDB, 2022). O crescimento rápido e muitas vezes não planejado das cidades da ALC, os recursos financeiros limitados e a falta de planejamento urbano estratégico têm dificultado o desenvolvimento dos sistemas de transporte público. Dez capitais da região não possuem sistemas ferroviários subterrâneos. Para cada milhão de habitantes, a Europa tem 35 quilômetros (km) de infraestrutura de transporte coletivo, enquanto a ALC tem apenas 10 km (World Bank, 2021a), e cidades como Bogotá e Monterrey estão entre as mais congestionadas do mundo (INRIX, 2022).

Entre 2000 e 2022, a região registrou uma frota de meios de transporte privados mais do que triplicada e uma dependência cada vez menor do transporte público (Figura 3.1). Atualmente, a taxa de propriedade de automóveis na ALC é comparável à média global, embora 3,5 vezes inferior

à média das economias desenvolvidas. Apesar do aumento dos meios de transporte privados, muitas famílias com renda mais baixa não têm meios financeiros para possuir um carro. Em nível regional, mais de um terço de todas as viagens são feitas em transporte público. Muitas cidades da região oferecem transportes públicos acessíveis, mas a configuração das rotas, a baixa frequência e a pouca confiabilidade no sistema de transportes públicos significam frequentemente tempos de viagem mais longos (IDB, 2021). A mobilidade ativa, principalmente a pé e de bicicleta, são outras opções de locomoção, e cidades como Santiago, Rio de Janeiro e Bogotá registraram aumentos na mobilidade ativa. Santiago se destaca com um aumento na participação do transporte ativo não motorizado de quase 30% em 2001 para cerca de 40% em 2012, coincidindo com um investimento governamental significativo no desenvolvimento de ciclovias na cidade entre 2007 e 2010 (Metropolitan Regional Government of Santiago, 2010).

Figura 3.1 ▶ Meios de transporte em cidades selecionadas da ALC ao longo do tempo



IEA. CC BY 4.0.

A participação dos transportes públicos tem diminuído em seis das oito principais cidades, à medida em que o transporte privado tem aumentado

Nota: O transporte ativo inclui principalmente caminhadas e ciclismo.

Fontes: Análise da AIE baseada em pesquisas de mobilidade para: *Belo Horizonte* (Belo Horizonte City Hall, 2022); *Bogotá* (Bogota City Hall, 2019); *Buenos Aires* (BA Data, 2018), (Gutierrez, 2020), (Anapolsky, 2020); *Medellín* (OPPCM, 2018), (Aburrá Valley Metropolitan Area, 2009); *Montevideo* (Ministry of Transportation and Public Works of Uruguay, 2017), (CAF, 2017); *Rio de Janeiro* (Codatu, 2019), (Government of the State of Rio de Janeiro, 2017); *Santiago* (Ministry of Transport and Telecommunications of Chile, 2014), (Government of Chile, 2001); *São Paulo* (São Paulo Metro, 2017), (São Paulo State Government, 2012).

3.1.1 Desenvolvimento de mobilidade urbana de baixo carbono

O setor de transportes é responsável por mais de 35% das emissões totais de CO₂ relacionadas à energia na ALC. Isso compara-se com a média global de pouco mais de 20% no setor dos transportes. Até o final desta década, a população urbana na ALC deverá aumentar quase 10%, alinhada à tendência de aumento da urbanização. Neste contexto, fazer com que o

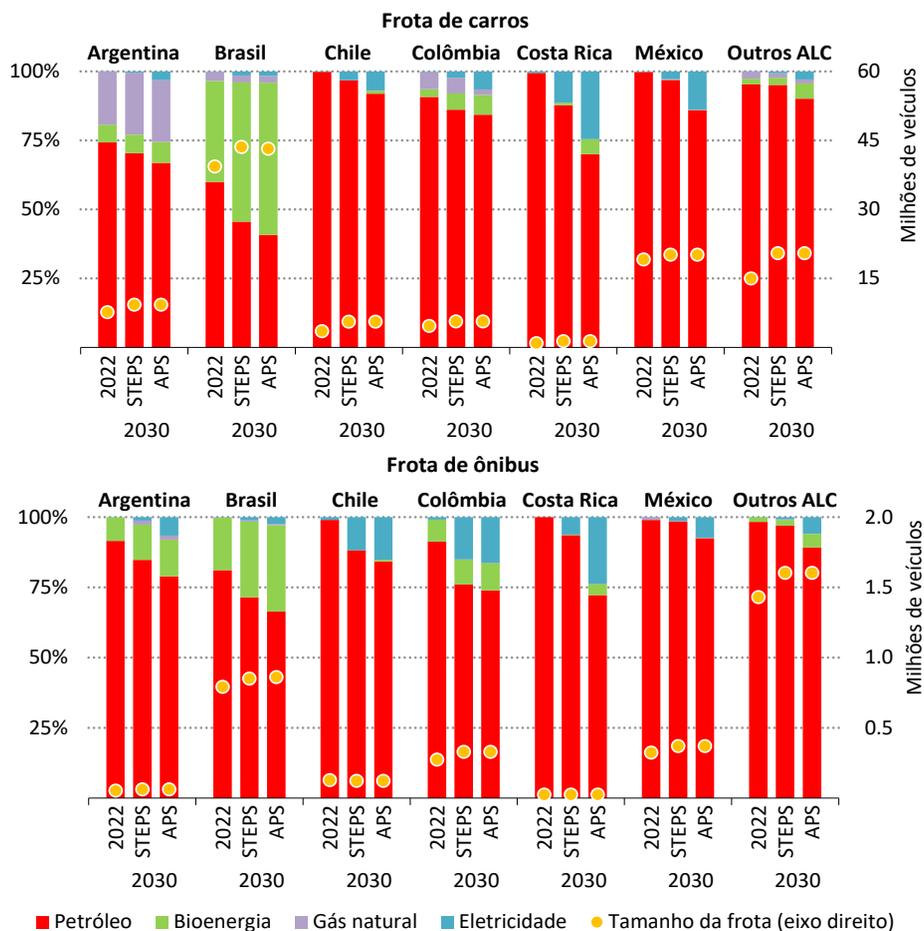
desenvolvimento dos transportes públicos seja uma prioridade durante o planejamento urbano não só aliviaria significativamente o congestionamento e reduziria o tempo de viagem, mas também reduziria o consumo de energia e as emissões por passageiro-quilômetro (pkm). Em média, cumprir com um determinado conjunto de necessidades de mobilidade na região produz emissões de automóveis de passageiros cerca de três vezes superiores às dos que utilizam ônibus e mais de sete vezes superiores às dos transportes ferroviários de passageiros. Atualmente, mais de 45 cidades da ALC adotaram sistemas de transporte rápido por ônibus cujos benefícios incluem viagens mais rápidas, deslocamentos com eficiência energética, redução de congestionamentos e emissões mais baixas: a cidade de Curitiba, no Brasil, é considerada pioneira no transporte rápido de ônibus. A adoção de ônibus com baixas emissões que funcionam com eletricidade ou biocombustíveis está ganhando impulso na região. Por exemplo, cidades como Bogotá e Santiago são líderes mundiais em ônibus elétricos, enquanto a Argentina e o Brasil estão aumentando a utilização de GNV no transporte urbano. Os sistemas de transporte rápido de ônibus e as frotas de ônibus eletrificados, em conjunto, podem fornecer soluções de transporte de massa sustentáveis e acessíveis que atendam às necessidades de mobilidade e, ao mesmo tempo, reduzam o congestionamento e a poluição do ar.

Nos cenários para 2030, os veículos de duas/três rodas expandem-se em 20% como um modo conveniente de transporte urbano e as frotas de automóveis de passageiros expandem-se em mais de 15% à medida que mais pessoas entram na categoria de classe média. A frota de ônibus aumenta em mais de 30%, enquanto a atividade dos sistemas de metrô aumenta um terço até 2030.

No STEPS, quase 10% dos novos ônibus e 5% dos novos automóveis na região são elétricos até 2030. A percentagem de veículos elétricos (VE) varia de país para país, dependendo da taxa atual de eletrificação e do apoio político para a sua adoção (Figura 3.2). A Colômbia e o Chile lideram em termos de políticas e regulamentos para apoiar a eletrificação das frotas de ônibus: em 2022, mais de 10% dos novos ônibus em ambos os países eram elétricos, colocando-os entre os dez principais países do mundo com frotas de ônibus elétricos. Os ônibus elétricos de Bogotá representam atualmente cerca de 15% da frota total de ônibus urbanos e projetos de demonstração estão em andamento para a utilização de hidrogênio nos ônibus.

No APS em 2030, a frota de veículos elétricos de duas/três rodas é quase 100 vezes maior e a de carros elétricos é mais de 60 vezes maior do que em 2022. A participação de mercado tanto dos ônibus elétricos quanto dos carros elétricos na ALC atinge 20% até 2030, à medida que o desenvolvimento da infraestrutura de carregamento se intensifica. O Brasil é líder global na mistura de biocombustíveis, combinando a produção nacional de bioetanol com a maior frota de veículos movidos a combustível flexível do mundo.

Figura 3.2 ▶ **Frotas de automóveis e ônibus por tipo de combustível e cenário em países selecionados, 2022 e 2030**



IEA. CC BY 4.0.

Com o crescimento das frotas de automóveis e ônibus, a adoção de VEs é essencial para limitar a poluição do ar nos centros das cidades e reduzir as emissões provenientes do transporte rodoviário

Notas: STEPS = Cenário de Políticas Declaradas; APS = Cenário de Compromissos Anunciados. A eletricidade representa veículos elétricos e veículos elétricos com células de combustível de hidrogênio. A bioenergia representa veículos com motor de combustão interna que operam com misturas de biocombustíveis.

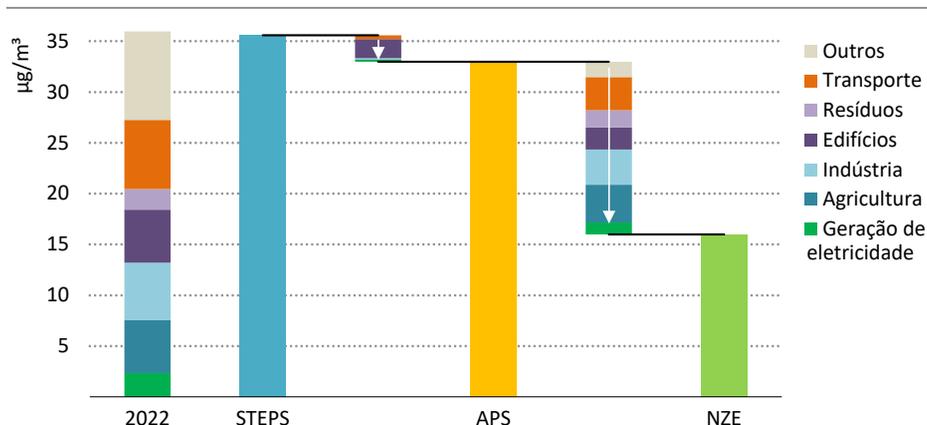
3.1.2 Poluição do ar urbana

A maioria dos moradores das cidades da América Latina e Caribe respira ar poluído diariamente. As concentrações médias anuais de material particulado fino (PM_{2,5}) em 2022 excederam a diretriz de qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 5 microgramas por metro cúbico

($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em mais de 90% das cidades da região, com concentrações excedendo $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em cidades como Cidade do México, Buenos Aires, Cidade da Guatemala e Bogotá. Em alguns casos, as concentrações foram cinco a oito vezes superiores às diretrizes da OMS, com valores particularmente elevados em Santiago e arredores e em muitas áreas urbanas do Peru (WHO, 2021; IQAir, 2022).

O transporte rodoviário é uma das principais causas das emissões de $\text{PM}_{2.5}$ em muitas grandes cidades, juntamente com as emissões dos setores industrial e de edificações (Figura 3.3). Em algumas cidades, as emissões provenientes de atividades fora da cidade têm um efeito significativo na qualidade do ar dentro da cidade. Por exemplo, a modelização realizada pelo Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados (IIASA) indica que mais de metade das emissões de $\text{PM}_{2.5}$ em Santiago (Chile) provêm de fora da cidade, principalmente da pecuária, da utilização de fertilizantes e da indústria.

Figura 3.3 ▶ Concentrações médias de $\text{PM}_{2.5}$ nas grandes cidades da ALC em 2022 e reduções por setor e cenário em 2030



IEA. CC BY 4.0.

Os transportes e as edificações são as principais causas das concentrações de $\text{PM}_{2.5}$ nas grandes cidades. Em 2030, eles são reduzidos para metade no Cenário NZE em comparação com o STEPS

Notas: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = microgramas por metro cúbico. NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050. As grandes cidades incluídas têm uma população de mais de 5 milhões. Outros incluem fontes antropogênicas, como a utilização de solventes ou fumo de tabaco, e fontes naturais, como poeiras do solo e incêndios florestais.

Fonte: Análise AIE baseada na modelagem IIASA.

A imposição de normas mais rigorosas sobre emissões de veículos trouxe algumas melhorias recentes na qualidade do ar urbano, embora a adoção e o rigor das normas variem entre os países da ALC. Dos 33 países, apenas nove têm normas de emissões tanto para automóveis como para caminhões (ver seção 3.2.1). A utilização crescente de biocombustíveis para o transporte rodoviário também pode ter contribuído para um ar mais limpo, com estudos indicando uma

queda de 10 a 47% nas emissões de partículas para veículos mais antigos e mais poluentes, embora muito dependa da proporção de mistura (EEA, 2019).¹No entanto, é provável que os biocombustíveis tenham um impacto muito menor na redução da poluição proveniente de veículos que cumpram com altos padrões de emissão.

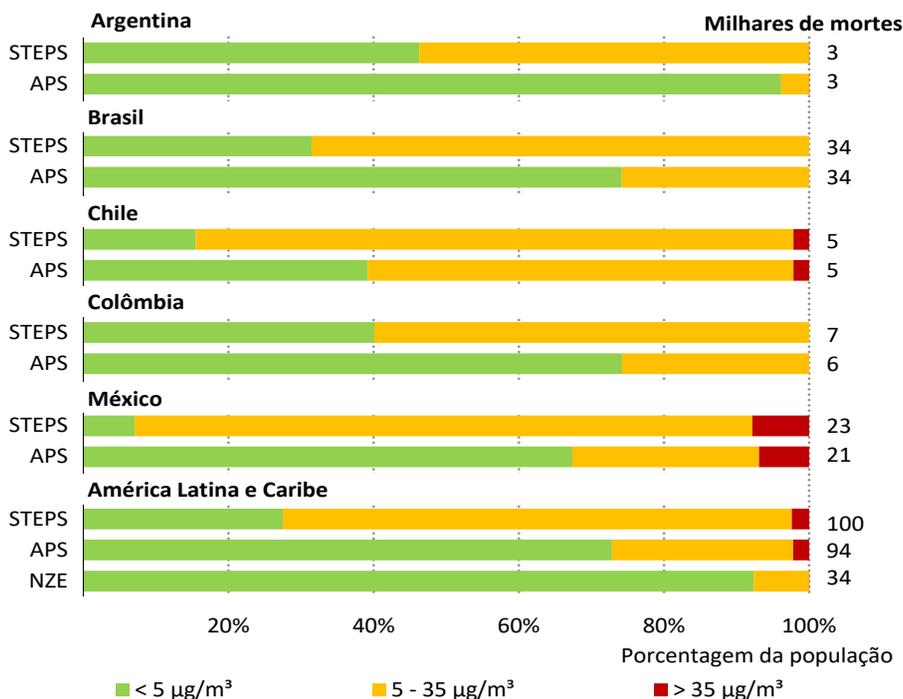
No STEPS, as concentrações de PM_{2.5} associadas à poluição proveniente dos transportes em cidades com mais de 5 milhões de habitantes aumentam apenas 3% em 2030 em relação a 2022, sendo este crescimento modesto mais do que compensado pela redução das emissões provenientes da produção de eletricidade e das edificações. Essas concentrações permanecem insistentemente elevadas devido a fatores que incluem o progresso lento na adoção ou melhoria dos padrões de emissões, a adesão lenta aos VEs (que serão utilizados apenas em cerca de 3% das viagens nos países da ALC em 2030) e as emissões persistentes de caminhões (ambas provenientes de escapamentos e fontes não relacionadas à combustão, como desgaste dos freios). No APS, a qualidade do ar urbano apresenta uma melhora discreta até 2030 em relação ao STEPS, sendo o setor de edificações responsável por três quartos dessa melhoria, os transportes por mais 15% e a produção de eletricidade e a indústria pelo restante. No entanto, as reduções mais significativas são projetadas no Cenário NZE, com as concentrações médias anuais de PM_{2.5} em 2030 nas grandes cidades com queda de mais da metade em comparação com o STEPS. A maior parte das melhorias em comparação com o APS provém da redução das emissões dos setores de transporte, da indústria e da agricultura. A queda acentuada da poluição relacionada aos transportes no Cenário NZE se deve aos fatores que incluem uma mudança progressiva para VEs (cuja utilização em 2030 aumentará mais de quatro vezes em comparação com o STEPS), uma redução de 10% nas emissões dos caminhões, em grande parte devido aos melhores padrões de emissões e ao aumento do uso de ônibus e trens urbanos eletrificados que reduzem o uso de carros particulares.

Como a ALC é altamente urbanizada, muitas pessoas respiram o ar altamente poluído que permeia as cidades, o que tem graves consequências para a saúde pública. Cerca de três quartos das pessoas que viviam na ALC em 2022 foram expostas a concentrações ambientais de PM_{2.5} superiores a 5 µg/m³, resultando em cerca de 85 000 mortes prematuras, principalmente no Brasil e no México.

No STEPS, a porcentagem de pessoas expostas ao ar poluído em 2030 quase não muda em relação aos níveis de 2022, mas o crescimento populacional, a urbanização e um número relativamente mais elevado de idosos e de pessoas mais vulneráveis significam que as mortes prematuras aumentarão quase um quinto, para pouco menos de 100 000. No APS, apesar de uma porcentagem reduzida de pessoas expostas a altas concentrações de PM_{2.5}, principalmente no México e na Colômbia, o número de mortes prematuras por poluição do ar ambiente continua a aumentar até 2030, embora menos que no STEPS (Figura 3.4). No cenário NZE, as concentrações de PM_{2.5} diminuem drasticamente em relação aos níveis atuais, reduzindo o número de mortes prematuras devido à poluição do ar ambiente em 2030 em cerca de dois terços em comparação com o STEPS.

¹A mistura de biocombustíveis pode reduzir as emissões de partículas em 10% (para a proporção de mistura B10) até 47% (para a proporção de mistura B100) de veículos com padrões de emissão menos rigorosos que a Euro-IV.

Figura 3.4 ▶ População exposta a diversas concentrações de PM_{2.5} e mortes prematuras por poluição do ar ambiente na ALC e em países selecionados por cenário, 2030



IEA. CC BY 4.0.

Mais pessoas respiram ar mais limpo no APS e no cenário NZE do que no STEPS, mas somente no cenário NZE isso se traduz em uma queda significativa nas mortes prematuras

Nota: µg/m³ = microgramas por metro cúbico.

Fonte: Análise AIE baseada na modelagem IIASA.

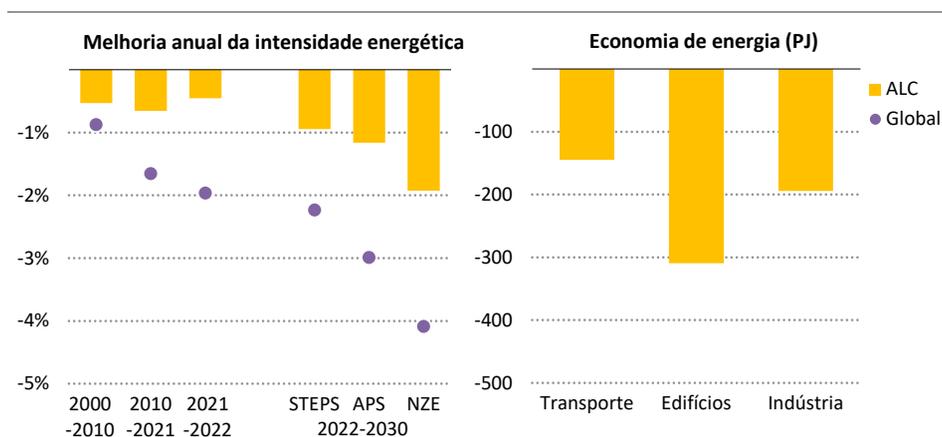
3.2 Aproveitar o potencial de eficiência energética

Os esforços concertados para aumentar a eficiência energética na América Latina e Caribe oferecem múltiplos benefícios. As melhorias na eficiência energética levam a reduções no consumo de eletricidade e nas emissões relacionadas, aumentam a segurança energética e criam oportunidades de emprego (IEA, 2023a). A digitalização tem potencial para contribuir de forma significativa para a eficiência energética na região. As soluções digitais podem aumentar a concorrência, reduzir os custos operacionais e acelerar a transição para energias limpas.

O cenário NZE exige uma duplicação da taxa anual de melhoria de intensidade energética até 2030 (IEA, 2023b). Nas últimas duas décadas, as melhorias anuais de intensidade nos países da ALC oscilaram em torno de 0,6%. Este valor está abaixo da média global, que quase duplicou entre a

primeira e a segunda década a partir dos anos 2000, de 0,9% para 1,7%. No STEPS, a taxa na ALC aumenta para uma média de 0,9% nesta década até 2030 (em comparação com 2,2% a nível mundial). No APS, a taxa de melhoria da intensidade energética sobe para 1,2% no mesmo período, mas permanece bem abaixo da média global de 3% neste cenário. A taxa aumenta no APS como resultado de medidas adicionais de eficiência energética nos três setores de uso final, ou seja, edificações, indústria e transportes. Essas medidas irão reduzir o aumento da demanda de energia decorrente do crescimento econômico e populacional e evitarão 650 petajoules (PJ) adicionais de consumo de energia até 2030, o que representa quase 20% do crescimento do consumo de eletricidade até 2030 no STEPS (Figura 3.5).

Figura 3.5 ▶ **Melhoria da intensidade energética por cenário na ALC e economia de energia por setor no APS em relação ao STEPS em 2030**



IEA. CC BY 4.0.

As melhorias na eficiência energética precisam aumentar nesta década: medidas em os setores de uso final reduzirão a demanda de energia no APS em 20% em relação aos STEPS em 2030

Nota: PJ = petajoules.

A obtenção de ganhos de eficiência energética não implica necessariamente custos adicionais significativos. As medidas de eficiência energética podem reduzir as contas de eletricidade e são muitas vezes mais rentáveis do que aumentar o fornecimento de eletricidade para cumprir com uma demanda maior. Agrupar projetos para alcançar escala é uma via para garantir o investimento, embora também seja importante melhorar os códigos e certificações de construção para reduzir os riscos por vezes associados ao investimento em eficiência energética (ver seção 3.9). Análises exaustivas de custo-benefício para novos programas são também essenciais para garantir que os investimentos atinjam os seus objetivos. Os programas de eficiência energética também precisam ser concebidos considerando programas de subsídios: embora os subsídios para famílias de baixa renda sejam importantes para reduzir a percentagem de renda

gasta em eletricidade (ver seção 3.5.2), muitos desses programas prejudicam os incentivos à eficiência energética.

Existem exemplos prontos de programas bem-sucedidos. No México, por exemplo, um programa de substituição de iluminação teve um período de retorno de quatro anos (Government of Mexico, 2022). No Brasil, o Programa de Eficiência Energética (PEE) operado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) levou a uma economia de 9 terawatts-hora (TWh) por ano e reduziu o pico de demanda em 2,8 gigawatts (GW): está prevista uma redução na demanda de até 32 TWh até 2031 (Ministry of Mines and Energy of Brazil, 2023). No Uruguai, o programa de Certificados de Eficiência Energética (CEE) apoia os projetos de eficiência com maior potencial de economia: proporcionou economias de eletricidade de 160 terajoules por ano (TJ/ano) em 2022, equivalente ao consumo médio anual de eletricidade de 17 000 residências. A Argentina acaba de lançar o programa *Iluminar*, no qual está prevista a distribuição gratuita de lâmpadas de baixo consumo de energia a famílias de baixa renda para reduzir as contas de energia e, assim, também reduzir a atual carga elevada de subsídios à eletricidade (Government of Argentina, 2023).

Em termos de segurança energética, o reforço da eficiência energética reduz o nível de dependência de produtos petrolíferos importados, a maioria dos quais são utilizados nos transportes e na indústria. Isso é relevante para vários países produtores, bem como para os importadores, considerando a falta de refinarias na região (ver seção 3.7).

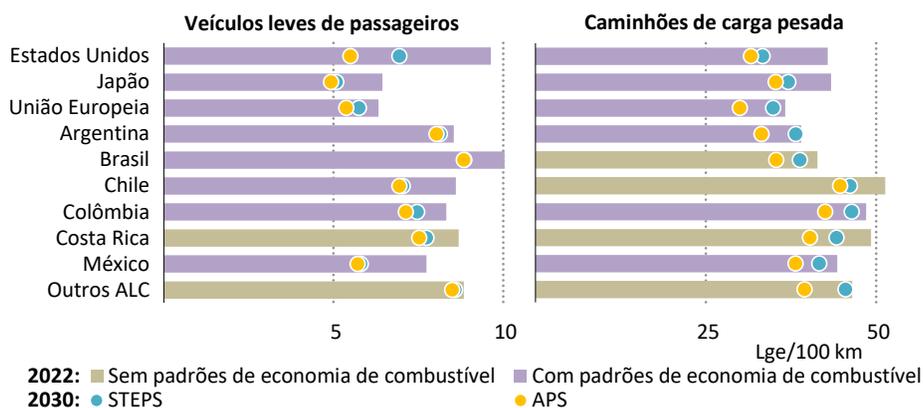
3.2.1 *Potencial da economia de combustível para reduzir a demanda de petróleo nos transportes*

Muitos países da ALC, incluindo os produtores de petróleo, pretendem reduzir as suas importações de petróleo e produtos derivados. Para alcançar esse objetivo é necessário um conjunto de medidas que incluem a imposição de padrões de eficiência de combustível mais rígidos, principalmente para caminhões, a adoção de combustíveis alternativos e VEs e ações para desestimular a importação de carros usados mais antigos e menos eficientes (Figura 3.6). Se todos os países da ALC atingissem os níveis de economia de combustível que se aplicam atualmente aos veículos leves e pesados na União Europeia, seriam economizados cerca de 0,5 milhões de barris por dia (mb/d) de demanda de petróleo em 2030 (6% da demanda total de petróleo na região no STEPS).

A dependência de carros usados desempenha o seu papel na redução da economia média de combustível na região porque são menos eficientes. Entre 2015 e 2020, aproximadamente 2 milhões de veículos leves usados foram exportados para países da ALC, representando quase 10% da frota global de exportações de veículos usados (UNEP, 2021). Em 2020, a região importou cerca de 300 000 veículos leves usados (LDV), o que representou cerca de 5% de todos os novos registros nos países da ALC, embora esta percentagem varie muito por país. Alguns países da região tomaram medidas para resolver o problema. Por exemplo, Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Uruguai e Venezuela impuseram proibições de importação de veículos usados, 11 países adotaram padrões de emissões LDV Euro-4 para carros usados e/ou impuseram um limite de idade de quatro ou cinco anos, e quatro países adotaram padrões de emissões LDV

Euro-3 e/ou impuseram um limite de idade de seis a oito anos. Alguns países foram além: O Chile e a Colômbia adotaram os padrões de emissões Euro-6 (o atual padrão de poluentes da UE) e o Peru faz o mesmo a partir de 1 de janeiro de 2024, Argentina e Brasil (PROCONVE L-7) optaram por padrões semelhantes aos da Euro-6.

Figura 3.6 ▶ **Consumo médio de combustível de novos veículos ICE (motor de combustão interna) em 2022 em países selecionados e por cenário em 2030**



IEA. CC BY 4.0.

Padrões mais rígidos de economia de combustível, especialmente para caminhões, oferecem uma oportunidade significativa para melhorar a eficiência energética no transporte rodoviário

Nota: Lge/100 km = litros de gasolina equivalente por 100 quilômetros; ICE = motor de combustão interna.

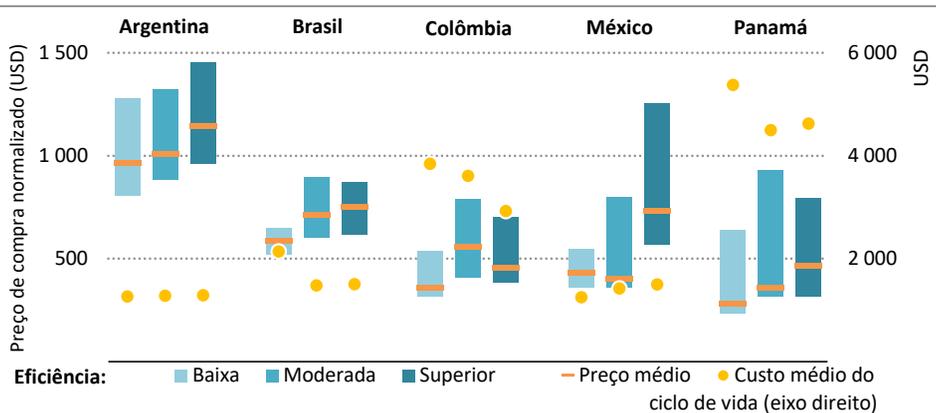
3.2.2 Códigos de energia para construção e padrões mínimos de performance energética para aparelhos

Melhorar a eficiência dos aparelhos e sistemas de refrigeração é fundamental para melhorar a eficiência no setor de edificações. No APS, padrões mínimos de performance energética (MEPs) e classificação energética mais rigorosos ajudarão a evitar quase 40 TWh de consumo de eletricidade de eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado até 2030, em comparação com o STEPS (5% do consumo de eletricidade das edificações no STEPS). A eficiência dos aparelhos e aparelhos de ar-condicionado utilizados nas residências é, em média, cerca de 10% superior até 2030 no APS do que no STEPS. Os ganhos de eficiência energética também podem reduzir tanto a procura global de energia como o pico de demanda (ver Capítulo 2).

Um número crescente de países (23 de 33) reconheceu o potencial substancial de economia de energia com boa relação custo-benefício e outros benefícios oferecidos pelos MEPs e pela classificação energética dos aparelhos e já possui políticas em vigor. Vários países tomaram medidas significativas para adotar ou reforçar os MEPs e para garantir que sejam devidamente

aplicados. Por exemplo, Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e México eliminaram com sucesso as lâmpadas incandescentes entre 2010 e 2016, demonstrando o seu compromisso com a eficiência energética. Cada um desses países estabeleceu o seu próprio MEPs para lâmpadas de serviço geral (GLS), embora nenhum país tenha ainda atingido o padrão de 90 lúmen/Watt como em países como a África do Sul ou a Índia.

Figura 3.7 ▶ Preço de compra e custo do ciclo de vida versus eficiência para aparelhos de ar-condicionado em países selecionados, 2023



IEA. CC BY 4.0.

Aparelhos de ar-condicionado mais eficientes não envolvem necessariamente custos iniciais mais elevados ou custos mais elevados do ciclo de vida

Notas: Argentina: A eficiência inferior, moderada e superior corresponde às classificações A/B, A+ e A++/A+++; Brasil: eficiências abaixo de 5 W/W, entre 5-6 W/W e acima de 6 W/W; Colômbia: classificações D/E, C e B/A; México: eficiências abaixo de 3.5 W/W, entre 3.5-4 W/W e acima de 4 W/W; Panamá: eficiências abaixo de 4 W/W, entre 4-5 W/W e acima de 5 W/W. O preço de compra normalizado representa o preço do ar-condicionado normalizado com uma capacidade de refrigeração de 12 000 BTUs por hora. A análise pressupõe uma vida útil de dez anos para os aparelhos de ar-condicionado e utiliza tarifas residenciais de eletricidade a partir de setembro de 2022.

A refrigeração é uma área de vital importância para o MEPs. Apesar da disponibilidade de aparelhos de ar-condicionado energeticamente eficientes no mercado, os MEPs na região permanecem abaixo dos de outros grandes mercados. Para refrigeradores, cada país da ALC segue um padrão de desempenho diferente para os vários modelos de refrigeradores, por exemplo, EcoDesign da UE ou Padrões de Conservação de Energia dos EUA. A harmonização das políticas de eficiência energética dos eletrodomésticos nos países da ALC poderia desbloquear a economia de eletricidade e o crescimento sustentável em toda a região (Quadro 3.1). A análise dos países mostra que a opção por um modelo mais eficiente nem sempre acarreta um preço significativamente mais alto, especialmente na Argentina, no Brasil e na Colômbia (Figura 3.7). Quando considerados ao longo da vida útil do equipamento, equipamentos mais eficientes são muitas vezes mais rentáveis do que alternativas menos eficientes, como resultado de custos

operacionais diários mais baixos. Ao formular políticas para melhorar a eficiência dos aparelhos de ar-condicionado e dos refrigeradores, os governos devem também incorporar diretrizes para a instalação, reciclagem e eliminação final adequadas desses aparelhos, a fim de minimizar as emissões de GEE e garantir a sustentabilidade do meio-ambiente.

Quadro 3.1 ▸ A colaboração e o apoio institucional podem acelerar melhorias na eficiência energética

A colaboração institucional tem um papel crucial para melhoria da eficiência energética. Um bom exemplo global é a Iniciativa de Implementação de Equipamentos e Aparelhos Supereficientes (SEAD).² A SEAD é uma colaboração voluntária entre governos que trabalham para promover a fabricação, compra e uso de aparelhos, iluminação e equipamentos com eficiência energética em todo o mundo. O *Call to Action* da SEAD busca fazer com que os governos se comprometam com ações rápidas e ambiciosas relacionadas à eficiência energética de eletrodomésticos e equipamentos (CLASP, 2021). Pretende duplicar a taxa de melhoria da eficiência em quatro áreas principais até 2030: iluminação, ar-condicionado, refrigeração e motores elétricos. Quatorze países assinaram o *Call to Action* na Conferência das Partes (COP) 26 em 2021, incluindo três países da ALC: Brasil, Chile e Colômbia.

Os países da ALC podem colaborar para estabelecer padrões mínimos de performance energética aplicáveis em toda a região e podem proporcionar benefícios por meio da criação de uma área de mercado maior. Por exemplo, o Sistema de Integração Centroamericana (SICA) estabeleceu padrões unificados para aparelhos de ar-condicionado. Este tipo de ação não exige necessariamente que o governo nacional seja o único agente: ele pode apoiar iniciativas de governos regionais e municípios para promover a colaboração nas melhores práticas entre programas regionais. As associações industriais podem ser parceiras fundamentais para promover a eficiência energética na indústria.

Mais de metade da área útil das edificações que estarão em uso em 2050 ainda não foi construída. Isto faz com que as novas construções sejam uma prioridade, com foco no estabelecimento de códigos e padrões eficazes de energia para edificações. A aplicação de códigos e normas eficazes também se aplica à renovação e remodelação de edificações existentes. Atualmente, apenas 14 dos 33 países da região possuem códigos de construção obrigatórios ou voluntários em vigor. É fundamental que os códigos existentes sejam melhorados e que a cobertura seja ampliada a mais países da ALC, a fim de moderar a crescente procura de refrigeração ambiente e aumentar a resiliência aos impactos das mudanças climáticas. É provável que um progresso significativo exija uma mudança de códigos de construção voluntários para códigos de construção obrigatórios, medidas para garantir que os regulamentos sejam monitorados e aplicados, e um esforço para adotar estratégias de projetos de construção adequadas e acessíveis para reduzir a dependência de sistemas ativos de refrigeração e aquecimento.

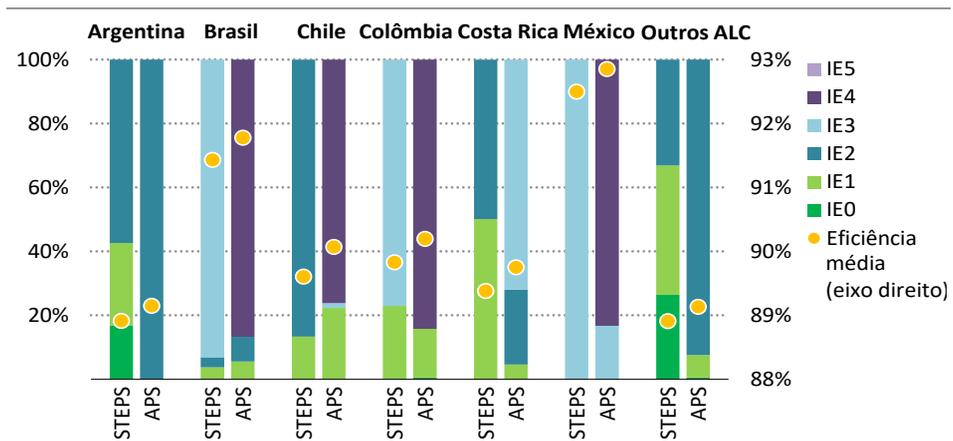
² Encontre mais informações sobre a SEAD em: https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/super-efficient-equipment-and-deployment-sead-initiative/?_years=2021.

3.2.3 Aumentar a eficiência em indústrias não intensivas em energia

As indústrias sem uso intensivo de energia (outras indústrias), com a maior parte das necessidades energéticas caracterizadas por calor de baixa e média temperatura para processamento e motores, respondem por quase metade da demanda de energia no setor industrial nos países da ALC. O reforço dos MEPs para motores, a implementação de sistemas de gestão de energia e a mudança para combustíveis sustentáveis ou bombas de calor elétricas são recursos significativos para a descarbonização nessas indústrias. Atualmente, apenas nove países da ALC possuem MEPs para motores industriais e apenas cinco possuem mandatos de eficiência em todo o setor (ver Capítulo 2, tabela 2.2).

Uma medida fundamental para melhorar a eficiência dos motores industriais é implementar MEPs ou, onde existirem, torná-los mais robustos. No APS, as medidas de eficiência energética aplicadas, incluindo a eletrificação, economizam mais de 60 petajoules (PJ) em outras indústrias, com os motores representando uma grande parcela. O *Call to Action* da SEAD para acelerar os padrões motores é apoiado pelo Brasil, Chile e Colômbia e leva a economias de eletricidade projetadas de 1,9 TWh até 2030 no APS. No Chile, a elevação do padrão de motor MEP da Classificação Internacional de Eficiência (IE)2 para IE4 economiza quase 1 terawatt-hora em 2030 no APS (Figura 3.8). No APS, 80% dos novos motores vendidos em toda a região até 2030 atendem ao padrão IE3 ou superior.

Figura 3.8 ▶ **Vendas de motores industriais por Classificação Internacional de Eficiência e eficiência média em países selecionados por cenário, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

O aumento da eficiência em motores industriais poderia aumentar a eficiência geral e economizar 1,9 TWh em indústrias sem uso intensivo de energia nos países da ALC que participam do Call to Action da SEAD

Nota: Baseado nos padrões de Eficiência Internacional (IE) da Comissão Eletrotécnica Internacional para motores elétricos que variam de baixo (IE0) a ultra premium (IE5).

Os programas que fornecem informação e apoio às auditorias e à execução de projetos podem desempenhar um papel importante na ajuda à adoção de medidas de eficiência energética, especialmente para as pequenas e médias empresas (PME) que dominam as indústrias leves. A iniciativa “Programa de Investimentos Transformativos em Eficiência Energética na Indústria (PotencializEE)” no Brasil é um bom exemplo: apoia a certificação de auditores energéticos, financia auditorias e ajuda as PME a obterem financiamento para medidas de eficiência energética.

3.3 Minerais críticos: um contribuinte chave à segurança mineral global e ao crescimento econômico regional

Os países da América Latina e Caribe têm um setor de mineração bem estabelecido, a partir do qual podem desenvolver ainda mais as suas reservas minerais e ampliar o seu perfil de produção mineral. Isso impulsionará suas economias e também ajudará a economia global a evitar entraves no fornecimento que possam ameaçar as transições para energias limpas. Existem três oportunidades principais: aumentar a produção de recursos existentes e até agora não desenvolvidos, melhorar as práticas para um abastecimento responsável e sustentável, e passar da produção de minérios para produtos processados.

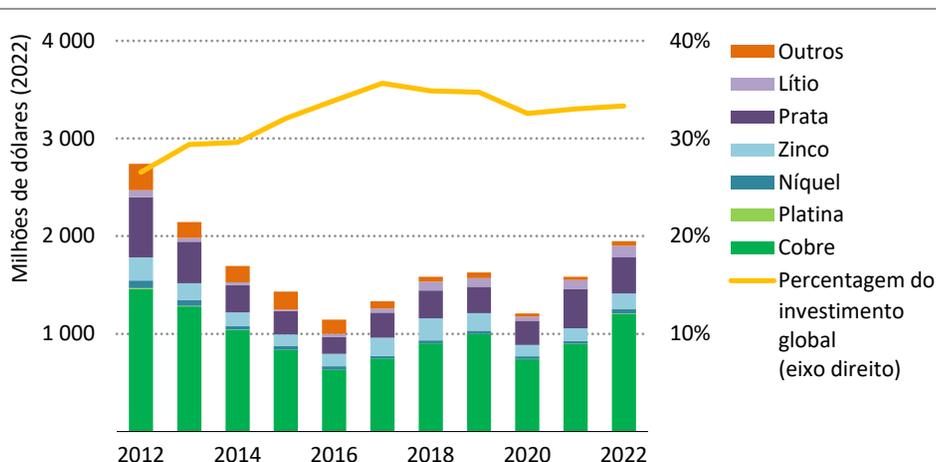
A região já produz grandes quantidades de lítio (necessário para baterias) e cobre, que sustenta a expansão das energias renováveis e das redes elétricas. Mas os países da ALC poderiam expandir para vários outros minerais, incluindo elementos raros que são necessários para motores de veículos elétricos, turbinas eólicas e níquel, um componente principal em baterias e eletrolisadores utilizados para produzir hidrogênio. Para aproveitar esse potencial, as atividades de mineração devem aderir a elevados padrões de meio-ambiente, sociais e de governança (ESG) e beneficiar as comunidades locais. Os países podem maximizar os benefícios para as suas economias integrando o processamento mineral nas cadeias de fornecimento locais.

3.3.1 Perspectivas de oferta

Os países da ALC respondem por quase 40% da produção global de cobre, liderados pelo Chile (24%) e Peru (10%). A produção de cobre começou a aumentar em 2022, após vários anos de estabilidade. A mina Quellaveco, no Peru, e a mina Quebrada Blanca, no Chile, contribuíram para o recente crescimento da produção, e outros projetos de expansão estão em andamento. Um megaporto está em construção no Peru (*Terminal Portuario de Chancay*) para facilitar as exportações. O plano nacional de mineração do Chile inclui uma meta de produção de cobre de 7 milhões de toneladas (Mt) até 2030, acima dos 5,7 Mt atuais, e de 9 Mt até 2050, juntamente com a duplicação do investimento anual na exploração de projetos *greenfield*. A parcela da região nas despesas globais de exploração de cobre aumentou de cerca de 30% em 2012 para quase 45% em 2022, indicando o potencial para novos aumentos da produção. No entanto, as operações existentes enfrentam desafios: o declínio do teor do minério, a escassez de água e os protestos das comunidades locais podem interromper o abastecimento.

A região também fornece pouco mais de 35% do lítio mundial e detém cerca de metade das reservas globais de lítio. É o lar do chamado triângulo do lítio, uma região rica em lítio que abrange Argentina, Bolívia e Chile. Chile e Argentina são, respectivamente, o segundo (30%) e o quarto (5%) maiores produtores globais. A Bolívia também dispõe de recursos substanciais, mas a falta de infraestrutura tem impedido que sejam economicamente viáveis. Os países da ALC produzem predominantemente carbonato de lítio a partir de salmoura, o que gera menos emissões do que a mineração de rocha dura. Os gastos com exploração de lítio na ALC quase dobraram na última década, atingindo quase US\$ 120 milhões em 2022, e há espaço para ampliar ainda mais as atividades (Figura 3.9). Até o momento, a mineração de lítio tem se concentrado nos salares do Chile, mas houve uma evolução importante na Argentina, onde o projeto Kachi deverá começar em 2027, e no Brasil, onde a mina Grota do Cirilo acaba de iniciar a produção. Na Bolívia, a empresa chinesa CATL planeja investir mais de US\$ 1 bilhão em duas fábricas de lítio que extrairão minerais dos salares de Uyuni e Coipasa.

Figura 3.9 ▶ Investimento na exploração de minerais selecionados na ALC, 2012-2022



IEA. CC BY 4.0.

A ALC é responsável por uma parcela crescente dos gastos globais em exploração de minerais críticos, a maioria está ligada ao cobre

Nota: Exclui ouro e diamantes.

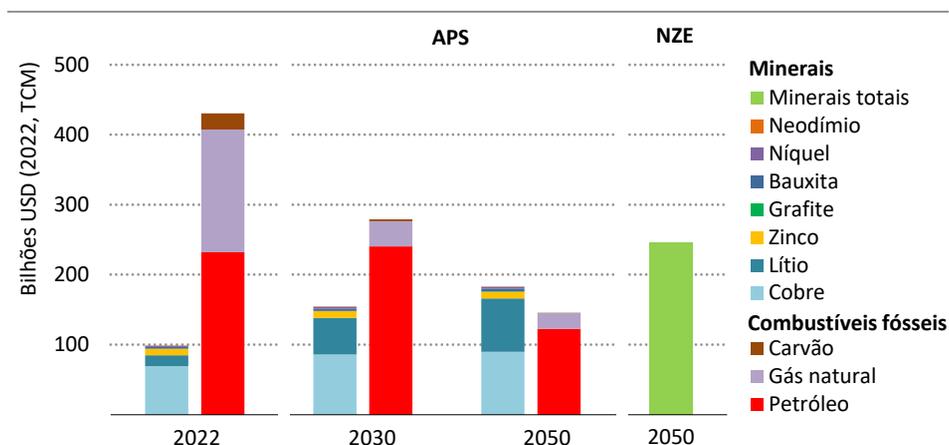
Fonte: Análise da AIE com base em dados da S&P Global (2023a).

Além de cobre e lítio, a ALC tem um potencial significativo para fornecer grafite, níquel, manganês e elementos raros. O Brasil sozinho detém cerca de um quinto das reservas globais de cada um desses recursos, mas atualmente produz apenas quantidades pequenas a moderadas: a produção varia entre menos de 1% da produção global de elementos raros e 7% de grafite. O Brasil também possui grandes reservas de bauxita (usada na produção de alumínio) e é um dos principais produtores e recicladores de alumínio, que é cada vez mais utilizado em redes elétricas. No

entanto, os países da ALC ainda não atraíram investimentos de acordo com o seu potencial: por exemplo, menos de 10% do orçamento global de exploração de níquel é atribuído à região (S&P Global, 2023a).

Os governos podem ajudar estabelecendo estruturas de longo prazo para atrair investimentos em atividades de mineração e processamento, estabelecendo regulamentos e incentivos claros e garantindo a conformidade com as normas ESG. Também é necessário o diálogo com as partes interessadas, investidores e comunidades, bem como uma maior cooperação internacional. As campanhas de exploração poderiam se beneficiar das pesquisas geológicas nacionais atualizadas, uma vez que a informação geológica atual nem sempre inclui minerais críticos relacionados à energia. Alguns países estão tomando medidas nesse sentido. O serviço geológico do Chile fornece dados geológicos detalhados de código aberto com pontos focais regionais e minerais, o Brasil estabeleceu uma divisão de minerais críticos sob seu departamento de geologia (DIPEME) para facilitar o acesso aos dados geológicos relacionados, e a Colômbia lançou um plano de ação estratégico, chamado Rota de Cobre e Fosfatos, para expandir esta indústria.

Figura 3.10 ▶ Receita da produção de minerais críticos selecionados e combustíveis fósseis na ALC em 2022 e por cenário, 2030 e 2050



IEA. CC BY 4.0.

A receita da produção de minerais críticos aumenta mais de 1,5 vez até 2030 no APS, e supera a receita combinada dos combustíveis fósseis até 2050 em ambos os cenários

Notas: A receita é o produto total das vendas internas e exportações. Presume os preços médios de 2022 para os minerais em 2030 e 2050, e que a região mantenha a sua atual parcela de mercado na produção global de minerais.

Fontes: Análise da AIE com base em dados de preços de S&P Global (2023b), Wood Mackenzie (2023), BMO Capital Markets (2023), KOMIS (2022).

Estima-se que as receitas provenientes da produção de minerais críticos encontrados na região (grafite, bauxita, níquel, zinco, lítio, cobre e neodímio) tenham totalizado cerca de US\$ 100 bilhões em 2022, próximo aos 30% do mercado global. Com o aumento da procura por esses minerais, a

receita da ALC proveniente das suas vendas aumentará mais de 1,5 vez até 2030 no APS. Até 2050, as receitas da produção de minerais críticos quase duplicarão em comparação com 2022 e irão ultrapassar as receitas combinadas da produção de combustíveis fósseis na região, que caem para menos de US\$ 145 bilhões, à medida que os países de todo o mundo cumprem as promessas anunciadas de limitar os impactos das mudanças climáticas. No Cenário NZE, a receita da produção de minerais críticos aumentará ainda mais para mais de US\$ 245 bilhões até 2050 (Figura 3.10).

3.3.2 *Mineração responsável e sustentável*

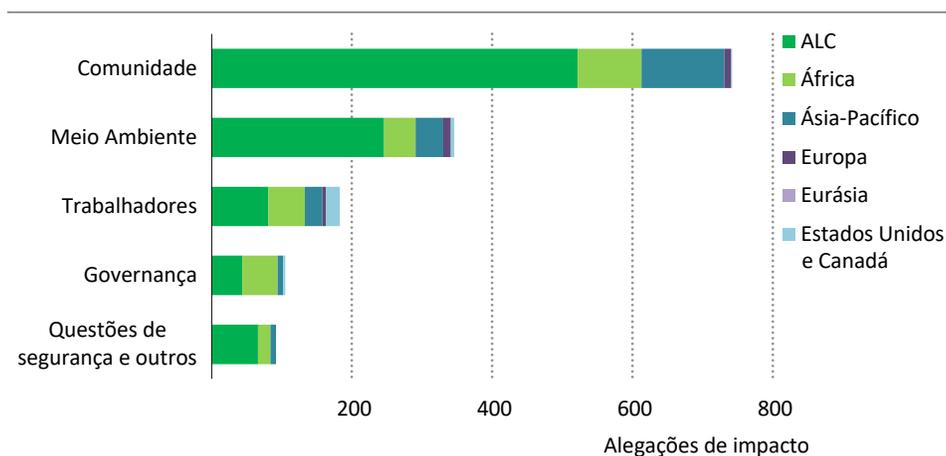
A mineração apresenta um risco de degradação do meio-ambiente e impactos adversos nas comunidades locais. Ela tem sido associada a uma série de impactos de ESG negativos, incluindo violações dos direitos humanos, contaminação ambiental, desmatamento e outros danos (Figura 3.11). A mineração também tem sido historicamente responsável por cerca de 10-20% do investimento estrangeiro direto na ALC e tem fornecido alguns bons exemplos de gestão ambiental. Em 2021, por exemplo, as minas de cobre de Escondida e Spence mudaram para contratos de compra de energia elétrica 100% renovável após a rescisão antecipada de um contrato de eletricidade de usinas à carvão (BHP, 2021). Em julho de 2023, o Brasil exportou para a China a primeira carga mundial de “lítio verde”, que foi produzido no Vale do Jequitinhonha seguindo o chamado padrão “tríplice zero”: sem carbono, rejeitos e produtos químicos nocivos.

O desenvolvimento e a aplicação de padrões ESG são cruciais para proteger o meio ambiente e as comunidades locais. As questões ESG são uma preocupação crescente para empresas de mineração, clientes, investidores e outras partes interessadas. Os grandes desastres ambientais durante a última década alimentaram o sentimento antiminação entre as comunidades locais. Exemplos proeminentes incluem o derramamento de 40 000 metros cúbicos de sulfato de cobre em 2014 no rio Sonora, no México, que afetou o abastecimento de água de mais de 24 000 pessoas, e o desastre da barragem de rejeitos em Brumadinho em 2019 no Brasil, que matou 270 pessoas. As atividades de mineração estão localizadas frequentemente perto de ecossistemas sensíveis e biodiversos, muitos dos quais abrigam comunidades vulneráveis ou de povos nativos, e envolvem frequentemente a utilização intensiva de recursos terrestres e hídricos e a utilização de maquinaria pesada. Tudo isso aumenta a probabilidade de conflitos e dificulta a obtenção de uma “licença social para operar” pelas empresas.

Vários países da região implementaram estruturas e regulamentos de licenciamento ambiental para melhorar os padrões ESG. Em 2023, o Brasil liderou uma força-tarefa para expulsar a mineração ilegal de terras de povos nativos na Amazônia, expulsando milhares de garimpeiros ilegais da área. A estratégia mineira nacional do Chile inclui metas para reduzir o uso de água na indústria mineira, alcançar a neutralidade de carbono no setor até 2040 e impedir o despejo de rejeitos até 2050. No entanto, ainda há espaço para melhorar os padrões de aplicação e conformidade (IDB, 2020). A gestão e monitoramento minuciosos dos riscos e dos rejeitos podem prevenir acidentes e contaminação, e a melhoria da eficiência e da reciclagem pode reduzir os resíduos e aumentar a oferta. Estão disponíveis tecnologias para reduzir o uso de água, melhorar a qualidade dos efluentes e reduzir as emissões. Muitas sociedades também pretendem melhorar a igualdade de gênero nas operações de mineração, apoiar o desenvolvimento local e aumentar

a transparência nas suas atividades. São necessários regimes regulatórios robustos com pessoal suficiente em matéria de licenciamento e conformidade, bem como informações públicas confiáveis e acessíveis. As normas ESG também podem garantir que as operações de mineração estão preparadas para as mudanças climáticas e contribuir para a resiliência climática regional geral.

Figura 3.11 ▶ Alegações de impactos ESG ligados a minerais críticos por região, 2010-2022



IEA. CC BY 4.0.

A ALC tem o maior número de alegações de impacto ESG rastreadas associado à produção de minerais críticos

Notas: As alegações referem-se a violações ao meio-ambiente e de direitos humanos denunciadas publicamente em minas de grandes empresas que extraem cobalto, cobre, lítio, manganês, níquel e zinco. ESG = meio-ambiente, social e governança. Outros incluem questões de segurança, como abusos por parte da segurança privada, e impactos relacionados com a pandemia de Covid-19, como violações de medidas de contenção.

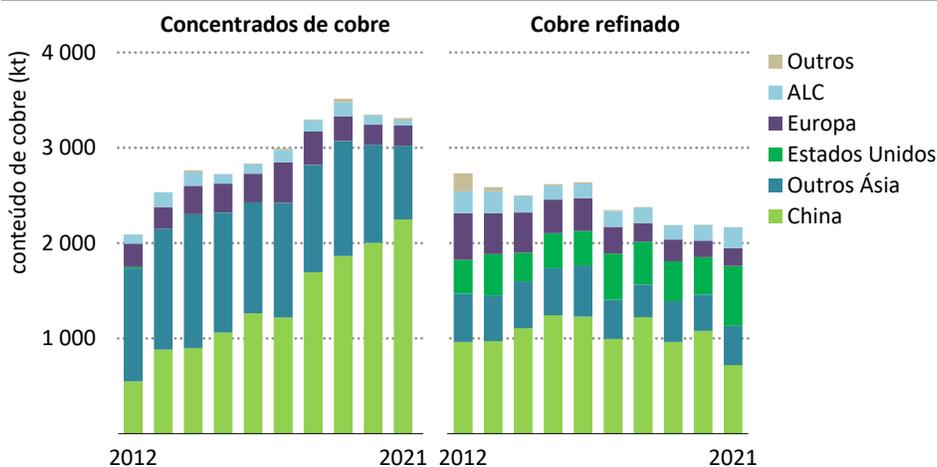
Fonte: Análise da AIE baseada no Transition Minerals Tracker, Business & Human Rights Resource Centre, (2023).

Nas últimas duas décadas, muitos governos na ALC remodelaram os modelos de redistribuição de royalties com o objetivo de trazer maiores benefícios às áreas afetadas pelas atividades de mineração. Esse objetivo esteve no centro da reforma dos royalties na Colômbia em 2020 e orientou a criação de uma contribuição especial para o desenvolvimento regional no Chile no mesmo ano. Em 2023, o Chile também promulgou a Lei de Royalties da Mineração para apoiar o desenvolvimento econômico regional. Serão necessárias ações mais generalizadas para garantir que a mineração traga benefícios tangíveis às comunidades locais, por exemplo, promovendo atividades de maior valor agregado, como o processamento ou a realização de melhorias nas infraestruturas locais. As ações devem ser concebidas de modo a aproveitar ao máximo as sinergias sempre que estas existam, por exemplo, por meio do reprocessamento de rejeitos ou da utilização de águas residuais de centrais geotérmicas para a produção de lítio.

3.3.3 Subir na cadeia de produção

A ALC pode ajudar a garantir um fornecimento confiável dos minerais críticos necessários para as transições energéticas globais, avançando na cadeia de fornecimento além da mineração. A indústria de refinação tem prazos de entrega relativamente mais curtos e gera mais empregos e valor agregado do que o setor de extração. O investimento adicional nesse setor poderá abrir caminhos para o crescimento econômico e a diversificação, tais como o desenvolvimento do processamento local e a produção de componentes tecnológicos de energia limpa. Alguns países da ALC estão tomando medidas nesse sentido, por meio do fornecimento de financiamento público para pesquisa e desenvolvimento relacionados à industrialização do lítio (ECLAC, 2023). Os caminhos potenciais de crescimento incluem a preparação de materiais ativos catódicos para baterias, a conversão de lítio em sua forma de hidróxido ou o tratamento e separação de minérios de elementos raros em óxidos. No entanto, há desafios para o desenvolvimento da refinação e transformação de minerais críticos, tais como o acesso limitado à tecnologia e às habilidades, a falta de concorrência em termos de custos e as barreiras de mercado para novos participantes.

Figura 3.12 ▶ Exportações de cobre do Chile por tipo e destino, 2012-2021



IEA. CC BY 4.0.

As exportações de cobre cresceram, mas as exportações de produtos refinados caíram mais de 20%. A China aumentou a sua parcela de mercado de cerca de 30% para quase 55%.

Notas: kt = mil toneladas. Outros incluem Austrália, Canadá, Namíbia, África do Sul e outros pequenos importadores, conforme relatado pela Comissão Chilena de Cobre.

Fonte: Análise da AIE com base em dados reportados pelo Ministério de Mineração do Chile, COCHILCO (2023).

A matriz de eletricidade limpa existente na região dá aos países da ALC uma vantagem competitiva na construção de um setor de processamento de baixo carbono. Países como Chile e Brasil já possuem fundições e exportam óxidos e ligas refinadas. No entanto, as tendências dos últimos

anos não são encorajadoras. De 2012 a 2021, as exportações chilenas do cobre refinado e ligas de cobre caíram cerca de 20%, enquanto as exportações de minério de cobre e concentrados aumentaram quase 60% (Figura 3.12). Em 2023, a empresa mineradora nacional do Chile, Codelco, fechou a fundição de Ventanas, que estava associada à poluição ambiental que afetava as comunidades costeiras próximas. No mesmo ano, o Chile lançou uma Estratégia Nacional para Fundições e Refinarias com recomendações para fortalecer o setor e melhorar as suas práticas ESG.

Há razões para pensar que as tendências dos últimos anos poderão mudar. Em 2023, o Chile também anunciou uma Estratégia Nacional de Lítio para aumentar a riqueza interna e apoiar uma economia verde global. Descreve uma visão de longo prazo que se estende desde a exploração até à expansão da cadeia de valor e menciona regulamentos para garantir a sustentabilidade e o reinvestimento no desenvolvimento do país. A estratégia prevê a participação de diversas partes interessadas, incluindo sociedades privadas, e propõe a criação de uma Empresa Nacional de Lítio e de um Instituto Público Tecnológico e de Pesquisa de Lítio e Salares.

Argentina, Brasil e Chile possuem muitos dos elementos necessários para o desenvolvimento *midstream* e *downstream*, incluindo recursos minerais como lítio, níquel, cobalto, manganês e rocha fosfática. Possuem também conhecimentos especializados em mineração, potencial renovável (muitas vezes próximo de depósitos minerais) e infraestruturas essenciais. Esses fatores poderiam facilitar as operações *midstream*, por exemplo, refinarias de hidróxido de lítio e um segmento *downstream* para componentes de baterias. A gigante automobilística chinesa BYD deverá investir mais de US\$ 620 milhões para fazer com que o Brasil seja seu primeiro centro de fabricação de baterias para veículo elétrico e de fosfato de ferro-lítio (LFP) fora da Ásia, e investir US\$ 290 milhões para instalar uma fábrica de cátodos de lítio na região de Antofagasta, no Chile, com capacidade de produção de 50 000 toneladas de cátodos LFP.

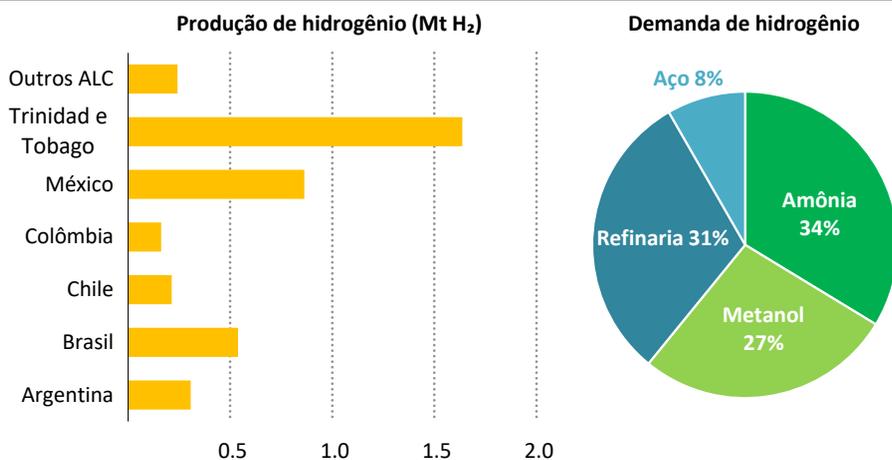
A construção de parcerias estratégicas com os consumidores poderá trazer enormes benefícios. O apoio sob a forma de acordos de aquisição a longo prazo, subvenções ou empréstimos preferenciais poderia ser acompanhado de padrões de desempenho. Muitos importadores estão também buscando formas de construir parcerias para melhorar a diversidade da oferta em resposta às preocupações sobre o atual nível elevado de concentração geográfica na refinação de minerais críticos. Os acordos de venda com importadores poderiam ajudar a estimular o desenvolvimento de cadeias de fornecimento locais e promover uma maior resiliência da indústria global de mineração e processamento. Uma estrutura regulatória favorável com normas estáveis facilitaria o investimento a longo prazo e poderia criar sinergias entre a produção e o processamento do minério. Poderia também envolver políticas industriais adaptadas e cooperação regional para incentivar novas operações e facilitar a consolidação de conglomerados da indústria.

3.4 Hidrogênio: uma nova fronteira energética

O consumo de hidrogênio na América Latina e Caribe está atualmente concentrado nas cinco maiores economias (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e México) na Venezuela e em Trinidad e Tobago (Figura 3.13). Em 2022, o consumo total de hidrogênio na região foi de 4 milhões de toneladas de hidrogênio (Mt H₂), cerca de 4% do total global de 95 Mt H₂. Quase 90% desse hidrogênio foi produzido a partir da reforma a vapor de gás natural, resultando em emissões anuais³ de mais de 35 milhões de toneladas de equivalente de dióxido de carbono (Mt CO₂-eq), comparável a cerca de metade das emissões de CO₂ do Chile provenientes da queima de combustíveis fósseis. Trinidad e Tobago é o maior consumidor de hidrogênio da região: a sua indústria química utiliza hidrogênio para produzir grandes volumes de amônia e metanol para exportação. Em outros países da ALC, as refinarias de petróleo são os maiores consumidores. O declínio na refinação de petróleo ao longo da última década reduziu o consumo total de hidrogênio, e por isso tem havido dificuldades nos últimos anos em garantir o gás natural a preços competitivos para a produção de amônia em alguns países: isso levou à paralisação total da produção de amônia no México e a apenas uma usina operando no Brasil em 2019 (IEA, 2021a).

3

Figura 3.13 ▶ Produção de hidrogênio por país e consumo por setor industrial na ALC, 2022



IEA. CC BY 4.0.

O consumo de hidrogênio foi de 4 Mt na ALC, cerca de 4% da demanda global, sendo a maior parte utilizada no refino de petróleo e na fabricação de produtos químicos, especialmente em Trinidad e Tobago

³ Isso inclui as emissões diretas do processo de reforma do metano a vapor, bem como as emissões médias *upstream* e *midstream* da produção, processamento e transporte de gás natural. Isso também inclui o CO₂ capturado utilizado na síntese de ureia e metanol, a maior parte do qual é emitida posteriormente.

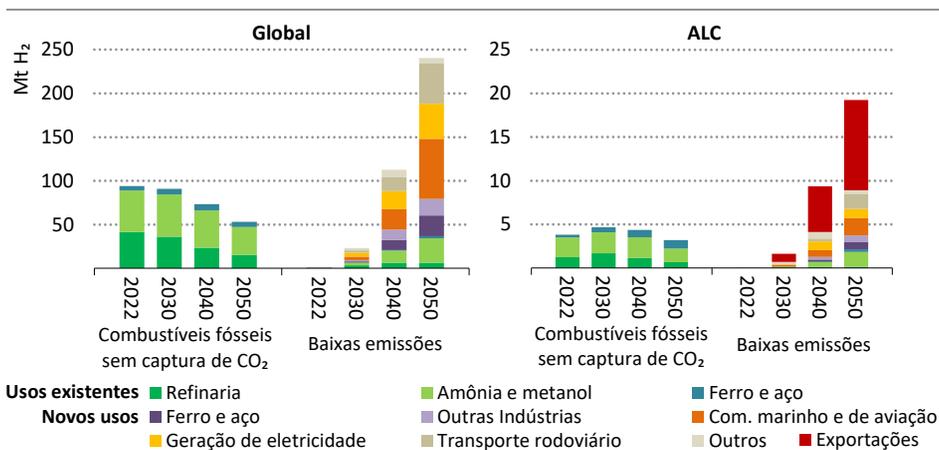
Com os seus abundantes recursos renováveis, a região tem potencial para produzir hidrogênio de baixas emissões a um custo inferior ao da maioria das outras partes do mundo.⁴ Esse hidrogênio poderia ser utilizado tanto a nível nacional como no estrangeiro para ajudar a descarbonizar setores de difícil redução, onde existem poucas tecnologias alternativas. Aproveitar essa oportunidade apoiaria os esforços nacionais de descarbonização, aumentaria a concorrência industrial e criaria novos empregos. Também aumentaria a segurança energética e alimentar, uma vez que a maioria dos países da ALC atualmente dependem fortemente das importações de amônia e de ureia. Os países da ALC estão começando a avançar nessa área. O Chile se tornou o primeiro país da região a divulgar uma estratégia nacional para o hidrogênio em 2020, seguido pela Colômbia em 2021, Uruguai em 2022 e Argentina, Brasil, Costa Rica, Equador e Panamá em 2023. Outros países estão trabalhando em estratégias nacionais para o hidrogênio e espera-se que essas estratégias sejam divulgadas em breve.

3.4.1 *Perspectivas de demanda por hidrogênio de baixas emissões e combustíveis à base de hidrogênio*

No STEPS, a procura global de hidrogênio aumenta cerca de 15% até 2030 e 45% até 2050 em comparação com 2022, mas esse crescimento é impulsionado pelo aumento da procura de hidrogênio em aplicações tradicionais. Nos países da ALC, a procura aumenta mais rapidamente do que a média global, mas permanece concentrada nas aplicações tradicionais, tal como acontece em outros países. No APS, a procura global de hidrogênio aumenta mais rapidamente do que no STEPS, aumentando mais de 20% até 2030 e triplicando até 2050 em comparação com 2022. O hidrogênio de baixas emissões substitui o hidrogênio de combustíveis fósseis sem uso reduzido nas aplicações existentes e encontra novas utilizações em setores de difícil redução, como o transporte rodoviário de longa distância, a aviação, o transporte marítimo e a indústria pesada, bem como no setor elétrico: esses novos usos representam 70% da demanda global de hidrogênio até 2050 (Figura 3.14). Na ALC, o consumo interno de hidrogênio aumenta cerca de 35% até 2030 e mais do que triplica até 2050. A parcela do consumo representada por novas aplicações é de 10% em 2030 e de 55% em 2050, o que é inferior à média global. A procura de hidrogênio na ALC é impulsionada não só pelo aumento do consumo interno, mas também pelo aumento das exportações, principalmente sob a forma de combustíveis à base de hidrogênio: cerca de 15% da produção de hidrogênio de baixas emissões no APS em 2030 e cerca de 45% em 2050 serão destinadas à produção de combustíveis à base de hidrogênio para exportação.

⁴ Neste relatório, o hidrogênio de baixas emissões inclui o hidrogênio produzido a partir da eletrólise da água, onde a eletricidade é gerada a partir de uma fonte com baixas emissões, como a solar, a eólica ou a nuclear. O hidrogênio produzido a partir de biomassa ou de combustíveis fósseis com tecnologia de CCUS também é considerado hidrogênio de baixas emissões. No entanto, a produção a partir de combustíveis fósseis com CCUS deverá ter baixas emissões *upstream*, taxas elevadas de captura em todos os fluxos de CO₂ e armazenamento permanente de CO₂ para ser considerada hidrogênio de baixas emissões. O mesmo princípio aplica-se às matérias-primas com baixas emissões e aos combustíveis à base de hidrogênio produzidos a partir de hidrogênio de baixas emissões e de uma fonte de carbono sustentável (de origem biogênica ou captado diretamente da atmosfera). (IEA, 2023c).

Figura 3.14 ▶ Demanda e exportações de hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio por setor: global, na ALC e no APS, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

Na ALC, a demanda por hidrogênio de baixas emissões aumenta em usos existentes e novos, mas o grande motor do crescimento são os combustíveis à base de hidrogênio para exportação

Notas: Com. = combustível. O abastecimento internacional está incluído no combustível de aviação e marítimo. As exportações e a demanda de transporte rodoviário, combustíveis para aviação e marítimos e a geração de eletricidade incluem o hidrogênio que é convertido em combustíveis à base de hidrogênio. Para combustíveis à base de hidrogênio, a quantidade equivalente de hidrogênio (Mt H₂-eq) corresponde às entradas estequiométricas de hidrogênio necessárias para produzir esses combustíveis.

Aproveitar oportunidades de curto prazo: catalisar a demanda interna

Embora alguns países da ALC sejam exportadores líquidos de amônia e fertilizantes nitrogenados, muitos países gastam milhões de dólares todos os anos para importar grandes quantidades desses fertilizantes, principalmente da Rússia, China, Qatar e Omã, bem como de outros países da região da ALC, especialmente de Trinidad e Tobago. A produção de amônia utilizando hidrogênio de baixas emissões proporciona uma oportunidade para reduzir a dependência das importações e os riscos de volatilidade do mercado e para minimizar a utilização de gás natural nas fábricas de amônia existentes (ver Capítulo 1, Quadro 1.1). No Brasil, a Unigel está construindo o maior projeto de hidrogênio de baixas emissões da região. Quando concluído, será capaz de produzir 10 000 toneladas de hidrogênio por ano, equivalentes a cerca de 60 000 toneladas de amônia por ano, com potencial de expansão por meio da utilização de nova geração dedicada de energia renovável. O objetivo é fornecer hidrogênio eletrolítico a partir de eletricidade ligada à rede para utilização em uma fábrica de amônia existente e substituir o atual consumo de gás natural. No Chile, o projeto HyEx visa utilizar hidrogênio eletrolítico na primeira fábrica de amônia do país (26 MW, equivalente a uma capacidade de 5 kt H₂ por ano) até 2025, com o objetivo de reduzir as importações de amônia e a pegada de carbono dos explosivos usados em mineração.

A amônia proveniente do hidrogênio de baixas emissões poderia melhorar a segurança alimentar e a resiliência do setor agrícola na região. No entanto, as questões relacionadas aos custos são

importantes, uma vez que a maioria dos agricultores não conseguirá pagar um preço mais elevado (se houver), a menos que recebam apoio de clientes, como grandes empresas do agronegócio com objetivos ESG. O setor agrícola na ALC é heterogêneo, com metade da produção regional proveniente de pequenos agricultores (J.P.Morgan, 2022), embora os grandes agricultores com foco em exportação dominem o mercado em países como Argentina, Brasil e Uruguai (OECD and FAO, 2019). As políticas devem ser diferenciadas, dando prioridade a medidas que protejam os pequenos agricultores e, ao mesmo tempo, promovam a segurança alimentar regional e a sustentabilidade. Poderiam ser estabelecidas metas mais ambiciosas para as grandes fazendas, que também terão de considerar as metas nos seus mercados de exportação.

O combustível diesel utilizado pelas máquinas no setor de mineração representa uma parte importante do consumo de energia na mineração. Vários projetos no Chile, como o Kura H₂ e o AndesH₂, preveem a utilização de caminhões movidos a hidrogênio em vez de caminhões a diesel. O Chile e o Peru também consideram a utilização de máquinas movidas a hidrogênio. O compromisso do setor de mineração de cumprir as metas ESG e minimizar as emissões poderia garantir a demanda inicial de hidrogênio de baixas emissões na região, com o aumento de outros fatores de demanda ao longo do tempo. Por exemplo, à medida que os governos atribuem concessões de mineração, é provável que incorporem critérios de sustentabilidade cada vez mais ambiciosos que procurem minimizar todas as potenciais emissões de GEE provenientes das operações de mineração.

Atualmente, a refinação de petróleo domina o consumo de hidrogênio nos países da ALC, exceto Trinidad e Tobago, onde a produção de amônia e metanol são os maiores consumidores. O refino de petróleo é responsável por cerca de 1,2 Mt H₂ atualmente, e esse número deverá aumentar para 1,7 Mt até o final dessa década no APS, como resultado do aumento da demanda de refino e de requisitos mais rigorosos de teor de enxofre para produtos petrolíferos. Algumas empresas petrolíferas nacionais da ALC estão seguindo estratégias de redução de emissões que consideram o hidrogênio de baixas emissões (S&P Global, 2022). Por exemplo, a Ecopetrol na Colômbia lançou um projeto piloto de hidrogênio eletrolítico na sua refinaria de Cartagena em 2022, iniciou estudos de viabilidade para escalar a produção de hidrogênio eletrolítico nesse local e na refinaria de Barrancabermeja até 2026, e estabeleceu metas ambiciosas para a redução de emissões, incluindo a neutralidade de carbono até 2050. A empresa também planeja ampliar o uso do hidrogênio para outras aplicações e exportações (Ecopetrol, 2022). Na Argentina, a empresa nacional YPF lidera o consórcio H2ar, um grupo de trabalho colaborativo de empresas que busca inovar e promover o desenvolvimento de cadeias de fornecimento de hidrogênio (CONICET, 2020). O envolvimento das empresas petrolíferas nacionais desempenha um papel fundamental na promoção da demanda de hidrogênio de baixas emissões no curto prazo, reduzindo as emissões *downstream* e construindo conhecimentos valiosos que poderão ajudá-las a diversificar no futuro.

Novos usos de hidrogênio de baixas emissões e combustíveis à base de hidrogênio

No setor dos transportes rodoviários, o hidrogênio de baixas emissões e os combustíveis à base de hidrogênio poderiam apoiar a descarbonização de segmentos que são difíceis de eletrificar, como os caminhões pesados e os ônibus de viagens de longa distância. Os biocombustíveis e a eletrificação descarbonizam a maioria dos caminhões e ônibus na ALC, mas o hidrogênio também

desempenha um papel no APS, sendo responsável por 6% do consumo de energia dos ônibus na ALC até 2050 e por mais de 3% dos caminhões. As metas ambiciosas de descarbonização no Chile e na Costa Rica significam que o hidrogênio provavelmente abastecerá uma proporção maior de caminhões de carga nesses países do que nos outros países da região. Já existem alguns projetos na região envolvendo ônibus a hidrogênio. A Costa Rica tem um ônibus movido a hidrogênio eletrolítico desde 2017 (Portal Movilidad, 2021) e a Transmilenio lançou um ônibus para transporte público movido a hidrogênio eletrolítico em Bogotá em 2023. A Transmilenio já possui uma frota de mais de 1 400 veículos elétricos, e o projeto piloto visa avaliar a viabilidade da utilização de hidrogênio em algumas rotas com autonomies mais longas (Transmilenio, 2023). O Uruguai anunciou recentemente o financiamento para o projeto H24U (Ministry of Industry, Energy and Mining of Uruguay, 2023), no qual 17 caminhões para a indústria florestal funcionarão com hidrogênio eletrolítico com uma autonomia esperada de 450-500 km.

O hidrogênio e os combustíveis à base de hidrogênio, como a amônia, o metanol ou os combustíveis sintéticos, poderão também desempenhar um papel fundamental na descarbonização dos setores marítimo e de aviação. O Panamá, um dos maiores portos de abastecimento de combustível do mundo, adotou uma estratégia relacionada ao hidrogênio em julho de 2023 que estabelece metas ambiciosas de consumo para o seu setor marítimo. O país pretende que 5% do seu fornecimento de abastecimento consista em hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio até 2030, aumentando para 30% até 2040 e 40% até 2050. Além disso, o Panamá e o Uruguai são ambos membros da iniciativa internacional *Clean Energy Marine Hubs*, que visa mitigar os riscos associados ao investimento em infraestruturas para o transporte e abastecimento de hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio nos portos. Essa infraestrutura exige muito capital, tem longos prazos de entrega e pode exigir o uso de tecnologias que ainda estão em fase de demonstração. Essa iniciativa reforça o valor da cooperação internacional e das parcerias público-privadas no compartilhamento de riscos, na demanda agregada, na criação de corredores dedicados e na facilitação da troca de experiências na implantação de novas tecnologias.

O hidrogênio também poderia desempenhar um papel importante na descarbonização da produção de ferro e aço. Essa iniciativa poderia começar com a utilização de hidrogênio de baixas emissões em instalações que já utilizam hidrogênio e em substituição do gás natural em ferro direto reduzido (DRI) baseado em combustíveis fósseis com hidrogênio misturado. O único projeto na região que está sendo desenvolvido atualmente é o H2V da CAP no Chile, no qual uma usina piloto está testando o uso de hidrogênio como substituto parcial do carvão em seus fornos de fundição. As políticas industriais precisam encontrar formas de promover a produção de aço com baixas emissões e incentivar a sua utilização, garantindo ao mesmo tempo a concorrência dos produtores nacionais de aço em comparação com potenciais importações de aço estrangeiro e nos mercados internacionais. Com o tempo, a produção de aço com baixas emissões criará oportunidades de exportação se os países começarem a exigir aço com baixas emissões, independentemente de isso envolver um custo adicional (ver Capítulo 4).

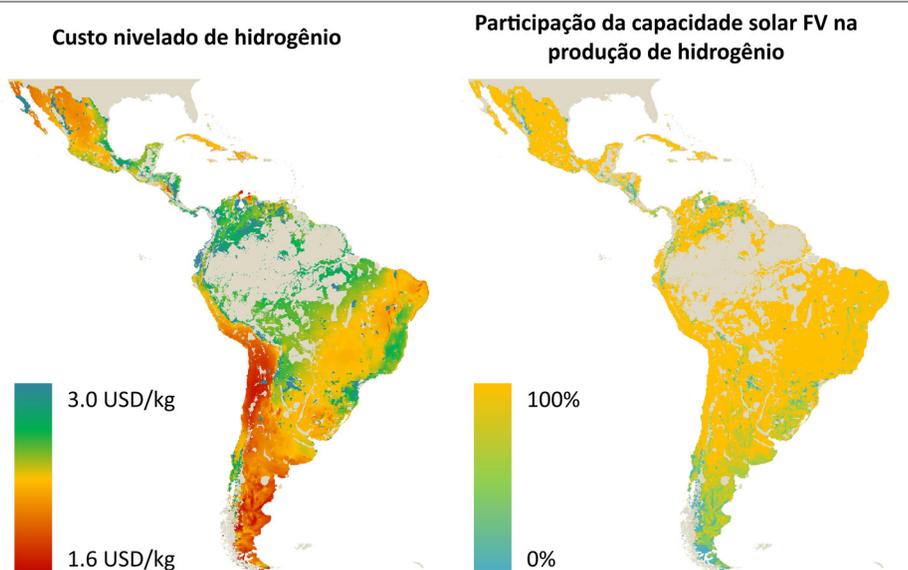
No APS, o uso de hidrogênio para geração de eletricidade é um dos principais impulsores da demanda de hidrogênio de baixas emissões, embora a sua participação na matriz elétrica seja inferior a 1% na ALC até 2050, em grande parte devido à disponibilidade imediata de recursos renováveis na região. O hidrogênio de baixas emissões tem um alto valor como combustível limpo,

armazenável e flexível, que pode ajudar a equilibrar as redes elétricas. Uma microrrede em Cerro Pabellón, no Chile, utiliza hidrogênio desde 2017 para fornecer eletricidade limpa e contínua, e outros projetos na escala de poucos megawatts estão em avaliação no México e em Barbados. Países como o México também considerando misturar hidrogênio nas suas turbinas de ciclo combinado de gás a partir de 2033.

3.4.2 Produção de hidrogênio de baixas emissões

No STEPS, a produção global de hidrogênio aumenta para 110 Mt em 2030 e 140 Mt em 2050, com o hidrogênio de baixas emissões representando apenas 6% do total em 2030 e 22% em 2050. No APS, a produção global de hidrogênio atinge cerca de 120 Mt em 2030 e 300 Mt em 2050, e o hidrogênio de baixas emissões representa 21% do total em 2030 e 82% em 2050. Ambos ficam muito aquém do exigido no Cenário NZE, que prevê que a produção global de hidrogênio aumente para 150 Mt em 2030 e 430 Mt em 2050, dos quais 46% é de hidrogênio de baixas emissões em 2030 e 97% em 2050.

Figura 3.15 ▶ Custos de produção de hidrogênio nivelados e participação da energia solar fotovoltaica proveniente de sistemas híbridos solares fotovoltaicos e eólicos na ALC, 2030



IEA. CC BY 4.0.

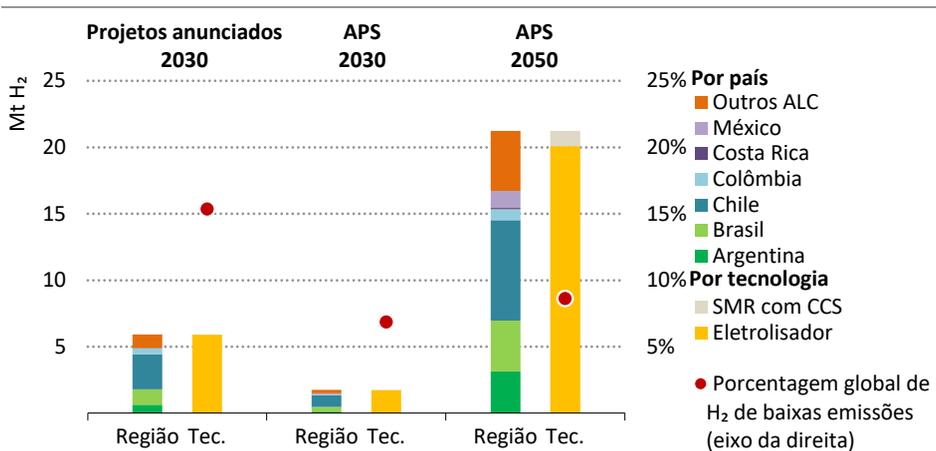
A região da ALC tem alguns dos custos de produção de hidrogênio renovável mais baixos do mundo

Notas: US\$/kg = dólares dos EUA por quilograma de hidrogênio. Para cada local, os custos de produção são determinados pela otimização da matriz de energia solar fotovoltaica, energia eólica *onshore*, eletrolisador e bateria, resultando em custos mais baixos. Os custos tecnológicos refletem os valores de 2030 no Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050.

Fonte: Análise por IEK-3, *Research Centre Jülich* usando o conjunto de modelos ETHOS.

A região da ALC está bem posicionada para se tornar líder na produção de hidrogênio de baixas emissões porque seus recursos de energia renovável abundantes significam que ela tem potencial para produzir hidrogênio de baixas emissões de maneira mais econômica do que muitas outras regiões do mundo (Figura 3.15). No APS, a produção de hidrogênio nos países da ALC é mais de 50% superior até 2030 ao que era em 2022, e a porcentagem de hidrogênio de baixas emissões é 25% superior à média global, destacando a margem para um rápido crescimento na produção de hidrogênio de baixas emissões na região.

Figura 3.16 ▶ Produção de hidrogênio de baixas emissões a partir de projetos anunciados na ALC e no APS, 2030-2050



IEA. CC BY 4.0.

Se todos os projetos anunciados de produção de hidrogênio de baixas emissões na ALC prosseguirem, a região será responsável por 15% da produção global anunciada até 2030

Notas: Os projetos anunciados são aqueles que planejam a produção até 2030, inclusive aqueles em estágios iniciais de desenvolvimento (como aqueles em que apenas foi anunciado um acordo de cooperação entre as partes interessadas). SMR com CCS = reforma a vapor do metano com captura e armazenamento de carbono, Tec. = tipo de tecnologia para produzir hidrogênio de baixas emissões.

Fonte: Hydrogen Projects Database, IEA (2023d).

De acordo com o acompanhamento de projetos de produção de hidrogênio da AIE (IEA, 2023d), até agora os países da ALC anunciaram principalmente projetos de hidrogênio de baixas emissões baseados na eletrólise da água, embora outras tecnologias sejam consideradas, com a exploração do Brasil da transformação do bioetanol em hidrogênio em um projeto de demonstração, por exemplo (Toyota, 2023). Se todos os projetos anunciados forem realizados, a produção anual de hidrogênio de baixas emissões poderá atingir cerca de 6 Mt H₂ em 2030, representando mais de 15% do total global (Figura 3.16). No entanto, o estado destes projetos varia, com apenas 0,1% em operação, em construção ou com decisão final de investimento, em comparação com mais de 6% a nível global. A maioria dos projetos em operação ou em construção são relativamente pequenos (<1 kt H₂/ano), mas alguns países da ALC são pioneiros em alguns projetos de maior

escala, um dos quais está em operação há quase seis décadas. Este projeto, *Industrias Cachimayo* no Peru, usa eletrolisadores alcalinos de 25 MW (equivalente a uma capacidade de 4,2 kt H₂/ano) conectados à rede para produzir hidrogênio para nitrato de amônio para explosivos em suas operações de mineração, e acordou com a Engie para fornecer garantias de que apenas fontes de energia renováveis alimentariam os eletrolisadores (ENGIE, 2022).

Como resultado das incertezas sobre a implantação real e da falta de políticas para incentivar a demanda por hidrogênio de baixas emissões, a produção será de apenas 0,3 Mt H₂ em 2030 e 2,1 Mt H₂ em 2050 no STEPS, aumentando no APS para 1,7 Mt H₂ em 2030, que representa cerca de 40% da produção atual baseada em combustíveis fósseis, e para 21,2 Mt H₂ em 2050, o que é cinco vezes mais (Figura 3.16). Isso resulta em uma incompatibilidade entre os projetos anunciados e os resultados do cenário, a menos que seja resolvida. Para que a produção acelere, os governos precisam enfrentar as incertezas regulatórias a nível nacional e internacional, impulsionar a demanda interna e procurar desenvolver acordos de exportação. Será importante garantir principalmente a cooperação internacional na certificação do hidrogênio para evitar a fragmentação do mercado e proporcionar segurança aos projetos de exportação.

Aumentar a concorrência da ALC com a produção de hidrogênio de baixas emissões

Aumentar a produção de hidrogênio de baixas emissões para transformar a região em fornecedora líder exige investimento, apoio nacional e internacional, políticas e regulamentos apropriados, desenvolvimento de capital humano e um esforço coordenado para aumentar simultaneamente a produção e a demanda de hidrogênio. Exige também o desenvolvimento das infraestruturas de transporte e armazenamento necessárias para apoiar o comércio internacional.

As oportunidades comerciais podem surgir da exportação de hidrogênio de baixas emissões, mas também podem surgir da exportação de produtos fabricados com hidrogênio de baixas emissões. A exportação de produtos desse tipo não exigiria o transporte e armazenamento de hidrogênio, enquanto a exportação de hidrogênio puro exigiria tecnologias que ainda estão em fase de demonstração (ver Capítulo 4). Embora alguns países planejem iniciar a produção de hidrogênio de baixas emissões para atender à sua própria demanda, outros podem depender fortemente das exportações. A participação ativa no comércio global de hidrogênio demonstra um imenso potencial para os países da ALC, que poderiam utilizar os seus recursos energéticos renováveis abundantes para criar valor e garantir fontes adicionais de receita.

Apesar de a região da ALC ser um centro para projetos de produção de hidrogênio de baixas emissões, há falta de divulgação sobre usinas relacionadas às tecnologias de hidrogênio. Isso poderia dificultar a industrialização e a criação de valor. No primeiro semestre de 2023, a CORFO do Chile procurou identificar empresas interessadas em projetos de fabricação de eletrolisadores no país e recebeu nove respostas, as quais pretende acompanhar com um pedido de propostas (CORFO, 2023). O projeto de Lei do Hidrogênio da Argentina (de julho de 2023) inclui requisitos de conteúdo local, mas há algumas dúvidas sobre a possibilidade de cumpri-los no curto prazo. Ao avaliar o potencial do hidrogênio na região, os países devem, ao mesmo tempo, desenvolver uma estratégia para criar um setor industrial robusto que maximize a inovação interna e a criação de riqueza ao longo de toda a cadeia de valor.

3.5 Transições centradas em pessoas

A transição energética global é, no fim, para e sobre as pessoas. Seja apoiando um aumento do padrão de vida, garantindo que a energia seja segura e acessível ou reduzindo a prejudicial poluição do ar e as emissões de GEE, a transição deve trazer bons resultados para a sociedade. A transição energética também depende de pessoas, sejam elas trabalhadores qualificados do setor energético que estão construindo a nova economia energética, famílias adotando novas tecnologias e práticas, ou o público em geral, cuja opinião é fundamental para saber como e com que rapidez estas transições devem ocorrer. Os governos devem, portanto, equilibrar a necessidade de realizar transições com considerações econômicas e políticas e incluir a sociedade civil no processo de definição desses caminhos.

A Comissão Global da AIE sobre Transições de Energia Limpa Centradas nas Pessoas apresenta recomendações para garantir que a transição energética seja para e sobre as pessoas. Essas recomendações são organizadas em torno de quatro pilares: empregos decentes e proteções aos trabalhadores; desenvolvimento social e econômico; equidade, inclusão e justiça social; e participação ativa da sociedade (IEA, 2021b). Muitos países da América Latina e Caribe enfatizam a ligação da agenda de sustentabilidade à agenda social e estão à procura de formas de fazer com que o progresso rumo a energias limpas proporcione melhorias aos cidadãos. Seus esforços para alcançar este objetivo estão assumindo formas variadas em toda a região, mas esses quatro pilares são relevantes para muitas das suas políticas. A acessibilidade dos preços segue sendo uma preocupação particular após a crise energética, especialmente para aqueles que continuam sem acesso à eletricidade e à energia limpa para cozinhar. A acelerada transição para a energia limpa também promete reduzir os gastos dos consumidores com energia, melhorar a qualidade do ar e criar novos empregos. Os governos devem considerar quem pode ser impactado negativamente, como famílias de baixa renda, comunidades de povos nativos e trabalhadores do setor de combustíveis fósseis.

3.5.1 Acesso à energia

Eletricidade

Progresso nas últimas décadas levou a maioria dos países da ALC para perto de alcançar o acesso universal à eletricidade. No entanto, 3% da população da ALC, cerca de 17 milhões de pessoas, não tem acesso à eletricidade. Quase três quartos deles estão concentrados em áreas rurais e em países que viram pouco progresso na última década, como o Haiti, onde vive mais de um terço das pessoas sem acesso. No entanto, até mesmo países grandes como o Brasil e o México, que têm taxas de acesso superiores a 99%, têm mais de 1,5 milhão de pessoas sem acesso. As comunidades pobres continuam a ser desproporcionalmente afetadas, não apenas pela falta de acesso, mas também por ligações não confiáveis. Por exemplo, mais de um quinto dos moradores de favelas no Brasil relatam sofrer apagões pelo menos uma vez por mês (CLASP, 2023). O acesso confiável e acessível à eletricidade continua sendo fundamental para outras agendas sociais importantes, como melhorias no acesso a água potável, educação e serviços de saúde.

A região pode alcançar acesso universal até 2030, mas isto exige esforços mais intensos nos países onde o progresso tem sido lento. No STEPS, cerca de 1 milhão de pessoas devem receber acesso, ano após ano, entre agora e 2030. Países como o México, o Brasil e o Peru têm políticas em vigor que visam proporcionar acesso universal, mas outros países estão ainda em vias de reduzir apenas ligeiramente o número de pessoas sem acesso. Alcançar acesso universal exige duplicar a taxa de progresso observada no STEPS, para que cerca de 2 milhões de pessoas ganhem acesso a cada ano. Bolívia, Equador, Guatemala, Honduras, Panamá e outros países que não alcançam acesso universal no STEPS têm metas para diminuir a diferença até 2030, mas estas metas precisam de ser apoiadas por planos e políticas concretas.

Para que o acesso universal seja alcançado até 2030, o investimento na provisão de acesso à eletricidade precisa atingir cerca de US\$ 1,6 bilhão ao ano, o que equivale a apenas cerca de 2% dos atuais investimentos em energia limpa na região. Ao contrário da situação na África, atrair o investimento necessário é um problema menor do que descobrir a melhor forma de fornecer eletricidade a comunidades remotas e assentamentos informais. Os sistemas de mini-redes elétricas e geração local estão desempenhando um papel mais importante no fornecimento de acesso a comunidades remotas em todo o mundo, apoiados por contínuas reduções de custos e melhorias técnicas. Na região da ALC, vários projetos importantes de mini-redes no setor de mineração impulsionaram uma base de fornecedores locais que pode ser ampliada. As soluções de geração local também podem desempenhar um papel em regiões que enfrentam riscos significativos de interrupção devido a mudanças climáticas.

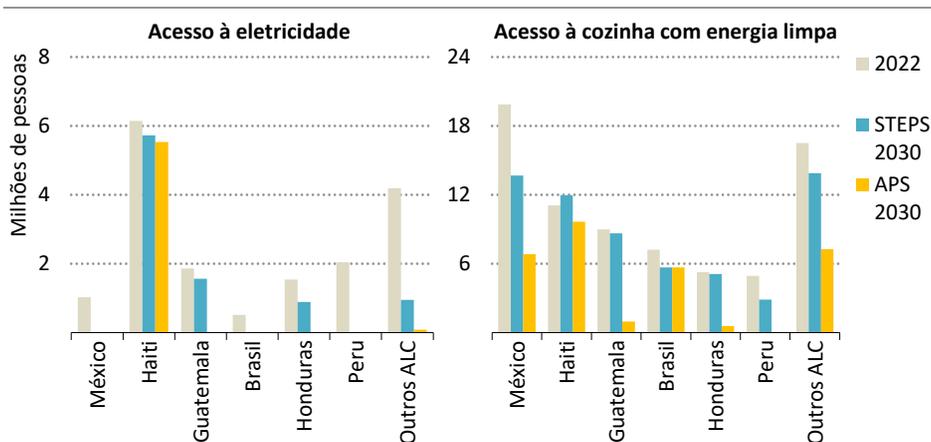
Cozinha com energia limpa

Quase 75 milhões de pessoas na ALC não têm atualmente acesso a cozinha com energia limpa, o que representa cerca de 11% da população da região.⁵ Enquanto alguns países se aproximam do acesso universal à cozinha com energia limpa, outros ainda têm uma grande parte da sua população sem acesso, incluindo o Haiti (95%), Honduras (50%), Guatemala (50%), México (15%), Peru (15%) e Bolívia (12%). Aqueles que não têm acesso dependem principalmente de biomassa sólida como lenha e carvão, mas algumas residências ainda utilizam carvão e, em menor medida, querosene (IEA, 2023e). Picos nos preços da energia e o aumento da inflação agravaram dificuldades prévias de acessibilidade e fazem com que a mudança para combustíveis modernos para cozinhar seja mais difícil, assim como diversas normas culturais e culinárias.

Para que o acesso universal à cozinha com energia limpa seja alcançado até 2030, os atuais esforços precisam ser intensificados (Figura 3.17). Desde 2010, mais de 20 milhões de pessoas conseguiram acesso a cozinha com energia limpa na região. O progresso continua em um ritmo semelhante no STEPS, com medidas no Brasil, México, Nicarágua e Peru compensando, em certa medida, os países que não possuem quadros de políticas robustas. No STEPS ainda há cerca de 60 milhões de pessoas sem acesso a cozinha com energia limpa em 2030. No entanto, se todas as metas nacionais relacionadas a cozinha com energia limpa forem cumpridas, esse número cai pela metade, para cerca de 30 milhões.

⁵ Em algumas partes da ALC, principalmente na região andina e nos territórios do sul, a lenha e outras formas de biomassa não sustentáveis são utilizadas como fonte de aquecimento, além da utilização para cozinhar.

Figura 3.17 ▶ População sem eletricidade e acesso a cozinha com energia limpa por país em 2022 e por cenário em 2030



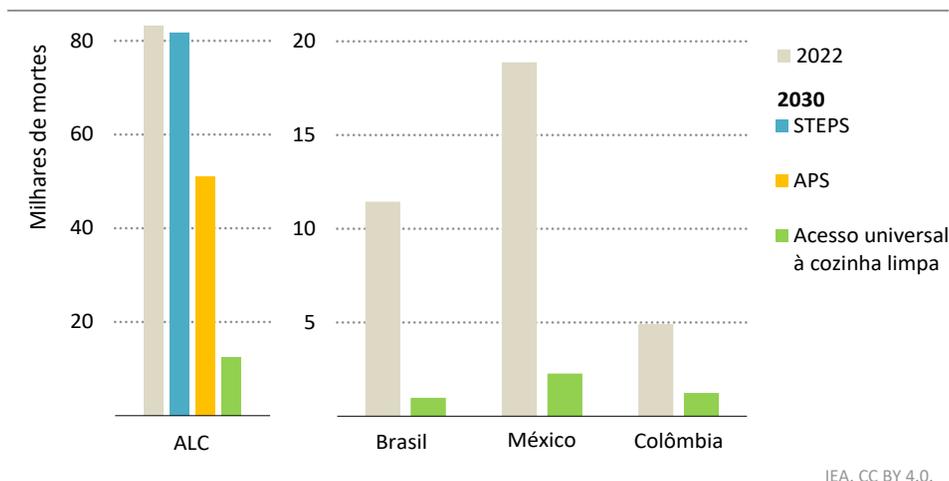
IEA. CC BY 4.0.

Países com quadros de políticas mais fortes continuam a fazer bom progresso rumo ao acesso universal à eletricidade até 2030, enquanto o acesso a cozinha com energia limpa fica para trás

Assim como na última década, o gás liquefeito de petróleo (GLP) representa o combustível preferido para ampliar o acesso à cozinha com energia limpa, seguido da eletricidade e de fogões de biomassa aprimorados. Cerca de dois terços das residências obtém acesso por GLP ou eletricidade num caminho para o acesso universal até 2030. Essas melhorias proporcionam melhoras acentuadas na saúde, reduzindo a poluição do ar doméstica, economias de tempo significativas e reduções nas emissões de GEE (emissões de metano resultantes da combustão incompleta da biomassa utilizada como fonte de energia e do desmatamento relacionado).

O número de mortes prematuras causadas pela poluição do ar doméstica chega a mais de 80 000 por ano na região, principalmente em áreas rurais (Figura 3.18). A falta de progresso no acesso à cozinha com energia limpa contribui para manter este número quase inalterado até 2030 no STEPS. Alcançar o acesso universal a cozinha com energia limpa até 2030 reduz em 85% as mortes prematuras anuais relacionadas com a poluição do ar doméstica. As famílias urbanas enfrentam uma maior poluição do ar ambiente, que também tem grandes impactos na saúde. O custo dos danos à saúde causados apenas por PM_{2,5} em 2019 foi de cerca de US\$ 40 bilhões, equivalente a 0,8% do PIB da região em 2019 (World Bank, 2022). Mulheres e crianças sofrem mais com a poluição do ar doméstica, uma vez que normalmente passam mais tempo expostas a fumaças nocivas e a fogões poluentes (IEA, 2023e).

Figura 3.18 ▶ Mortes prematuras por exposição à poluição do ar doméstica na ALC e em países selecionados em 2022 e por cenário em 2030



IEA. CC BY 4.0.

Complicações devido à poluição do ar doméstica contribuíram para mais de 80.000 mortes prematuras em 2022; o acesso universal em 2030 reduz as mortes prematuras em 85%.

Fonte: Análise AIE baseada na modelagem do IIASA.

3.5.2 Acessibilidade dos preços de energia

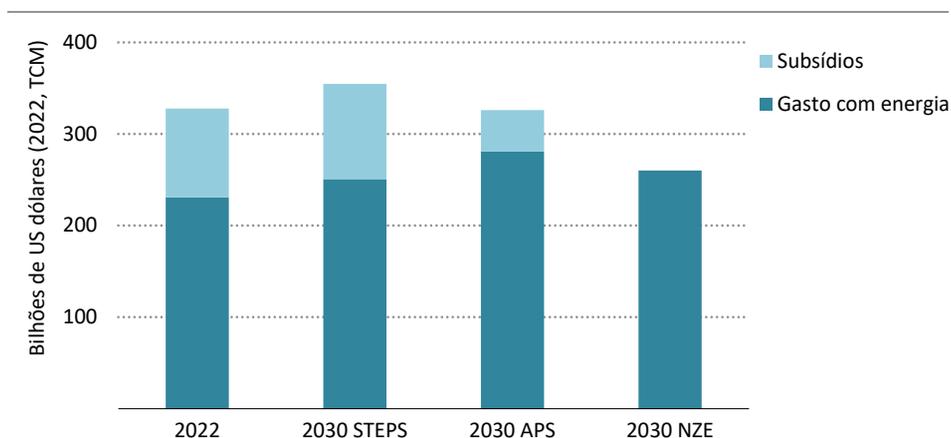
Manter os preços à energia acessíveis continua sendo uma prioridade fundamental para os governos da região, mas os custos incorridos pelos governos na busca desse objetivo estão aumentando. Durante a crise energética, medidas adicionais de suporte em relação aos preços foram implementadas por governos, para além dos subsídios já em vigor. Essas medidas ajudaram a manter a porcentagem da renda mensal que uma residência média da ALC gasta com consumo de energia entre 3-10%, apesar do aumento da inflação e da turbulência global nos mercados energéticos. Também fizeram com que os subsídios ao consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis aumentassem de 1,3% do PIB em 2021 para 1,7% do PIB em 2022 na região: esta parcela do PIB é cinquenta por cento superior à média global.

Diversas ideias de reforma de subsídios foram exploradas no passado, mas esta reforma continua sendo difícil de equilibrar com impactos a curto prazo sobre os consumidores, principalmente os de baixa renda. As famílias de baixa renda gastam uma parcela significativamente mais elevada da sua renda com energia do que grupos de renda mais elevada e são particularmente vulneráveis a choques de preços (IEA, 2023a). Esses desafios concentram-se frequentemente em áreas remotas ou em assentamentos informais onde cerca de uma em cada cinco pessoas da região vive (ECLAC, 2021). Contudo, os segmentos mais ricos da população em geral consomem mais energia e se beneficiam de forma desproporcional dos atuais regimes de subsídios. Reformas desses subsídios aliviarão a carga tributária e corrigirão os sinais de preços, permitindo ao mesmo

tempo que os governos introduzissem medidas de apoio mais específicas para as famílias de baixa renda.

Um ponto importante nesse contexto é que transições mais rápidas para energias limpas ajudam a reduzir os desafios da remoção de subsídios aos combustíveis fósseis. No STEPS, onde se removem as medidas emergenciais de suporte à acessibilidade, mas reformas mais amplas aos subsídios aos combustíveis fósseis permanecem limitadas até 2030, o custo total do fornecimento de energia aumenta em relação aos níveis atuais (Figura 3.19). No APS e no Cenário NZE, níveis mais elevados de eficiência e gastos reduzidos com combustíveis ajudam a conter o aumento dos custos de fornecimento de energia. No Cenário NZE, essas reduções são suficientemente grandes para manter os gastos dos consumidores de energia aproximadamente iguais aos do STEPS em 2030, mesmo após a remoção de todos os subsídios aos combustíveis fósseis.

Figura 3.19 ▶ **Gastos com energia doméstica em toda a economia na ALC em 2022 e por cenário em 2030**



IEA. CC BY 4.0.

A eliminação progressiva dos subsídios aos combustíveis fósseis reduz os gastos domésticos com energia em toda a economia e possibilita um apoio governamental mais direcionado

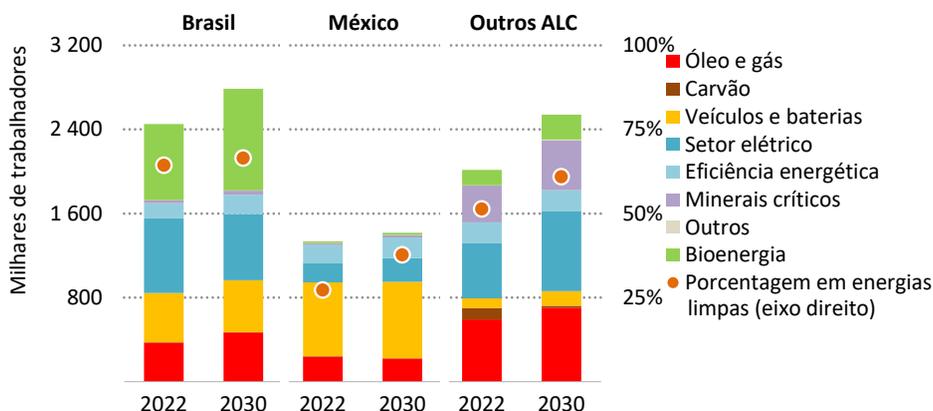
Notas: TCM = taxa de câmbio de mercado, NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050. Os subsídios são subsídios ao consumo de combustíveis fósseis, baseados na abordagem da diferença de preços da AIE. Gastos com energia incluem gastos com energia em transportes, bem como impostos e taxas, como por exemplo a tributação do carbono.

O Cenário NZE também depende de as famílias usarem tecnologias de energia limpa. Estas frequentemente têm custos iniciais mais elevados do que alternativas menos eficientes, mas estas são mais do que compensados ao longo do tempo por custos operacionais mais baixos. Muitos consumidores de baixa renda têm dificuldade de arcar com este aumento de custo inicial, mesmo que este valor adicional tenda a diminuir até 2030. Poderiam ser implementados incentivos ou novas estruturas de financiamento para ajudar os consumidores sensíveis aos preços a adotarem essas tecnologias limpas (ver seção 3.2).

3.5.3 Emprego no setor energético

Atualmente o setor energético desempenha um papel significativo nas economias de vários países da ALC. Cerca de 2% da força de trabalho da ALC trabalha no setor de energia, incluindo cerca de 6 milhões de empregos no fornecimento de energia, setor elétrico, eficiência energética e veículos (Figura 3.20). Esses empregos estão divididos igualmente entre indústrias de combustíveis fósseis e energia limpa, e a sua composição varia amplamente em toda a região. Existem várias economias com grandes forças de trabalho no setor de produção de petróleo e gás. O Brasil, sede da maior indústria de biocombustíveis, tem também o maior número de empregos no setor elétrico, empregando cerca de 700 000 pessoas, principalmente nos ramos de energias renováveis e redes elétricas. O México tem uma forte indústria de produção de veículos, muito focada nas exportações para os Estados Unidos e o Canadá. O setor de minerais críticos é uma fonte importante e crescente de emprego em toda a região.

Figura 3.20 ▶ Emprego no setor de energia na ALC em 2022 e no APS em 2030



IEA. CC BY 4.0.

Empregos no setor de energia limpa poderiam aumentar significativamente se a grande base de montadoras fizesse a transição para a fabricação de veículos elétricos

Notas: Outros incluem a energia nuclear e a produção de hidrogênio. Veículos referem-se a todos os veículos rodoviários. Minerais críticos incluem atividades de extração e processamento. O setor elétrico inclui redes.

No APS, os empregos no setor de energia aumentam 15% em 2030. A maior parte deste aumento está concentrado na energia limpa, onde o número de empregos chega a 4 milhões, acima dos 3 milhões atuais. Exceto no México, onde o número de trabalhadores se mantém estável de forma geral, o setor elétrico é o maior impulsionador do aumento do emprego. A força de trabalho na fabricação de veículos no México também cresce até 2030, mas as regulamentações nos Estados Unidos e as metas estabelecidas pelas montadoras fazem com que as linhas de produção mudem cada vez mais para a fabricação de veículos elétricos.

O setor de minerais críticos é também uma importante fonte de empregos na região e emprega atualmente cerca de 400 000 pessoas na ALC. O Chile tem mais empregos em minerais críticos do que qualquer outro país da região: só a sua extração e processamento de cobre é responsável por quase metade de todos os empregos em minerais críticos na região. No APS, a região mantém a sua parcela atual da produção mundial, e o aumento da demanda global por minerais críticos significa que o número de empregos aumenta em um terço até 2030. Atualmente, a região exporta a maior parte dos minerais críticos que extrai, mas alguns países anunciaram planos para utilizar os minerais nacionais para fabricar bens de valor agregado, notavelmente baterias de íons de lítio, o que poderia contribuir para um aumento do emprego na área de energia (Governo da Argentina, 2021a).

Empregos na produção de combustíveis fósseis também aumentam até 2030 no APS, à medida que a região cobre parte da demanda de petróleo e gás anteriormente atendida por exportações da Rússia. Novos projetos de petróleo e gás criam empregos adicionais, aumentando os empregos na produção de combustíveis fósseis em cerca de 100 000, de pouco mais de 1,3 milhão atualmente. Mais de 100 000 deste 1,3 milhão de empregos estão na indústria do carvão, principalmente na Colômbia, com alguns desses empregos sendo transferidos para outros setores até 2030. Contudo, podem surgir novas oportunidades que necessitem das competências aperfeiçoadas na produção de carvão, tais como a operação de maquinaria pesada e conhecimentos especializados em protocolos de segurança relevantes na mineração e processamento de minerais críticos.

Mudanças de emprego apresentam oportunidades para formalizar e diversificar a atual força de trabalho e reforçar objetivos políticos mais amplos na região. Embora o emprego informal no setor de energia seja relativamente limitado na região, ele representa, em média, cerca de 50% do emprego em toda a economia da região (ECLAC and ILO, 2023). Um crescimento do emprego em áreas como a bioenergia, a mineração e a eficiência energética, que dependem ou interagem com setores de trabalho informal, poderia contribuir para trazer trabalhadores para a economia formal, por exemplo por meio de requisitos de formação e certificação, tornando-se assim um catalisador para garantir acesso a mecanismos de proteção social como planos de saúde, regimes de aposentadoria e salvaguardas relacionadas ao desemprego.

Atualmente, as mulheres representam cerca de um quarto da força de trabalho em energia na região (IDB, 2023). No setor energético, a percentagem de mulheres em cargos de liderança sênior é de cerca de 15% atualmente, valor superior ao da economia em geral. Existem vários programas na ALC que visam abordar os desequilíbrios de gênero no setor e alguns países da região têm iniciativas lideradas pelo governo para reduzir a disparidade de gênero. Por exemplo, a Argentina criou a *Comisión Tripartita para la Igualdad de Oportunidades-Género* (Comissão Tripartite para a Igualdade de Oportunidades-Gênero) para promover a igualdade de gênero, incorporando questões de gênero nas políticas de emprego, enquanto o Chile implementou o *Mujer + Energía* (Mulher + Energia), programa para promover a inclusão de grupos historicamente sub-representados no setor energético e para proporcionar formação profissional às mulheres.

Quadro 3.2 ▸ Envolvimento comunitário

A participação pública e o envolvimento comunitário são tão vitais para garantir transições energéticas bem-sucedidas e centradas nas pessoas na América Latina e Caribe quanto no resto do mundo. Essa participação gera apoio público, incorpora perspectivas locais, estimula ideias inovadoras de uma variedade de partes interessadas e ajuda a criar planos de transição energética que sejam sustentáveis, localmente apropriados e viáveis. Vários países da ALC, como o Chile e a Colômbia, elaboraram extensos processos de consulta pública para desenvolver as suas estratégias nacionais de transição energética. O seu elemento central é a seleção aleatória de grupos representativos de cidadãos para aprender, deliberar e fazer recomendações sobre como responder às mudanças climáticas.

Processos de consulta e participação cidadã também representam uma oportunidade para desenvolver planos inclusivos com contribuições de base, de mulheres, jovens, comunidades de povos indígenas e grupos vulneráveis que, historicamente, podem ter sido frequentemente menos representados nos processos de elaboração de políticas. A inclusão e participação ativa dessas comunidades não é apenas uma questão de garantir o seu apoio: também cria oportunidades para aproveitar a sua compreensão dos ecossistemas locais ao considerar a adaptação e mitigação das mudanças climáticas. No Peru, o processo de consulta prévia às comunidades de povos indígenas sobre a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas levou ao estabelecimento da Plataforma dos Povos Indígenas para Enfrentar as Mudanças Climáticas, que é usada para gerenciar, desenvolver e monitorar as propostas apresentadas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas apresentadas pelos povos indígenas.

É também essencial envolver as gerações mais jovens, que terão de conviver com os resultados a longo prazo das decisões políticas tomadas atualmente. Um exemplo é a academia ODS 7 para jovens no setor energético, do Panamá, que visa desenvolver competências e aumentar a capacitação, ao mesmo tempo que desenvolve uma rede ativa de jovens líderes para apoiar a implementação da agenda de transição energética.

Os cidadãos também têm um papel importante a desempenhar na transição para energias limpas. Países como o México e Chile desenvolveram campanhas de conscientização para reduzir a utilização de energia e projetos de energia de base comunitária estão sendo cada vez mais implementados em toda a região. Eles têm demonstrado benefícios evidentes em levar à implantação eficaz de energias renováveis e melhorias de eficiência, ao mesmo tempo que reduzem custos, apoiam o acesso à energia, ajudam a garantir um fornecimento de energia elétrica confiável e a criar empregos locais. Por exemplo, o programa RevoluSolar no Brasil implantou com sucesso tecnologias de energia solar em algumas favelas por meio de modelos cooperativos que envolvem o treinamento de moradores de favelas na instalação e manutenção de sistemas de energia solar fotovoltaica e até o momento 80% das pessoas treinadas são mulheres.

3.6 Segurança e integração elétrica regional

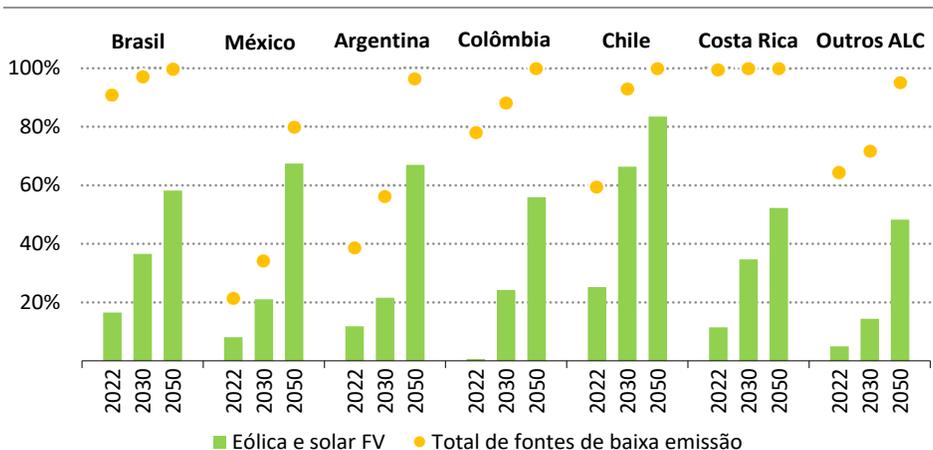
Os sistemas elétricos em toda a América Latina e Caribe estão preparados para uma grande mudança, de uma base de centrais hidrelétricas e térmicas para uma base cada vez mais dependente da energia eólica e solar fotovoltaica (FV). Isso exigirá novas fontes de flexibilidade e mudanças na operação do sistema para manter a segurança elétrica. Uma integração elétrica regional mais profunda na ALC é importante neste contexto: poderia aumentar a confiabilidade do sistema, reduzir os custos de eletricidade e apoiar a expansão das fontes renováveis. Esta seção discute a justificativa para os países da ALC buscarem uma maior integração elétrica regional e os benefícios e desafios que isso poderia trazer.

Na Convenção da Comunidade dos Estados Latino-Americanos e Caribenhos (CELAC) realizada em Buenos Aires em janeiro de 2023, os presidentes dos países da ALC reforçaram a importância das interconexões elétricas regionais e pediram mais ações para aproveitar as vantagens das complementaridades entre os países (CELAC, 2023). Os países da ALC registraram vários graus de progresso no sentido da integração elétrica regional por meio de acordos comerciais multilaterais, acordos bilaterais de comércio de energia elétrica interconectada e usinas elétricas de propriedade conjunta. Por exemplo, os países da América Central têm um mercado secundário integrado, para negociação de diferenças e excedentes de eletricidade, desde que a interconexão SIEPAC foi concluída em 2013 (IEA, 2019a). Na América do Sul, diversas interconexões foram estabelecidas nas últimas décadas, por exemplo, entre Brasil e Argentina, Colômbia e Equador, Argentina e Uruguai, e Chile e Argentina, e vários novos projetos estão em fase de estudo (CIER, 2022). Há três usinas hidrelétricas de propriedade conjunta na região. O principal exemplo é a usina de Itaipu com 14 GW, a terceira maior usina hidrelétrica do mundo, que é propriedade do Brasil e do Paraguai. No entanto, o comércio transfronteiriço de eletricidade continua limitado em comparação com outras regiões do mundo.

3.6.1 Justificativa para maior integração elétrica regional

Os sistemas elétricos na ALC deverão passar por grandes aumentos nas necessidades de flexibilidade até 2050 no APS, à medida que a energia eólica e a energia solar fotovoltaica aumentam sua participação na geração de eletricidade para mais de 60% em alguns países (Figura 3.21). As necessidades de flexibilidade da ALC em 2050 atingem quase cinco vezes o nível de 2021 no APS. Diferentes níveis de energias renováveis na matriz de produção e diferentes dotações de recursos proporcionam oportunidades para um aumento do comércio multilateral, com os países que têm excesso de energias renováveis proporcionando flexibilidade àqueles que delas necessitam. Na maioria dos casos, as necessidades de flexibilidade poderiam ser tecnicamente atendidas sem recorrer ao comércio transfronteiriço ou à integração elétrica regional por meio da utilização de unidades programáveis, da expansão da transmissão doméstica, de novas medidas de armazenamento de energia e de resposta à demanda, mas com níveis mais elevados de energia transfronteiriça o comércio tem potencial para satisfazer essas necessidades a custos mais baixos.

Figura 3.21 ▶ Eletricidade com baixas emissões na matriz de geração conectada à rede em países seleccionados da ALC no APS, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

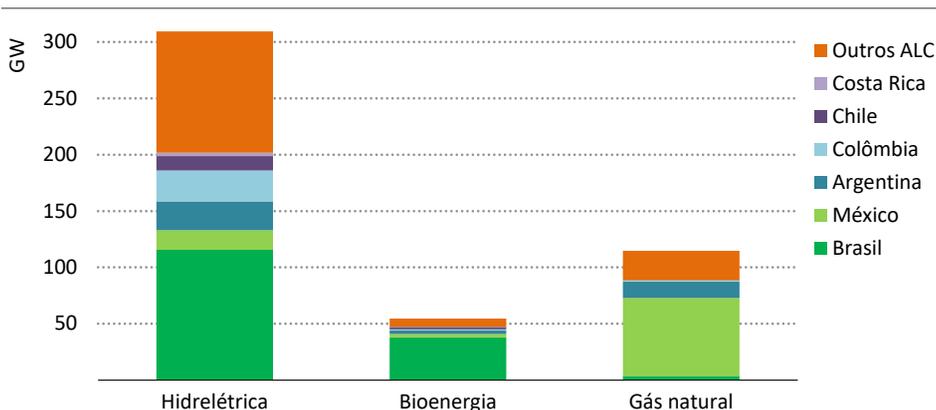
A energia solar fotovoltaica e a energia eólica deverão desempenhar papéis cada vez mais importantes na matriz de eletricidade da ALC

A capacidade de geração de energia elétrica programável distribuída pelos países da região também oferece oportunidades para aumentar o comércio transfronteiriço. Se a flexibilidade interna não estiver disponível ou for onerosa, a integração regional oferece aos países a possibilidade de explorar a capacidade programável de outros sistemas. No APS, mais de 300 GW de capacidade hidrelétrica estarão em operação em vários países até 2050, criando oportunidades significativas para o comércio (Figura 3.22). Outras fontes importantes de produção flexível, como as centrais alimentadas a bioenergia e a gás natural, também poderiam proporcionar resultados de flexibilidade rentáveis internacionalmente.

As complementaridades a longo prazo entre as regiões podem criar incentivos para o aumento do comércio transfronteiriço, uma vez que a expansão da eletrificação e maiores parcelas de energias renováveis resultarão em uma maior dependência climática da demanda e da oferta de eletricidade. A classificação Köppen-Geiger (Beck et al., 2018) divide entre cinco as principais zonas climáticas (temperada, tropical, árida, continental e polar), todas encontradas na ALC. As diferenças entre zonas resultam em variações de temperatura, precipitação, força do vento e padrões de radiação solar, que dão origem a complementaridades relacionadas com a demanda de eletricidade e com a energia hidrelétrica, solar fotovoltaica e eólica (IEA, 2023g). Por exemplo, zonas de clima tropical, como em partes do Brasil, registram a sua maior disponibilidade de energia hidrelétrica na estação chuvosa no final do ano, o que resulta em uma menor produção eólica e solar fotovoltaica. Ao mesmo tempo, países como o Peru e o Chile têm períodos secos durante esses meses, combinados com uma elevada produção solar fotovoltaica. Além disso, as diferenças nos padrões climáticos entre zonas significam que, embora algumas zonas possam

registrar picos de demanda no verão, em decorrência de necessidades de refrigeração, outras poderão registrar picos de demanda no inverno, devido às necessidades de aquecimento, enquanto fenômenos climáticos interanuais, como o El Niño, poderão fazer com que alguns países tenham estações mais secas, enquanto outros tenham estações mais úmidas e prolongadas (Ochoa, Dyner, & Franco, 2013), bem como afetar a produção eólica e solar fotovoltaica, criando incentivos adicionais para trocas transfronteiriças de eletricidade.

Figura 3.22 ▶ **Principal capacidade de geração de energia elétrica despachável por tipo em países selecionados no APS, 2050**

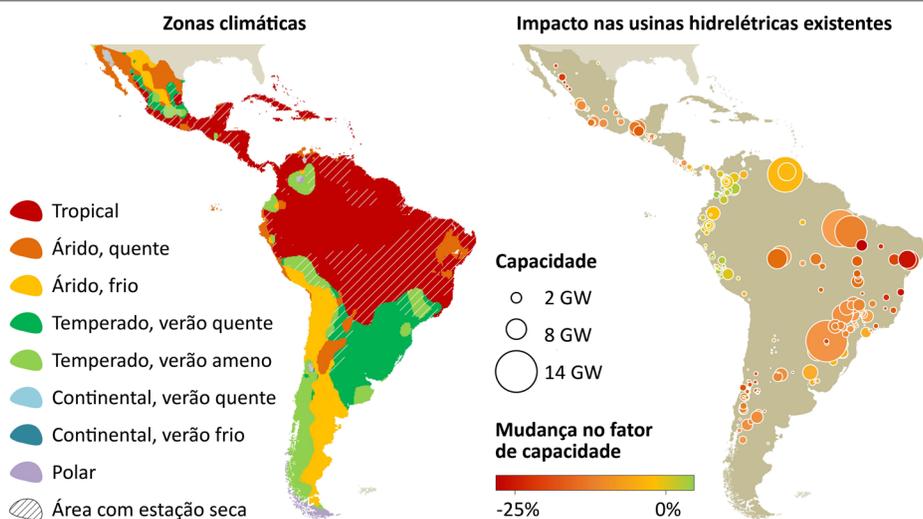


IEA. CC BY 4.0.

Vários países da ALC controlam quantidades significativas de energia hidrelétrica e outras fontes flexíveis de geração de eletricidade

As mudanças climáticas também poderão evidenciar as diferenças na disponibilidade de energia hidrelétrica em diferentes zonas. A análise da AIE com base no cenário RCP 2.6 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) mostra que, embora algumas instalações hidrelétricas na região possam ver efeitos menores, ou até mesmo efeitos positivos discretos, e efeitos de longo prazo em sua produção anual, outras poderiam ver seu fator de capacidade cair em mais de 20% do seu nível médio de 1970-2000 (Figura 3.23). Isso poderia levar algumas áreas a compensar a falta de produção hidrelétrica com outros recursos locais ou por meio de importações transfronteiriças. As perturbações nos padrões climáticos causadas pelas mudanças climáticas também poderão evidenciar as diferenças nas temperaturas, nos padrões do vento e na radiação solar, aumentando possivelmente as complementaridades entre zonas em termos de oferta e demanda de eletricidade. Embora diversos impactos potenciais tenham sido encontrados em outros estudos, por exemplo, na energia hidrelétrica no Brasil (IEA, 2021c), uma integração regional mais profunda traria benefícios.

Figura 3.23 ▶ Zonas climáticas atuais (esquerda) e mudanças operacionais para usinas hidrelétricas existentes em 2040-2060 em relação a 1970-2000, cenário RCP 2.6 do IPCC (direita)



IEA. CC BY 4.0.

Zonas climáticas variáveis e potenciais impactos das mudanças climáticas sobre usinas hidrelétricas apontam para benefícios do aumento do comércio transfronteiriço de energia elétrica

Nota: RCP.2.6 é um cenário de emissões considerado no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2014). Dentre os cenários do IPCC, é o que está mais alinhado com o APS.

Fontes: Zonas climáticas adaptadas de Beck et al. (2018). Análises de hidrelétricas baseadas na AIE (2021c).

Todas essas características poderão ser traduzidas em complementaridades em escalas temporais de curto prazo (por hora/diária) e mais longas (mensal/sazonal). No extremo mais curto da escala, por exemplo, as reduções na produção de energia eólica e solar em um sistema poderiam ser compensadas por meio da negociação com um sistema vizinho que tivesse um excedente imediato de energia eólica e solar fotovoltaica. Em um período mais longo, a negociação poderia se beneficiar das complementaridades em nível sazonal. Por exemplo, a produção agregada de energia eólica e solar fotovoltaica na região tende a ser mais alta no terceiro trimestre do ano, enquanto a energia hidrelétrica tende a atingir o pico no final do ano e no primeiro trimestre do ano subsequente (Figura 3.24). As quedas mensais na produção de energias renováveis em alguns países poderiam ser parcialmente compensadas pela negociação com países onde há aumentos. Por exemplo, as quedas na produção eólica e solar fotovoltaica em março e abril no Brasil poderiam ser parcialmente compensadas por aumentos na Argentina, no Chile e na Colômbia. Além disso, as complementaridades para a energia hidrelétrica em diferentes zonas climáticas, como é o caso do Brasil, da Argentina e do Paraguai, podem proporcionar benefícios por meio da expansão do comércio e da coordenação.

Figura 3.24 ▶ Alterações na produção mensal de energia eólica, solar fotovoltaica e hidrelétrica em países selecionados da ALC no APS, 2050



IEA. CC BY 4.0.

As fontes renováveis de eletricidade na ALC se complementam, com oscilações mensais para energia eólica e solar fotovoltaica que se complementam com os padrões sazonais de energia hidrelétrica

Notas: Hidr. = hidroelétrica. Os valores refletem diferenças entre a geração mensal e a geração média anual. Os fatores de capacidade são baseados em dados históricos para 2015-2022 para energia hidrelétrica e 2018-2022 para energia eólica e solar fotovoltaica.

3.6.2 Benefícios e desafios para melhorar a integração elétrica regional

Benefícios

Os benefícios potenciais de uma maior integração elétrica regional incluem segurança elétrica, acessibilidade e integração de energias renováveis. A medida em que esses benefícios poderão ser obtidos dependerá do nível de integração de mercado alcançado, desde medidas de integração em fase inicial, como acordos bilaterais de comércio de energia elétrica (já em vigor, por exemplo, entre o Paraguai e o Brasil) até uma integração profunda, como no Mercado Interno da União Europeia ou mercado PJM nos Estados Unidos.

Em primeiro lugar, uma maior integração regional pode trazer maior segurança elétrica. O acesso a uma gama mais ampla de recursos em diferentes áreas pode ajudar os países a enfrentar a variabilidade dos recursos internos ou a escassez de oferta, por exemplo, no caso de períodos de baixa produção de energias renováveis ou interrupções de infraestruturas. Por exemplo, quando o Brasil foi afetado pela baixa produção de energia hidrelétrica, o Uruguai aumentou suas exportações de energia elétrica para o Brasil de 0,4 TWh em 2020 para 2,2 TWh em 2021 (ADME, 2021). À medida que fenômenos como as estações secas se tornam mais intensos e frequentes, uma maior integração regional poderá contribuir cada vez mais para garantir que os sistemas sejam mais resilientes às mudanças climáticas e para melhorar a segurança elétrica.

Em segundo lugar, uma maior integração regional pode tornar o fornecimento de energia elétrica mais acessível. Permite que os recursos sejam agrupados em áreas maiores e utilizados de forma mais eficiente, se beneficiando de mercados maiores e de economias de escala. Isso fornece margem para reduzir custos operacionais. Por exemplo, estudos sugerem que os países da América Central que participam do Mercado de Eletricidade da América Central obtiveram benefícios econômicos como resultado da negociação em um mercado comum de energia elétrica (IDB, 2017a). A longo prazo, também conduz a uma menor necessidade de investimento em capacidade. Por exemplo, o Banco Mundial estimou que 20 países da região, considerando as suas atuais usinas elétricas e padrões de procura, poderiam poupar quase US\$ 2 bilhões por ano caso houvesse comércio transfronteiriço ilimitado entre os seus sistemas elétricos (World Bank, 2021b). Da mesma forma, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (IDB, 2017b) estimou que uma maior interconexão na região resultaria em custos anuais e necessidades de investimento em capacidade mais baixos até 2030.

Em terceiro lugar, uma integração regional mais profunda pode apoiar a integração das energias renováveis, reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e contribuir para as ambições de descarbonização. Por exemplo, a lógica que fundamenta o mercado elétrico integrado da América Central é a de otimizar a utilização da energia geotérmica e dos recursos hidrelétricos (IDB, 2017a) e reduzir a necessidade de importações de combustíveis fósseis a preços elevados. À medida em que a utilização da energia solar fotovoltaica e eólica se expande, e à medida em que os padrões climáticos mostram mais variações devido às mudanças climáticas, uma integração regional mais profunda pode ajudar os países a gerenciarem a variabilidade local no fornecimento de energias renováveis, proporcionando acesso a mais recursos, e contribuir também para reduzir a restrição das energias renováveis.

Desafios

Vários obstáculos terão de ser ultrapassados pelos países interessados na região para desbloquear os benefícios de uma integração mais profunda do sistema elétrico. Análises anteriores da AIE sugerem um conjunto de requisitos mínimos comuns (políticos, técnicos e institucionais) que precisam ser cumpridos para que haja progresso no comércio multilateral de energia elétrica e em níveis mais profundos de integração do mercado (IEA, 2019b). Uma liderança política forte e eficaz é um pré-requisito essencial para acordos que sejam sustentados e melhorados ao longo do tempo. O mesmo ocorre com uma perspectiva holística, dada a natureza dos desafios. Isso significa que a integração regional não pode ser uma questão apenas da competência dos ministérios e reguladores da energia, e é necessário reconhecer que pode levar muito tempo para chegar a um acordo. Por exemplo, o Tratado-Marco do Mercado Elétrico da América Central foi assinado em 1996, após anos de realização de estudos de viabilidade e o mercado só começou a funcionar depois de cerca de 17 anos.

As melhorias internas serão fundamentais para melhorar a eficiência da operação de cada sistema elétrico. Isso inclui diversas áreas que estão atualmente em discussão na região, tais como melhorias na concepção do mercado, otimização dos processos de licenciamento e melhoria do processo de planejamento e desenvolvimento de redes de transmissão e distribuição.

Além das melhorias internas, são necessários acordos multilaterais sobre questões como a harmonização das especificações técnicas, a negociação comercial e a concepção do mercado, bem como a coordenação do planejamento e do investimento, para desbloquear todos os benefícios de uma integração elétrica regional mais profunda. Os reguladores e os serviços públicos nacionais desempenharão papéis cruciais na resolução da maioria das questões envolvidas. A harmonização dos aspectos técnicos inclui o acordo sobre a operação da rede e critérios de avaliação de segurança, juntamente com códigos de rede e requisitos técnicos, tais como a metodologia de cálculo da capacidade de interligação para trocas de energia elétrica. A negociação comercial e a concepção do mercado incluem questões como a definição da alocação entre os países participantes com relação aos custos de transmissão, os acordos de compra de energia elétrica e o nível de agrupamento do mercado. Em fases avançadas de integração, os países poderiam se beneficiar de financiamento coordenado para projetos prioritários e de um nível de planejamento de sistema coordenado, em vez de planos nacionais autônomos.

A implantação de mais infraestruturas físicas transfronteiriças é essencial e precisa ser acompanhada por investimentos em infraestruturas de rede nacionais que permitam a melhor utilização dos recursos nacionais. A região já possui capacidade de interligação e algumas usinas hidrelétricas de propriedade conjunta. No entanto, a capacidade para o comércio transfronteiriço permanece limitada em comparação com outras regiões, de forma que a ALC tem oportunidades substanciais de fazer mais para aumentar a infraestrutura comercial transfronteiriça disponível.

Além disso, a criação de instituições regionais fortes e estáveis é de vital importância, bem como a introdução de mudanças relacionadas nas suas instituições nacionais. A Organização Latino-Americana de Energia (OLADE) foi criada em 1973 em parte para promover a integração, conservação e uso racional dos recursos energéticos da região: ela tem um papel muito significativo para os próximos anos. A criação do Sistema de Integração Centro-americana (SICA) em 1993, como organização regional e política, facilitou o diálogo regional e fez com que iniciativas de integração fossem concretizadas nos anos posteriores. A criação da Comissão Regional de Interconexão Elétrica (CRIE) da América Central também foi extremamente importante: as suas responsabilidades incluem a coordenação com os seis reguladores nacionais dos países participantes e a regulação do funcionamento do Mercado Regional de Eletricidade (MER).

3.7 Transições em economias produtoras

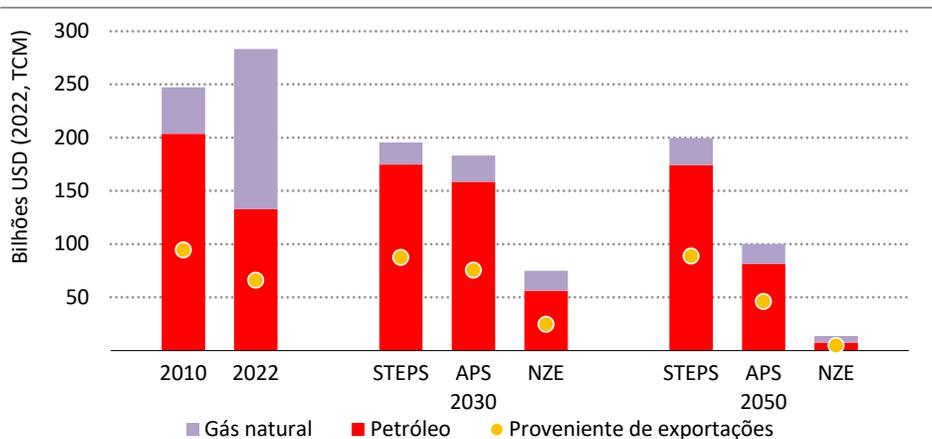
A produção de combustíveis fósseis é uma parte fundamental da economia de muitos países da América Latina e Caribe e uma importante fonte de moeda estrangeira. O rendimento líquido do fornecimento de combustíveis fósseis na região totalizou cerca de US\$ 300 bilhões em 2022, dos quais o petróleo e o gás representaram cerca de 95%. Alguns países são altamente dependentes da indústria de petróleo e gás: em Trinidad e Tobago, a petroquímica e a indústria de petróleo e gás natural são responsáveis por mais de 35% do PIB (Government of Trinidad and Tobago, 2023), na Venezuela, o petróleo representa cerca de 90% das exportações em valor (OPEC, 2023). O fornecimento de carvão está concentrado na Colômbia, onde as exportações de carvão trouxeram um ingresso de mais de US\$ 10 bilhões para a economia nacional em 2022 e, juntamente com o petróleo, representaram 55% dos produtos exportados (IMF, 2023a). Esses produtores são importantes para o mercado nacional e internacional. Mais de 60% do petróleo e do gás produzidos na ALC permanecem na região. Embora os preços do petróleo e do gás tenham um grande impacto nos balanços nacionais, os cidadãos são frequentemente protegidos das oscilações internacionais devido às políticas internas. A parcela restante da produção de petróleo e gás é exportada para alguns dos principais centros de demanda global, incluindo os Estados Unidos, a China, a União Europeia e a Índia.

3.7.1 Equilibrar as perspectivas de demanda de curto e longo prazo

Os nossos cenários indicam que, mesmo que a descarbonização apresente um avanço rápido, o petróleo e o gás natural desempenharão papéis importantes, embora em declínio no sistema energético nos próximos anos. O gás natural pode ajudar a fornecer serviços que são difíceis de prover de forma rentável com alternativas de baixo carbono, como o aquecimento a alta temperatura para a indústria, e levará tempo para substituir o petróleo na aviação, na navegação e na petroquímica. As perspectivas para a produção de combustíveis fósseis até 2030 variam de forma acentuada de acordo com o cenário, com um aumento de quase 15% no STEPS, uma estagnação no APS e uma redução de mais de 20% no Cenário NZE. Todos os cenários apresentam um declínio em relação aos níveis de 2022 em termos do valor do lucro líquido associado à indústria de combustíveis fósseis (Figura 3.25). Isso é resultado de uma diminuição dos preços frente aos níveis recorde observados em 2022 e de uma redução da demanda global desses combustíveis. Muitas economias produtoras buscam abandonar os combustíveis fósseis ao longo do tempo, tendo em conta o papel cada vez menor desses combustíveis no setor energético global. A Colômbia, por exemplo, anunciou que deixará de conceder novos contratos de exploração de combustíveis fósseis.

A região tem produtores novos e consolidados, e as perspectivas de desenvolvimento variam acentuadamente de país para país. A produção de petróleo tem aumentado no Brasil e na Guiana, enquanto está em declínio na Venezuela e no México. O aumento da procura e dos preços do gás natural liquefeito (GNL) em 2022 fizeram com que importadores esporádicos, como a Argentina e a Colômbia, procurassem alternativas ao gás natural: também destacou o importante papel desempenhado por exportadores como Trinidad e Tobago e Peru na redução da rigidez do mercado (Figura 3.26).

Figura 3.25 ▶ Lucro líquido do fornecimento de petróleo e gás na ALC, 2010-2050

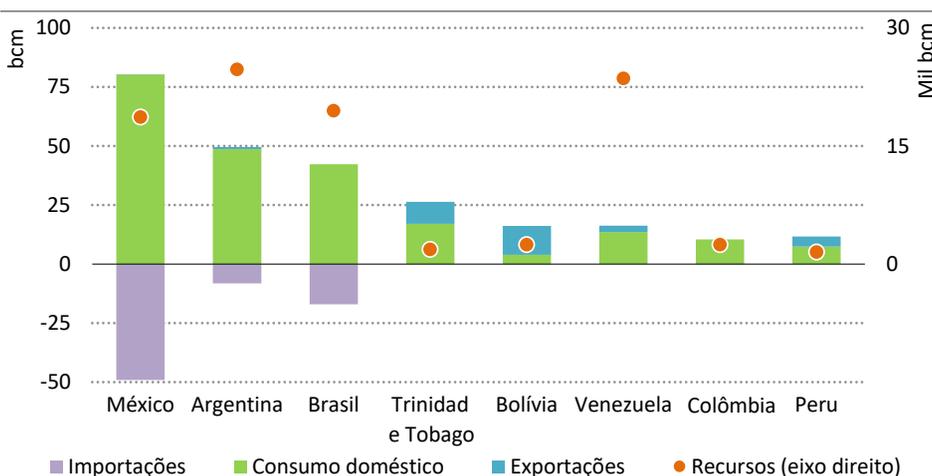


IEA. CC BY 4.0.

À medida em que os preços mudam após máximas históricas, o lucro líquido de petróleo e gás diminui em cada cenário para 2030. As exportações superam os níveis de 2022 até 2030 no STEPS e no APS.

Notas: TCM = taxa de câmbio de mercado, NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050. O lucro líquido - ou seja, a diferença entre receitas e outros rendimentos e custos, despesas e outras deduções - é apresentado para as exportações e a oferta total.

Figura 3.26 ▶ Demanda, importações, exportações e recursos de gás natural em países selecionados, 2021



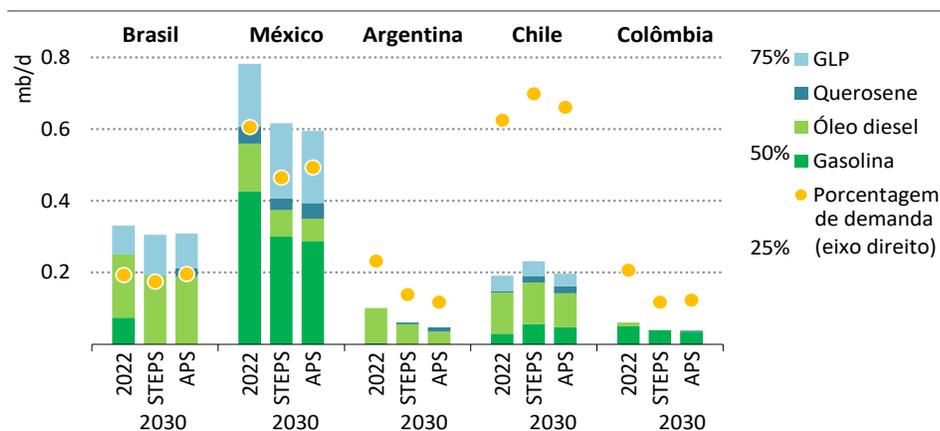
IEA. CC BY 4.0.

Alguns países que atualmente importam gás natural possuem recursos grandes e subexplorados

Nota: bcm = bilhões de metros cúbicos.

Embora a região seja exportadora líquida de petróleo há muito tempo, continua sendo uma importadora líquida de produtos petrolíferos (Figura 3.27). Todos os principais produtores possuem refinarias de petróleo, mas essas atendem apenas cerca de metade da demanda de diesel e gasolina na ALC. Historicamente, os Estados Unidos têm sido o principal fornecedor a preencher essa demanda, mas os preços comparativamente mais baixos fizeram com que os produtos russos aparecessem no mercado. Vários países procuram agora expandir os seus segmentos *downstream*. A Colômbia concluiu obras de expansão em uma refinaria em 2022, e o Brasil anunciou planos para aumentar a capacidade de refino da Petrobras, incluindo a capacidade de biocombustíveis. O México pretende aumentar a capacidade de refino da Pemex, inclusive investindo na refinaria de Olmeca, e a médio prazo a Pemex pretende refinar toda a sua produção localmente.

Figura 3.27 ▶ Importações líquidas de produtos petrolíferos por tipo em países selecionados em 2022 e por cenário em 2030



IEA. CC BY 4.0.

Os países da ALC continuam sendo importadores líquidos de produtos petrolíferos refinados

As economias produtoras também planejam investimentos na indústria de gás natural. O Brasil tomou medidas para facilitar a participação privada no seu setor *midstream*, no qual são esperados novos investimentos em capacidade de processamento. Novas decisões de investimento para projetos de GNL foram tomadas no Suriname e o México está analisando o desenvolvimento de diversos terminais.

Embora as perspectivas possam variar conforme o cenário, essas economias produtoras enfrentam o risco de que novos projetos não sejam competitivos em termos de custos ou resultem em ativos irrecuperáveis (IEA, *subsequente*). Os projetos de GNL e de refinarias têm custos de capital particularmente elevados. A nova capacidade de refino enfrentará uma forte concorrência por parte de refinarias existentes em outras regiões e que procuram mercados de exportação. Com cerca de 250 bilhões de metros cúbicos (bcm) de capacidade anual de liquefação

em construção, os mercados globais de GNL podem estar amplamente abastecidos no STEPS até pelo menos 2040. No APS, o comércio de GNL atinge o pico antes de 2035 e os projetos em construção são suficientes para cumprir com a demanda. No Cenário NZE, esses projetos de GNL em construção não são necessários.

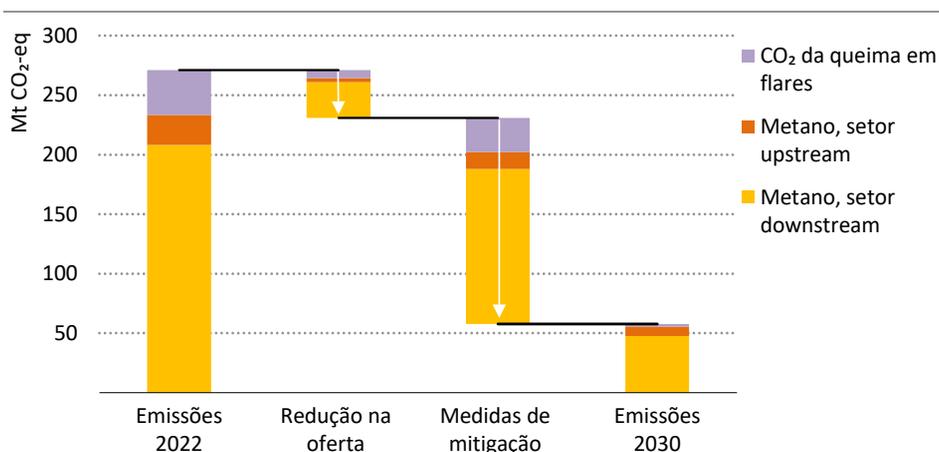
3.7.2 Reduzir as emissões de gases de efeito estufa

Os produtores da região precisam equilibrar um impulso de curto prazo para o aumento da produção de combustíveis fósseis enquanto os preços continuam altos mediante a diminuição da demanda de combustíveis fósseis no longo prazo. Isso poderia favorecer o desenvolvimento de recursos que possam manter um preço competitivo em cenários com preços de emissões de GEE ou mecanismos de ajuste de carbono nas fronteiras. Os esforços para reduzir a queima e as emissões de metano são essenciais neste contexto.

A queima e os vazamentos de metano são uma das principais fontes de emissões na Venezuela, no México, na Argentina e em outros países produtores de petróleo e gás da região. A intensidade das emissões de metano das operações de petróleo e gás na Venezuela é cinco vezes superior à média mundial, e a intensidade da sua queima é sete vezes superior à média global. As economias produtoras podem trabalhar com parceiros comerciais para reduzir as emissões de abrangência 1 e 2 das atividades de petróleo e gás, combater as emissões de metano, eliminar a queima não emergencial, eletrificar instalações *upstream* com eletricidade de baixas emissões, equipar os processos de petróleo e gás com Captura, Uso e Armazenamento de Carbono (CCUS), e expandir o uso de hidrogênio de eletrólise com baixas emissões em refinarias. Essas cinco ações são a chave para um progresso rápido.

Combater as emissões de metano é a forma mais importante de reduzir as emissões das operações de petróleo e gás. Em 2022, as operações de petróleo e gás na região emitiram cerca de 8 Mt de metano, com cerca de um terço destas emissões provenientes da Venezuela. Com exceção da Venezuela, todos os principais produtores da região assinaram o Compromisso Global do Metano, comprometendo-se assim a trabalhar em conjunto para reduzir as emissões globais de metano para pelo menos 30% abaixo dos níveis de 2020 até 2030. A Argentina e o México também participam do Compromisso Global do Metano que pede que sejam tomadas todas as ações possíveis e com boa relação custo-benefício para reduzir as emissões de metano no setor de petróleo e gás, e a eliminação da queima de rotina o mais rápido possível e até 2030. Há muitas oportunidades para tomar ações de forma antecipada. Estimamos que as tecnologias existentes poderiam reduzir as emissões de metano na região em quase 80% a baixo custo (IEA, 2023f), e que cerca de 40% das emissões de metano provenientes das operações de petróleo e gás poderiam ser evitadas sem custo líquido porque os gastos com as medidas de redução seriam inferiores ao valor de mercado do gás adicional capturado, com base nos preços médios do gás natural de 2017 a 2021.

Figura 3.28 ▶ Reduções de metano e queima na ALC no Cenário NZE, 2022-2030



IEA. CC BY 4.0.

As emissões provenientes de flares, ventilação e vazamentos de metano caem quase 80% até 2030 em grande parte como resultado de medidas de redução direcionadas e generalizadas

Notas: Mt CO₂-eq = milhões de toneladas de equivalente de dióxido de carbono. Uma tonelada de metano é considerada equivalente a 30 toneladas de CO₂ com base potencial de aquecimento global de 100 anos (IPCC, 2021).

A Colômbia e o México são os únicos países da região que regulam diretamente as emissões de metano do seu setor de petróleo e gás por meio de padrões de equipamento, requisitos de detecção e reparação de fugas e outros meios. Até o momento, Argentina, Brasil e Equador concentraram-se principalmente na restrição da queima em *flares*, com algum sucesso. De 2012 a 2022, os volumes queimados quase duplicaram na Argentina, atingindo 1,2 bcm, aumentaram cerca de 60% no Equador para 1,3 bcm e caíram de 1,6 bcm para 0,9 bcm no Brasil. Colômbia, Equador e México endossaram a Iniciativa Queima de Rotina Zero até 2030 do Banco Mundial (*World Bank Zero Routine Flaring by 2030 Initiative*), assim como várias empresas que operam em países da ALC, incluindo a Petrobras e a Ecopetrol.

Interromper toda a queima em *flares* e ventilação não emergencial é a medida mais impactante que os países podem tomar para reduzir as emissões de metano provenientes das operações de petróleo e gás. Essa iniciativa também reduziria as emissões de CO₂ na região em cerca de 35 Mt e traria benefícios para a saúde e a segurança. Existem muitas opções de utilização do gás natural atualmente queimado: essas opções incluem disponibilizar o gás aos consumidores por meio de redes de gás novas ou existentes, utilizar o gás para gerar eletricidade, reinjetar o gás para dar suporte à pressão dos reservatórios e converter o gás em GNV ou GNL, como já é feito em algumas pequenas operações de GNL e GNV na Argentina.

A integração das energias renováveis nas operações de petróleo e gás também tem um papel importante na redução das emissões. Uma grande parte da energia exigida nas instalações *upstream* é necessária para alimentar equipamentos elétricos ou para produzir calor em caldeiras, com geradores de gás natural no local produzindo frequentemente a energia e o calor necessários. A eletrificação das operações por meio de energias renováveis *in loco* ou de conexões à rede poderia reduzir as emissões de CO₂ provenientes da utilização de energia *upstream* em mais de um terço até 2030.

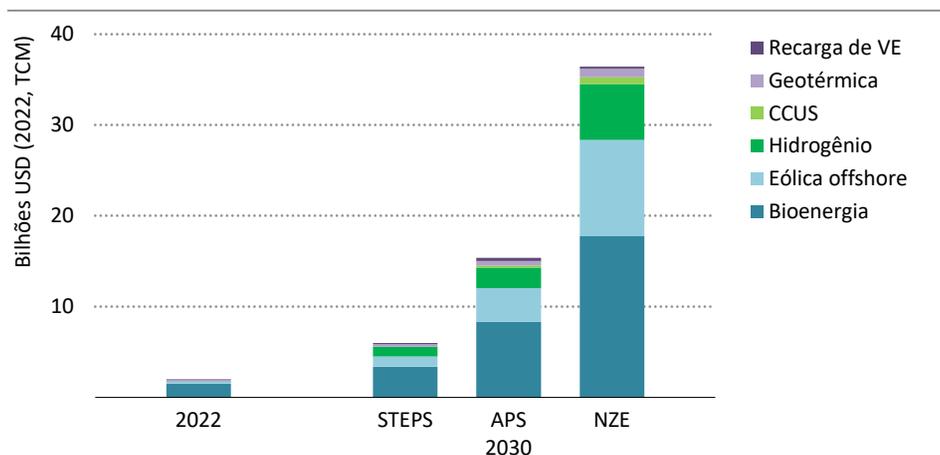
A utilização de hidrogênio de baixas emissões também pode ajudar a reduzir as emissões. Mais de 1 Mt de hidrogênio é usado atualmente para refinar e melhorar o petróleo na ALC, liberando cerca de 10 Mt de CO₂ na atmosfera. A mudança para o hidrogênio por eletrólise com baixas emissões reduziria significativamente essas emissões: poderia também aumentar a demanda desse combustível, apoiando potencialmente o desenvolvimento industrial local.

3.7.3 Diversificar as economias

Uma transição bem-sucedida nos países produtores depende da gestão das receitas dos combustíveis fósseis para promover a prosperidade futura, inclusive por meio do investimento em tecnologias de energia limpa. As empresas de petróleo e gás poderiam optar por diversificar, investindo em energia eólica *offshore*, CCUS, biorrefinarias avançadas, energia geotérmica e outras oportunidades de mercado. Essas tecnologias podem ser uma boa opção para as empresas, pois muitas vezes exigem conhecimentos semelhantes na gestão de líquidos e gases, grandes recursos financeiros, extensa pesquisa e desenvolvimento e projetos de engenharia complexos (Figura 3.29), embora nenhuma dessas tecnologias seja perfeita para todas as empresas de petróleo e gás e todas elas diferem em vários aspectos das operações tradicionais de petróleo e gás.

Atualmente, as empresas de petróleo e gás da região representam uma pequena parcela do investimento total em tecnologias de energia limpa. Embora algumas delas estejam desenvolvendo projetos de CCUS, bioenergia e energias renováveis, o investimento global nessas tecnologias ainda é bastante baixo e há margem para o seu aumento. O CCUS poderia ser combinado com terminais de GNL ou refinarias de petróleo quando estiverem disponíveis locais adequados para armazenamento geológico, e os locais adequados poderiam incluir campos de petróleo e gás descomissionados. A exploração *offshore* de petróleo e gás poderia compartilhar infraestruturas e apoiar novos empreendimentos de energia eólica, e as refinarias poderiam ser adaptadas para processar bioenergia e utilizar hidrogênio de baixas emissões. As empresas de petróleo e gás também poderiam investir na produção de bioetanol, biodiesel, biometano e outras fontes de bioenergia, capitalizando a sua capacidade de refinar e distribuir produtos. O Brasil estabeleceu há muito tempo os requisitos de mistura que garantem que os biocombustíveis substituam parte da demanda por diesel e gasolina. Outras áreas de potencial sinergia e diversificação incluem a geotérmica, a reciclagem de plásticos e o carregamento de veículos elétricos (IEA, *subsequente*).

Figura 3.29 ▶ Investimento em tecnologias de energia limpa adequadas às indústrias de petróleo e gás na ALC em 2022 e por cenário em 2030



IEA. CC BY 4.0.

O investimento em tecnologias de energia limpa triplicará até 2030 no STEPS, e atingirá cerca de US\$ 15 bilhões no APS e mais de US\$ 35 bilhões no Cenário NZE

Se as empresas de petróleo e gás decidirem não participar, essas tecnologias ainda serão implementadas, mas poderá levar mais tempo para atingirem o nível de maturidade no qual poderiam ser fornecidas com custos competitivos. As estruturas de políticas e estratégias industriais existentes podem ser desenvolvidas para apoiar transições para energias limpas: Os requisitos de Pesquisa e Desenvolvimento podem ser adaptados para impulsionar tecnologias de redução de emissões ou o desenvolvimento de hidrogênio, e os planos de descomissionamento podem considerar a integração de novas energias renováveis ou oportunidades de CCUS.

3.8 Bioenergia: uma oportunidade sustentável

3.8.1 Biocombustíveis líquidos

A introdução da cana-de-açúcar na América Latina continental a partir do Caribe durante o século XVI teve consequências duradouras para o desenvolvimento econômico da região, o comércio global e, mais recentemente, o abastecimento de energia. Em resposta à crise do petróleo de 1973, o Brasil introduziu o programa Pró-Álcool para produzir bioetanol a partir da cana-de-açúcar, a fim de reduzir a dependência das importações de gasolina e reforçar a segurança do abastecimento interno. No início da década de 1980, as montadoras do Brasil começaram a fabricar carros que funcionavam com bioetanol puro e, posteriormente, durante a década de 2000, começaram a produzir carros *flex-fuel* que funcionavam tanto com bioetanol como com gasolina em proporções de mistura arbitrárias. Atualmente, os carros *flex* representam mais de 80% das vendas de automóveis no Brasil.

O progresso do biodiesel, produzido principalmente a partir de éster metílico de ácido graxo (FAME), está intimamente ligado às políticas da região que promovem o desenvolvimento de energias renováveis e mandatos de mistura obrigatória.

De forma isolada, o Brasil continua a ser o maior produtor e consumidor de biocombustíveis na região e o segundo maior produtor mundial, respondendo por cerca de um quinto da produção global, com os biocombustíveis cumprindo com um quarto da demanda energética do Brasil para o transporte rodoviário em 2022. Argentina e Colômbia também estão emergindo como fornecedores proeminentes.

Tabela 3.1 ▶ Países da ALC com mandatos de mistura de biocombustíveis em vigor em 2023

	Parcela de bioetanol (em volume)	Parcela de biodiesel (em volume)
Argentina	12%	7,5%
Bolívia	12%	-
Brasil	27,5%	12%
Colômbia	4-10%	10%
Costa Rica	0-8%	0-5%
Equador	-	5%
Jamaica	10%	-
Paraguai	24-27%	5%
Peru	7,8%	2-20%
Uruguai	8,5%	-

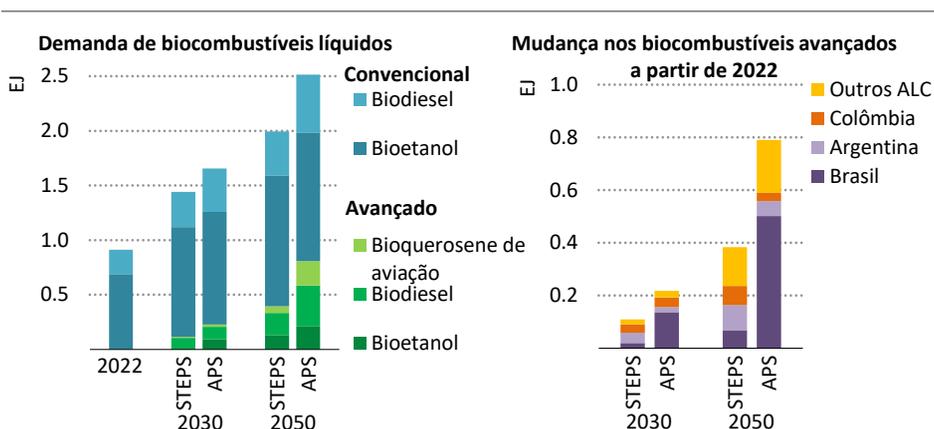
Notas: Em setembro de 2023, o Projeto de Lei do Combustível do Futuro do Brasil, que aumentará a mistura máxima de bioetanol para 30%, foi assinado pelo presidente. O Brasil também pretende aumentar a mistura de biodiesel para 15% até 2026. No Panamá, um mandato de mistura de 5% de biocombustíveis entrará em vigor em 2024.

Fontes: *Argentina* (Governo da Argentina, 2021b); *Bolívia* (Governo da Bolívia, 2018); *Brasil* (Governo do Brasil, 1997), (Governo do Brasil, 2023); *Colômbia* (Governo da Colômbia, 2021); *Costa Rica* (Governo da Costa Rica, 2012); *Ecuador* (Governo do Equador, 2012); *Jamaica* (NREL, 2020); *Panamá* (Governo do Panamá, 2023), (Governo do Panamá, 2011); *Paraguai* (Governo do Paraguai, 2018), (Governo do Paraguai, 2020); *Peru* (Governo do Peru, 2007); *Uruguai* (Governo do Uruguai, 2007).

No STEPS, a demanda por biocombustíveis aumenta em 520 PJ, ou 270 mil barris de equivalente de petróleo por dia (kboe/d), entre 2022 e 2030, com o bioetanol convencional, usado principalmente em automóveis, respondendo por mais de 60% desse crescimento da demanda (Figura 3.30). No APS, a demanda de biocombustíveis será 15% superior em 2030 que a do STEPS, sendo metade da demanda adicional suprida por biocombustíveis avançados, grande parte dos quais para utilização no transporte rodoviário de carga. Embora pequena em termos absolutos (produzindo apenas 14 PJ até 2030 no STEPS, ou 5% da demanda global de bioquerosene, e 7% no APS), uma indústria nova na produção de bioquerosene começa a tomar força, abrindo caminho para, potencialmente, a principal indústria exportadora até 2050 (Quadro 3.3). Ambos os cenários preveem um crescimento contínuo da demanda de biocombustíveis até 2050, mas no

APS os biocombustíveis avançados atingem quase o dobro do nível do STEPS, enquanto os biocombustíveis convencionais permanecem aproximadamente iguais nos dois cenários. Mais de 70% do crescimento da demanda por biocombustíveis avançados entre 2022 e 2050 no APS estará no Brasil, sendo o biodiesel avançado para caminhões responsável pela maior parte desse resultado.

Figura 3.30 ▶ Demanda de biocombustíveis líquidos por tipo e cenário em países selecionados, 2030 e 2050



IEA. CC BY 4.0.

O crescimento dos biocombustíveis avançados é particularmente forte no APS, sustentado pela rápida expansão das instalações de produção no Brasil

Notas: EJ = exajoules. O biodiesel nessa figura refere-se ao biodiesel FAME e ao diesel renovável a partir de ésteres hidrogenados e ácidos graxos (HEFA) ou gaseificação de biomassa e síntese de Fischer-Tropsch (bio-FT).

Os biocombustíveis avançados são produzidos a partir de matérias-primas agrícolas não alimentares e de descartes e resíduos. Podem resultar em significativamente menores emissões de GEE do que os combustíveis fósseis, ao mesmo tempo que não competem com os alimentos pelas terras agrícolas e evitam impactos adversos na sustentabilidade. As matérias-primas podem incluir resíduos de gordura, óleos e banhas, tais como óleos de cozinha usados, resíduos agrícolas, como estrume e resíduos de culturas, a parte orgânica dos resíduos sólidos urbanos, florestais e de processamento de madeira e culturas de rotação curta, como *miscanthus* e choupo (ver seção 3.8.3). Embora gorduras, óleos e banhas residuais possam ser usados atualmente nos processos existentes de produção de biocombustíveis, seu fornecimento, em última análise, é limitado. Outros resíduos e descartes são mais abundantes, mas requerem tecnologias avançadas de conversão para serem transformados em biocombustíveis líquidos. Os resíduos e descartes também tendem a ser dispersados e a exigir muita coordenação para serem coletados, separados e distribuídos.

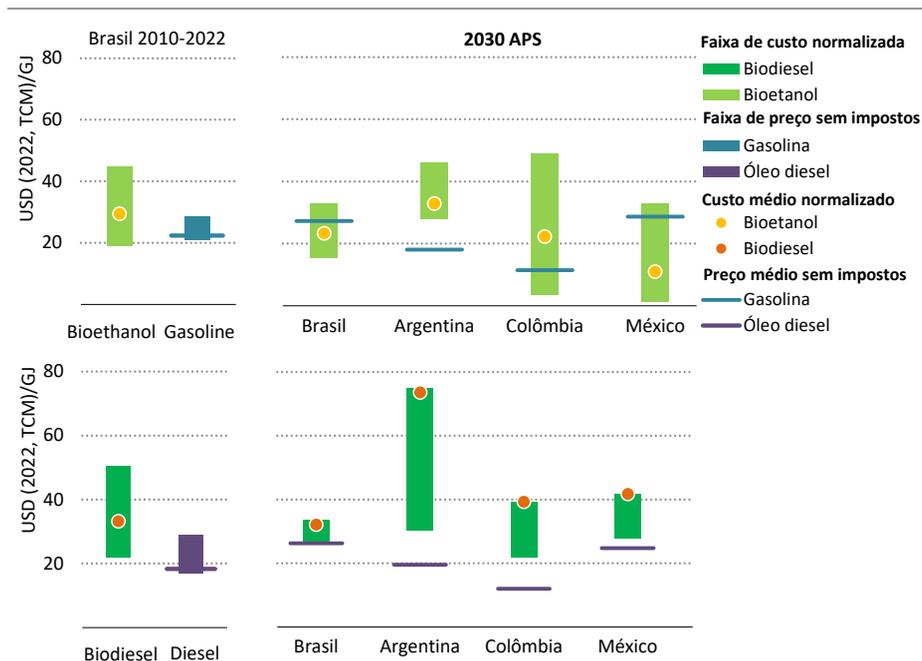
No entanto, existem oportunidades para os pioneiros: a produção convencional de bioetanol baseado em culturas pode ser integrada com bioetanol celulósico avançado a partir de resíduos de culturas, como bagaço de cana-de-açúcar ou restos de milho. O Brasil está na vanguarda, com várias usinas de bioetanol já convertendo bagaço em bioetanol e mais usinas em preparação (Biofuels International, 2022), (Bioenergy International, 2023). Poderiam ser introduzidos mecanismos de políticas para apoiar uma utilização mais ampla de biocombustíveis avançados. Os exemplos incluem incentivos financeiros, tais como garantias de empréstimos para fábricas comerciais pioneiras, créditos fiscais de produção e mandatos de mistura avançada de biocombustíveis.

O custo médio nivelado da produção de bioetanol no Brasil foi superior ao preço da gasolina sem impostos entre 2010 e 2022. No entanto, o preço do bioetanol na bomba era muitas vezes inferior ao da gasolina, uma vez que o Brasil, tal como outros países da região, implementou uma combinação de mandatos de mistura, apoio financeiro (incluindo alíquotas de impostos reduzidas e preços fixos) e outras medidas, tais como política comercial e normas técnicas para impulsionar a produção e a demanda. O Brasil também implementou o Programa RenovaBio em 2021 para incentivar ainda mais o uso de todos os biocombustíveis e biogases no setor de transportes, a fim de reduzir as emissões de GEE (Government of Brazil, 2021).

O biodiesel, em média, foi mais de 10% mais caro de produzir do que o bioetanol durante este período. Grande parte desse aumento no custo ocorreu devido às diferenças de custo das matérias-primas, com o óleo de soja (utilizado para produzir biodiesel) cerca de 30% mais caro do que a cana-de-açúcar (utilizada para produzir bioetanol) entre 2010 e 2022. Os custos de produção de bioetanol e biodiesel sofrem flutuações mais amplas ano após ano comparados aos seus equivalentes fósseis, como resultado do rendimento e das condições de colheita, da dinâmica dos mercados e do preço dos combustíveis utilizados para processamento de energia (Figura 3.31).

No APS, o bioetanol se tornará mais competitivo em termos de custo e mais barato que a gasolina no Brasil e no México até 2030. O biodiesel não atinge a paridade de custos com o seu equivalente de combustível fóssil devido ao aumento dos custos das matérias-primas. No entanto, existe uma variação significativa nos custos de produção entre países, dependendo dos preços internos das matérias-primas, da combinação de matérias-primas utilizadas e dos custos da tecnologia de produção. Por exemplo, os elevados preços por atacado de matérias-primas ricas em amido, como a mandioca na Colômbia, significam que os custos de produção nivelados mais elevados do bioetanol poderão atingir 50 US\$/GJ. No outro extremo do espectro de custos, o preço comparativamente elevado do carbono na Colômbia (pelos padrões regionais) reduz ainda mais o piso de custo associado às matérias-primas mais baratas, como a cana-de-açúcar, em instalações de produção que utilizam CCUS.

Figura 3.31 ▶ Custo nivelado dos biocombustíveis e preço sem impostos da gasolina e do diesel no Brasil, 2010-2022, e em países selecionados no APS em 2030



IEA. CC BY 4.0.

Seguindo o exemplo do Brasil, o bioetanol se torna competitivo em termos de custos com as alternativas de combustível fóssil até 2030, especialmente na Colômbia e no México

Notas: US\$/GJ = dólares dos EUA por giga joule. O preço sem impostos da gasolina e do diesel representa o preço da gasolina e do diesel usados internamente e inclui comercialização, transporte e armazenamento, mas exclui impostos e subsídios.

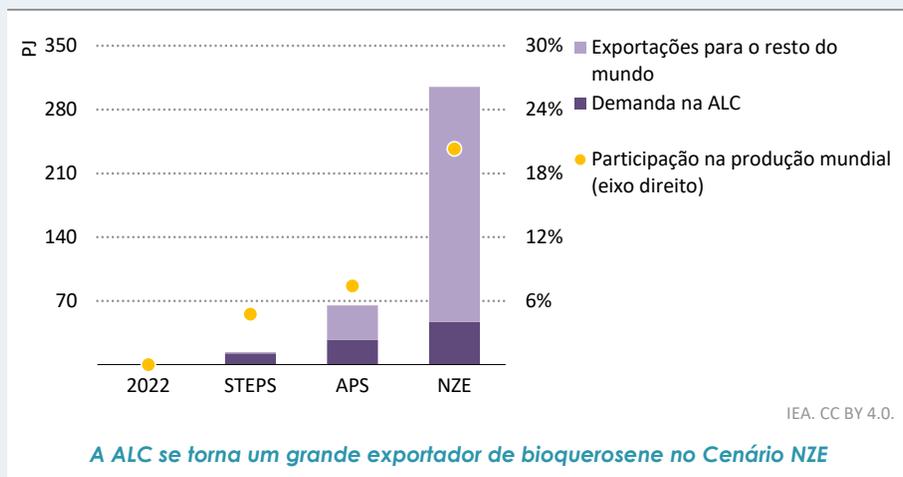
Quadro 3.3 ▶ ALC como exportadora de bioquerosene

Os combustíveis de aviação sustentáveis (SAF), dos quais o bioquerosene faz parte, têm recebido cada vez mais atenção global como um caminho importante para descarbonizar o setor da aviação (ICAO, 2022), (European Parliament, 2023), (IATA, 2021). A ALC está observando essa tendência. Por exemplo, o governo brasileiro apresentou ao congresso seu projeto de lei Combustível do Futuro em setembro de 2023, que inclui a ambição de aumentar a produção de SAF como meio de reduzir as emissões do transporte nacional, e há um interesse crescente na construção de usinas de produção de bioquerosene para aproveitar a vantagem dos recursos de biomassa na região (S&P Global, 2023c), (Reuters, 2022). Um benefício essencial do bioquerosene é que ele é um combustível de uso imediato, exigindo pouca ou nenhuma modificação na frota de aeronaves existente. Embora os padrões da ASTM limitem atualmente a mistura de biocombustível para aviação a 50%, testes mostraram que é

possível uma mistura de 100% (Airbus, 2023), e a crescente demanda por SAF oferece uma oportunidade para a ALC se tornar uma grande exportadora de bioquerosene.

Atualmente, o bioquerosene é produzido em quantidades muito pequenas, representando cerca de 0,1% da demanda global da aviação. No entanto, todos os nossos cenários mostram um crescimento da demanda global por combustíveis de aviação sustentáveis e, atualmente, o bioquerosene é um dos candidatos mais promissores dos SAF. A ALC está bem-posicionada para ampliar sua atual indústria de produção de biocombustíveis para incluir o bioquerosene, aproveitando seu conhecimento industrial, força de trabalho, infraestrutura, biorrefinarias e recursos de biomassa. No STEPS, APS e Cenário NZE, a demanda de bioquerosene na ALC aumentará de quase zero atualmente para cerca de 10, 25 e 50 PJ, respectivamente, até 2030 (Figura 3.32). No Cenário NZE, a ALC capitaliza o enorme crescimento da demanda global por bioquerosene e a produção aumenta até cerca de sete vezes o nível da demanda interna, à medida em que a região se torna um grande exportador global de bioquerosene para aviação, atendendo a um quinto da demanda global por biocombustíveis de aviação.

Figura 3.32 ▶ Oferta e demanda de bioquerosene na ALC em 2022 e por cenário em 2030



Nota: PJ = petajoules; NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050.

O bioquerosene pode ser produzido com diversas combinações diferentes de matéria-prima e vias de conversão (ANP, 2021). Atualmente, a via HEFA, utilizando óleos vegetais, resíduos e óleos residuais, é a única que foi comercializada. No entanto, o bioetanol também pode ser usado como precursor do bioquerosene por meio de álcool para jato (ATJ), que atualmente está em escala de demonstração. Dada a escala da produção de bioetanol na região e a sua integração com as usinas de açúcar no Brasil, a ATJ poderia fornecer um caminho futuro para os biocombustíveis, à medida em que a demanda por bioetanol no transporte rodoviário diminui com o aumento da eletrificação. A ALC também é rica em matérias-primas avançadas, como resíduos agrícolas, resíduos florestais e a parte orgânica dos resíduos sólidos urbanos.

Essas matérias-primas avançadas podem ser convertidas em bioquerosene por meio da gaseificação de biomassa ou síntese de Fischer-Tropsch. Assim como acontece com o ATJ, essa tecnologia está atualmente em escala de demonstração. Apesar desses vários avanços, na ALC o custo nivelado do bioquerosene permanecerá duas vezes mais alto que o do querosene convencional até 2030.

Vários desafios precisam ser superados em relação ao fornecimento de matéria-prima e tecnologia de conversão. Mecanismos de política para apoiar a implantação de tecnologias de conversão avançadas, que são muitas vezes mais caras do que as atuais tecnologias de produção de biocombustíveis, serão importantes para desenvolver a produção de bioquerosene na região, ao mesmo tempo que o incentivo à emissão de GEE mais baixa dos SAF ajudará a garantir que o bioquerosene produzido na ALC possa maximizar a sua contribuição para a descarbonização da aviação em todo o mundo.

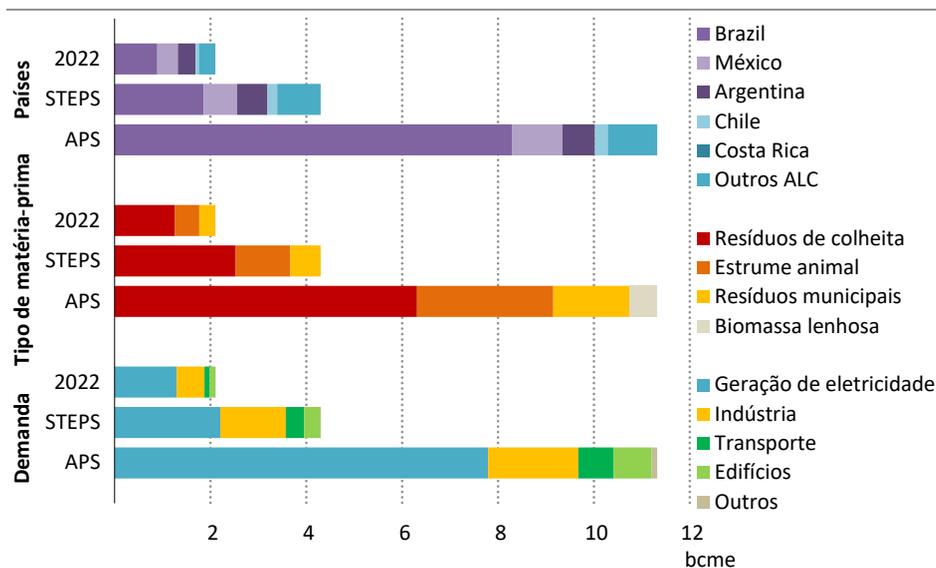
3.8.2 Biogás e biometano

O potencial do biogás e do biometano está, em grande parte, inexplorado na ALC. Uma análise geoespacial detalhada dos resíduos e descartes agrícolas revela um potencial de pouco menos de 200 bilhões de metros cúbicos equivalentes (bcme). Cerca de 10% deste valor está em um raio de 20 km das principais infraestruturas de gasodutos e poderá ser adequado para produção em larga escala e injeção em redes de gás. Cerca de metade está perto de uma rede rodoviária, um indicador do potencial das matérias-primas serem coletadas e levadas para biodigestores centralizados para produzir biogás para necessidades locais de calor e energia elétrica ou para serem transformadas em biometano para utilização nos transportes.

A exploração de uma parte do potencial do biogás na ALC aumentará a produção de pouco mais de 2 bcme em 2022 para 4 bcme no STEPS e mais de 10 bcme no APS até 2030 (Figura 3.33). O Brasil, que já é o maior produtor de biogás e biometano da região, aumentará em mais de nove vezes sua produção atual no APS: a produção aumentará acima de 8 bcme até 2030 e será responsável por quase três quartos da oferta total de bioenergia gasosa na ALC. O restante da produção estará concentrado no México, Argentina, Chile e Costa Rica.

Atualmente, a maior parte do biogás é produzida a partir de culturas de milho, cana-de-açúcar e soja, com uma pequena parcela proveniente de esterco animal e da porção orgânica de resíduos urbanos. Embora as respectivas parcelas dessas matérias-primas permaneçam relativamente estáveis entre o atual momento e 2030, o apoio das políticas faz com que os resíduos e descartes de colheitas se tornem matérias-primas mais competitivas e comercialmente viáveis no APS até 2030. O aumento de nove vezes na implantação de bioenergia gasosa no APS depende de um investimento significativo nas cadeias de fornecimento de matérias-primas para aumentar a oferta global e para fazer a transição de culturas alimentares para alternativas sustentáveis que não tenham consequências sociais e ambientais negativas. Atualmente, muitos países carecem de políticas abrangentes de gestão de resíduos, mas países como o Brasil e a Argentina já aprovaram estratégias nacionais de resíduos projetadas para aumentar a disponibilidade de matéria-prima para a produção de biogás.

Figura 3.33 ▶ Implantação de biogás e biometano por país, matéria-prima e uso final em 2022 e por cenário em 2030



IEA. CC BY 4.0.

A demanda de biogás na ALC dobrará no STEPS até 2030, e ainda mais no APS à medida em que as matérias-primas disponíveis são plenamente exploradas

Em parte, graças à inclusão do biogás em planos de apoio que promovem a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, o setor elétrico é atualmente o principal usuário de bioenergia gasosa na ALC, e isso deverá continuar no STEPS e no APS. A Argentina e o Chile, por exemplo, ao longo da última década, aprovaram leis que proporcionam benefícios e incentivos para usinas elétricas baseadas em biogás. Paralelamente, vários países tomaram medidas para incentivar a utilização do biometano como combustível para transportes. Esse resultado foi obtido por meio da sua inclusão em planos de apoio aos biocombustíveis, como o programa Rota 2030 do Brasil, o RenovaBio e o programa Combustível do Futuro, bem como a lei argentina sobre biocombustíveis e o seu Programa de Energia Renovável RenovAr. No entanto, a utilização de bioenergia gasosa nos transportes continua limitada tanto no STEPS como no APS face à crescente concorrência dos biocombustíveis líquidos e da eletrificação. Por outro lado, a falta de alternativas viáveis de baixo carbono no curto prazo implica que o setor industrial continue sendo um destino importante para o biogás e o biometano no APS.

3.8.3 Oferta de bioenergia

A oferta de bioenergia na ALC foi de 8 EJ em 2020, cerca de 15% do total global. Quatro fontes de bioenergia representaram cerca de 90% do fornecimento: a utilização tradicional da biomassa, principalmente para aquecimento e cozinha, plantio florestal, em grande parte para produção de

pellets de madeira para geração de eletricidade, culturas convencionais de biocombustíveis para produzir biocombustíveis líquidos e resíduos florestais e de madeira utilizados, por exemplo, para produzir bio-óleo bruto (*bio-crude*).⁶

A oferta de bioenergia aumentará cerca de 35% em 2030 em relação aos níveis de 2020 no STEPS, principalmente associada à plantação de culturas lenhosas de curta rotação. O crescimento no APS é mais forte: um aumento rápido na utilização de fluxos de resíduos orgânicos (como resíduos sólidos urbanos biogênicos, lodo de águas residuais, esterco e resíduos de culturas) fornecerá 2,2 EJ adicionais de bioenergia até 2030. A exploração de fluxos de resíduos orgânicos para fornecer bioenergia não requer qualquer utilização específica da terra, evitando assim qualquer impacto na biodiversidade e qualquer potencial conflito com a produção alimentar, bem como minimizando os impactos à saúde do solo.

Até 2050, o fornecimento de bioenergia no STEPS será dois terços superior ao de 2020 e duplicará no APS. Esse fornecimento supera o fornecimento total de energia em ambos os cenários. Grande parte do crescimento adicional no APS é para a produção de bioetanol, biodiesel e bioquerosene para exportação. Há diversas diferenças importantes entre as fontes de bioenergia nos dois cenários. No STEPS, a utilização tradicional da biomassa cai 70% em relação aos níveis atuais até 2050, no APS essa utilização cai 90%. No STEPS, a utilização de fluxos de resíduos orgânicos aumenta, enquanto no APS expande-se rapidamente para quase três vezes o nível do STEPS em 2050. A expansão do APS depende do investimento em sistemas de coleta e triagem de resíduos porque os fluxos de resíduos orgânicos tendem a ser mais dispersos do que outras fontes de biomassa.

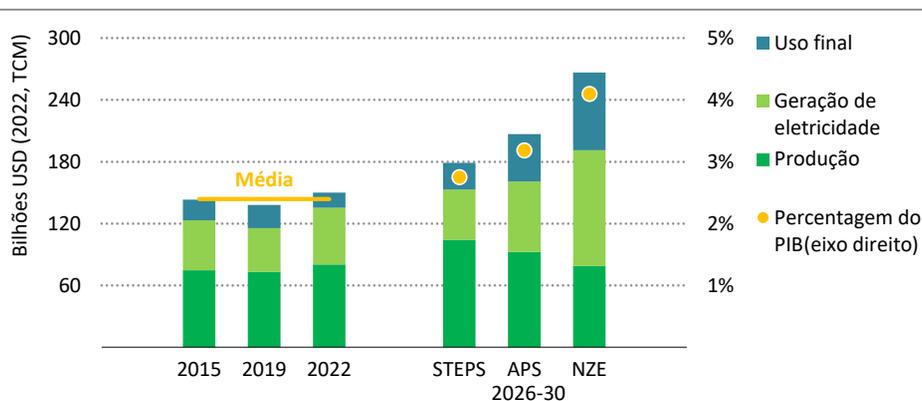
O Brasil e vários países da região assinaram um compromisso contra o desmatamento durante a COP21 em 2015, que se refletiu no fornecimento de bioenergia e na modelagem do uso da terra realizada em cooperação com o Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados (IIASA) (ver Capítulo 4, seção 4.1.3). Tanto no STEPS como no APS, a expansão da bioenergia não é o fator que impulsiona o desmatamento, uma vez que não são estabelecidas culturas bioenergéticas em áreas florestais.

3.9 Alcançar emissões líquidas zero: investimento e financiamento

O investimento em energia na América Latina e no Caribe totalizou US\$ 150 bilhões em 2022, o nível mais alto desde 2014. O investimento no setor elétrico atingiu um recorde de US\$ 55 bilhões, enquanto o fornecimento de combustíveis fósseis representou US\$ 80 bilhões, em recuperação após a queda global que ocorreu após o fim do ciclo de preços das *commodities* em 2014 e depois, durante a pandemia de Covid. Por outro lado, o investimento no uso final de energia tem sido baixo e não aumentou nos últimos anos: representou apenas um em cada dez dólares dos EUA investidos em energia na ALC em 2022.

⁶ Biocombustível líquido produzido por liquefação de biomassa em altas temperaturas, geralmente refinado antes do uso.

Figura 3.34 ▶ Investimento anual em energia na ALC por setor, 2015-2022, e por cenário até 2030



IEA. CC BY 4.0.

É necessário um maior investimento em energia na ALC até 2030 em todos os cenários, o Cenário NZE exige uma grande realocação de capital para o setor elétrico e usos finais

Nota: TCM = taxa de câmbio de mercado.

O investimento na região precisa aumentar ainda mais em todos os cenários (Figura 3.34). Aumentará 20% em relação ao nível de 2022, atingindo um investimento médio anual de cerca de US\$ 180 bilhões no STEPS entre 2026 e 2030, e precisa aumentar quase 80% para entregar o que é necessário durante o mesmo período no Cenário NZE. O esforço necessário para chegar a esses objetivos será consideravelmente grande, especialmente considerando o ponto de partida da região. O investimento em energia na ALC em porcentagem do PIB foi de 2,5% entre 2015 e 2022, inferior à porcentagem média na Índia ou na África Subsaariana durante o mesmo período. Cumprir os requisitos do Cenário NZE exigiria que o investimento em energia aumentasse para 4,1% do PIB da região até 2030. O investimento no APS até ao final da década de 2020 cobre mais de três quartos do investimento necessário no Cenário NZE durante esse período.

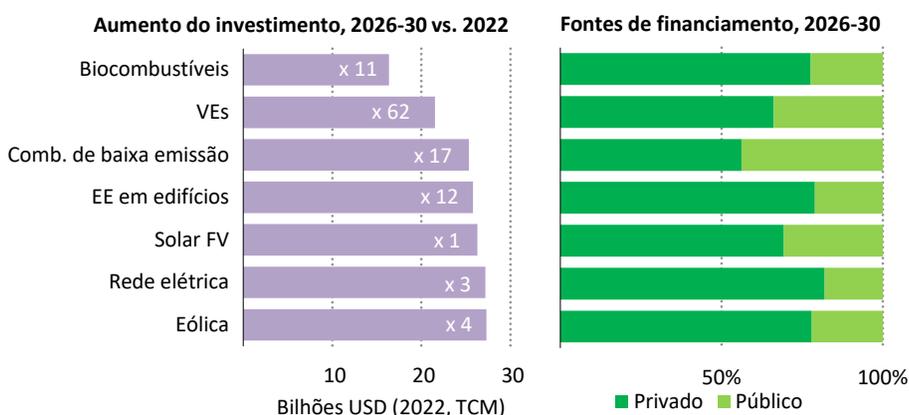
O Cenário NZE também exige uma realocação de capital robusta entre setores. As atuais configurações políticas apontam para um retrocesso às tendências passadas, com o investimento concentrado na expansão do petróleo e do gás: o investimento no fornecimento representa quase três quintos do investimento total em energia no STEPS no final da década de 2020, em comparação com cerca de metade nos últimos anos. Por outro lado, o fornecimento de energia representa 30% do investimento no final da década de 2020 no Cenário NZE, enquanto o setor elétrico representa mais de 40% e os setores de uso final quase 30%.

3.9.1 Fontes de financiamento

Avançar para o Cenário NZE exige o financiamento de diversos ativos de energia limpa, usinas de energia solar fotovoltaica de escala comercial até eletrodomésticos e veículos elétricos de propriedade dos consumidores e projetos complexos de hidrogênio em grande escala. O esforço

necessário varia de acordo com o setor. Por exemplo, o investimento médio anual em energia solar fotovoltaica e eólica na ALC no final da década de 2020 era superior a US\$ 25 bilhões para cada tecnologia. No caso dos gastos com energia solar fotovoltaica, esse valor é semelhante ao investido em 2022, enquanto que para energia eólica, é quatro vezes o investido em 2022 (Figura 3.35). As despesas com redes elétricas também deverão atingir mais de US\$ 25 bilhões durante o mesmo período, o que representa o triplo do atual investimento anual. Alguns dos aumentos mais significativos são necessários nos setores de uso final, considerando a baixa participação de mercado dos veículos elétricos e a falta de MEPs para eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado em muitos países da ALC atualmente. O investimento médio anual para melhorar a eficiência nas edificações precisa aumentar 12 vezes e no caso dos veículos elétricos, precisa ser expandido em 60 vezes.

Figura 3.35 ▶ Investimento anual em energia limpa e fontes de financiamento na ALC no Cenário NZE, 2030



IEA. CC BY 4.0.

O investimento em energia limpa precisa aumentar em relação aos níveis de 2022, especialmente no uso final, e o financiamento do setor privado desempenha um papel significativo

Notas: VEs = veículos elétricos; TCM = taxa de câmbio de mercado. A eficiência energética em edificações inclui o investimento adicional em edificações novas ou reformadas, como a alteração no custo de serviços (projeto, entrega, instalação) e produtos (iluminação, eletrodomésticos, equipamentos e materiais) que proporcionam melhor desempenho em termos de eficiência energética. No gráfico da esquerda, as barras representam as necessidades médias anuais de investimento em 2026-2030 no Cenário NZE. Os valores nas barras mostram como o investimento médio em 2026-2030 se compara ao investimento em 2022.

O Cenário NZE também exige a mobilização de muito mais capital privado: o investimento privado duplicará até 2030, impulsionado por reformas de políticas e regulamentações. Cerca de 85 centavos por cada dólar investido em energia em 2030 serão gastos em ativos de energia limpa, dos quais cerca de 70% provêm de fornecedores privados. Cada tipo de ativo é financiado por meio de vários modelos de negócio, e aumentar o investimento em energia limpa significa

mobilizar diversas fontes de financiamento e instrumentos para corresponder à estrutura de capital dos diferentes projetos e empresas de energia (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 ▶ Modelos de negócios e participação do setor privado nos principais ativos de energia limpa

Ativos de energia limpa	Modelo de negócio e estrutura de financiamento mais comuns	Participação do setor privado	Nível de desenvolvimento na ALC
Energia solar fotovoltaica e eólica onshore	<ul style="list-style-type: none"> Tarifa de aquisição ou contrato de compra e venda de elétrica de longo prazo, financiado com base no financiamento do projeto. 	Alto	Em crescimento e rumo ao desenvolvimento
Energia eólica offshore	<ul style="list-style-type: none"> Contrato de compra e venda de energia elétrica de longo prazo ou contrato por diferenças. Recentemente mais projetos desenvolvidos com produção de hidrogênio. 	Alto	Inicial
Redes	<ul style="list-style-type: none"> Concessões de toda a rede gerenciadas por empresas públicas ou privadas. 	Baixo para alto	Desenvolvido
	<ul style="list-style-type: none"> Projetos independentes de transmissão de eletricidade (utilizados em vários países da ALC). 	Alto	Desenvolvido
Combustíveis com baixas emissões	<ul style="list-style-type: none"> Com contratos subjacentes de longo prazo para exportação ou uso interno, geralmente financiados com base em balanços patrimoniais. 	Alto	Inicial
Mobilidade elétrica	<ul style="list-style-type: none"> Veículos elétricos financiados por consumidores residenciais ou empresas de transporte (públicas ou privadas) por meio de economias e financiamento ao consumo. 	Médio para alto	Inicial para desenvolvimento
	<ul style="list-style-type: none"> Viabilização de infraestruturas financiadas majoritariamente por entidades públicas ou serviços públicos, financiadas por meio de balanços patrimoniais. 	Médio para alto	Inicial para desenvolvimento
Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> Financiada nos balanços patrimoniais pelo desenvolvedor ou locador, principalmente por meio de financiamento de capital. 	Baixo para alto	Inicial para desenvolvimento

A ALC atrai uma parcela maior de financiamento de fontes privadas do que muitas economias de mercados emergentes e em desenvolvimento. A região foi pioneira em estabelecer leilões de longo prazo para produtores independentes de energia elétrica (IPPs), que foram predominantemente assumidos por empresas privadas, e para privatizar a distribuição (IEA, 2021d). Vários países como a Colômbia, o Brasil, o Peru e o Chile, também obtiveram sucesso na mobilização de investimento do setor privado em redes de transmissão por meio de um modelo de negócio semelhante ao IPP utilizado para a geração, e as instituições financeiras de desenvolvimento nacionais e internacionais desempenharam um papel de apoio essencial. No Brasil, o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica e eólica em escala comercial foi catalisado pelo BNDES, que forneceu títulos de dívida concessional e de longo prazo aos IPPs. Na Argentina, o programa de leilões RenovAR, apoiado pelo Banco Mundial, atraiu US\$ 7 bilhões em quase 154 novos projetos de energias renováveis, totalizando quase 5 GW, apesar das dúvidas do setor

privado sobre os riscos de investimento (Energy Green Map, 2023). O programa incluiu um fundo para conceder empréstimos, bem como uma garantia que cobre os riscos de atraso ou não pagamento por parte do serviço público e de rescisão, e uma garantia adicional do Banco Mundial para fornecer um apoio ao fundo em caso de risco de insuficiência. Atualmente, a energia solar fotovoltaica e a eólica contribuem com 12% para a matriz de geração elétrica na Argentina, acima dos cerca de 1% em 2016.

As melhorias na eficiência energética podem ser uma forma muito eficaz em termos de custos para moderar o crescimento da demanda de energia e reduzir as emissões, mas tende a ser um desafio financiar essas melhorias porque são geralmente de pequena escala e, portanto, envolvem custos de transação relativamente elevados. A falta de códigos de construção rigorosos e aplicados é também um grande obstáculo ao investimento. Apesar de alguns sucessos, este ainda é um setor relativamente inicial na ALC. A Colômbia foi pioneira na região no desenvolvimento de mecanismos para reduzir riscos e custos de financiamento, embora, em geral, o investimento em eficiência ainda enfrente barreiras significativas (CEFIM, 2023).

3.9.2 *Desafios e formas de mobilizar mais investimento*

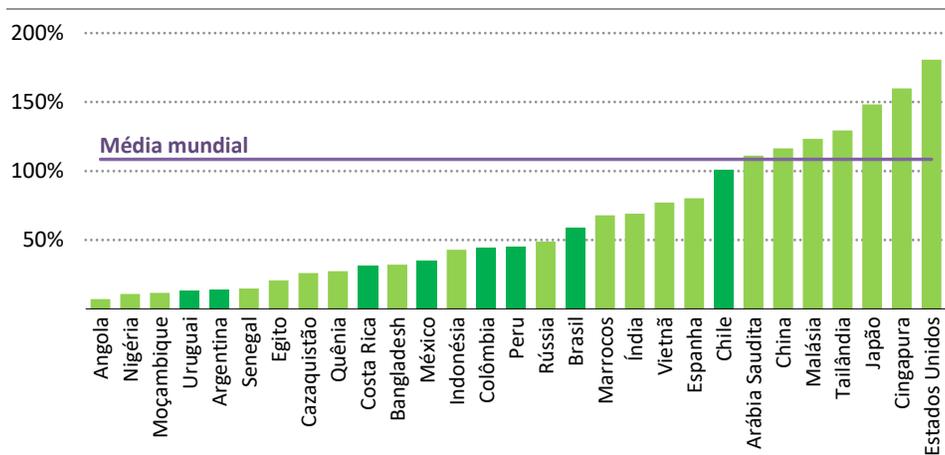
A região da ALC oferece várias vantagens aos investidores em comparação com outros mercados emergentes e economias em desenvolvimento. Em média, a ALC tem uma pontuação relativamente boa nos índices internacionais de democracia. A região também ocupa uma posição superior a muitas economias de mercado emergentes e em desenvolvimento em termos de Estado de direito, governança e estabilidade política, embora ainda abaixo da maioria das economias desenvolvidas. Na frente energética, vários países da ALC passaram por reformas importantes desde a década de 1990 para separar o setor elétrico, introduzir mais independência regulatória e aumentar a concorrência. Vários países também privatizaram empresas de energia elétrica. Em geral, a região garantiu um nível elevado de financiamento privado para ativos e empresas de energia em comparação com os mercados emergentes e as economias em desenvolvimento na Ásia e em África.

Um desafio específico para a ALC é o seu histórico de alta inflação e as altas taxas de juros e custos de capital relacionados (ver Capítulo 1). Isso tem duas implicações importantes para a região. A primeira é que as taxas de juros são muito elevadas, fazendo com que a rentabilidade de qualquer projeto seja mais difícil do que seria em outro cenário. A segunda é que a inflação elevada é acompanhada de instabilidade cambial e de elevados custos de *hedge*, o que aumenta o desafio de garantir fluxos de caixa previsíveis em moeda forte. As preocupações com o sobreendividamento e o baixo crescimento econômico interno também desestimulam os investidores e financiadores em uma região que tem sido geralmente considerada como de grande instabilidade política.

Além dessas questões, a disponibilidade de crédito interno na região é baixa: é difícil para os cidadãos pouparem dinheiro e os mercados de capitais não são muito aprofundados, nem oferecem muita liquidez. O nível de desenvolvimento do sistema financeiro varia, mas a maioria dos países da ALC tem mercados de capitais e setores bancários relativamente menos

desenvolvidos do que a média global (Figura 3.36). O acesso ao financiamento no Chile, um dos países de renda mais alta da região, é semelhante à média mundial, mas é a exceção e não a regra. Em geral, os países da ALC têm uma classificação melhor do que os países africanos, mas pior que as nações do Sudeste Asiático, uma região que está mais próxima da ALC em termos de PIB *per capita*. Com exceção das energias renováveis em escala comercial, os bancos locais por vezes não têm capacidade para realizar análises de risco de projetos de energia limpa. Além disso, o crédito aos consumidores finais e às pequenas e médias empresas (PME) é geralmente limitado e geralmente não há *ratings* de crédito. Tudo isso resulta em altas taxas de juros para as PME. Por exemplo, o diferencial de taxas de juros entre grandes empresas e PME chega a 12% no Brasil e no Peru (IEA, 2021d).

Figura 3.36 ▶ Indicador de desenvolvimento do sistema financeiro para países selecionados como proporção do PIB, 2017-2022



IEA. CC BY 4.0.

A maioria dos países da ALC possui mercados de capitais e setores bancários que são menos desenvolvidos do que a média global

Notas: O indicador de desenvolvimento do sistema financeiro mostra a média da percentagem do crédito privado no PIB e da percentagem da capitalização do mercado de bolsa de valores no PIB nos últimos cinco anos. A média global é ponderada pelo PIB.

Fonte: Análise da AIE baseada no FMI (2023b), Banco Mundial e *World Federation of Exchanges* (2023).

A diminuição dessa diferença de investimento requer soluções para reduzir riscos transversais, bem como riscos específicos de projetos ou setores. O custo do capital reflete esses dois grupos de riscos e pode ser dividido em uma taxa básica (que incorpora as percepções de risco das condições gerais de investimento em um país) e um prêmio (que cobre as percepções de risco do investimento específico). A redução da taxa básica é um projeto de longo prazo que vai muito além do setor energético e pode exigir reformas estruturais de longo prazo. Contudo, melhorar a disponibilidade e a acessibilidade dos instrumentos de *hedge* poderia ser uma solução rápida para ajudar a reduzir o risco cambial e atrair mais investimento de capital estrangeiro na energia. Esses

instrumentos ajudam a fixar a taxa de câmbio entre, por exemplo, os fluxos de caixa denominados em moeda local e os empréstimos em moeda forte (ou investimento de capital) durante um período definido, em troca de uma taxa de *hedge* paga pelos investidores. As alternativas de cobertura na região tendem a ser de prazos curtos, pouco líquidas (principalmente para algumas moedas) e custosas. Ampliar alternativas como o Fundo de Câmbio (TCX) seria um bom começo: esse é um mecanismo de *hedge* cambial global que ajuda a reduzir o risco cambial em países de renda baixa e média-baixa (incluindo vários países da ALC).

Em termos de riscos específicos do projeto, as soluções variam dependendo do estágio de desenvolvimento do setor. Em alguns setores desenvolvidos, o desafio é fazer com que os projetos avancem rapidamente, de modo que é fundamental melhorar os processos de licenciamento e aprovação. Os governos e as empresas também poderiam iniciar ou expandir a utilização de instrumentos financeiros sustentáveis para atrair dívida em moeda nacional e de fontes locais e internacionais. Por exemplo, o governo da Colômbia lançou dois títulos verdes em 2021, seguidos por uma Taxonomia Verde Nacional em 2022. Os títulos verdes estimaram “greeniums” (uma taxa de juros inferior à de um título padrão) de 7 e 15 pontos base cada. Cerca de 40% dos investidores eram nacionais, demonstrando a sua facilidade com esse tipo de instrumento e indicando que há margem para maior utilização de títulos verdes (IEA, 2023h).

O financiamento concessional é necessário para os setores menos desenvolvidos, bem como para os países de baixa renda e aqueles com níveis elevados de risco político. Cerca de 5% do investimento necessário na ALC no Cenário NZE até ao início da década de 2030 assume a forma de fundos concessionais (IEA, 2023i). Juntamente com a Índia, a ALC é o segundo maior beneficiário desse tipo de financiamento. Na África, que é o maior beneficiário, os mercados de energia limpa estão menos desenvolvidos e são necessários fundos concessionais para relançar estes mercados por meio da redução de riscos e do desenvolvimento de projetos. Na ALC, a situação é diferente, sendo estes fundos necessários principalmente para desempenhar um papel catalisador na promoção de novas tecnologias, como combustíveis com baixas emissões, armazenamento em grande escala ou mobilidade elétrica. Obviamente, o financiamento concessional por si só não resolverá todos os problemas. O aumento do investimento privado depende da segurança política e regulatória, e os países também precisam de metas claras, processos de aquisição e estruturas contratuais para garantir a possibilidade de financiamento em setores iniciais como a energia eólica *offshore* e a produção de hidrogênio verde.

Também são necessárias soluções personalizadas para aumentar o investimento na eficiência energética. Os códigos de construção e os padrões de desempenho são fundamentais para melhorar a viabilidade financeira dos projetos, assim como os regimes de certificação que fornecem uma avaliação independente do desempenho energético das edificações, trazendo confiança aos investidores. Agrupar projetos para alcançar escala e expandir o financiamento ao consumo verde, por exemplo, hipotecas verdes, são outras formas de garantir o investimento. Iniciativas como o Programa de Hipoteca Verde Infonavit no México ou o modelo de Seguro de Economia de Energia na Colômbia são bons exemplos nos quais outros programas poderiam se espelhar. O programa da Colômbia foi implementado pelo Bancoldex, um banco nacional de desenvolvimento, e depois replicado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, um banco regional.

Além disso, a disponibilidade e a confiabilidade dos dados são fundamentais para melhorar a possibilidade de financiamento do projeto. Sem dados facilmente acessíveis, granulares e confiáveis, os bancos, os investidores do mercado de capitais e os promotores podem ter dificuldade em aplicar a devida diligência e podem não aprovar (ou nem mesmo considerar) projetos que de outra forma seriam viáveis. Os governos desempenham um papel fundamental no fornecimento dessas informações e na construção da confiança dos investidores, especialmente entre os investidores estrangeiros. Por exemplo, a Federação das Indústrias do Estado do Ceará, no Nordeste do Brasil, produziu um atlas eólico-solar altamente granular em 2019 que ajudou a atrair um grande volume de investimentos, posicionou o estado como um centro para a produção de hidrogênio verde e estimulou outros estados brasileiros a disponibilizarem dados semelhantes (IEA, 2023i).

Implicações para transições globais e segurança energética

R E S U M O

- A América Latina e Caribe (ALC) representam atualmente apenas 6% da demanda global de energia, aumentando para 7% em 2050 no Cenário de Compromissos Anunciados (APS). No entanto, a região tem um papel desproporcional nas energias renováveis. A ALC é responsável por 14% do uso global de energia renovável, dependendo fortemente da energia hidrelétrica e da bioenergia. Os seus amplos recursos solares e eólicos fazem com que possa contribuir com 8% do aumento global das energias renováveis até 2050 no APS.
- A ALC deve contribuir de forma significativa para a transição global para energia limpa. No APS, é responsável por quase 10% da redução global da demanda de petróleo até 2050 e por cerca de 5% do declínio da demanda de gás natural. A redução do uso de combustíveis fósseis na ALC reduz as emissões de CO₂ relacionadas à energia em cerca de 860 milhões de toneladas (Mt) de 2022 a 2050. Esta redução significa reduzir pela metade as suas emissões em comparação com os níveis de 2022, reduzindo ainda mais a sua intensidade de emissões, já inferior à média.
- As florestas e o uso da terra na ALC têm um papel vital na contribuição para a mitigação do clima, o armazenamento de carbono e a preservação da biodiversidade. A região viveu uma perda significativa de cobertura florestal entre 2000 e 2020. no APS, os compromissos levam a uma redução de 80% no desmatamento de florestas primárias até 2030 e a um crescimento florestal líquido de 100 milhões de hectares até 2050. A quase cessação do desmatamento é responsável por mais de dois terços da redução das emissões relacionadas ao uso do solo e à agricultura até 2030, e o uso do solo se torna um sumidouro líquido de gases de efeito estufa até 2030, removendo cerca de 1,6 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente anualmente até 2050, com a quase paralisação do desmatamento e o reflorestamento no Brasil e no México desempenhando papéis importantes.
- A ALC desempenha um papel crucial para melhorar a segurança energética global com uma oferta diversificada de combustíveis fósseis. As recentes descobertas de petróleo e os planos de expansão levam a Guiana e o Brasil a registrarem aumentos particularmente fortes na produção, visto que se projeta que eles registrem os dois maiores aumentos do mundo até 2035 no APS. A Argentina tem potencial para expandir significativamente a sua produção de gás natural, compensando a redução da produção em vários outros países da ALC, particularmente Trinidad e Tobago.
- Os excelentes recursos de energia renovável na região fazem com que a ALC tenha potencial para se tornar um importante produtor e exportador de hidrogênio de baixas emissões. Prevê-se que aumente a sua participação na produção global de hidrogênio, tornando-se um importante exportador líquido de hidrogênio de baixas emissões e de combustíveis à base de hidrogênio até 2050 no APS. O desenvolvimento de uma produção

de ferro e amônia de baixas emissões e com custos competitivos poderia impulsionar ainda mais a reindustrialização da região e atrair investimento estrangeiro.

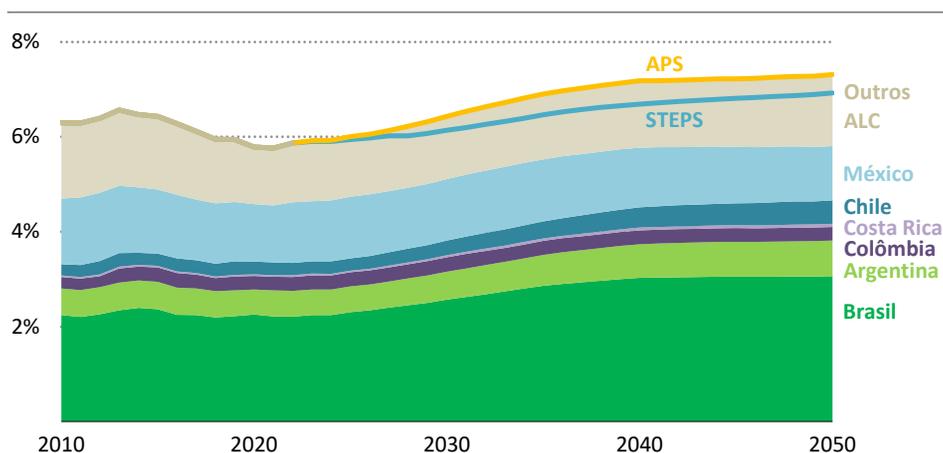
- A ALC tem outras oportunidades para melhorar o seu desenvolvimento econômico e apoiar transições globais para energias limpas, fornecendo minerais críticos, como cobre, níquel, lítio e elementos raros. As exportações de cobre e lítio devem ser especialmente importantes nos próximos anos.

4.1 Papel da América Latina e Caribe na definição das tendências energéticas globais

4.1.1 Demanda energética

A América Latina e Caribe (ALC) representam uma parcela relativamente pequena da demanda mundial de energia, mas a região tem potencial para desempenhar um papel importante nas transições energéticas globais. Atualmente é responsável por 6% da demanda global de energia. Prevê-se que a demanda por energia na ALC aumente cerca de 1% ao ano, em média, até 2050 (Figura 4.1). Como resultado, a sua parcela na demanda total de energia primária aumenta para cerca de 7% em 2050, tanto no Cenário de Políticas Declaradas (STEPS) como no Cenário de Compromissos Anunciados (APS). Brasil, México e Argentina são os maiores consumidores de energia da região: a sua demanda combinada de energia aumenta de 4% do fornecimento global de energia primária em 2022 para cerca de 5% em ambos os cenários em 2050.

Figura 4.1 ▶ Participação da ALC na oferta total de energia global, por país e cenário, 2010-2050



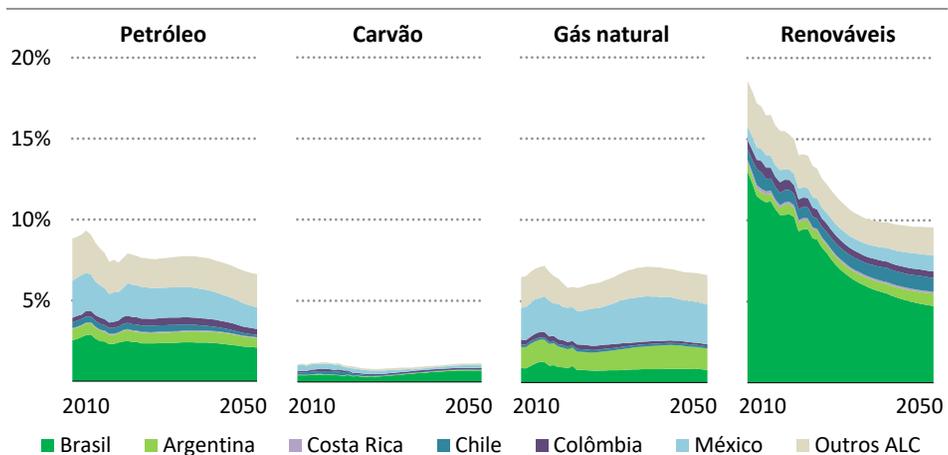
IEA. CC BY 4.0.

Os países da ALC representam cerca de 6% da oferta total de energia primária do mundo, sendo os maiores consumidores o Brasil e o México, que representam 60% da região

Nota: STEPS = Cenário de Políticas Declaradas; APS = Cenário de Compromissos Anunciados.

A ALC dispõe de recursos naturais abundantes para atender a essa demanda. Estas incluem reservas significativas de gás natural na Argentina e na Venezuela, reservas de petróleo na Venezuela, Brasil, México, Argentina e Guiana, e reservas de carvão no Brasil e na Colômbia. Além disso, existem diversos e extensos recursos de energia renovável. Há muito que a ALC utiliza extensivamente energias renováveis, sendo responsável por 14% do fornecimento global de energia renovável em 2022, em comparação com apenas 6% do fornecimento total de energia primária global. A bioenergia e a energia hidrelétrica têm sido os pilares da matriz energética da ALC e a região abriga quatro das dez maiores instalações hidrelétricas do mundo. A ALC foi responsável por 18% da geração global de eletricidade a partir de energia hidrelétrica e por 22% da produção de bioenergia em 2022. A região também possui recursos eólicos potenciais significativos para explorar, principalmente na Patagônia e no norte do Brasil, e recursos solares no Chile e em outros lugares.

Figura 4.2 ▶ Participação da ALC na oferta total de energia global, por fonte e país, no Cenário de Compromissos Anunciados (APS), 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

A ALC desempenha um papel significativo na oferta global de energia renovável, embora a porcentagem diminua à medida em que outras regiões do mundo correm para recuperar o atraso

As energias renováveis continuam sendo extremamente importantes na região e, no APS, o fornecimento de energias renováveis triplica entre 2022 e 2050. Embora os limites inerentes ao seu uso sustentável signifiquem que o crescimento da energia hidrelétrica deve ser mais limitado do que no passado, a energia eólica e solar de baixo custo ganha impulso rapidamente e a bioenergia permanece em uma trajetória de crescimento constante. As transições para energia limpa estão aumentando rapidamente o uso de energias renováveis em todo o mundo, de modo que a participação da ALC no fornecimento global de energia renovável diminui dos 14% atuais

para cerca de 9% no STEPS e 10% no APS até 2050 (Figura 4.2). Em qualquer um dos casos, a ALC tem o papel mais importante nas energias renováveis globais do que o tamanho da sua economia regional poderia sugerir.

Apesar das dotações de recursos de combustíveis fósseis, a percentagem da sua utilização na demanda total de energia na ALC é relativamente modesta. Atualmente, os combustíveis fósseis representam dois terços da matriz energética da ALC. No APS, essa percentagem cai para 57% em 2030 e para 28% em 2050. No Cenário das Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE), a ALC depende de combustíveis fósseis para 50% das suas necessidades energéticas em 2030, o que cai para menos de 10% em 2050.

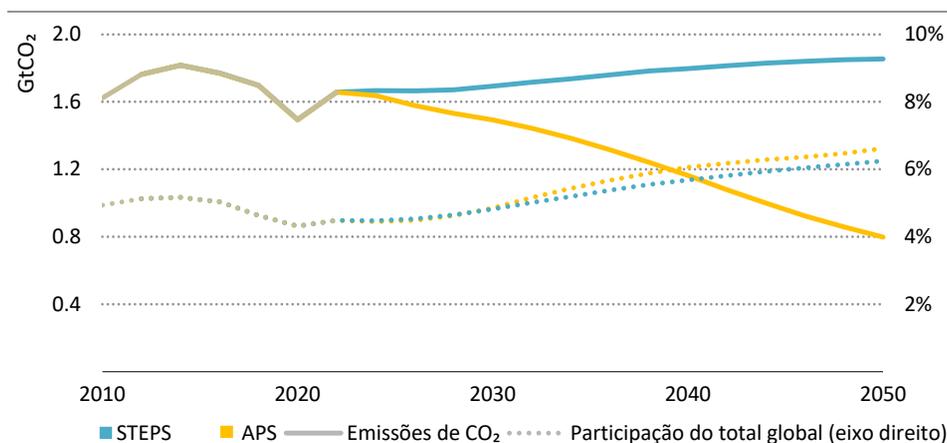
Em 2022, a ALC foi responsável por quase 8% do uso global de petróleo e 6% do uso total global de gás natural. O Brasil e o México são os dois maiores consumidores de petróleo na região, refletindo principalmente as suas economias robustas e a demanda de combustível para o transporte rodoviário. O México e a Argentina são os dois principais consumidores de gás natural, representando 2% e 1% da demanda global de gás natural, respectivamente. No STEPS, a demanda de gás natural na ALC aumenta nos próximos anos e estabiliza no longo prazo em um nível mais de 15% superior ao de 2022, mantendo uma participação constante de cerca de 7% do total global. No APS, a demanda de gás natural diminui gradualmente para 65% do nível de demanda em 2022 até 2050, representando mais de 6% do total global.

Atualmente, o consumo de carvão na ALC representa 1% da demanda global total. O carvão tem um papel menor no panorama energético da região, em relação ao resto do mundo. O Brasil tem a maior participação na demanda de carvão da região, principalmente para a produção de aço, que aumenta tanto no STEPS quanto no APS. No entanto, a região ainda tem um impacto marginal a nível mundial em termos de parcela global do consumo de carvão.

4.1.2 Emissões de CO₂ relacionadas com a energia

As emissões totais de CO₂ na ALC diminuem mais de 50% no APS entre 2022 e 2050 devido ao aumento da eletrificação nos setores de uso final e ao rápido aumento contínuo da participação das energias renováveis na matriz de geração de eletricidade. No entanto, a participação da ALC nas emissões globais de CO₂ relacionadas à energia aumenta de menos de 5% atualmente para quase 7% em 2050, à medida que outras partes do mundo descarbonizam mais rapidamente (Figura 4.3), refletindo o desafio de lutar pela descarbonização e, ao mesmo tempo, tentar entregar crescimento econômico. A parcela da ALC nas emissões globais continua, no entanto, menor do que a sua parcela na população mundial. No STEPS, as emissões na região continuam a aumentar tanto em termos absolutos como em percentagem das emissões globais, mas o crescimento médio anual é inferior a 0,5% e as emissões *per capita* permanecem praticamente constantes em cerca de 2,5 toneladas de dióxido de carbono (t CO₂) por ano entre 2022 e 2050.

Figura 4.3 ▶ Emissões de CO₂ relacionadas à energia na ALC e participação nas emissões globais de CO₂ 2010-2050



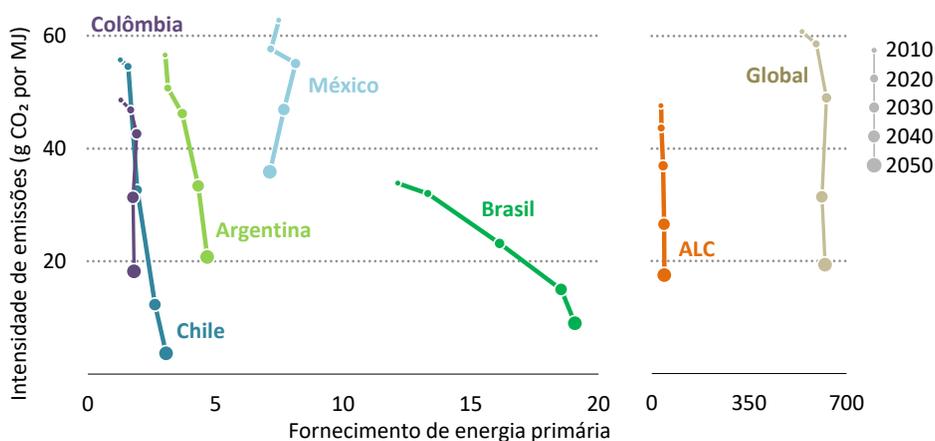
IEA. CC BY 4.0.

A ALC é responsável por menos de 7% das emissões globais de CO₂ relacionadas à energia entre 2022 e 2050 em ambos os cenários; no APS, as emissões de CO₂ caem mais de 50% até 2050

Nota: Gt CO₂ = gigatoneladas de dióxido de carbono.

Como região, a ALC já é uma das economias menos intensivas em emissões do mundo. A intensidade de CO₂ do seu consumo de energia foi 24% inferior à média mundial em 2022, e essa tendência continua até 2030 tanto no STEPS como no APS. Em 2050, a ALC está 10% abaixo da média mundial. O Brasil, que já é o país menos intensivo em emissões da região, alcança uma redução adicional de 30% até 2030 no APS (Figura 4.4). Enquanto isso, o Chile apresenta uma redução de 35%, a maior da região: isso reflete a implementação de uma série de medidas eficazes de eficiência energética, eletrificação e uma redução substancial de 85% na produção de energia a carvão, com uma meta de eliminação progressiva do carvão até 2040. O México e a Colômbia reduzem a intensidade das suas emissões em 7% e 8%, respectivamente, até 2030, o que está abaixo da média de 17% na região. A Argentina faz progressos constantes na redução da intensidade das emissões, com reduções mais acentuadas nas emissões por unidade de energia utilizada do que na Colômbia e no México até 2030, embora menos acentuadas do que no Chile.

Figura 4.4 ▶ Intensidade de CO₂ na oferta de energia primária na ALC no Cenário de Compromissos Anunciados (APS), 2010-2050



IEA. CC BY 4.0.

Melhorias na intensidade das emissões alcançadas na maioria dos países da ALC estão alinhadas ou melhores que a média global

Nota: g CO₂ = gramas de dióxido de carbono; MJ = megajoule; EJ = exajoule.

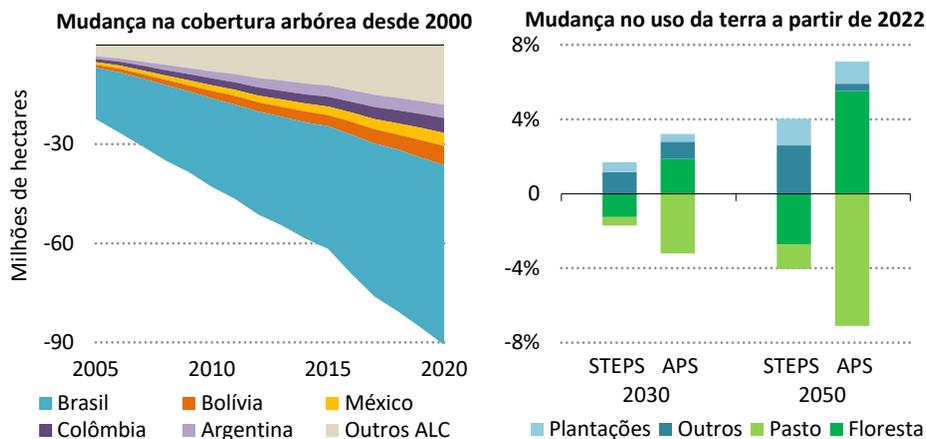
4.1.3 Emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso da terra e da agricultura

O uso da terra e a agricultura desempenham um papel fundamental na contribuição da América Latina e Caribe para os esforços globais de mitigação do clima. Isso acontece porque o setor do uso do solo na ALC, atualmente responsável por cerca de um quarto das emissões globais de CO₂ do uso do solo, tem o potencial de se tornar um sumidouro substancial de carbono no futuro.

Cerca de um quarto das florestas do mundo estão na ALC, das quais quase 40% são florestas tropicais primárias.¹ A floresta primária é particularmente significativa em muitas frentes. Do ponto de vista climático, pode armazenar 30-70% mais carbono por unidade de área do que as florestas exploradas e degradadas, e as perdas são especialmente perigosas: o desmatamento e a degradação da floresta tropical primária poderiam desencadear mudanças irreversíveis nos padrões climáticos locais, levando ao colapso total dos ecossistemas florestais, o que, por sua vez, poderia empurrar o clima para um ponto de ruptura (Keith et al., 2014); (International Action for Primary Forest, 2017); (Armstrong McKay et al., 2022). A floresta amazônica tem um valor insubstituível em termos de biodiversidade (contém cerca de um quarto de todas as espécies terrestres) além de abrigar comunidades indígenas (Barlow et al., 2018).

¹ A floresta primária é uma floresta naturalmente regenerada de espécies de árvores nativas onde não há indicações claramente visíveis de atividade humana e os processos ecológicos não são significativamente perturbados.

Figura 4.5 ▶ **Mudança na cobertura arbórea desde 2000 por país e mudança no uso da terra por cenário**



IEA. CC BY 4.0.

A perda de cobertura arbórea, principalmente de floresta tropical primária, acelerou desde 2015. No STEPS o desmatamento continua e, no APS, pastagem é convertida em floresta secundária e terras agrícolas.

Nota: A cobertura arbórea representa uma densidade de copa de 50%.

Fontes: Global Forest Watch (2023) e modelagem do International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) para a ALE.

A cobertura arbórea na ALC caiu 90 milhões de hectares (Mha), aproximadamente o tamanho da França e da Alemanha juntas, entre 2000 e 2020. O desmatamento de árvores no Brasil é responsável por cerca de 60% da área total perdida, mas também houve perdas significativas na Bolívia e na Colômbia (Figura 4.5). O desmatamento acelerou nos últimos anos, especialmente no Brasil, onde atingiu um pico de 15 anos de 11 Mha em 2022, o equivalente a cerca de 30 campos de futebol por minuto. Cerca de 40% das áreas florestais na ALC foram convertidas em pastagens e 35% em terras agrícolas, quase metade das quais são utilizadas para o cultivo de cereais para alimentação de animais (OECD-FAO, 2022). Grande parte desse valor destina-se às exportações de carne bovina para o resto do mundo, que quadruplicaram desde 2000 e agora representam um quarto da produção de carne bovina na ALC (OECD-FAO, 2022).

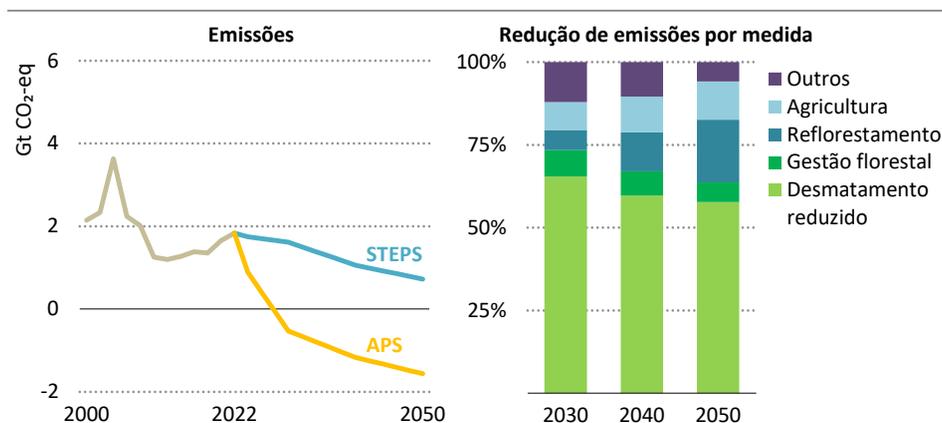
No STEPS, o desmatamento líquido continua a uma taxa média de cerca de 1,7 Mha por ano até 2050, com cerca de metade das terras desmatadas utilizadas para culturas adicionais e outros usos da terra, e metade para pecuária, mineração e exploração madeireira ilegal. A perspectiva é muito diferente no APS. Cerca de 85% das florestas da ALC estão em países cujos governos assinaram a Declaração dos Líderes de Glasgow sobre Florestas e Uso da Terra, que visa deter e reverter o desmatamento e a degradação da terra até 2030 (United Kingdom Government, 2021).²

² Há ambiguidade se a Declaração dos Líderes de Glasgow sobre Florestas e Uso da Terra visa deter a perda florestal bruta ou líquida. As projeções nesta seção são consistentes com a interrupção do desmatamento líquido até 2030 entre os países signatários.

Esses signatários da declaração representam quase 90% da área total desmatada na ALC desde 2000 (Global Forest Watch, 2022). O APS presume que os países cumprem os seus compromissos na íntegra e dentro do prazo e, como resultado, o desmatamento da floresta primária é reduzido nesse cenário em quase 80% até 2030. Esse resultado é acompanhado pelo reflorestamento, com um crescimento líquido nas florestas de 100 Mha até 2050 em relação a 2022, grande parte dele em antigas pastagens.

As diferentes perspectivas para o uso da terra descritas no STEPS e no APS resultam em diferenças significativas nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos cenários. As emissões de GEE provenientes do uso do solo e da agricultura representam atualmente, em média, pouco menos de metade das emissões de GEE de toda a economia da ALC, mas em alguns países esse valor sobe para dois terços (SIRENE, 2023). No STEPS, as emissões do uso do solo e da agricultura caem ligeiramente até 2030. Seu declínio é mais pronunciado depois disso, devido principalmente a uma diminuição no desmatamento, cujas emissões diminuem em um terço em 2050 em relação aos níveis de 2022 (Figura 4.6).

Figura 4.6 ▶ Emissões de GEE provenientes do uso da terra e da agricultura no STEPS e APS, e reduções de emissões por medida no APS, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

As emissões provenientes do uso da terra e da agricultura atingem emissão líquida zero até 2030 no APS, principalmente devido à redução do desmatamento

Notas: Gt CO₂-eq = gigatoneladas de equivalente de dióxido de carbono. Outros = culturas bioenergéticas e outras conversões de uso da terra.

Por outro lado, o APS prevê uma queda acentuada nas emissões de GEE do uso da terra e da agricultura na ALC, que atingem emissões líquidas zero até 2030. Isso reflete compromissos multilaterais, a saber, a Declaração dos Líderes de Glasgow sobre Florestas e Uso da Terra. Também considera o papel do uso da terra nas Contribuições Nacionalmente Determinadas de alguns países. Por exemplo, a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas no Chile e a

legislação como a Política Nacional para o Controle do Desmatamento e Manejo Sustentável de Florestas na Colômbia, que visam uma redução nas taxas de desmatamento (Government of Chile, 2022); (Government of Colombia, 2020).

Uma série de práticas melhoradas de utilização do solo são combinadas para proporcionar reduções de emissões de GEE no APS. A mais importante delas é a quase cessação do desmatamento, que é responsável por dois terços das reduções de emissões de GEE relacionadas ao uso da terra até 2030, com a maioria das reduções restantes resultantes de uma melhor gestão florestal, outras mudanças no uso da terra (como pastagens convertidas em terras agrícolas) e melhores práticas e tecnologias na agricultura (tais como melhor produção de arroz, melhor gestão do esterco, gestão dos nutrientes das culturas e melhor composição dos alimentos para animais). Até 2050, o setor do uso do solo e da agricultura remove da atmosfera cerca de 1,6 bilhão de toneladas de equivalente de dióxido de carbono (Gt CO₂-eq) todos os anos. O desmatamento evitado é responsável por mais da metade da redução das emissões de GEE provenientes do uso do solo entre 2022 e 2050, mas os esforços de reflorestamento nas décadas de 2030 e 2040 começam a pagar dividendos em termos de remoções de CO₂ até 2050, representando cerca de 20% das reduções no APS até 2050.

Planos de reflorestamento foram estabelecidos no Peru, México, Equador e outros lugares, apoiados por uma combinação de financiamento de organizações não-governamentais e programas apoiados pelo governo, como os criados no âmbito do Desafio de Bonn, que é uma meta global de restaurar 150 Mha de paisagens degradadas e desmatadas até 2020 e 350 Mha até 2030. Uma média de 3,3 Mha são reflorestados por ano no período 2022-2050 no APS. Mais de 85% do reflorestamento ocorre no Brasil e no México, a maior parte em terras que anteriormente eram usadas para pastagens e possibilitadas por melhorias na pecuária e no manejo de pastagens.

4.2 Papel da ALC para alcançar transições globais para energias limpas e no apoio à segurança energética

4.2.1 Diversidade da oferta de combustíveis fósseis

A diversidade do fornecimento de combustíveis fósseis tem sido uma preocupação central para a segurança energética. Um conjunto mais diversificado de fornecedores reforça a segurança energética, tornando os mercados energéticos mais resilientes a perturbações de todos os tipos. A invasão da Ucrânia pela Rússia e a subsequente turbulência nos mercados energéticos globais reforçaram a importância deste ponto. A segurança energética é uma questão crucial para todos os países, e as recentes perturbações e os aumentos de preços nos mercados de combustíveis fósseis levaram a um interesse renovado por parte dos países importadores no potencial para desenvolver uma gama mais diversificada de fornecedores.

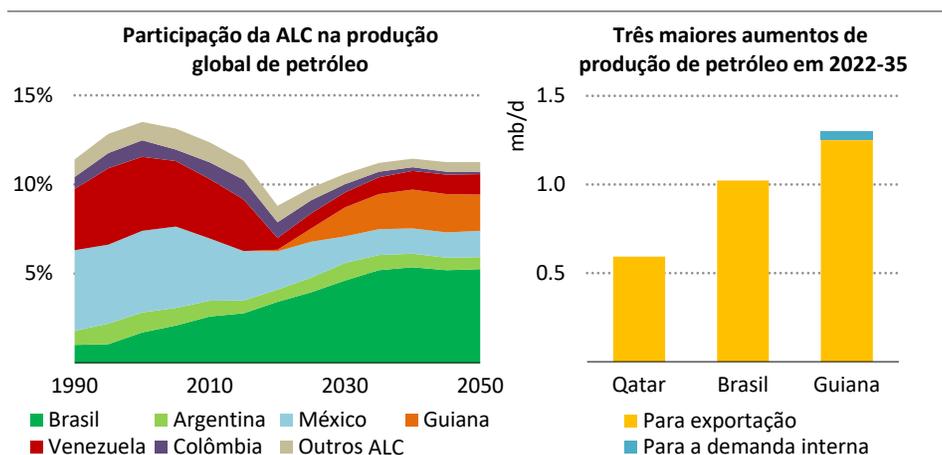
Isso proporciona uma grande oportunidade para os países da ALC impulsionarem as suas economias, utilizando as recentes descobertas de recursos, especificamente o petróleo, para diversificar a oferta global. Contudo, a possibilidade de projetos adicionais de petróleo e gás traz

consigo importantes ressalvas e qualificações. A demanda futura por combustíveis fósseis varia de acordo com o cenário, mas nenhum novo projeto convencional de petróleo e gás com longo prazo de entrega é aprovado para desenvolvimento após 2023 se o mundo conseguir reduzir a demanda fóssil com rapidez suficiente para atingir emissões líquidas zero até 2050, como no Cenário NZE. Quaisquer novos projetos enfrentariam grandes riscos comerciais, e quaisquer países ou sociedades que optem por realizá-los precisam reconhecer que podem não conseguir recuperar os seus custos iniciais.

Petróleo

No APS, os níveis de demanda de combustíveis fósseis e as condições de mercado colocam os países da ALC em uma posição capaz de desempenhar um papel cada vez maior na produção e no comércio mundial de petróleo. O Brasil e a Guiana registram o segundo e o terceiro maiores aumentos nas exportações líquidas de petróleo do mundo até 2035 neste cenário, atrás apenas dos Estados Unidos. A ALC já é um exportador líquido de petróleo, enviando 0,6 milhão de barris por dia (mb/d) para mercados externos em 2022, o que representa cerca de 0,6% da produção global de petróleo. O crescimento da produção e das exportações de petróleo no APS fica aquém do previsto no STEPS, no qual a região aumenta as exportações líquidas para quase 3 mb/d até 2035, mas ainda é significativo: o aumento da produção de petróleo na ALC ultrapassa o crescimento da demanda regional de petróleo no APS, impulsionando as exportações líquidas para mais de 2 mb/d em 2035, ou cerca de 3% da oferta mundial de petróleo.

Figura 4.7 ▶ Participação da ALC na produção global de petróleo, 1990-2050, e três principais aumentos de produção de petróleo no APS, 2022-2035



IEA. CC BY 4.0.

A Guiana e o Brasil são os dois principais países do mundo em crescimento da produção de petróleo até 2035: sua produção combinada aumenta cerca de 2,5 mb/d, sendo a maior parte exportada

A Guiana aumenta a produção de petróleo em mais de 1 mb/d de 2022 a 2035 no APS. Esse é o maior aumento no mundo durante esse período e é quase equivalente ao aumento geral na produção de petróleo dos Emirados Árabes Unidos nos últimos 12 anos (Figura 4.7). Isso é possível graças a uma descoberta massiva de reservas de petróleo *offshore* desde 2015, em virtude da qual a Guiana é responsável por cerca de 20% do total global de petróleo bruto descoberto entre 2015 e 2023. Com uma população de menos de 1 milhão, quase toda a produção de petróleo expandida da Guiana está disponível para exportação. O impulso nas exportações de petróleo melhora a diversidade da oferta de petróleo no mundo e proporciona uma grande oportunidade para o desenvolvimento do país. As exportações líquidas de petróleo da Guiana quadruplicaram entre 2020 e 2022, com cerca de metade das cargas entregues em 2022 indo para a Europa para ajudar a substituir o petróleo russo, além de destinos nos Estados Unidos e importadores na ALC.

O Brasil é o responsável pelo segundo maior aumento na produção de petróleo do mundo até 2035 no APS. O Brasil aumenta a produção de petróleo em 1 mb/d durante este período, o que é quase 75% mais do que no Qatar (classificado em terceiro lugar em termos de crescimento da produção). Toda essa produção adicional no Brasil é para exportação. O Brasil é o maior produtor de petróleo da ALC desde 2016, depois de ultrapassar a Venezuela e o México, e continua nessa posição até 2050 no APS, respondendo por cerca de 5% da produção global de 2030 a 2050. O Brasil exporta petróleo há muitos anos e, em 2022, seus principais mercados de exportação fora da ALC foram a União Europeia, os Estados Unidos e a China.

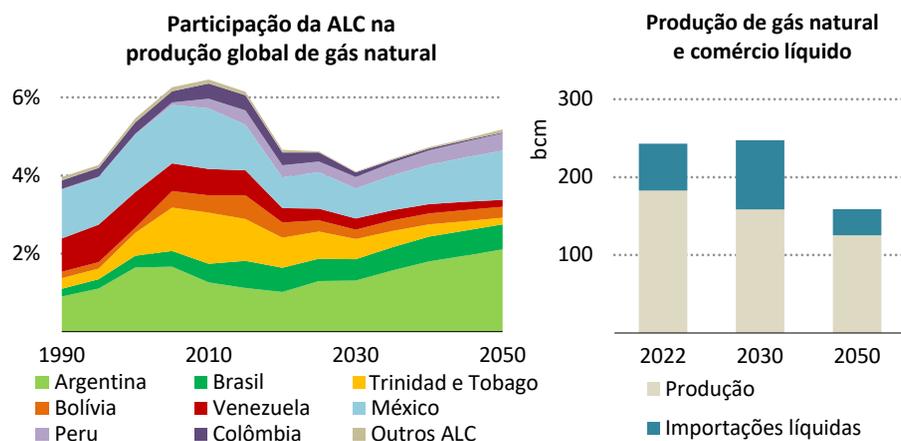
A Argentina poderia potencialmente aumentar a sua produção de petróleo, dependendo das condições de mercado e dos custos de produção de óleo em formação fechada. A Venezuela também pode aumentar a produção se houver progressos significativos na normalização da atual situação internacional.

Gás natural

No APS, a ALC continua a ser um importador líquido de gás natural, embora os volumes diminuam acentuadamente após 2030, reduzindo as importações em mais de 50 bilhões de metros cúbicos (bcm). A demanda de gás natural na região diminui, em média, 1,5% ao ano até 2050, e a produção cai ao longo do tempo, de quase 185 bcm em 2022 para 125 bcm em 2050. Uma vez que a produção mundial de gás natural também diminui durante este período, a participação da região no total mundial mantém-se estável em cerca de 5% até 2050.

Entre 2022 e 2030, a Argentina aumenta a produção em cerca de 15% no APS, enquanto a maioria dos outros países da ALC reduz a sua produção (Figura 4.8). Trinidad e Tobago é o terceiro maior produtor de gás natural da região e um grande exportador de gás natural liquefeito (GNL), com cargas para a Europa, importadores na ALC e outros mercados, mas sua produção em 2022 foi 20% abaixo da máxima recente em 2019, e cai mais 30% até 2030. O volume reduzido das exportações de GNL de Trinidad e Tobago nos próximos anos representa um desafio para o desenvolvimento do país. A produção de gás natural do Brasil estabiliza no curto prazo no APS, enquanto a produção de gás diminui na Colômbia.

Figura 4.8 ▶ Participação da ALC na produção global de gás natural, 1990-2050, e na produção e comércio líquido de gás natural no APS, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A produção de gás natural na Argentina aumenta, compensando parcialmente reduções em outras partes da região, com a participação da ALC na produção global permanecendo em cerca de 5%

Nota: bcm = bilhões de metros cúbicos.

Entre 2030 e 2050, as importações líquidas de gás natural na ALC caem acentuadamente no APS, à medida em que a demanda cai mais acentuadamente do que a produção. A Argentina e o México são os únicos produtores significativos da região que registraram um aumento na produção durante este período.

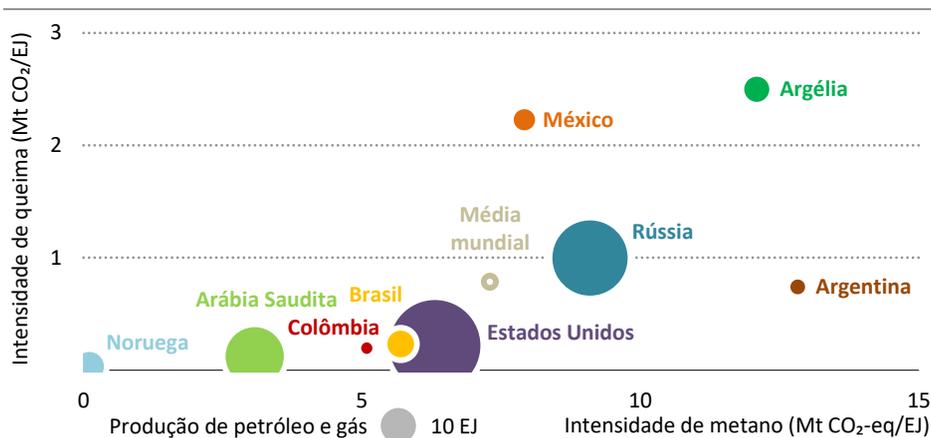
No STEPS, a demanda de gás natural na região continua a aumentar em média 0,5% ao ano e as importações líquidas regionais aumentam para metade até 2050. A ALC cumpre com a sua demanda adicional principalmente por meio de importações, em vez de uma maior produção na região, especialmente porque há um declínio significativo na produção em Trinidad e Tobago. A Argentina aumenta a sua produção em cerca de 70% até 2050, enquanto o Brasil aumenta a sua produção em 20%, mais do que o aumento da demanda interna. O Peru tem uma produção globalmente estável, enquanto outros produtores, como a Venezuela e a Bolívia registram quedas significativas.

Emissões de metano e queima (flaring)

As emissões de metano relacionadas às operações de petróleo e gás natural na ALC representaram cerca de 10% do total global da indústria em 2022. A participação da ALC nas emissões globais de metano foi superior à sua participação no fornecimento global de petróleo e gás, que totalizou 7%. Vários grandes produtores da ALC apresentam altas intensidades de emissões de metano. Em comparação com a intensidade média global de metano de cerca de 7 milhões de toneladas de

equivalente de dióxido de carbono por exajoule (Mt CO₂-eq/EJ) de produção de petróleo e gás, a Venezuela foi cinco vezes maior em 2022 e a Argentina cerca de 75% maior (Figura 4.9). A queima também é uma fonte de emissões na região. Em comparação com a média global para operações de petróleo e gás de 0,8 Mt CO₂/EJ em 2022, o México apresentou números quase três vezes maiores e a Venezuela onze vezes maiores. Colômbia e Brasil são exceções notáveis: apresentam um desempenho relativamente bom em ambas as métricas, comparando-se favoravelmente com a média mundial.

Figura 4.9 ▶ Produção de petróleo e gás para produtores selecionados com intensidades associadas de metano e queima em flares, 2022



IEA. CC BY 4.0.

Há espaço para grandes reduções de emissões na indústria de petróleo e gás na ALC, reduzindo a queima e implementando medidas de mitigação do metano

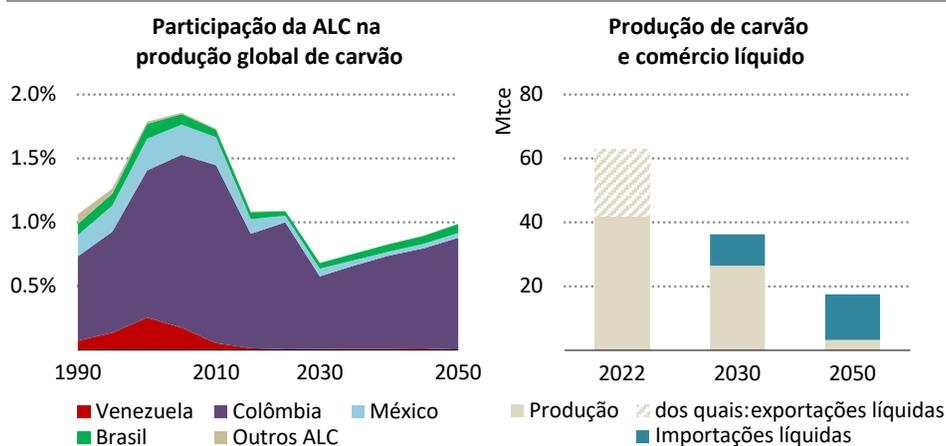
Notas: Mt CO₂ / EJ = milhões de toneladas de dióxido de carbono por exajoule. Uma tonelada de metano é considerada equivalente a 30 toneladas de CO₂ com base potencial de aquecimento global de 100 anos (IPCC, 2021).

Todos os principais produtores da ALC, com exceção da Venezuela, assinaram o Compromisso Global do Metano, sinalizando o seu compromisso de combater as emissões de metano. O México e a Argentina também participam do *Energy Pathway* do Compromisso Global do Metano, que incentiva todas as nações a capturarem o potencial máximo de mitigação de metano com boa relação custo-benefício no setor de óleo e gás, e a eliminar a queima de rotina o mais rápido possível, até 2030. Se todos os países da região atendessem a este apelo, poderiam reduzir mais de 6 Mt de emissões de metano e cerca de 35 Mt de emissões de CO₂ por ano. Além dos benefícios em termos de emissões, isso disponibilizaria mais de 25 bcm de gás natural, o que poderia ajudar a aumentar a segurança energética e a reduzir a dependência da região das importações de gás natural. Há diversas medidas que os produtores podem tomar para alcançar essas reduções (ver Capítulo 3, seção 7).

Carvão

A ALC não é um usuário significativo de carvão em escala global, e esse continua sendo o cenário durante o período da perspectiva (Figura 4.10). Em 2022, a ALC foi responsável por 1% da produção global total de carvão (medida em termos energéticos) e da demanda de carvão. Prevê-se que o consumo de carvão diminua marginalmente no STEPS, com o crescimento da demanda proveniente da produção de aço e cimento compensando parcialmente a diminuição da demanda no setor energético, mas a parcela da ALC no consumo global de carvão até 2050 permanece próxima ou em torno de 1%. O consumo diminui no APS para um valor ligeiramente menor do que a média global e cai 80% até 2050 no Cenário NZE. A produção de carvão na ALC diminui mais rapidamente do que a média global no APS, caindo para cerca de 0,2% no APS.

Figura 4.10 ▶ Participação da ALC na produção global de carvão, 1990-2050, e produção e comércio líquido de carvão no APS, 2022-2050



IEA. CC BY 4.0.

A Colômbia é responsável pela maior parte da produção regional de carvão; a produção de carvão da ALC cai 95% entre o período atual e 2050, mais do que a demanda no APS, aumentando as importações líquidas no longo prazo

Nota: Mtce = milhões de toneladas de carvão equivalente.

De longe, a Colômbia é o maior produtor de carvão da ALC. Em 2022, produziu cerca de 55 milhões de toneladas de equivalente de carvão (Mtce), cerca de 90% do total da região, fazendo com que seja uma das dez maiores produtoras de carvão do mundo. A maior parte do carvão destina-se à exportação, principalmente para a Europa. A Colômbia é atualmente a sexta maior exportadora mundial de carvão. Em 2022, cerca de 60% das suas exportações foram para a Europa, cerca de um quarto para outros países da ALC e quantidades menores para muitos outros mercados.

No STEPS, a produção de carvão na ALC deve cair quase pela metade, para cerca de 35 Mtce até 2030, e depois estabilizar. Essa produção cai mais rápido e em maior grau no APS, para 3 Mtce em 2050. O declínio previsto na produção em ambos os cenários se deve principalmente a uma queda

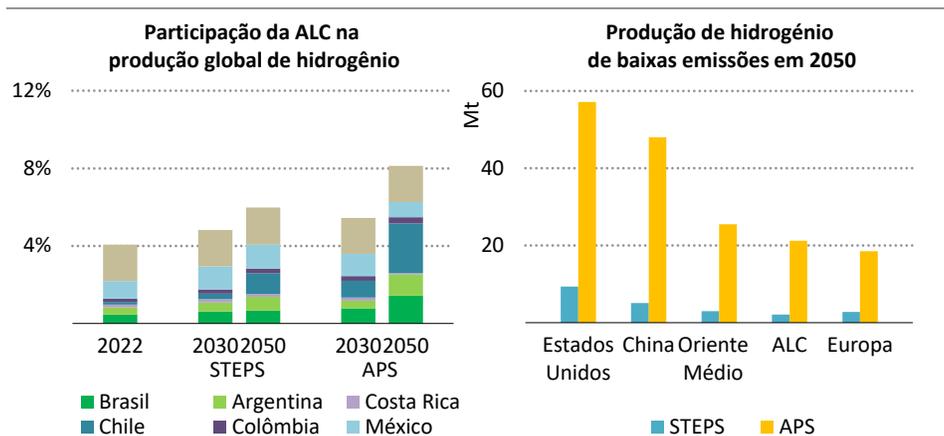
no consumo de carvão para caldeiras nos principais mercados de exportação da Colômbia. O governo colombiano anunciou recentemente que não permitiria a abertura de novas minas de carvão.

Com exceção da Colômbia, a maior parte do carvão da ALC é produzida no México e no Brasil, principalmente para a indústria e a geração de energia. A produção em ambos os países diminui no STEPS, com uma queda mais acentuada no APS devido a uma eliminação progressiva acelerada da produção de energia a carvão. O declínio acentuado na produção de carvão colombiana transforma a região em um importador líquido de carvão até 2030 em ambos os cenários.

4.2.2 Hidrogênio de baixas emissões, combustíveis à base de hidrogênio e produtos relacionados

A participação da produção global de hidrogênio na região da ALC aumenta de cerca de 4% (cerca de 4 Mt) atualmente para 6% (cerca de 8 Mt) no STEPS e 8% (cerca de 25 Mt) no APS em 2050 (Figura 4.11). Quase 50% do crescimento da região no STEPS provém do hidrogênio de baixas emissões. No APS, toda a produção adicional é de baixas emissões, sendo a eletrólise utilizada na maior parte das vezes. Excelentes recursos energéticos renováveis levam a custos de produção relativamente baixos de hidrogênio eletrolítico na região, que se torna uma grande produtora de hidrogênio de baixas emissões, tanto para utilização na região como para exportação, particularmente no APS.

Figura 4.11 ▶ Participação da ALC na produção global de hidrogênio e nos principais produtores de hidrogênio de baixas emissões por cenário em 2050



IEA. CC BY 4.0.

A ALC se torna uma importante produtora de hidrogênio de baixas emissões no Cenário de Compromissos Anunciados (APS)

Nota: Mt = milhões de toneladas STEPS = Cenário de Políticas Declaradas; APS = Cenário de Compromissos Anunciados.

DESTAQUE

Garantindo que a produção de hidrogênio não agrave a concorrência pela água em regiões áridas e com escassez de água

A maioria dos projetos anunciados na ALC para a produção de hidrogênio de baixas emissões depende da eletrólise da água. Isso requer aproximadamente 10 litros por quilograma de hidrogênio (L/kg H₂) de água de matéria-prima industrial e 30-70 L/kg H₂ adicionais de água de processo para refrigeração, com requisitos exatos dependendo da tecnologia de refrigeração usada e das condições ambientais. Com base nesses projetos, a produção de 5,9 milhões de toneladas de hidrogênio (Mt H₂) em 2030 exigiria cerca de 250-500 milhões de metros cúbicos (m³) de água, sem incluir a água utilizada na manutenção das usinas de energia renovável, por exemplo, para limpeza de painéis solares. Em 2019, a utilização anual de água doce da região para a agricultura, a indústria e os resíduos urbanos totalizou aproximadamente 420 bilhões de m³ de água (Ritchie and Roser, 2023). A produção de hidrogênio eletrolítico consumiria, portanto, cerca de 0,06%-0,12% da quantidade total de água utilizada atualmente. Essa porcentagem pode parecer pequena, até porque a América do Sul é a região com os maiores recursos renováveis de água doce *per capita* do mundo, mas ainda pode exercer uma pressão adicional sobre áreas com escassez de água, especialmente porque a disponibilidade de água já é afetada pelas variações sazonais das chuvas, secas recorrentes e o efeito das mudanças climáticas.

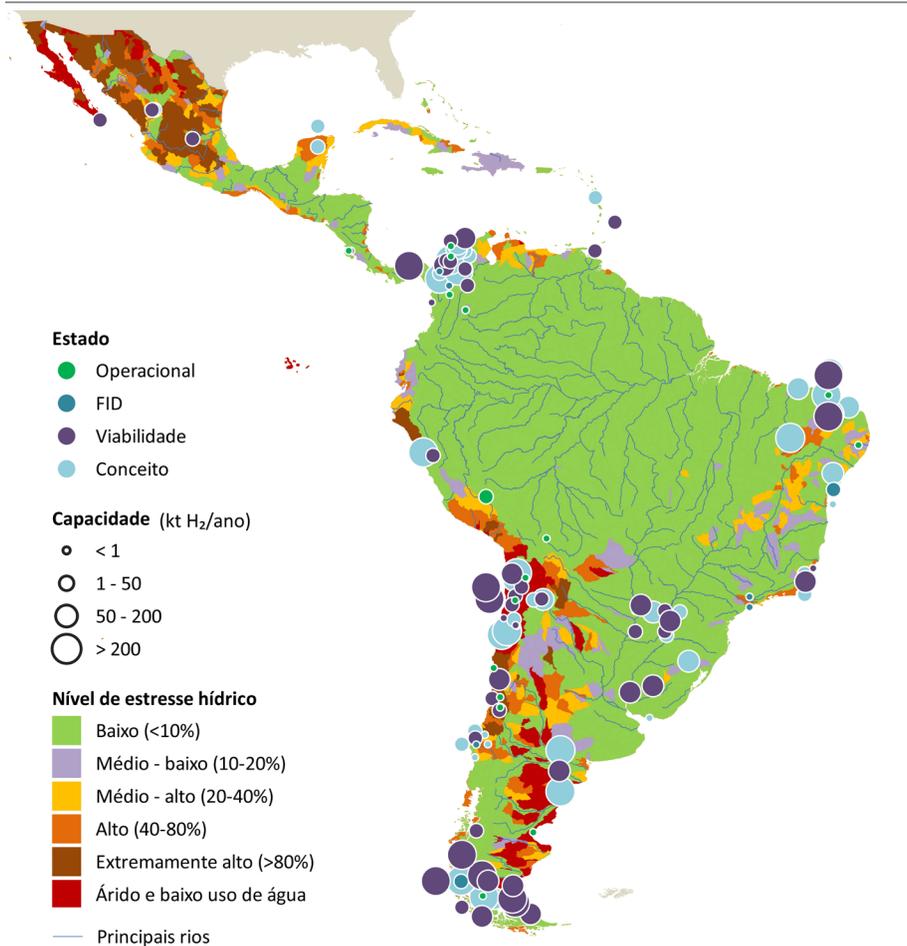
Independentemente da sua localização, os projetos propostos de produção de hidrogênio devem avaliar a viabilidade dos locais para verificar se a produção pode colocar uma pressão não gerenciável sobre o abastecimento de água. Por esse motivo, a maioria dos projetos de hidrogênio eletrolítico anunciados na região da ALC são planejados em áreas costeiras ou perto de grandes massas de água (Figura 4.12).

Existem várias opções para fornecer a água necessária para a eletrólise do hidrogênio:

- **Dessalinização** de água do mar ou águas subterrâneas salobras. Em 2022, a capacidade operacional total de dessalinização na região da ALC foi de 4,2 milhões de m³/dia, equivalente a cerca de 1,5 bilhão de m³/ano (Global Water Intelligence, 2023). Se a maior parte da produção de hidrogênio eletrolítico depender de água dessalinizada, a região pode precisar expandir a sua capacidade de dessalinização em até 30% até 2030. Os maiores projetos de hidrogênio anunciados na ALC, com uma produção anual esperada de 500 quilotoneladas (kt) em média, consumiriam de 20 a 40 milhões de m³ de água por ano, o que corresponde de 55 000 a 110 000 m³/dia. Embora a região tenha mais de 1 300 usinas de dessalinização, apenas dez excedem a capacidade de 55 000 m³/dia e apenas uma ultrapassa 110 000 m³/dia. Os projetos de hidrogênio eletrolítico exigem, portanto, muitas vezes a construção nas proximidades de algumas das maiores centrais de dessalinização da região, e estas devem evitar danos ambientais durante a captação de água e descarte de salmoura. Esses projetos de dessalinização também têm o potencial de contribuir para melhorar a disponibilidade e a qualidade da água. Por exemplo, o projeto Marengo I, no México, planeja fornecer 2 000 m³/dia às comunidades próximas.

- *Uso sustentável dos recursos de água doce.* Quando a produção de hidrogênio depende de água proveniente de fontes de água doce, incluindo águas superficiais e subterrâneas, devem ser realizadas avaliações para garantir que a produção não vai interferir em outras necessidades de água ou comprometer a viabilidade de futuras atividades econômicas na área.

Figura 4.12 ▶ **Projetos de produção de hidrogênio eletrolítico anunciados e níveis de escassez hídrica na região da ALC, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

Cerca de metade da capacidade dos projetos de hidrogênio eletrolítico anunciados está em áreas com escassez de água, exigindo usinas de dessalinização adicionais

Notas: O nível de escassez hídrica é uma medida da proporção entre a demanda total de água e as fontes renováveis de água superficial e subterrânea disponíveis.

Fontes: WRI (2023); *Hydrogen projects database IEA* (2023a); IEA (2023b).

- *Uso de águas residuais.* As águas residuais têm um potencial significativo para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e existem oportunidades para promover a economia circular por meio da utilização do oxigênio e do calor residual que são subprodutos do processo eletrolítico para o processo de tratamento de águas residuais.

Oportunidades de exportação de hidrogênio, combustíveis à base de hidrogênio e produtos relacionados

A nível global, cerca de 5 milhões de toneladas de equivalente de hidrogênio (Mt H₂-eq)³ são comercializadas inter-regionalmente⁴ no APS até 2030, aumentando para quase 50 Mt H₂-eq até 2050. Isso equivale a cerca de 20% da produção global de hidrogênio de baixas emissões, que aumenta cerca de dez vezes entre 2030 e 2050. A ALC é uma grande exportadora de hidrogênio de baixas emissões no APS, juntamente com o Oriente Médio, África, Austrália e Nova Zelândia. É responsável por cerca de 20% das exportações globais, tornando-se a terceira maior exportadora de hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio (Figura 4.13).

O crescente interesse no comércio de hidrogênio de baixas emissões e de combustíveis à base de hidrogênio fez com que houvesse muitos anúncios de projetos. Os projetos orientados para a exportação anunciados em todo o mundo sugerem que cerca de 16 Mt H₂-eq poderiam ser exportados até 2030, dos quais quase 2,5 Mt H₂-eq poderiam vir da região da ALC. Quase todos esses projetos orientados para a exportação foram anunciados nos últimos três anos, no entanto, a maioria deles ainda está em fase inicial de desenvolvimento e apenas três projetos chegaram a uma decisão final de investimento, nenhum deles na ALC (IEA, 2023b). Os projetos anunciados na ALC que representam 40% da produção potencial na região identificaram o noroeste da Europa como o seu destino potencial de exportação, enquanto outros projetos anunciados estão considerando exportações para o Japão e a Coreia.

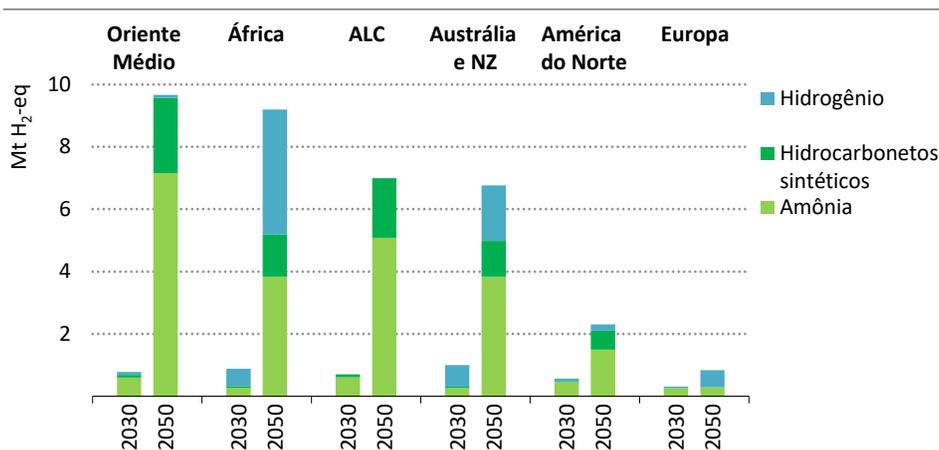
O comércio internacional de hidrogênio está em uma fase muito inicial. Atualmente está limitado a alguns gasodutos de hidrogênio no norte da Europa. Por outro lado, a amônia e o metanol já são comercializados globalmente como matérias-primas para a indústria química. A infraestrutura para manusear e armazenar amônia e metanol nos portos já está disponível, inclusive na ALC, e os navios-tanque necessários para transportá-los estão em operação. No entanto, não existe tecnologia comercialmente disponível para o transporte de hidrogênio puro, o que requer armazenamento e transporte a temperaturas extremamente baixas. Em decorrência disso, espera-se que a maior parte das exportações a curto prazo seja sob a forma de amônia, uma vez que atualmente também existe demanda de amônia. Com base nos projetos anunciados, espera-

³ Para combustíveis e matérias-primas à base de hidrogênio, a quantidade equivalente de hidrogênio corresponde às entradas estequiométricas de hidrogênio necessárias para produzir esses combustíveis e matérias-primas, presumindo uma perda de hidrogênio de 2% na reação. Os requisitos de hidrogênio são de 0,18 kg de H₂ por kg de amônia; 0,13 kg H₂ por kg de metanol; 0,52 kg H₂ por kg de combustível sintético Fischer-Tropsch; e 0,55 kg de H₂ por kg de metano.

⁴ O comércio inter-regional refere-se ao transporte de hidrogênio e de combustíveis à base de hidrogênio entre regiões abrangidas pelo Modelo Global de Energia e Clima da AIE, mas não entre países da mesma região.

se que cerca de 45% das exportações da região até 2030 sejam feitas sob a forma de amônia e outros 5% sob a forma de hidrocarbonetos líquidos sintéticos, sendo que o restante permanece indefinido.

Figura 4.13 ▶ Exportações de hidrogênio de baixas emissões e combustíveis à base de hidrogênio por região no Cenário de Compromissos Anunciados (APS), 2030 e 2050



IEA. CC BY 4.0.

A ALC se torna um dos maiores exportadores do mundo em combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões

Nota: Mt H₂-eq = milhões de toneladas de equivalente de hidrogênio. Austrália e NZ = Austrália e Nova Zelândia. A América do Norte exclui o México, que está incluído no grupo da América Latina e Caribe. O hidrogênio pode ser comercializado como hidrogênio gasoso através de um gasoduto ou como hidrogênio liquefeito em um navio-tanque.

Uma dificuldade potencial é que a infraestrutura de armazenamento de amônia disponível pode não estar alinhada com os locais dos projetos de hidrogênio. Por exemplo, o Brasil e o Chile anunciaram projetos para exportar 1,1 Mt H₂-eq como amônia até 2030. Isso se reflete em 6,2 Mt de amônia, o que exigiria uma capacidade de armazenamento de cerca de 400 kt.⁵ Atualmente, Brasil e Chile têm capacidade de armazenamento de apenas cerca de 110 kt. Portanto, até ao final da década precisam de pelo menos quatro vezes mais armazenamento do que têm atualmente. No entanto, os prazos de entrega para tais instalações podem ser de até nove anos. O planejamento e a construção antecipados de infraestruturas portuárias de águas profundas, molhes dedicados e tanques de armazenamento de amônia são, portanto, essenciais para que os planos existentes de exportação de amônia possam ser concretizados.

⁵ Supondo que os tanques de armazenamento de amônia sejam carregados e descarregados entre 15 e 20 vezes por ano.

Alguns projetos anunciados no Chile e no Uruguai visam especificamente hidrocarbonetos sintéticos. Um bom exemplo é o projeto de combustíveis sintéticos Haru Oni, no sul do Chile, que atualmente está em fase de demonstração e no início de 2023 enviou 2.600 litros de gasolina sintética produzida a partir de hidrogênio de baixas emissões para uma refinaria no Reino Unido. O comércio de combustíveis líquidos de hidrocarbonetos sintéticos pode ser realizado utilizando a infraestrutura existente de combustíveis fósseis.

Quadro 4.1 ▶ O hidrogênio de baixas emissões poderia impulsionar o setor industrial na ALC?

Embora a ALC inclua alguns países exportadores líquidos, a região como um todo é atualmente um importador líquido de aço e fertilizantes nitrogenados. Em 2021, importou ferro e aço no valor de US\$ 37 bilhões, 25% dos quais vieram da China, 17% dos Estados Unidos e 8% cada do Japão e da Coreia. No mesmo ano, também importou fertilizantes nitrogenados e seus precursores no valor de US\$ 8 bilhões, 21% dos quais provenientes da Rússia, 16% da China e cerca de 8% de Omã e do Qatar. O comércio entre os países da ALC também desempenha um papel importante em ambas as indústrias.

Essa dependência das importações resulta dos custos relativamente elevados de produção de aço e fertilizantes na ALC, que por sua vez se devem aos preços relativamente elevados da energia. Esses fatores prejudicam a competitividade da região, especialmente em comparação com a Ásia em desenvolvimento. A energia representa uma grande fração do custo de produção de fertilizantes siderúrgicos e nitrogenados, e estima-se que o atual custo nivelado de produção (LCOP) seja, em média, 35% e 5% mais elevado do que na Ásia em desenvolvimento para a produção de ferro e amônia, respectivamente.

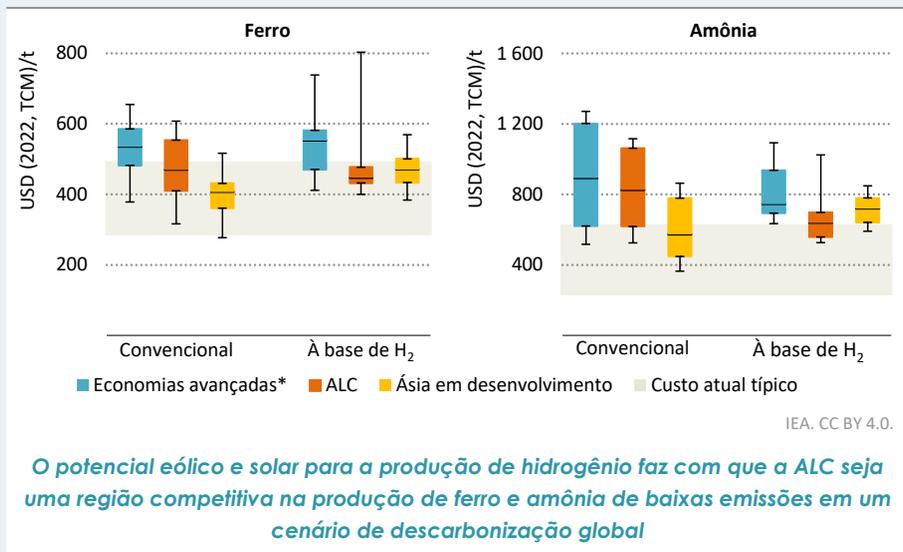
O potencial para custos mais baixos de produção de hidrogênio na ALC em comparação com outras regiões (combinado com a infraestrutura e os recursos minerais existentes na região) constitui uma oportunidade para eliminar gradualmente a produção doméstica baseada em combustíveis fósseis e tornar-se um *player* importante na transição global para energia limpa, impulsionando a produção industrial e reduzindo a dependência das importações no processo (IEA, 2023c).

A nível mundial, quase 45% da produção de aço à base de ferro e praticamente toda a produção de amônia baseia-se em rotas de hidrogênio de baixas emissões no Cenário NZE até 2050. A nossa análise mostra que os países da região da ALC podem ser parceiros atrativos para outros países que precisam reduzir os seus custos de transição energética por meio da importação de produtos intermediários com utilização intensiva de energia. A importação de ferro ou amônia produzidos de forma mais competitiva na ALC do que em outras regiões poderia reduzir os custos de insumos para suas indústrias, ao mesmo tempo em que manteria certas etapas da cadeia de valor, como a produção e acabamento de aço e a produção química *downstream* próxima de seus clientes finais.

A produção de ferro é a parte da produção de aço que consome mais energia e é a mais cara. Nossa análise destaca o potencial da ALC para se tornar um produtor de ferro 100% à base de

hidrogênio eletrolítico globalmente competitivo, com base em seus vastos recursos de energia renovável e depósitos de minério de ferro de alta qualidade. O ferro de baixas emissões poderia ser usado para a produção local de aço ou enviado para outros países. Até 2030, no Cenário NZE, o LCOP médio de ferro produzido por meio de rotas baseadas em hidrogênio de baixas emissões atinge US\$ 450 por tonelada (US\$/t) na ALC, fazendo com que a região se torne mais competitiva com a Ásia em desenvolvimento e quase 20% mais barato do que o custo médio em outras economias avançadas (Figura 4.14). De acordo com as nossas estimativas de custos de produção de hidrogênio a nível nacional, a produção de aço é particularmente competitiva no Chile, no México e na Argentina. O potencial significativo do hidrogênio do Brasil, os recursos de minério de ferro e a infraestrutura industrial existente também o colocam em uma boa posição.

Figura 4.14 ▸ **Custo nivelado de produção de ferro e amônia por tipo de processo em regiões selecionadas no Cenário NZE, 2030**



IEA. CC BY 4.0.

O potencial eólico e solar para a produção de hidrogênio faz com que a ALC seja uma região competitiva na produção de ferro e amônia de baixas emissões em um cenário de descarbonização global

*As economias avançadas não incluem os países da ALC classificados como tal.

Notas: À base de H₂ = à base de hidrogênio. As rotas convencionais incluem altos-fornos e redução direta para produção de ferro e reforma de metano a vapor e produção à base de carvão para produção de amônia. O cálculo do custo nivelado de produção baseia-se nas premissas do Cenário NZE para preços de combustíveis e preços de carbono, bem como custos típicos de investimento e operacionais.

A amônia é o ponto de partida para todos os fertilizantes minerais nitrogenados, sendo que cerca de 70% da amônia produzida a nível mundial é utilizada na produção de fertilizantes. Diante disso, os custos de produção de amônia são particularmente relevantes para regiões agrícolas como a ALC. O LCOP médio de amônia produzido por meio de rotas de hidrogênio de baixas emissões na região atinge 640 US\$/t até 2030 no Cenário NZE, o que é 11% mais

barato do que na Ásia em desenvolvimento e 14% mais barato do que nas economias avançadas. A produção de amônia com hidrogênio eletrolítico também é competitiva em termos de custos com rotas de processo convencionais, onde o hidrogênio de baixas emissões pode ser produzido a baixo custo, como é, por exemplo, no Chile, Argentina e Brasil.

A ALC pode reduzir a sua dependência da importação de combustíveis fósseis, ferro, aço e fertilizantes por meio do desenvolvimento de uma produção industrial com custos competitivos baseada em hidrogênio de baixas emissões. O rigor das políticas que abordam as emissões industriais de CO₂, quer sejam preços de carbono, ajustes fronteiriços ou subsídios para processos de produção alternativos, deve aumentar se as economias quiserem a total descarbonização, o que significa que os custos de produção utilizando hidrogênio de baixas emissões e outras tecnologias inovadoras diminuem em relação às tecnologias existentes ainda em utilização a médio prazo.

A longo prazo, as cadeias de fornecimento globais de muitas indústrias são provavelmente moldadas com base na concorrência de custos entre regiões, todas utilizando tecnologias inovadoras. Os baixos custos de produção de hidrogênio em vários países da ALC poderiam resultar em uma vantagem competitiva nos mercados globais de ferro e amônia de baixas emissões. Outras oportunidades são pelo modo *downstream* na cadeia de fornecimento, com potencial para exportar produtos derivados de maior valor agregado, aumentando potencialmente as receitas de exportação e criando mais empregos na região, especialmente em países como o Brasil, o México, a Argentina e Trinidad e Tobago, que já têm indústrias e cadeias de fornecimento existentes em vários setores. Para concretizar estas oportunidades de forma sustentável, os formuladores de políticas têm de tomar medidas para garantir que tais desenvolvimentos preservem as florestas e a biodiversidade, respeitem as restrições à utilização da água e da terra e que sejam devidamente considerados os pontos de vista e os interesses das populações locais.

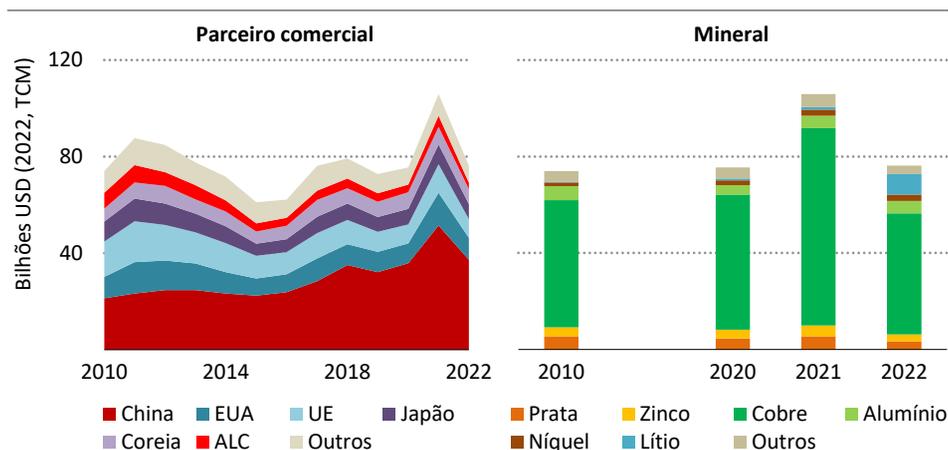
4.2.3 Minerais críticos

A ALC tem outra grande oportunidade para melhorar o desenvolvimento econômico regional por meio do fornecimento de minerais críticos, ao mesmo tempo que ajuda a apoiar as transições globais para energias limpas e a diversificar as cadeias de fornecimento de energia limpa. Minerais críticos, incluindo cobre, lítio, metais de terras raras, níquel, cobalto e grafite, são essenciais para a implantação de muitas tecnologias de energia limpa e para a construção dos sistemas energéticos sustentáveis do futuro. Conforme detalhado recentemente na *Critical Minerals Market Review* da AIE (IEA, 2023d), a demanda por minerais críticos já está aumentando rapidamente à medida que surgem transições para energia limpa em todo o mundo, mas atualmente o fornecimento de muitos minerais críticos está altamente concentrado em 70% ou mais na produção de metais de terras raras, grafite, lítio e cobalto nas mãos dos três principais países produtores.

Na última década, a ALC ganhou em média mais de US\$ 75 bilhões por ano com a exportação de minerais críticos (Figura 4.15). O cobre representa mais de 70% dessas exportações, mas o lítio

está ganhando terreno. A região também tem um potencial inexplorado significativo para elementos raros e outros minerais críticos. Por ser abrigo desses minerais a ALC pode desempenhar um papel cada vez mais importante na transição energética global como um importante fornecedor para o resto do mundo.

Figura 4.15 ▶ Receita das exportações de minerais críticos da ALC, 2010-2022



IEA. CC BY 4.0.

A China importa quase metade de todas as exportações de minerais críticos da ALC, acima de cerca de 30% registrado em 2012; o cobre continua dominante, mas as exportações de lítio estão ganhando terreno

Notas: EUA = Estados Unidos da América; UE = União Europeia. Outros parceiros comerciais incluem Índia, Canadá, Reino Unido, Noruega, Tailândia e outros importadores menores. Outros minerais incluem estanho, platina, grafite, metais de terras raras, tungstênio, silício, cobalto, manganês e chumbo.

Fonte: Análise da AIE considerando a base de dados Comtrade das Nações Unidas (2023).

A China é o maior parceiro comercial da ALC nessa área: em 2022, a China comprou cerca de metade dos minerais críticos exportados da região (em valor). Os Estados Unidos e a União Europeia foram os maiores mercados em seguida, cada um representando cerca de 10% das exportações da ALC em 2022. A Coreia e o Japão também foram destinos importantes para minerais críticos originários da ALC.

No APS, o cobre continua sendo a maior fonte de receitas provenientes de minerais críticos na ALC e o lítio ocupa o segundo lugar. O cobre é essencial para as redes de transmissão e distribuição de eletricidade e o lítio para a produção global de veículos elétricos e baterias estacionárias. A implementação dessas tecnologias desempenha um papel de liderança na determinação do destino da transição energética global. Refletindo esse papel fundamental nas transições energéticas, a produção de cobre continua sendo um pilar em termos de receitas absolutas para a ALC, mas apenas se expande modestamente dos níveis atuais até 2030 e 2050. Entretanto, a produção de lítio aumenta acentuadamente, trazendo quase tantas receitas adicionais como as do cobre até 2050 (ver Capítulo 3.3). Aproveitar as dotações de recursos minerais da ALC de forma

sustentável e responsável é, portanto, crucial para promover o desenvolvimento econômico e social da região, facilitando ao mesmo tempo a rápida implantação de tecnologias de energia limpa.

Perfis energéticos regionais e nacionais

Introdução

Este capítulo destaca os resultados dos cenários até 2050 para a América Latina e Caribe (ALC) e se concentra em países selecionados: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica e México. Juntos, esses seis países representaram em 2022 mais de 80% do produto interno bruto (PIB) da região, mais de 70% da sua população e quase 80% da sua demanda de energia. Os cenários são o Cenário de Políticas Declaradas (*Stated Policies Scenario* - STEPS) e o Cenário de Compromissos Anunciados (*Announced Pledges Scenario* - APS). O cenário político, as preferências tecnológicas e as premissas econômicas que sustentam ambos os cenários são discutidos no Capítulo 2. Os perfis visam fornecer aos tomadores de decisão informações ricas em dados sobre potenciais caminhos energéticos que refletem os padrões únicos de demanda energética e as opções de fornecimento de energia da ALC e dos seis países selecionados.

Estrutura dos perfis

Um formato padrão é usado para apresentar os perfis da ALC e de cada país. Cada perfil apresenta um conjunto de figuras e tabelas que incluem:

- Principais características da ALC ou do sistema energético do país.
- Principais indicadores macroeconômicos, incluindo população, PIB (expresso em dólares estadunidenses do ano de 2022 em termos de paridade de poder de compra [PPC]) e crescimento do PIB *per capita* até 2050.
- Emissões de CO₂ relacionadas à energia, emissões de CO₂ *per capita* relacionadas à energia, intensidade energética (calculada como unidades de energia por unidade de PIB em termos de PPC) e dados para o mercado de *commodities* (2021).
- Visão geral de como a demanda de energia primária e a participação de fontes de baixas emissões evoluem até 2050 no STEPS e no APS.
- Principais iniciativas políticas relacionadas à energia, incluindo metas e projetos específicos.
- Consumo de energia final por cenário e setor, mostrando o consumo de energia evitado por meio de ganhos de eficiência e troca de combustível e como a matriz de combustíveis evolui para cada setor.
- Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário, mostrando a demanda por setor em cada hora, sem implementação de medidas de resposta à demanda.
- Como a matriz de fornecimento de eletricidade muda ao longo do tempo para atender à crescente demanda de eletricidade.
- Trajetórias de demanda e produção de petróleo, gás natural e hidrogênio, com destaque para as balanças comerciais.
- Investimento médio anual no fornecimento de energia necessário para cumprir com o aumento da demanda de energia e para cumprir políticas e compromissos em ambos os cenários.

As unidades, termos e acrônimos utilizados nas figuras, tabelas e texto dos perfis dos países são definidos no final deste capítulo.

América Latina e Caribe



MAIOR

participação de energias renováveis na geração elétrica no mundo

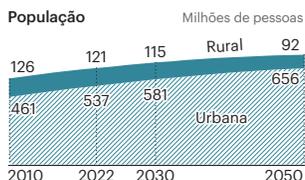
15%

dos recursos mundiais de petróleo e gás

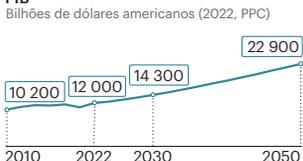
MAIS DE 1/3

dos recursos globais de prata, cobre e lítio

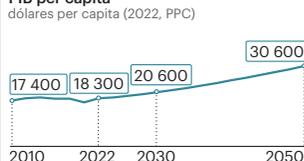
População



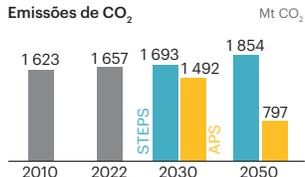
PIB



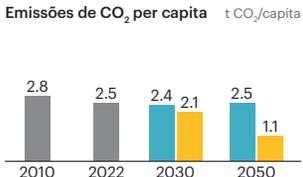
PIB per capita



Emissões de CO₂



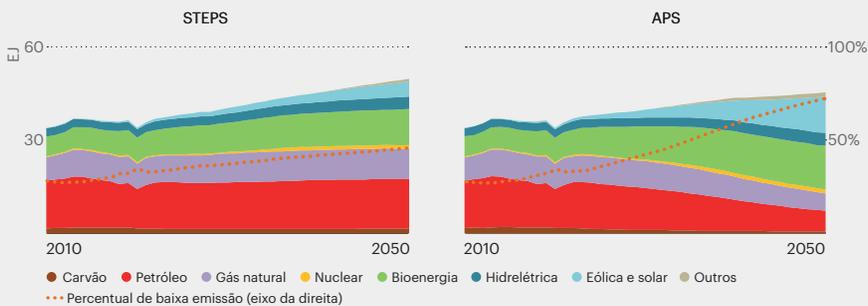
Emissões de CO₂ per capita



Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)



Tabela 5.1 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas na América Latina e Caribe

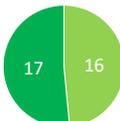
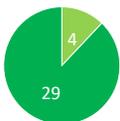
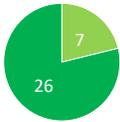
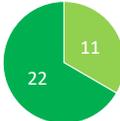
		Política	
Em toda a economia	Compromissos climáticos – Meta de emissões líquidas zero		Metas nacionais ■ Com ■ Sem
	Representa 60% do total de emissões de CO ₂ provenientes da queima de combustíveis e 65% do PIB total. Meta para a metade do século (ou antes)		
Acesso (ODS7)	Compromissos climáticos – Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)		NDCs nacionais ■ Iniciais ■ Atualizadas
	1,7-1,8 Gt de emissões de CO ₂ provenientes da queima de combustíveis até 2030 (+13-18% de aumento em relação a 2022) Meta para 2030		
Acesso (ODS7)	Cozinha com energia limpa		Metas nacionais ■ Com ■ Sem
	11% da população da ALC não tem acesso a cozinha com energia limpa. (12 dos 33 países já atingiram uma taxa de acesso de 95%).		
Acesso (ODS7)	Acesso à eletricidade		Metas nacionais ■ Com ■ Sem
	3% da população regional não tem acesso à eletricidade. (24 dos 33 países já atingiram uma taxa de acesso de 95%).		
AFOLU	Oito países com metas para mitigar ou acabar com o desmatamento (Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Dominica, Guatemala, México e Suriname).		
Governança ambiental	Quinze países ratificaram o Acordo Regional de Escazú sobre Acesso à Informação, Participação Pública e Acesso à Justiça em Assuntos Ambientais (Antígua e Barbuda, Argentina, Belize, Bolívia, Chile, Equador, Granada, Guiana, México, Nicarágua, Panamá, São Cristóvão e Névis, Santa Lúcia, São Vicente e Granadas e Uruguai).		
Hidrogênio	Oito países têm uma estratégia relacionada ao hidrogênio (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, Panamá, Uruguai) e quatro países anunciaram uma estratégia relacionada ao hidrogênio, mas ainda estão em fase de preparação (Bolívia, Paraguai, Peru, Trinidad e Tobago).		
Eletricidade	Vinte e quatro países têm metas em matéria de energias renováveis (Antígua e Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belize, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Granada, Guatemala, Haiti, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Peru, Santa Lúcia, Uruguai e Venezuela).		
Transporte	Dezesseis países têm políticas para veículos elétricos (Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Equador, El Salvador, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Trinidad e Tobago e Uruguai).		
Edificações	Catorze países têm códigos relacionados à energia para edifícios (Antígua e Barbuda, Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, Jamaica, México, Panamá, Paraguai e Peru). Dezesseis países têm padrões mínimos de performance energética (MEPS) para ar-condicionado (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Panamá, Peru, Santa Lúcia, Trinidad e Tobago, Uruguai e Venezuela).		

Tabela 5.2 ▶ **Grandes projetos de infraestrutura na ALC**

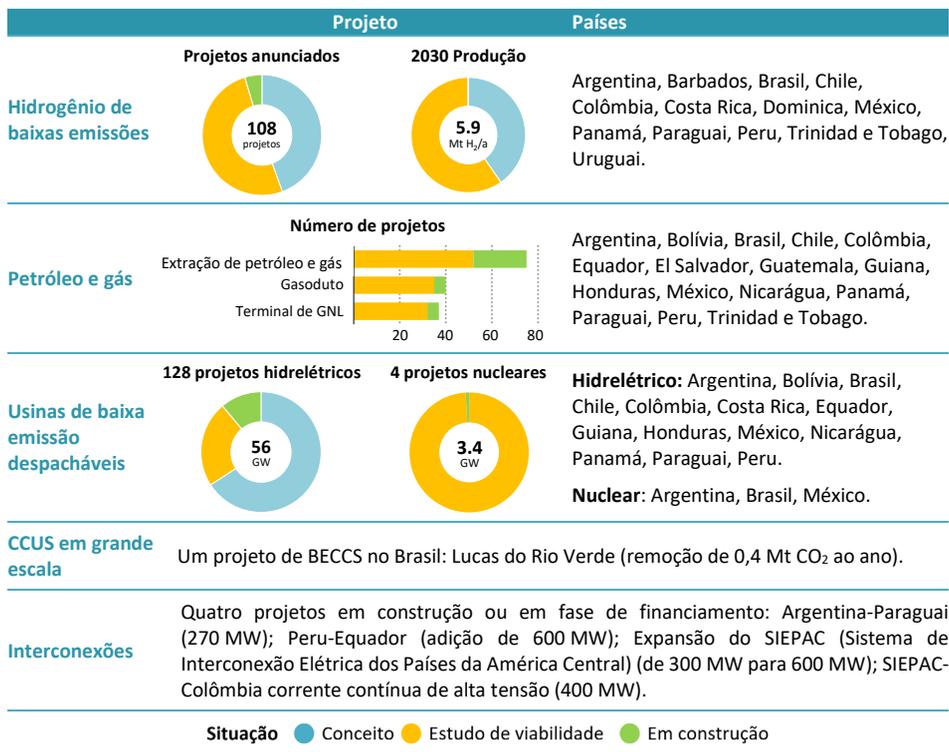
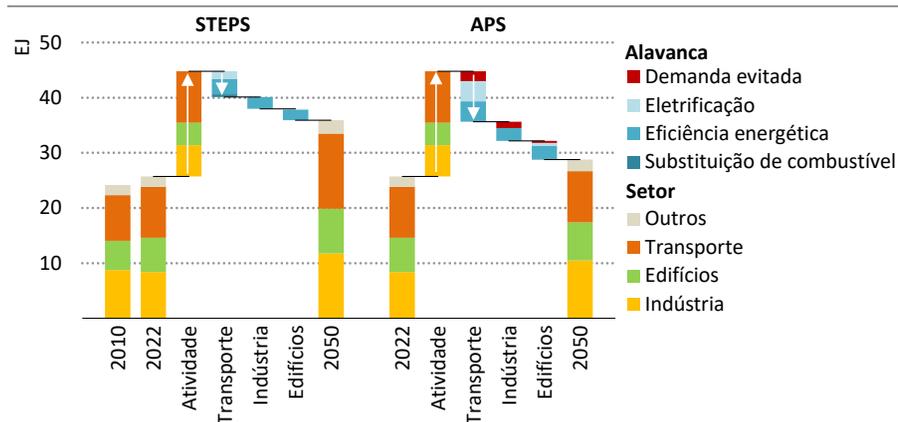


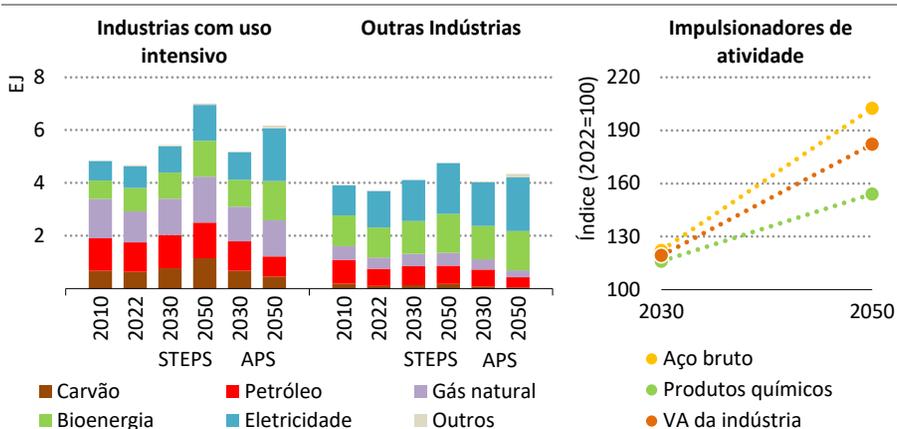
Figura 5.1 ▶ **Consumo de energia final por cenário na ALC**



IEA. CC BY 4.0.

- A crescente demanda de transportes e a reindustrialização aumentam o total do consumo de energia final em 40% no STEPS e em mais de 10% no APS até 2050.
- Em ambos os cenários, a eficiência energética modera esse crescimento em todos os setores. No APS, a eletrificação desempenha um papel fundamental para moderar esse crescimento no setor de transportes.

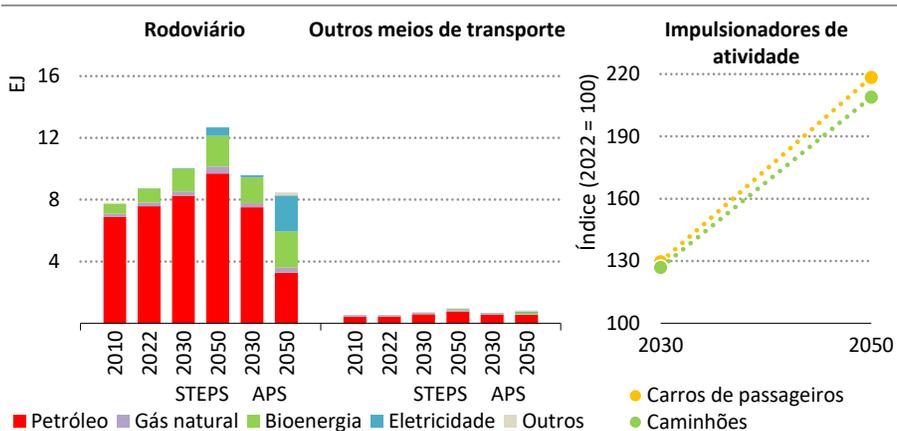
Figura 5.2 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário na ALC



IEA. CC BY 4.0.

- A reindustrialização impulsiona o crescimento, com os subsetores do alumínio, do ferro e do aço e dos produtos químicos na liderança. Isso aumenta o consumo de energia no setor.
- A bioenergia desempenha um papel fundamental em ambos os cenários e o uso de eletricidade também aumenta. A parcela do gás natural permanece constante, pouco abaixo de 20% no STEPS e diminui no APS.

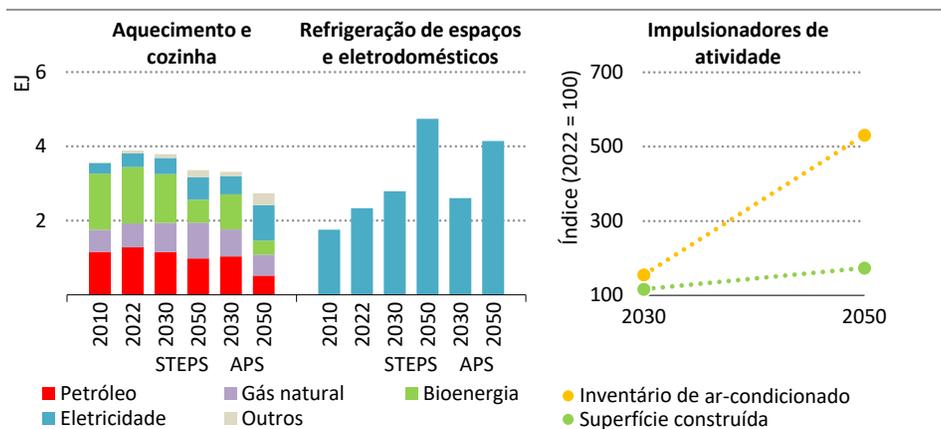
Figura 5.3 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário na ALC



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, o petróleo é responsável por 86% do consumo de energia no setor de transportes, em comparação com 91% em nível mundial.
- A atividade rodoviária duplicará até 2050. No APS, a utilização crescente de eletricidade e bioenergia faz com que a parcela de petróleo no transporte rodoviário diminua para menos de 80% até 2030 e para cerca de 40% até 2050.

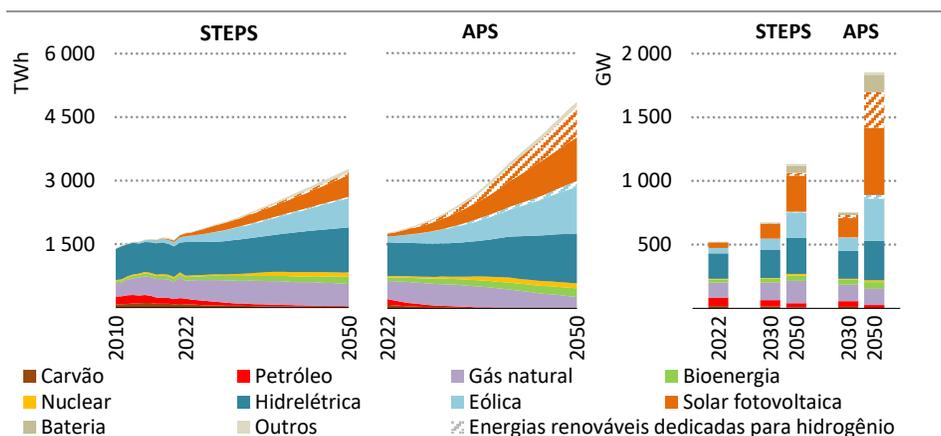
Figura 5.4 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário na ALC



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, mais de 10% da população da ALC não tem acesso a cozinha com energia limpa. A dependência da população do uso da bioenergia para cozinhar é uma das principais causas da poluição do ar doméstica e provoca quase 82 000 mortes prematuras por ano.
- O aumento da renda faz com que a aquisição de eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado aumente. Esses são os principais impulsores do crescimento do consumo de eletricidade no setor relacionado a edificações.

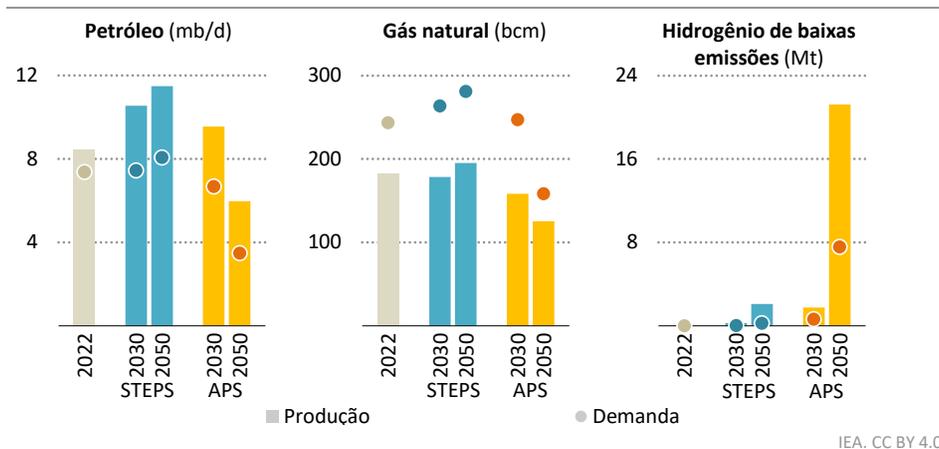
Figura 5.5 ▶ Geração de eletricidade e capacidade por combustível na ALC



IEA. CC BY 4.0.

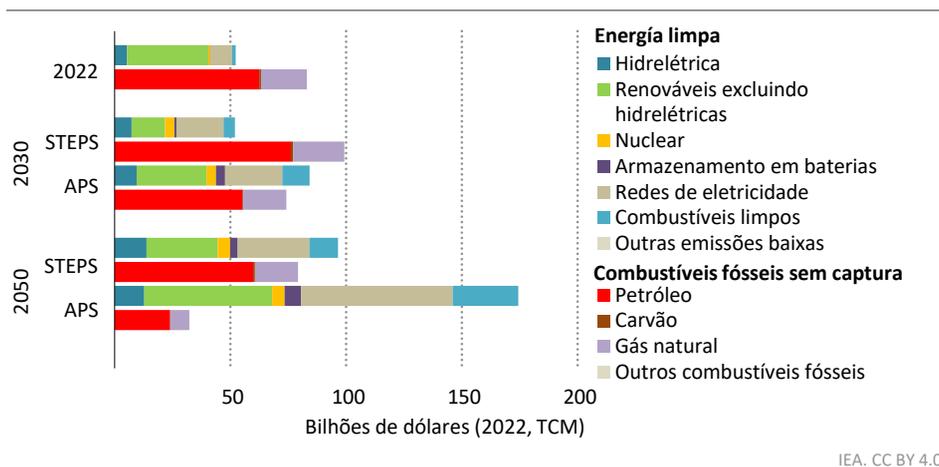
- Atualmente, a maior parte da eletricidade na região provém de energia hidrelétrica e de gás natural, mas a energia solar fotovoltaica (FV) e a energia eólica fornecem a maior parte das adições de capacidade em ambos os cenários.
- No APS, as energias renováveis cumprem com toda a nova demanda de eletricidade, reduzindo a necessidade de gás natural e substituindo quase toda a produção de carvão e de petróleo.

Figura 5.6 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário na ALC



- No STEPS, a produção de petróleo supera a demanda e as exportações líquidas triplicam até 2030. A região continua a ser uma importadora líquida, apesar do aumento da produção de gás natural em longo prazo.
- No STEPS, a produção de hidrogênio de baixas emissões registra um crescimento discreto, próximo de zero. No APS, atinge quase 2 milhões de toneladas (Mt) em 2030 e mais de 20 Mt em 2050.

Figura 5.7 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário na ALC



- No STEPS, os combustíveis fósseis representam a maior parte do investimento no fornecimento de energia em 2030. No APS, o investimento no fornecimento de energia limpa ultrapassa o investimento em combustíveis fósseis até 2030.
- O investimento no fornecimento de energia limpa atinge 0,8% do PIB no STEPS e mais de 1% no APS até 2030, aumentando para quase 0,9% e 1,6%, respectivamente, até 2050.

Argentina



MAIOR

produtor de gás natural da América Latina e Caribe

2^o

maior produtor de lítio da América Latina e Caribe

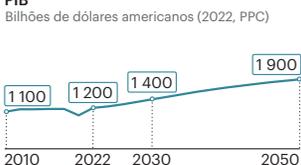
6^a

maior frota mundial de gás natural veicular (GNV)

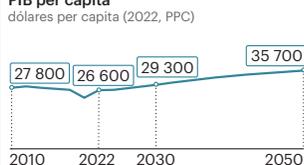
População



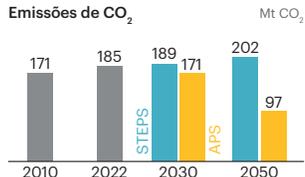
PIB



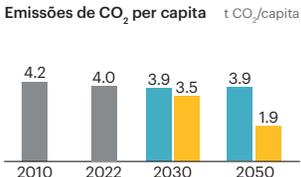
PIB per capita



Emissões de CO₂



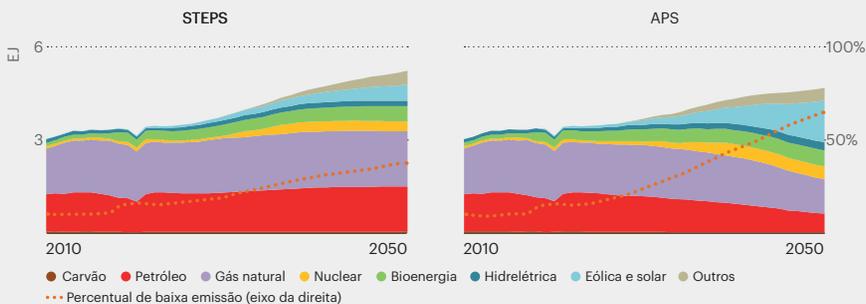
Emissões de CO₂ per capita



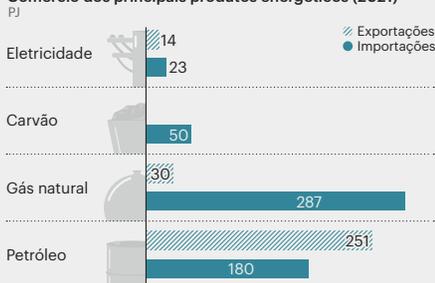
Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)



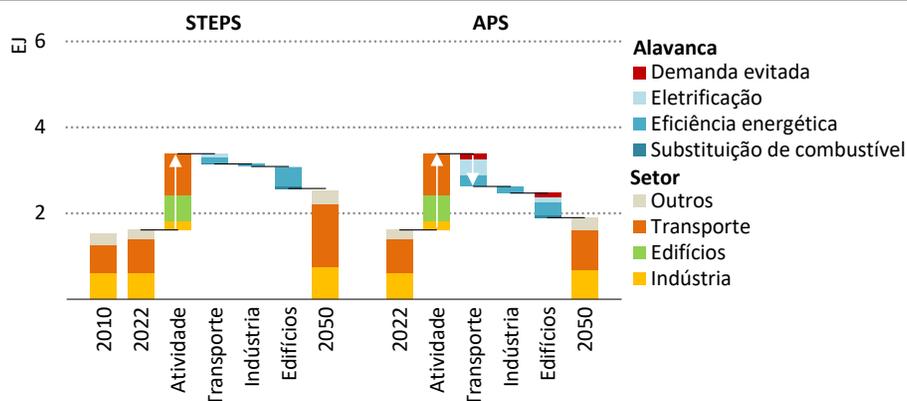
Tabela 5.3 ▸ Desenvolvimentos recentes de políticas na Argentina

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• NDC: meta absoluta máxima de 349 Mt de CO ₂ -eq em 2030.	2021
	• Estratégia de longo prazo: Neutralidade de GEE até 2050.	2022
	• O Plano Nacional de Transição Energética para 2030 inclui uma redução de 8% da demanda de energia, com pelo menos 50% da geração de eletricidade de fontes renováveis.	2023
	• Decreto Nº 332/2022: Plano de Segmentação de Subsídios à Energia.	2022
Políticas de transição justa	• <i>Green Employment Programme</i> (Programa Emprego Verde).	2023
	• Deliberação nº 255/2021: <i>Federal Network of Argentinian Mining Women</i> (Rede Federal de Mulheres Mineiras Argentinas).	2021
AFOLU	• Programa piloto de pagamentos baseado em resultados de REDD+ (redução de emissões de desmatamento e degradação de florestas) – meta 2027.	2020
	• Lei 27.487 para promover investimentos em plantações florestais.	2019
Economias produtoras	• Decreto Nº 892/2020: “ <i>Plan Gas.Ar</i> ” - subsídios à indústria de hidrocarbonetos.	2020
Hidrogênio	• <i>National Strategy for the Development of the Hydrogen Economy</i> (Estratégia Nacional para o Desenvolvimento da Economia do Hidrogênio) 2023-2050.	2023
Energia	• A Lei 27.424 incentiva a integração da geração distribuída à rede pública de eletricidade (esquema de medição líquida) - 1 GW de energia solar fotovoltaica distribuída até 2030.	2017
Indústria	• Plano nacional de desenvolvimento industrial: Recomendações para alavancar apoio financeiro e créditos fiscais superiores a US\$ 3 bilhões.	2022
Transporte	• Plano Nacional de Transporte Sustentável: Reduzir as emissões de GEE para um mínimo de 5,84 Mt CO ₂ -eq abaixo de um cenário de manutenção do <i>status quo</i> até 2030, meta de que 15% dos veículos funcionem com gás natural.	2022
Edificações	• Programa Nacional de Identificação Habitacional (PRONEV) para unificar o sistema de identificação de eficiência energética.	2023

Tabela 5.4 ▸ Grandes projetos de infraestrutura na Argentina

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Hidrogênio/ amônia	Pampas	35 kt H ₂ /ano (produção)	2024	●	Energias renováveis dedicadas
	Rio Negro (fase 1)	104 kt H ₂ /ano (capacidade)	2024	●	Energias renováveis dedicadas
Nuclear	Projeto CAREM	32 MW	2027	●	Reator modular pequeno
Hidrelétrico	Usina hidrelétrica Néstor Kirchner e Jorge Cepernic	1 310 MW	2025	●	Represas hidrelétricas mais ao sul
Petróleo e gás	Gasoduto de gás natural Néstor Kirchner fase 2	20 bcm/d	2024	●	Gasoduto de gás natural de 470 km
Transmissão, interconexões	AMBA I	500/220/132 kV	-	●	Subestações e linhas de alta tensão (+500 km)
Situação ● Estudo de viabilidade ● Em construção					

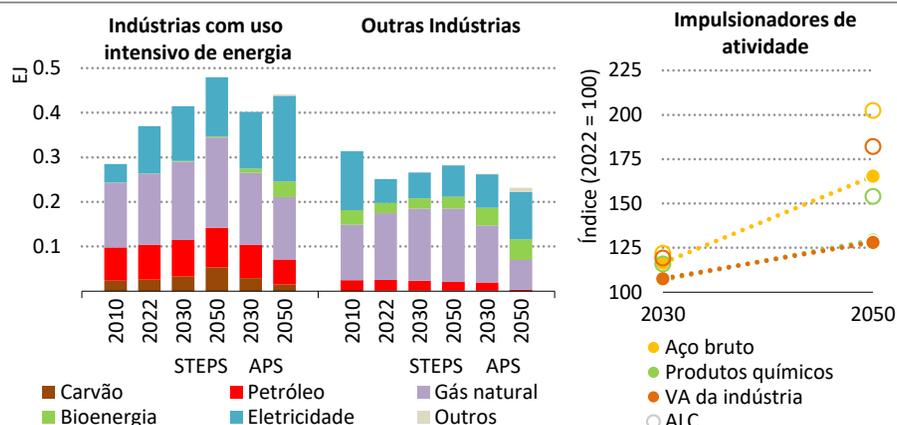
Figura 5.8 ▸ Consumo de energia final por cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, os transportes e os edifícios representam dois terços do total de consumo de energia final. Em ambos os cenários, o consumo de energia nos transportes aumentará mais até 2050.
- No STEPS, o consumo final total aumenta 50% até 2050. No APS, o consumo de energia final aumenta apenas 17% graças à eletrificação e aos ganhos de eficiência energética.

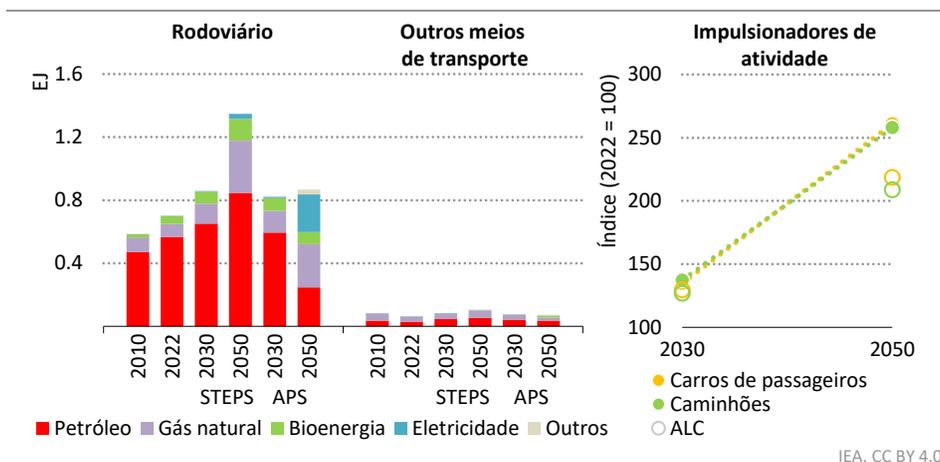
Figura 5.9 ▸ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

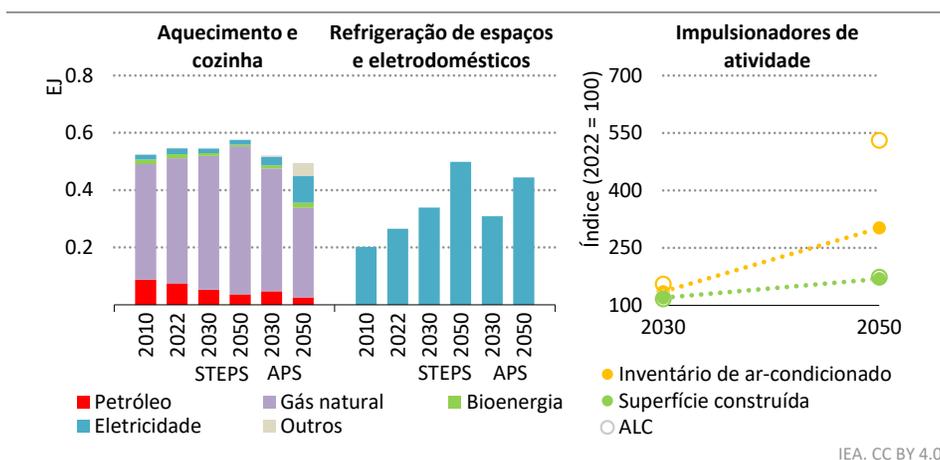
- Atualmente, cerca de 45% da energia utilizada nas indústrias com utilização intensiva de energia é gás natural: as indústrias intensivas em energia respondem por 60% da demanda total de energia na indústria na Argentina.
- A atividade industrial na Argentina apresenta um crescimento menor que a média da região. A maior parte desse aumento discreto é representada pelo gás natural e pela eletricidade no STEPS. No APS, a maior parte dos aumentos é representada pela eletricidade, enquanto o consumo de gás e petróleo diminui.

Figura 5.10 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário na Argentina



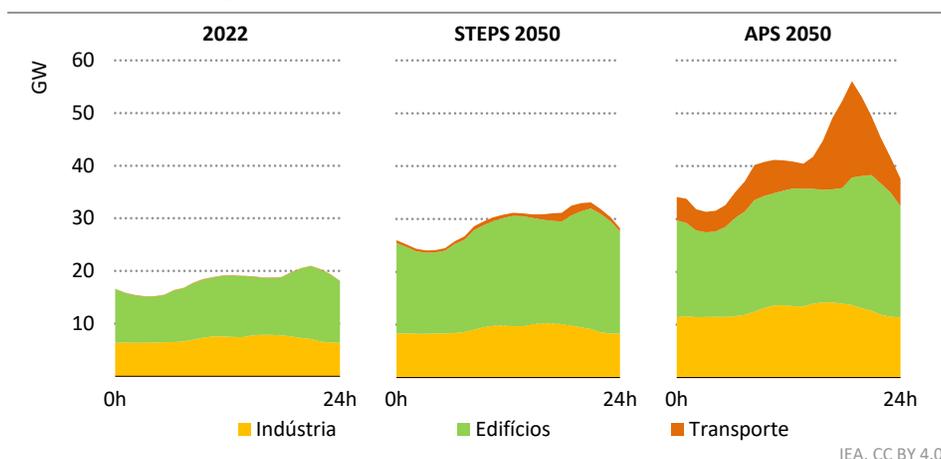
- O petróleo é responsável por quase 80% do consumo de energia nos transportes. O gás natural vê a sua parcela atual aumentar em ambos os cenários; as vendas de veículos elétricos aumentam rapidamente, especialmente no APS.
- A atividade de transporte rodoviário de carga e a de veículos de passageiros aumentará 160% entre 2022 e 2050.

Figura 5.11 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário na Argentina



- O gás natural representa atualmente 80% das necessidades de aquecimento e cozinha. Os ganhos de eficiência energética moderam os aumentos na demanda de aquecimento em ambos os cenários.
- A demanda de refrigeração ambiente aumenta mais de 25% até 2030 no STEPS e mais de 15% no APS. Os eletrodomésticos são responsáveis pela maior parte do crescimento do consumo de eletricidade nos edifícios em ambos os cenários.

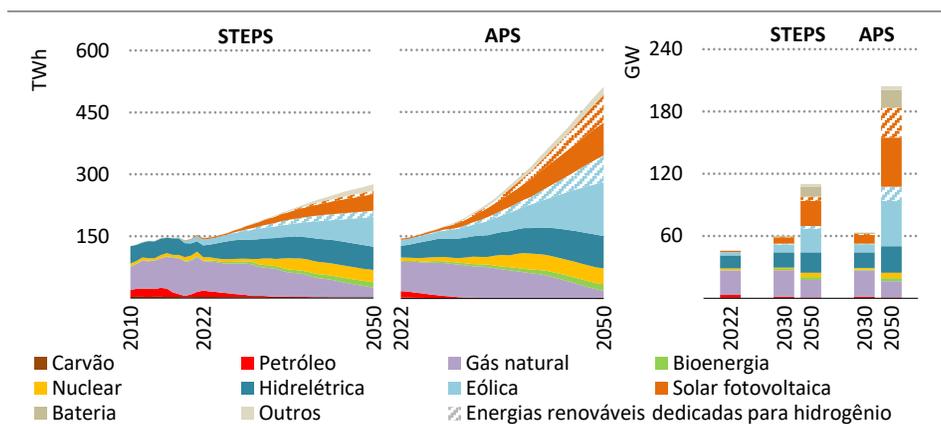
Figura 5.12 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- Entre 2022 e 2050, a demanda máxima de eletricidade aumenta 70% no STEPS e mais do que duplica no APS: impulsionada principalmente pelas necessidades de refrigeração e pelo aumento da frota de veículos elétricos.
- No APS, o carregamento inteligente de veículos elétricos poderia desempenhar um papel central na gestão do pico de demanda.

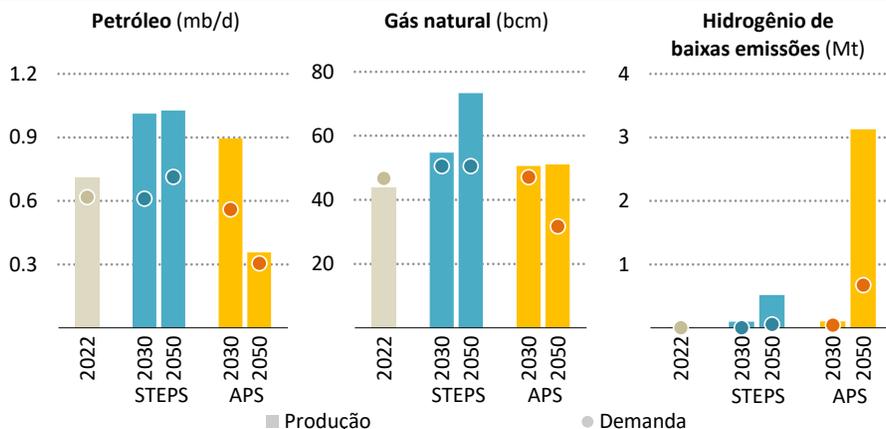
Figura 5.13 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- O gás natural fornece hoje 50% da eletricidade, mas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica cumprem com a maior parte do crescimento da demanda em ambos os cenários, impulsionada pelo potencial eólico significativo na Patagônia.
- No APS, a energia solar fotovoltaica e a eólica produzem 67% da geração de eletricidade até 2050, acima dos 12% atuais. A geração nuclear também aumenta. A geração a gás cai de forma contínua.

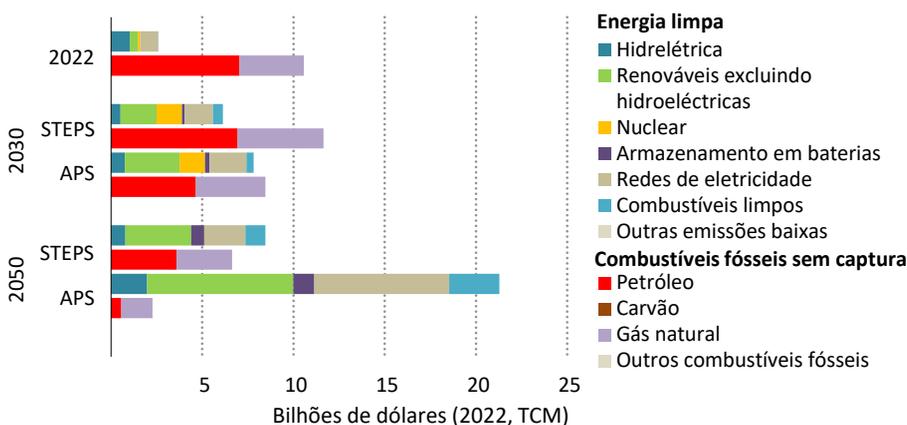
Figura 5.14 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- No STEPS, a produção de petróleo aumenta 40% até 2030 e depois estabiliza. A Argentina se torna um exportador de gás natural à medida que a produção de gás aumenta 25% até 2030.
- No APS, o potencial abundante de energia renovável (eólica no Sul e solar no Norte) permite que a produção de hidrogênio de baixas emissões atinja mais de 3 Mt em 2050.

Figura 5.15 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário na Argentina



IEA. CC BY 4.0.

- No STEPS, o investimento no fornecimento de energia limpa aumenta dos atuais 0,4% do PIB para 0,9% em 2050. No APS, esse valor chega a oito vezes o patamar atual.
- No APS, a maior parte do investimento restante em combustíveis fósseis será em gás natural até 2050.

Brasil



MAIOR

economia da América Latina e Caribe

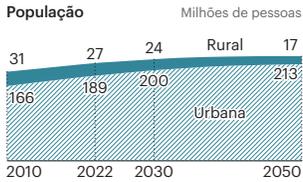
2º

maior produtor mundial de biocombustíveis

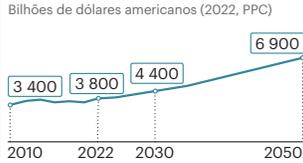
2º

maior produtor mundial de energia hidrelétrica

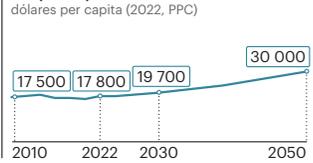
População



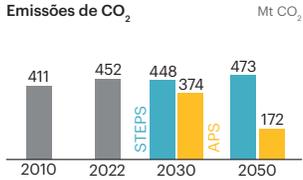
PIB



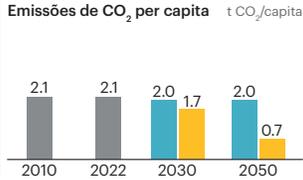
PIB per capita



Emissões de CO₂



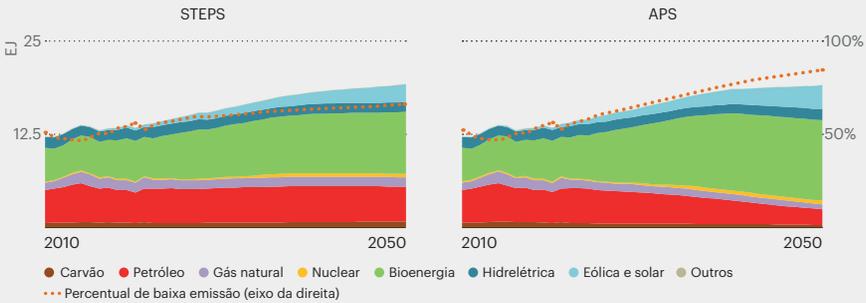
Emissões de CO₂ per capita



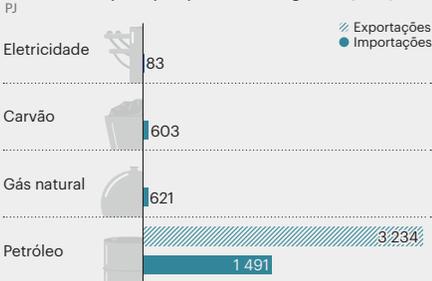
Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)

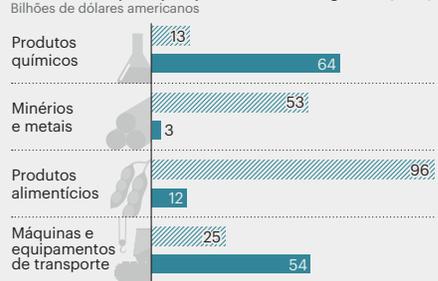


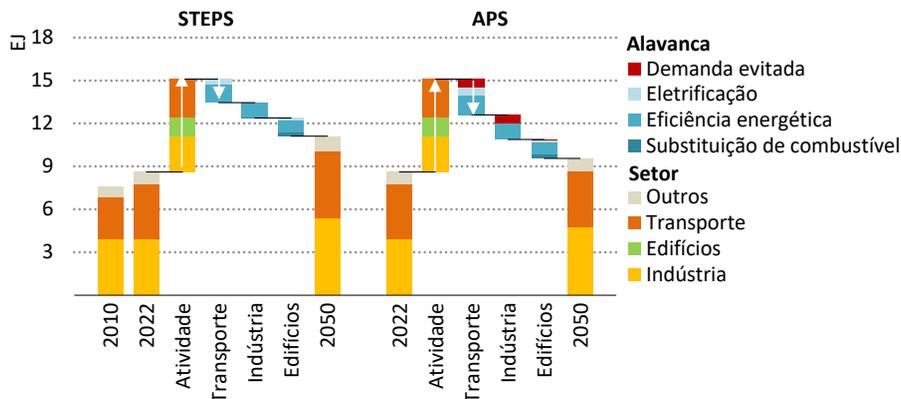
Tabela 5.5 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas no Brasil

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• NDC: Redução de 50% das emissões de GEE até 2030 em relação aos níveis de 2005.	2022
	• Meta de emissões líquidas zero até 2050.	2022
	• Diretrizes para uma Estratégia Nacional para a Neutralidade Climática: entre 45% e 50% de energias renováveis na matriz energética nacional até 2030.	2022
	• Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 (PDEE 2032) (indicativo).	2023
Políticas de transição justa	• Programa de Descarbonização da Amazônia: Reduzir a geração de usinas a diesel na região amazônica em 40% até 2026, US\$ 1 bilhão.	2023
	• Programa Luz para todos (lançado inicialmente em 2003): Levar eletricidade a 500 mil famílias que não têm acesso até 2026.	2023
	• Novo PAC: US\$ 105 bilhões para a transição energética e a segurança energética.	2023
AFOLU	• Plano de Ação: Desmatamento zero até 2030 (5ª fase).	2023
Ambiente e recursos hídricos	• Programa Metano Zero: 25 novas usinas de biometano (2,3 mcm/d em 2027).	2022
	• Plano de Recuperação de Reservatórios Hidrelétricos: Melhorar a gestão da água.	2022
Hidrogênio	• Plano de Trabalho 2023-2025 do Programa Nacional do Hidrogênio.	2023
Energia	• Subsídios ajustados para geração distribuída (regime de cobrança líquida).	2022
Indústria	• Programa de Eficiência Energética: Fundos públicos (cerca de US\$ 117 milhões em 2020).	2020
Transporte	• Programa RenovaBio – Política Nacional de Biocombustíveis.	2017
	• Programa Nacional do Bioquerosene: Promove pesquisa e desenvolvimento de biocombustíveis para aviação.	2021
	• Programa Combustível do Futuro: Tem como meta uma taxa de mistura de 30% de bioetanol e 15% de biodiesel.	2021

Tabela 5.6 ▶ Grandes projetos de infraestrutura no Brasil

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Petróleo e gás	Pré-sal (Etapa 3 e 4)	+0,5 mb/d (meta 2,2 mb/d)	2027	●	Petróleo e gás
Hidrogênio/ amônia	Porto do Pecém - Base Um	600 kt H ₂ /ano (produção)	2025	●	Hidrelétrica dedicada
	Unigel, fase I	10 kt H ₂ /ano (capacidade)	2023	●	Vento dedicado
Nuclear	Angra 3	1 405 MWe	2028	●	Reator nuclear
CCUS	Lucas do Rio Verde, FS Bioenergia	0,4 Mt CO ₂ /ano	2030	●	BECCS
Transmissão, interconexões	Graça Aranha–Silvânia (CCAT)	800 kV	2028	●	1.440 km
Situação		● Estudo de viabilidade	● Em construção		

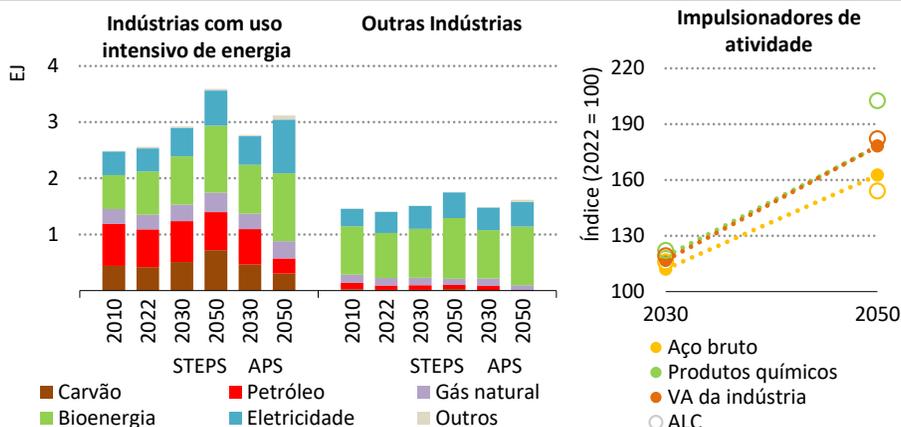
Figura 5.16 ▶ Consumo de energia final por cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, os setores de transporte e indústria respondem por 75% do consumo de energia final no Brasil.
- No STEPS, o consumo final total aumenta mais de 30% até 2050, com o maior crescimento vindo da indústria. No APS, os ganhos de eficiência energética e a demanda evitada fazem com que o consumo final cresça quase 15% menos que no STEPS.

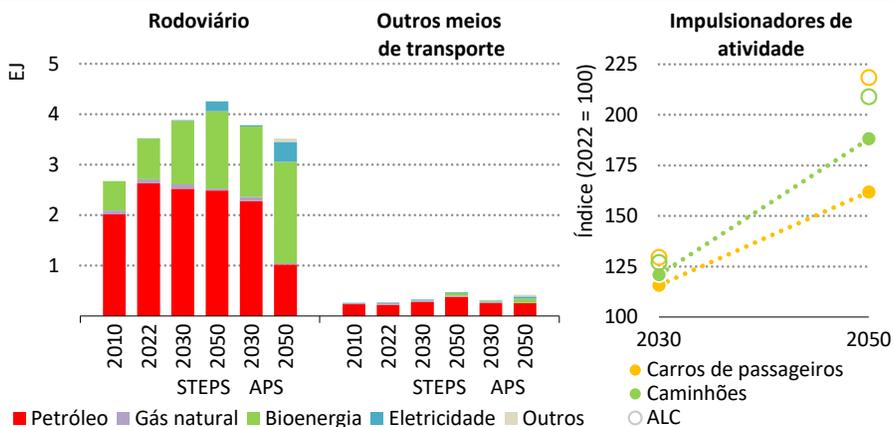
Figura 5.17 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- O Brasil é o gigante da indústria na região, principalmente na produção de etileno, aço e alumínio. As indústrias com uso intensivo de energia representam 65% da demanda total de energia da indústria.
- A bioenergia atende atualmente 40% do consumo de energia industrial: até 2050, a sua parcela aumenta para 42% no STEPS e quase 50% no APS.

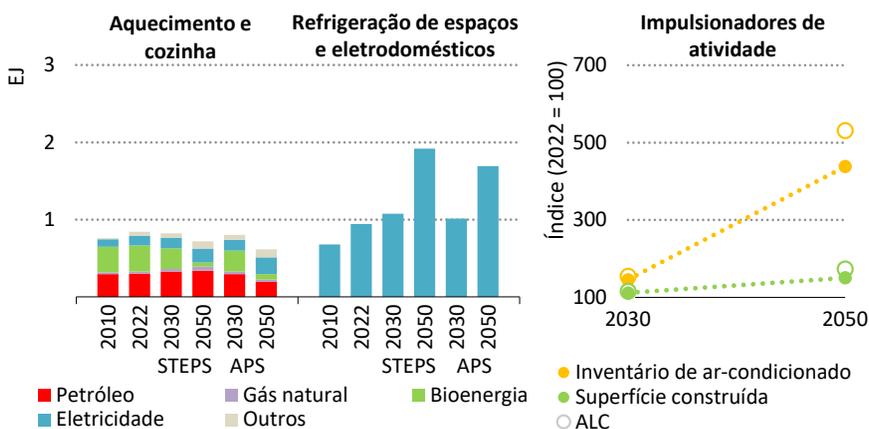
Figura 5.18 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, o petróleo é responsável por 75% do consumo de energia no transporte. A parcela do petróleo diminui em ambos os cenários, sendo a bioenergia o combustível dominante no APS no início da década de 2040.
- Até 2050, a atividade de transporte rodoviário de carga aumentará cerca de 90% em relação ao nível atual; a atividade de veículos de passageiros aumentará mais de 60%.

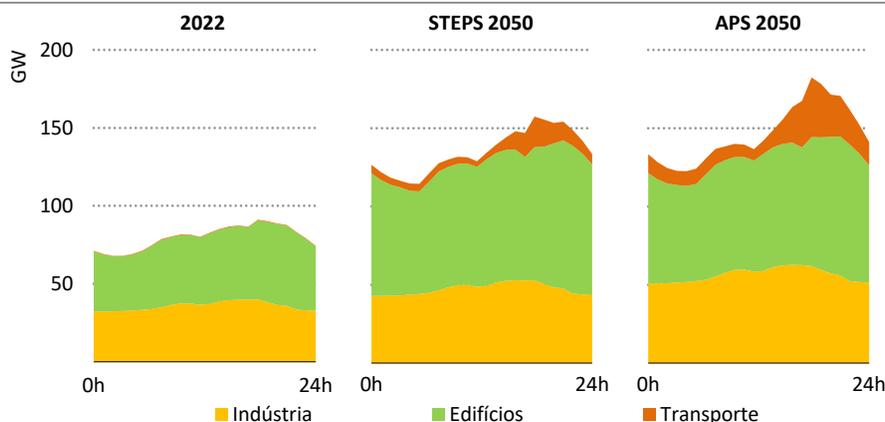
Figura 5.19 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- As necessidades de aquecimento e cozinha são cumpridas atualmente pela bioenergia (40%) e pelo petróleo (36%). O maior acesso à cozinha com energia limpa e à eletrificação reduz a utilização tradicional da biomassa.
- A demanda de eletricidade para refrigeração quase triplica até 2050 no STEPS. No APS, padrões mínimos de performance energética e edifícios mais eficientes reduzem esse crescimento em 35%.

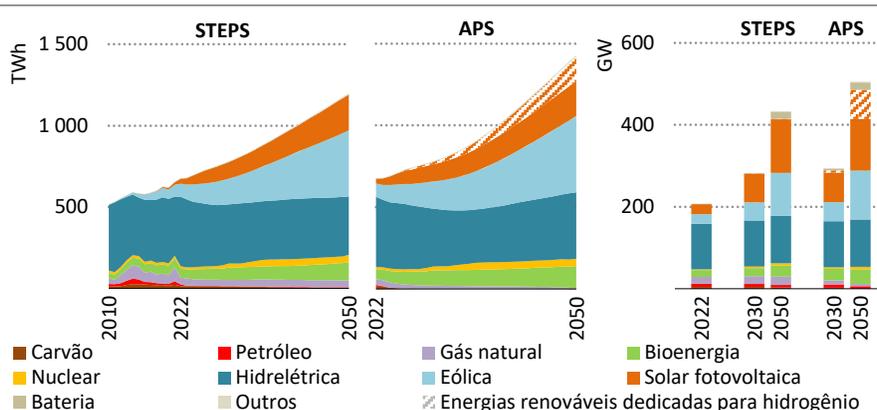
Figura 5.20 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- A demanda máxima de eletricidade aumenta mais de 75% no STEPS até 2050 e mais do que duplica no APS, onde o pico aumenta muito mais rapidamente do que a demanda média de eletricidade.
- O aumento do pico de demanda diária é impulsionado principalmente pela maior utilização de eletricidade nos edifícios. As medidas de resposta à demanda e de transferência de carga poderiam achatar a curva de carga.

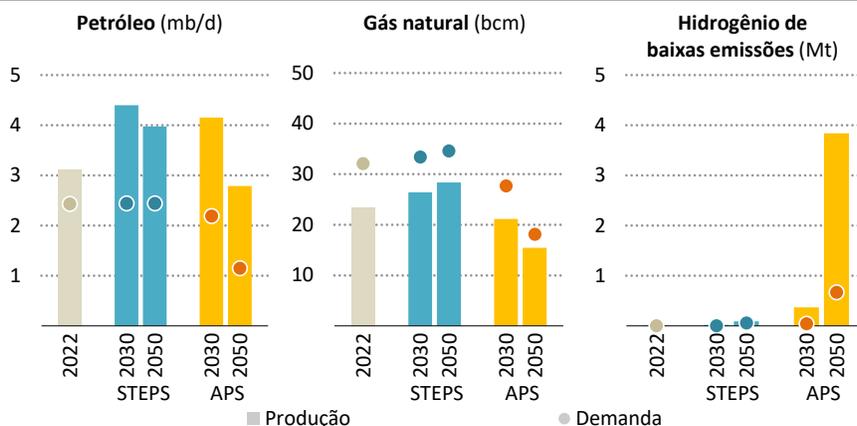
Figura 5.21 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- A energia hidrelétrica domina a matriz elétrica atual, mas a sua expansão em ambos os cenários é limitada por limites de recursos inerentes e por preocupações de aceitação social.
- A energia eólica e a energia solar fotovoltaica atendem a quase todo o crescimento da demanda por eletricidade. No APS, representam quase 60% da geração de eletricidade em 2050, em comparação com os 17% atuais.

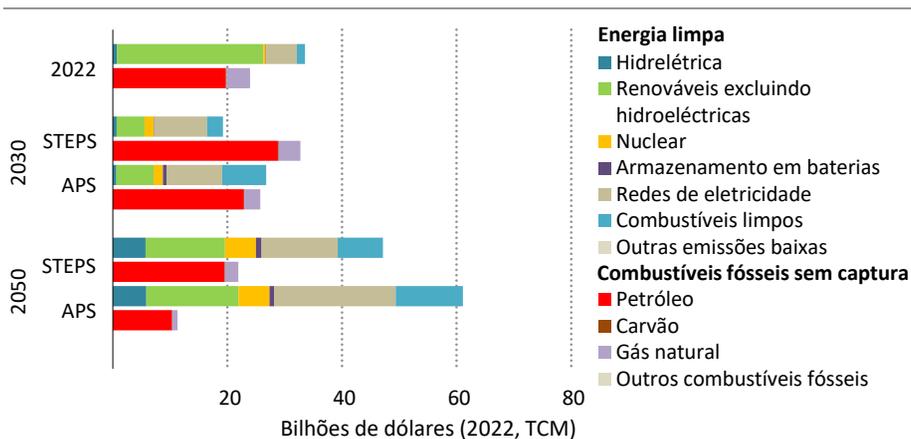
Figura 5.22 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- A produção de petróleo no STEPS aumenta de 3 mb/d para pouco mais de 4 mb/d até 2030; a produção de gás natural cresce em resposta ao aumento da demanda no STEPS, mas diminui no APS.
- No APS, a produção de hidrogênio atinge 4 Mt em 2050, impulsionada pela estratégia nacional.

Figura 5.23 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário no Brasil



IEA. CC BY 4.0.

- O investimento no fornecimento de energia limpa representa 1,4% do PIB do Brasil no STEPS em 2050 e 1,8% no APS.
- Até 2050, o investimento no fornecimento de energia limpa será mais que o dobro do nível de investimento em combustíveis fósseis no STEPS e mais de cinco vezes o seu nível no APS.

Chile

6^a

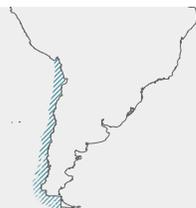
maior participação de energia solar na geração elétrica no mundo

MAIOR

produtor de cobre do mundo

2^o

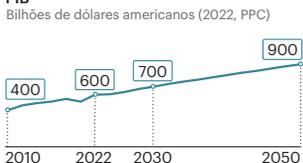
maior produtor mundial de lítio



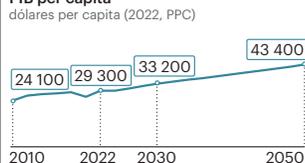
População



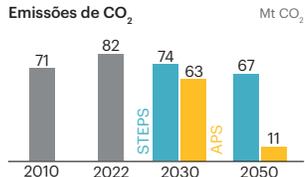
PIB



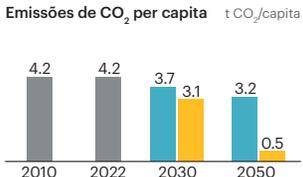
PIB per capita



Emissões de CO₂



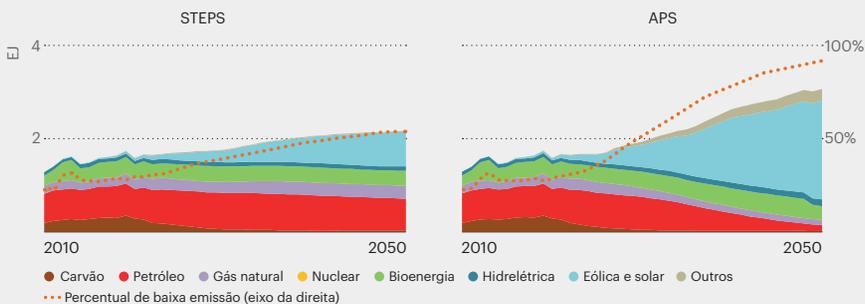
Emissões de CO₂ per capita



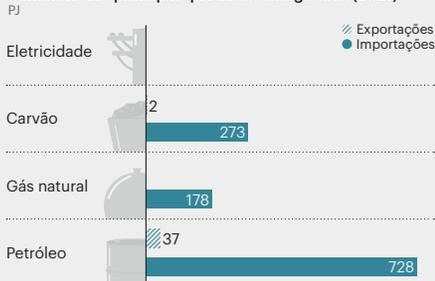
Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)



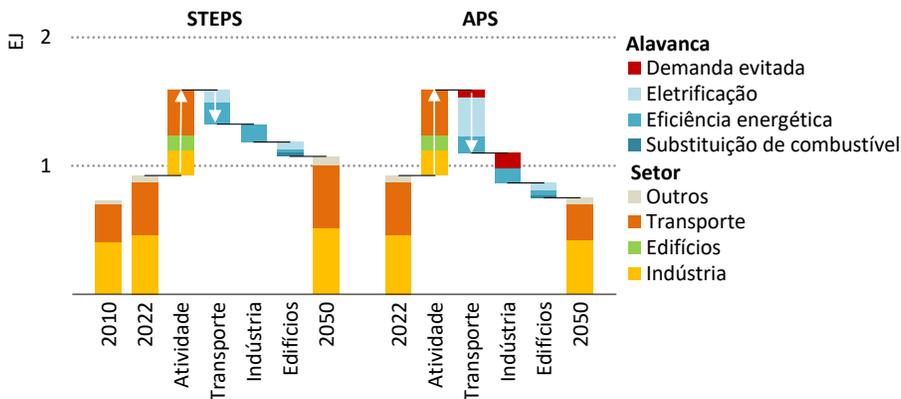
Tabela 5.7 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas no Chile

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• Lei de Mudanças Climáticas nº 21.455: Meta vinculativa de emissões líquidas zero de GEE para 2050.	2022
	• NDC (atualização): As emissões de GEE atingem o pico o mais tardar em 2025 e atingirão Mt CO ₂ -eq até 2030.	2021
	• Plano Nacional de Eficiência Energética 2022-2026: Reduzir a intensidade energética a nível nacional em pelo menos 13% até 2030 em relação a 2019.	2022
	• Indústria e energia: Imposto de CO ₂ a US\$ 5/t CO ₂ .	2017
Minerais essenciais	• Estratégia Nacional de Lítio: Visa aumentar a participação pública e as parcerias público-privadas na cadeia de fornecimento de lítio; propõe a criação de institutos de pesquisa e de uma empresa nacional de lítio (anunciado).	2023
	• Política Nacional de Mineração 2050: Alcançar a neutralidade de carbono na mineração até 2040.	2022
Hidrogênio	• Estratégia Nacional de Hidrogênio: Metas de capacidade de eletrólise (em operação e em desenvolvimento) de 5 GW até 2025 e 25 GW até 2030. Objetivo de atingir US\$ 2,5 bilhões/ano com exportações de hidrogênio e derivados até 2030.	2020
Energia	• Parar e/ou converter gradualmente as usinas de carvão até 2040.	2019
Indústria	• Lei de Eficiência Energética nº 21.305: Até 2023, sistema de gestão de energia obrigatório para grandes consumidores de energia (consumo superior a 50 T cal/ano).	2021
Transporte	• A Lei 21.505, que promove o armazenamento de eletricidade e a eletromobilidade, apresentou um plano gradual de isenção fiscal de oito anos para veículos elétricos e híbridos.	2022
	• Metas da Estratégia Nacional de Eletromobilidade 2035: 100% dos novos veículos leves e médios e dos novos veículos de transporte público urbano terão emissões zero.	2021
Edificações	• Meta da Política Energética Nacional para 2050: 100% de aquecimento e cozinha com baixas emissões nos centros urbanos em 2040, e 100% dos novos edifícios terão consumo líquido zero de energia até 2050.	2022

Tabela 5.8 ▶ Grandes projetos de infraestrutura no Chile

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Hidrogênio/amônia	H ₂ Magallanes	1.400 kt H ₂ /ano (capacidade)	2025	●	Eólica dedicada
	Gente Grande Magallanes	630 kt H ₂ /ano (produção)	2028	●	Eólica dedicada
	Faraday	180 kt H ₂ /ano (produção)	2027	●	Rede + dedicada
Combustíveis sintéticos	Haru Oni (fase 2)	75 milhões. l combustível sintético/ano	2025	●	Energias renováveis dedicadas
Transmissão, interconexões	Linha de transmissão de corrente direta de alta tensão Kimal-Lo Aguirre	3.000 MW- 600 kV	2029	●	1.500 km na fase de licenciamento
Situação ● Estudo de viabilidade ● Em construção					

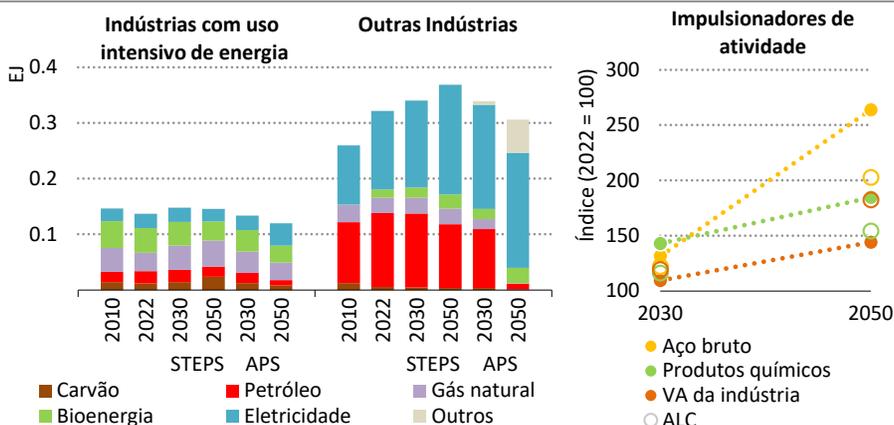
Figura 5.24 ▶ Consumo de energia final por cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, a indústria e os transportes representam 72% do consumo de energia final. Os transportes e a indústria aumentarão o consumo de energia final em quase 20% no STEPS até 2050.
- No APS, o consumo de energia final em 2050 é 25% inferior ao do STEPS devido à eletrificação e aos ganhos de eficiência energética nos transportes.

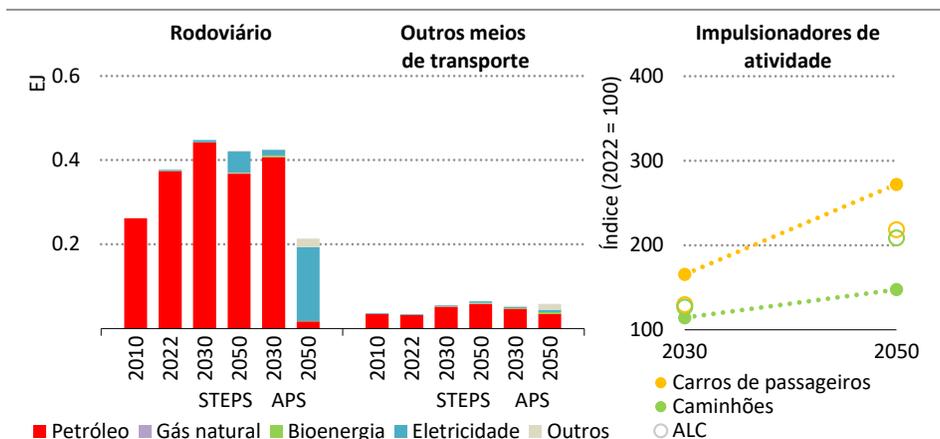
Figura 5.25 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- As indústrias leves, principalmente a mineração, respondem atualmente por mais de 50% do consumo de energia da indústria no Chile. Em 2050, a produção da indústria siderúrgica é 2,5 vezes superior à atual.
- No APS, a eletrificação acelerada e a adoção de caminhões movidos a hidrogênio no setor de mineração provocam quedas acentuadas nas emissões.

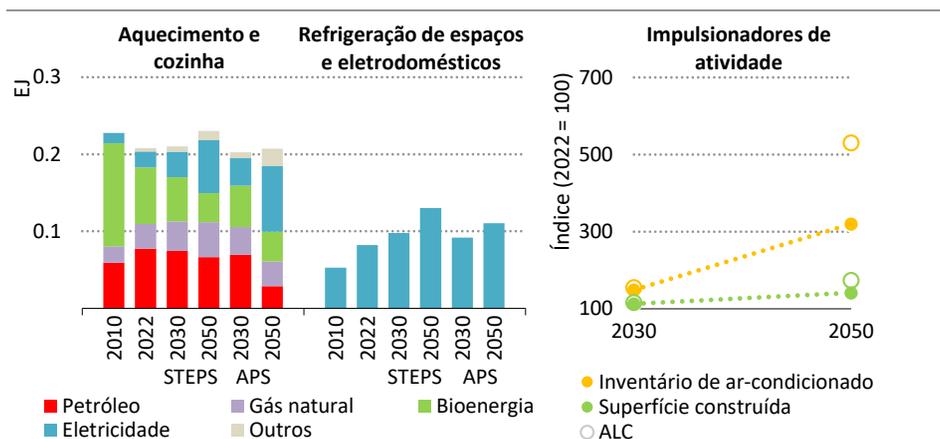
Figura 5.26 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- A geografia do Chile significa que a maioria dos passageiros e cargas viajam por estrada. O consumo de combustível nos transportes é dominado pela utilização de petróleo no transporte rodoviário.
- O Chile possui a nona maior frota de ônibus elétricos do mundo. No APS, os planos ambiciosos de economia de combustível e eletromobidade impulsionam as vendas de veículos elétricos.

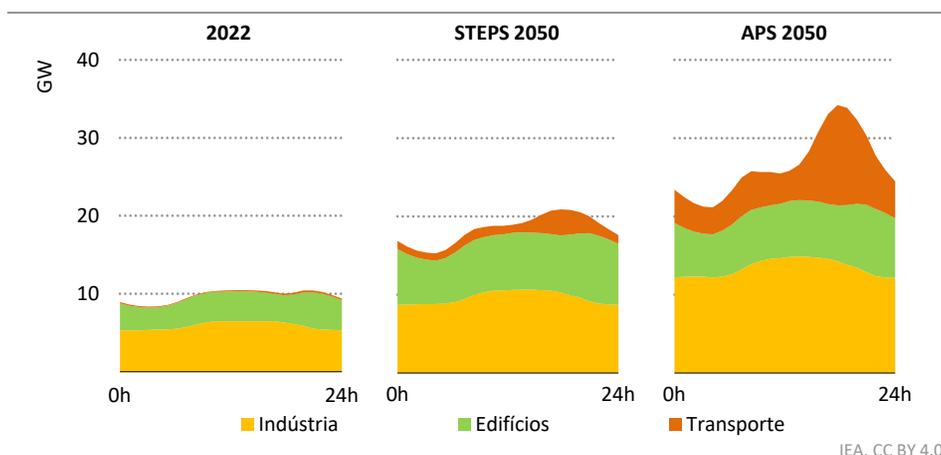
Figura 5.27 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, o petróleo e a bioenergia cumprem com a maior parte das necessidades de aquecimento e cozinha. Até 2050, a utilização de lenha para aquecimento, relevante nas regiões centro e sul, será dramaticamente inferior em ambos os cenários.
- O abandono da utilização de óleo e lenha para aquecimento e cozinha e o aumento das vendas de eletrodomésticos são os impulsionadores da demanda adicional de eletricidade.

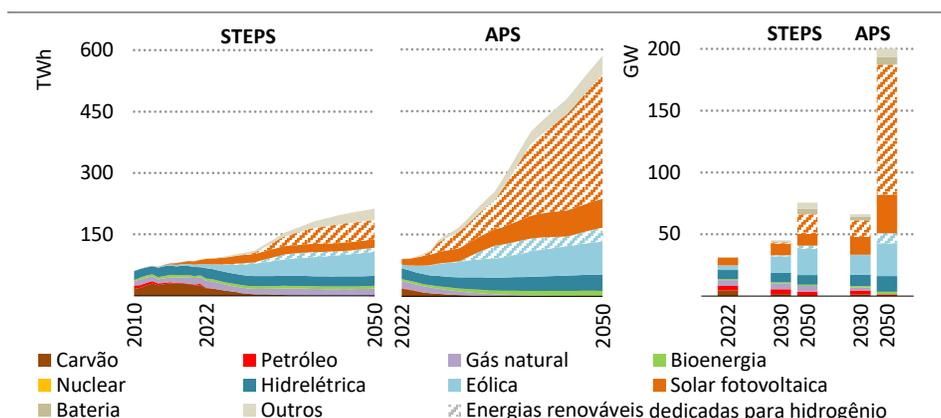
Figura 5.28 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- Até 2050, a demanda máxima de eletricidade duplicará no STEPS e triplicará no APS; ela cresce até 15% (STEPS) e 60% (APS) mais rápido do que a demanda média de eletricidade.
- O aumento do pico de demanda diário é impulsionado principalmente pelas indústrias leves (mineração) e pela utilização de veículos elétricos. A gestão da demanda poderia ajudar a suavizar o pico de demanda noturno.

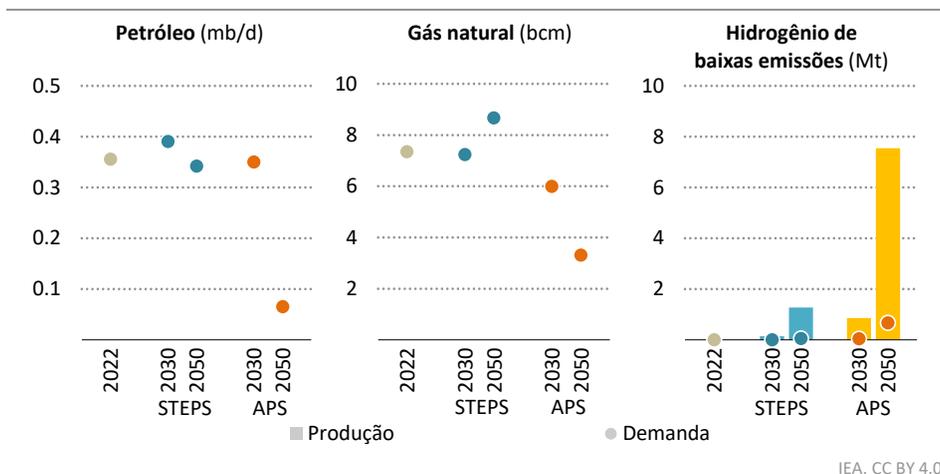
Figura 5.29 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- O carvão foi responsável por 20% da geração de eletricidade em 2022. Um grande aumento na geração eólica e solar fotovoltaica leva à eliminação gradual do carvão da matriz de eletricidade em ambos os cenários.
- O potencial de energia solar do Chile é o terceiro maior do mundo. No APS, a energia solar fotovoltaica dedicada à produção de hidrogênio faz com que a capacidade total instalada aumente para três vezes o nível no STEPS.

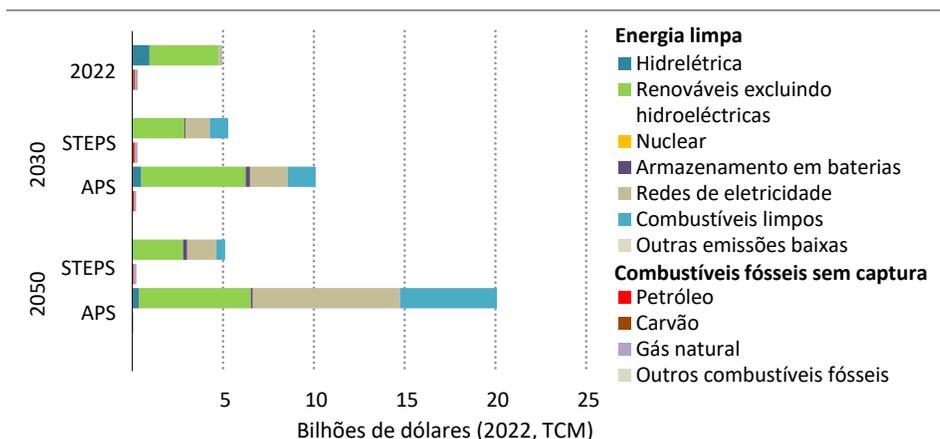
Figura 5.30 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- No STEPS, a demanda de petróleo estagna, enquanto a de gás natural aumenta devido à mudança de combustível nos edifícios e ao aumento da atividade nas indústrias com utilização intensiva de energia.
- A produção de hidrogênio atinge cerca de 7,5 Mt em 2050 no APS, impulsionada pela demanda interna, especialmente nos transportes e na mineração, e pelo comércio internacional.

Figura 5.31 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário no Chile



IEA. CC BY 4.0.

- O investimento no fornecimento de energia limpa representa mais de 1% do PIB do Chile no STEPS em 2050 e 4% no APS.
- No APS, até 2050, 40% do investimento vai para as redes e 20% para o fornecimento de hidrogênio.

Colômbia



6ª

maior cidade (Bogotá) da América Latina e Caribe

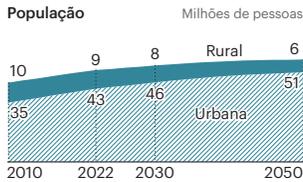
8ª

maior frota de ônibus elétricos do mundo

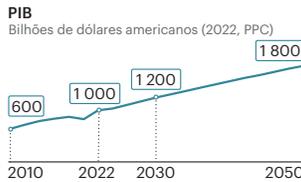
6ª

maior exportador de carvão do mundo

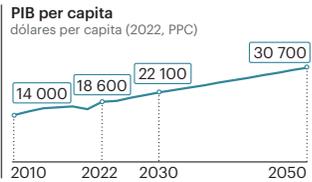
População



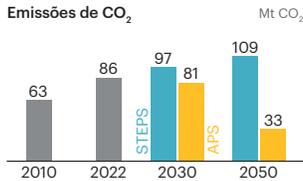
PIB



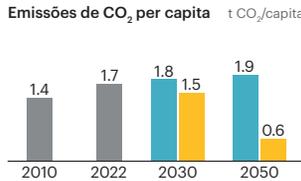
PIB per capita



Emissões de CO₂



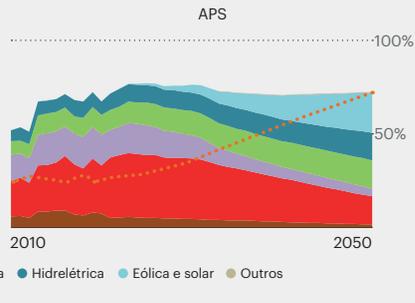
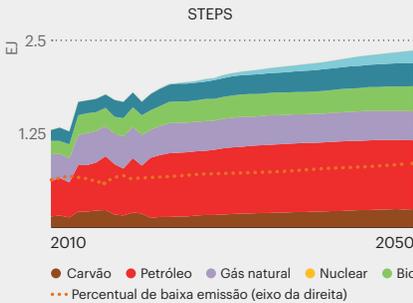
Emissões de CO₂ per capita



Intensidade energética

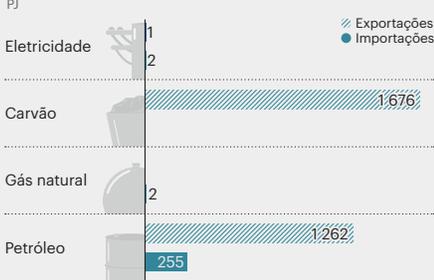


Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



● Carvão ● Petróleo ● Gás natural ● Nuclear ● Bioenergia ● Hidrelétrica ● Eólica e solar ● Outros
●●● Percentual de baixa emissão (eixo da direita)

Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)

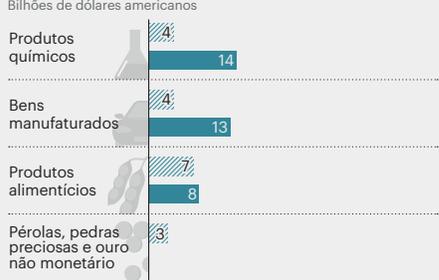


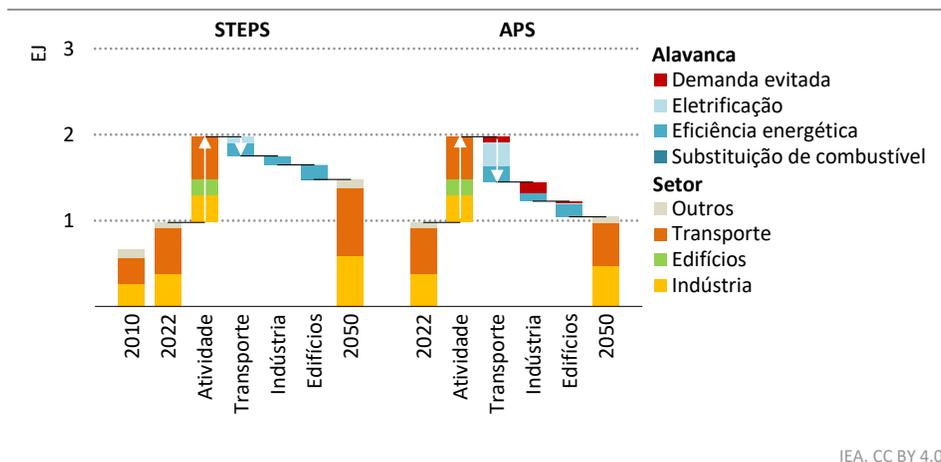
Tabela 5.9 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas na Colômbia

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• Lei de Ação Climática: Emissões líquidas zero de GEE até 2050.	2021
	• NDC: Meta incondicional de reduzir as emissões de GEE para 51% abaixo do normal até 2030.	2021
	• Imposto sobre carbono para derivados de petróleo e gás usado para combustão (US\$ 5/t CO ₂ -eq). O imposto sobre carbono para o carvão terá aumento gradual para atingir US\$ 12/t CO ₂ -eq até 2028.	2016
	• Novo Plano Energético Nacional que incluirá o plano de ação de Transição Energética Justa até 2050 (anunciado).	2023
Políticas de transição justa	• Lei 2.056 que regulamenta a organização e funcionamento do sistema geral de royalties.	2020
AFOLU	• Lei de Ação Climática: Redução do desmatamento para 50.000 ha/ano e desmatamento zero até 2030.	2021
Produção de petróleo e gás	• Legislação para proibir o <i>fracking</i> (fraturamento hidráulico) (anunciada).	2022
	• Suspensão de novas licenças de exploração de combustíveis fósseis (anunciada).	2023
Hidrogênio	• Estratégia Nacional Relacionada ao Hidrogênio: 40% de hidrogênio de baixas emissões no consumo total no setor industrial até 2030.	2021
Energia	• Promoção da integração das energias renováveis por meio de leilões de longo prazo.	2021
	• Estratégia E2050: Metas quantitativas para geração de eletricidade limpa (10 GW de energia eólica <i>offshore</i> até 2050).	2021
Transporte	• Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica: Estoque de 600.000 veículos elétricos (excluindo veículos de duas/três rodas) até 2030.	2019
Eficiência energética	• Ação Necessária sobre Eficiência de Produto na COP-26: Duplicar a eficiência dos aparelhos de ar-condicionado, refrigeradores, iluminação e motores elétricos industriais até 2030.	2021

Tabela 5.10 ▶ Grandes projetos de infraestrutura na Colômbia

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Hidrogênio/amônia	Refinaria de Cartagena	9 kt H ₂ /ano (capacidade)	2026	●	Energias renováveis dedicadas
	Refinaria de Barrancabermeja	9 kt H ₂ /ano (capacidade)	2026	●	Energias renováveis dedicadas
	BEAUTY Ammonia (BELEZA Amônia)	170 kt H ₂ /ano (capacidade)	2027	●	Rede
Petróleo e gás	Refinaria de Sebastopol	150.000 b/d	2022	●	Derivados de petróleo bruto Atrasado devido à COVID
Transporte público	Metrô de Bogotá, Linha 1	72.000 passageiros por hora	2028	●	-
<p>Situação ● Estudo de viabilidade ● Em construção</p>					

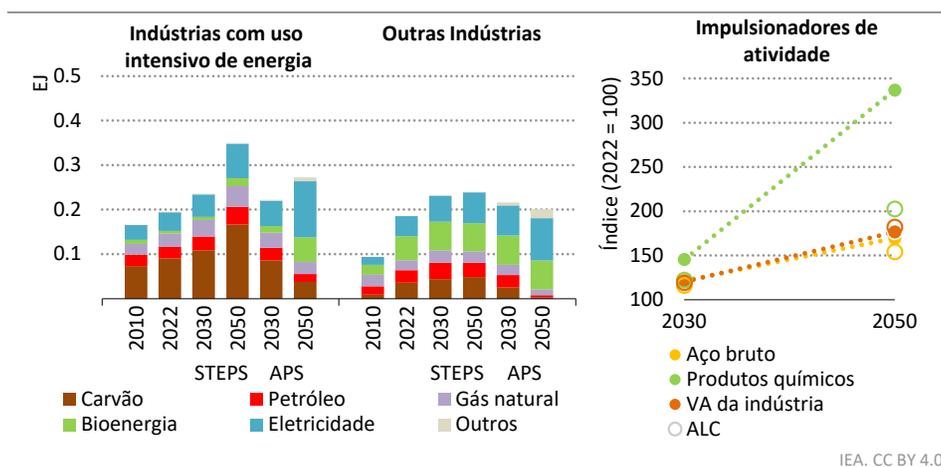
Figura 5.32 ▶ Consumo de energia final por cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, transporte e edifícios são responsáveis por 68% do consumo de energia final.
- No STEPS, o consumo final total aumentará 40% até 2050, liderado pelos transportes e pela indústria. No APS, somente a indústria consome mais energia em 2050 do que em 2022.

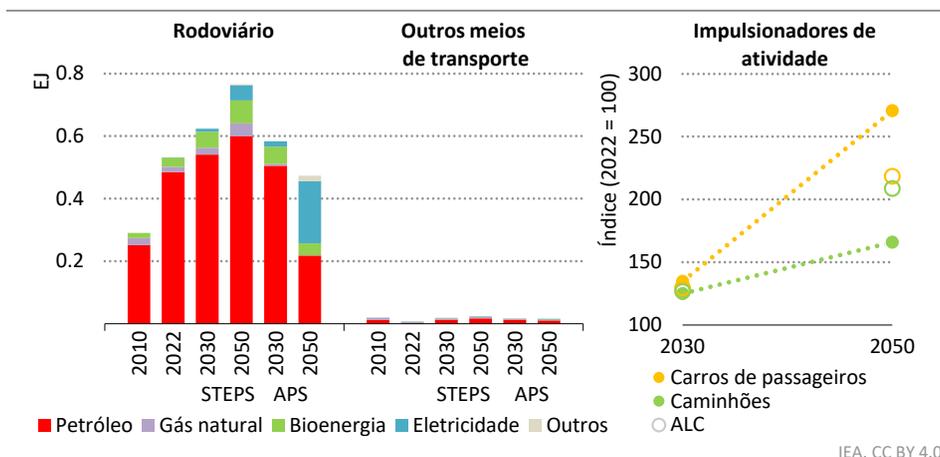
Figura 5.33 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

- O carvão representa atualmente um terço do consumo de energia na indústria e continua sendo o principal combustível no STEPS para as indústrias com utilização intensiva de energia, uma vez que a produção de aço mais do que triplicará até 2050.
- No APS, a implantação de bombas de calor e de processos baseados em hidrogênio eletrolítico faz com que a demanda de eletricidade substitua o carvão na maioria dos setores industriais.

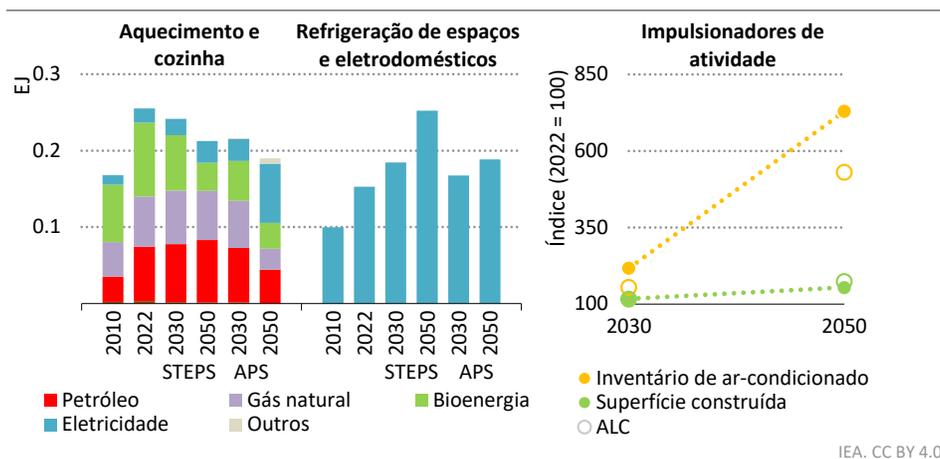
Figura 5.34 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

- A Colômbia tem atualmente a oitava maior frota de ônibus elétricos do mundo. No APS, quase 80% da frota de ônibus será elétrica até 2050.
- No APS, a movimentação de passageiros aumentará 170% em relação aos níveis de 2022 até 2050, mas a utilização de petróleo no transporte rodoviário cai 55% à medida que a parcela de eletricidade no consumo aumenta para mais de 40%.

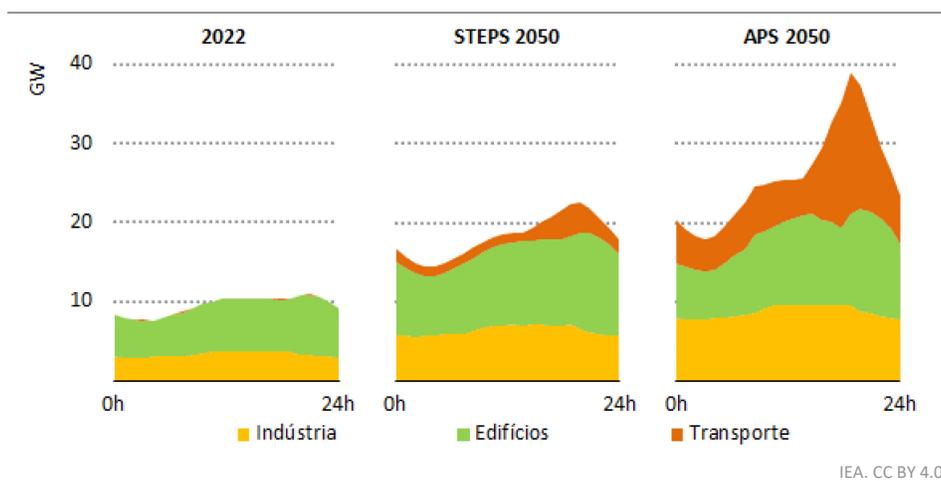
Figura 5.35 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

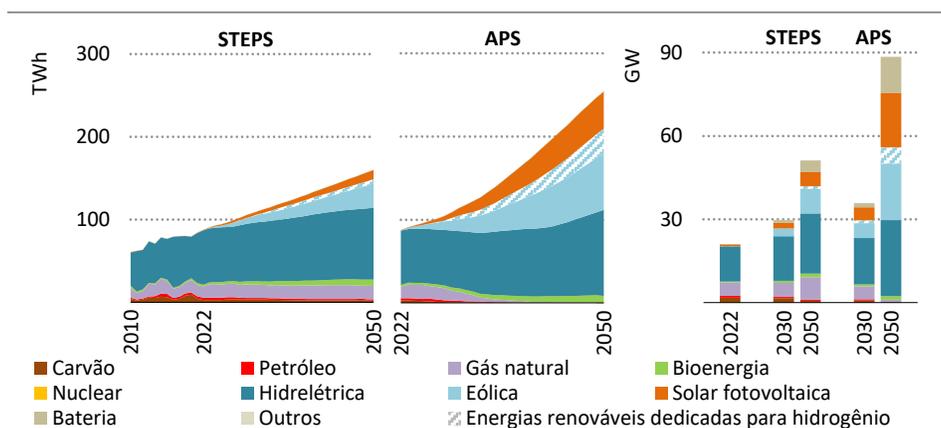
- A maior parte das necessidades de aquecimento e cozinha na Colômbia são cumpridas pela bioenergia, petróleo e gás natural. No APS, a parcela de petróleo diminui à medida que a eletrificação aumenta.
- O aumento da utilização de eletrodomésticos e da refrigeração ambiente impulsiona o crescimento da demanda de eletricidade nas edificações. No APS os MEPS mais rigorosos reduzem o crescimento em quase 15% em comparação com o STEPS.

Figura 5.36 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário na Colômbia



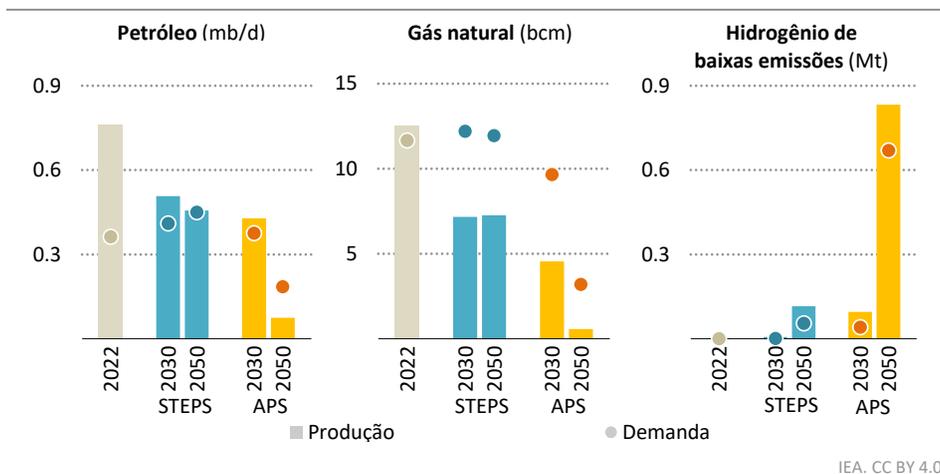
- Até 2050, a demanda máxima de eletricidade duplicará no STEPS e mais do que triplicará no APS, ultrapassando o crescimento da demanda média de eletricidade.
- No APS, o carregamento inteligente de veículos elétricos poderia suavizar o pico de demanda noturno.

Figura 5.37 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário na Colômbia



- A matriz elétrica atual é dominada pela energia hidrelétrica (75%), sendo o gás natural e o petróleo responsáveis pela maior parte do restante.
- A crescente demanda por eletricidade é atendida principalmente pela geração de energia eólica e solar fotovoltaica. No APS, a geração de energia solar fotovoltaica e eólica aumentam do atual 1% para quase 60% em 2050.

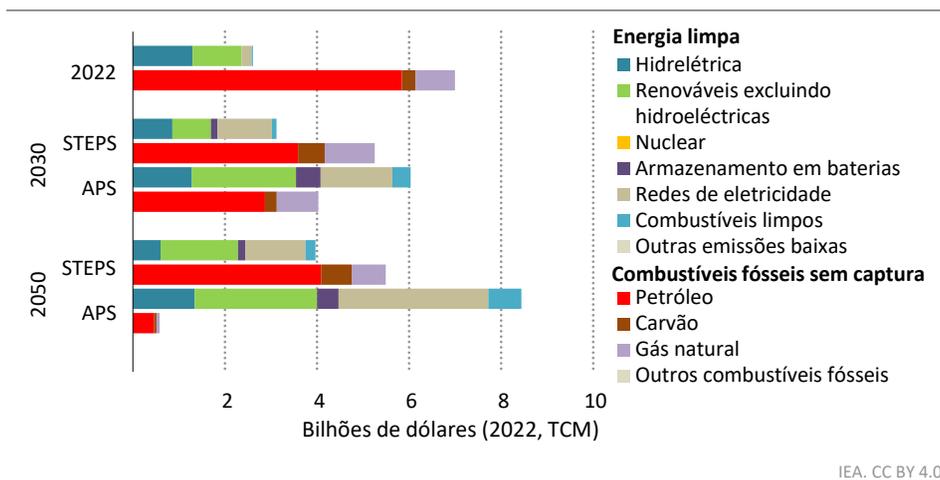
Figura 5.38 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

- A produção de petróleo e gás diminui em ambos os cenários, mas o declínio é muito mais acentuado no APS, à medida que a Colômbia cumpre a sua promessa de não estabelecer novos contratos de exploração de petróleo e gás.
- No STEPS, a produção de hidrogênio de baixas emissões aumentará para 0,1 Mt até 2050. No APS, aumentará para quase 1 Mt.

Figura 5.39 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário na Colômbia



IEA. CC BY 4.0.

- O investimento no fornecimento de energia limpa representa 0,6% do PIB da Colômbia no STEPS em 2050 e 1,4% no APS.
- Mais de um terço do investimento global para o fornecimento de energia limpa apoia o desenvolvimento da rede em ambos os cenários em 2050.

Costa Rica



3^o

maior produtor de energia geotérmica na América Latina e Caribe

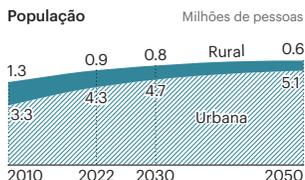
100%

da geração de eletricidade vem de renováveis

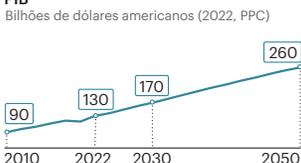
MAIOR

eletrificação de edifícios na América Latina e Caribe

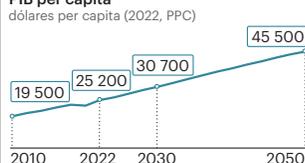
População



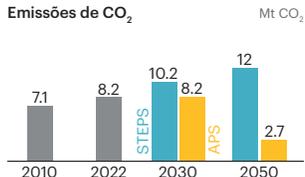
PIB



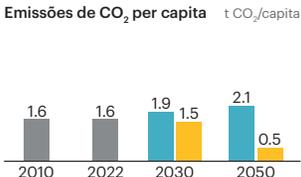
PIB per capita



Emissões de CO₂



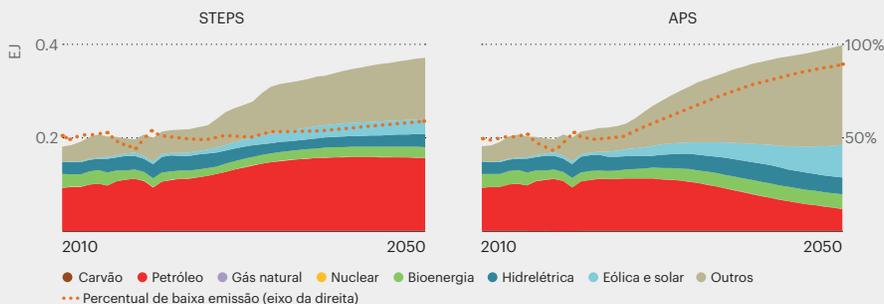
Emissões de CO₂ per capita



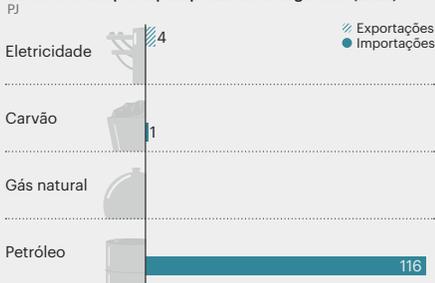
Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)



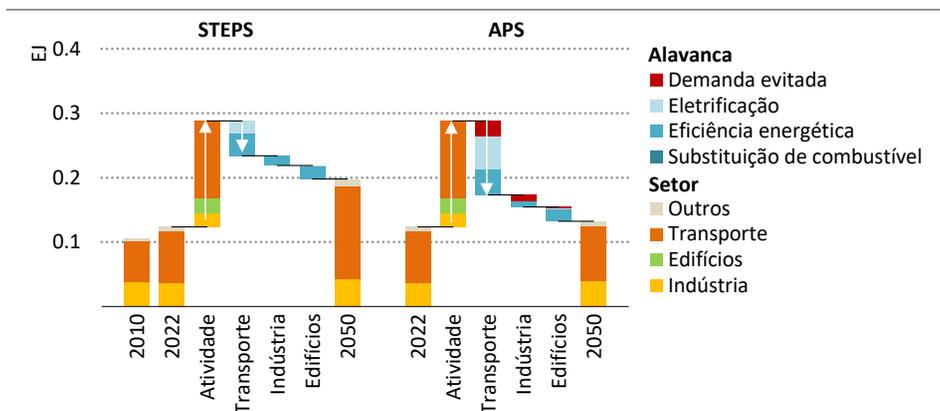
Tabela 5.11 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas na Costa Rica

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• NDC (revisada em 2020): Compromisso com um máximo de 9,11 Mt CO ₂ -eq de emissões líquidas até 2030 e para atingir emissões líquidas zero até 2050.	2020
	• Meta de emissões líquidas zero (meta reiterada na CND em 2020): Compromisso geral com a meta de emissões líquidas zero até 2050 no seu Plano Nacional de Descarbonização 2018-2050.	2019
	• Plano Nacional de Adaptação (2022-2026): Plano de ação para reforçar a resiliência aos impactos das mudanças climáticas.	2022
AFOLU	• Plano de Implementação da Estratégia Nacional de REDD+: Aumentar a cobertura florestal recuperando 254.923 hectares de terras agrícolas até 2025.	2017
Produção de petróleo e gás	• Decreto nº 41.578: prorroga a moratória nacional sobre atividades relacionadas à prospecção e exploração de petróleo de 2021 para 2050.	2019
Hidrogênio	• Estratégia Nacional Relacionada ao Hidrogênio 2022-2050. Três estratégias principais: utilizar o hidrogênio verde para descarbonizar os setores dos transportes e da indústria; desenvolver um centro tecnológico; e promover as condições para facilitar as exportações de hidrogênio.	2022
Energia	• Plano de Expansão da Geração 2022-2040: Instalar 1.775 MW de capacidade de energia solar fotovoltaica e eólica.	2023
Indústria	• Plano Nacional de Descarbonização 2018-2050: A indústria mudará as fontes de energia para reduzir as emissões e, ao mesmo tempo, aumentar a atividade.	2019
Transporte	• Plano Nacional de Descarbonização 2018-2050: 60% da frota de veículos leves e 100% da frota de transporte público terão emissões zero, sendo a eletricidade a principal fonte de energia.	2019
	• <i>Plano Nacional de Desenvolvimento do Investimento Público 2023-2026: Rogelio Fernández Güell</i> : Implementa uma meta de mistura de 8% de componentes renováveis em combustíveis fósseis vendidos no mercado interno.	2022
Edificações	• Acordo 09- MINAE. Cria o Programa Nacional de Identificação Ambiental e de Eficiência Energética da Costa Rica e o Comitê Técnico de Identificação Ambiental e Energética.	2023

Tabela 5.12 ▶ Grandes projetos de infraestrutura na Costa Rica

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Hidrogênio/amônia	Projeto de Ecossistema de Transporte da Costa Rica	0,2 kt H ₂ /ano (capacidade)	2025	●	Energias renováveis dedicadas
Energia hidrelétrica	Fourth Cliff	61 MW	2029	●	Energia hidrelétrica
	Borinquen I	55 MW	2027	●	Geotérmico
Geotérmico	Borinquen II	55 MW	2031	●	Geotérmico
	Situação ● Estudo de viabilidade ● Em construção				

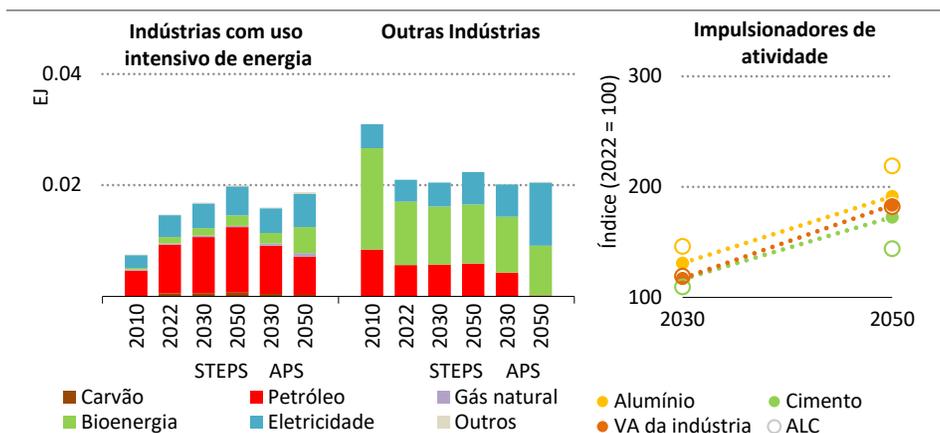
Figura 5.40 ▶ Consumo de energia final por cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, só os transportes são responsáveis por mais de metade do consumo de energia final.
- No STEPS, o total do consumo de energia final aumentará 50% até 2050, impulsionado principalmente pelo aumento da demanda de transportes. No APS, o consumo de energia final aumenta apenas 6% graças, em parte, à eletrificação acelerada que atenua 33% do aumento da atividade.

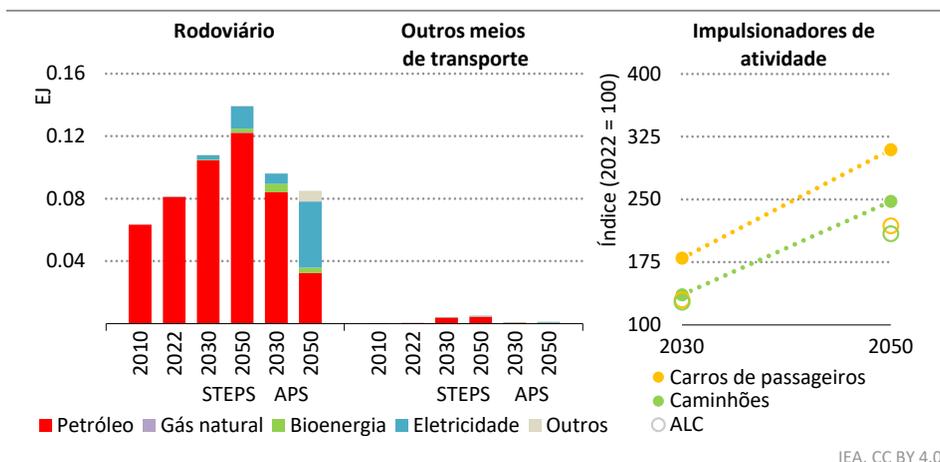
Figura 5.41 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

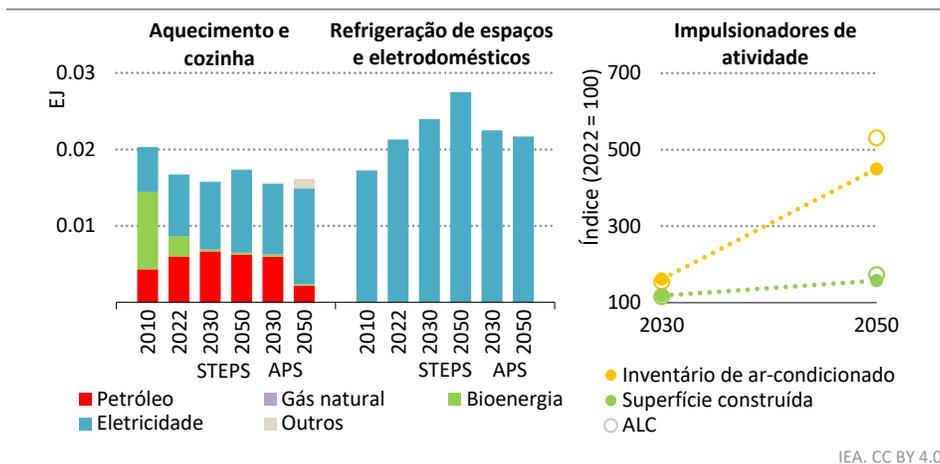
- As indústrias com utilização intensiva de energia são responsáveis por mais de 40% da demanda de energia na indústria atual.
- No APS, a bioenergia desempenha um papel fundamental e o uso de eletricidade aumenta à medida que as bombas de calor industriais fornecem calor a baixa temperatura. O uso de petróleo na indústria será reduzido pela metade até 2050 em comparação com hoje.

Figura 5.42 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário na Costa Rica



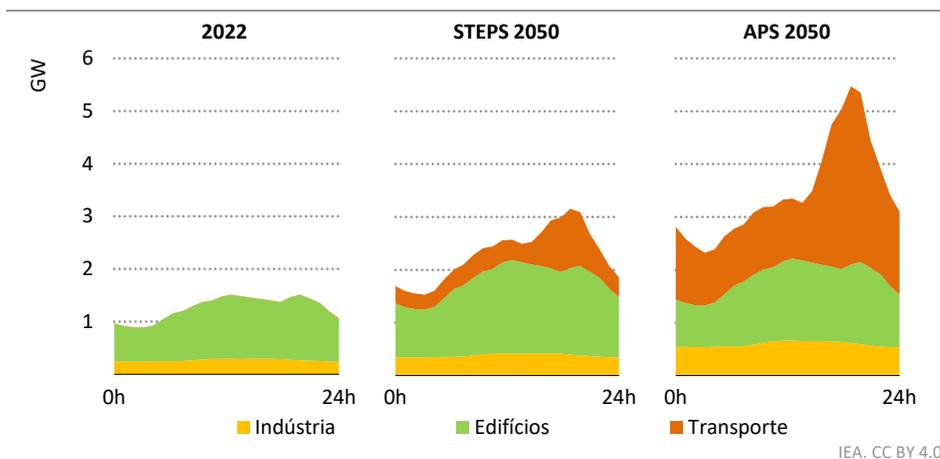
- O setor dos transportes é a maior fonte de emissões de CO₂ relacionadas à energia na Costa Rica. A eletrificação desempenha um papel fundamental para descarbonizar os transportes no futuro.
- No APS, a eletricidade representa 50% do consumo em 2050, travando o crescimento da demanda de energia.

Figura 5.43 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário na Costa Rica



- A eletricidade é responsável pela maior parte das necessidades de energia em cozinha atualmente. No APS, a parcela de uso de óleo no aquecimento e na cozinha diminui à medida que a parcela da eletricidade aumenta 1,4 vezes em relação ao seu nível de 2022.
- No STEPS, o aumento da demanda de eletrodomésticos e refrigeração ambiente é responsável por 60% do aumento do consumo de eletricidade no setor de edificações.

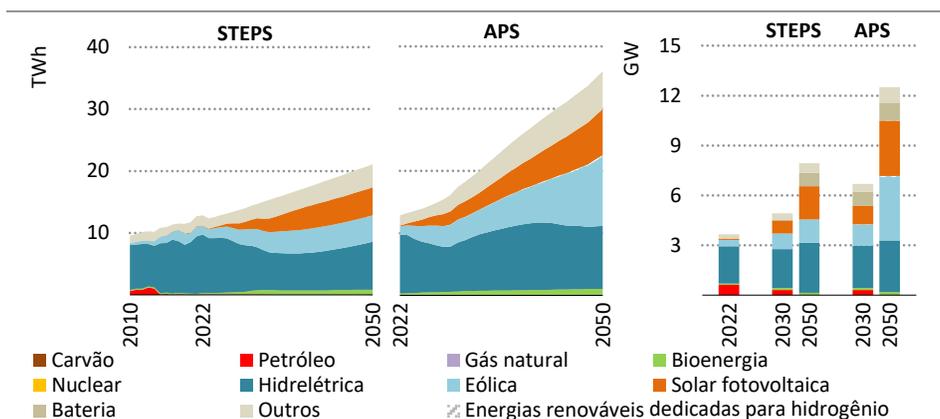
Figura 5.44 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- A demanda máxima de eletricidade duplicará até 2050 em relação aos níveis atuais no STEPS e aumentará mais de 3,5 vezes no APS. A demanda máxima de eletricidade aumenta mais de 80% em relação a demanda média de eletricidade.
- A eletricidade para os transportes é o principal impulsionador do aumento do pico de demanda de eletricidade.

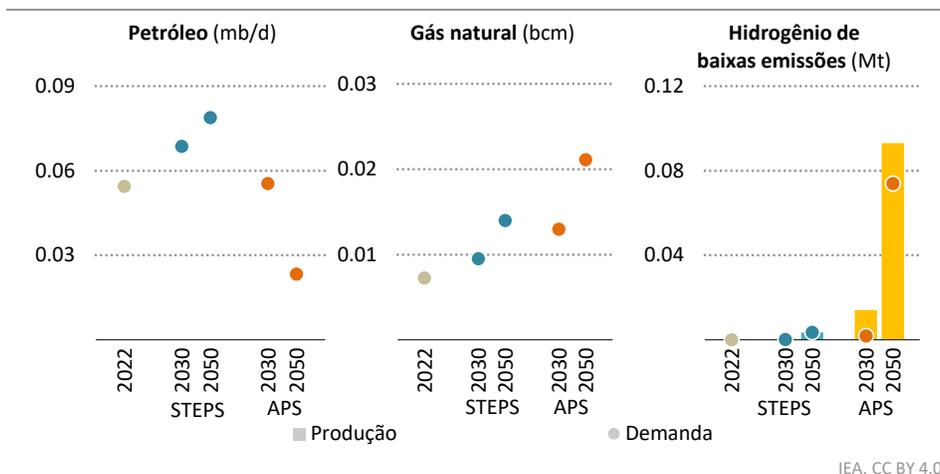
Figura 5.45 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- A energia hidrelétrica domina a matriz elétrica atual e continua a desempenhar um papel fundamental até 2050 em ambos os cenários. A energia geotérmica desempenha um papel importante atualmente e no futuro.
- As energias eólicas e solar fotovoltaica atendem à maior parte do aumento da demanda de eletricidade em ambos os cenários. No APS, a sua parcela na geração total sobe dos 10% atuais para mais de 50% em 2050.

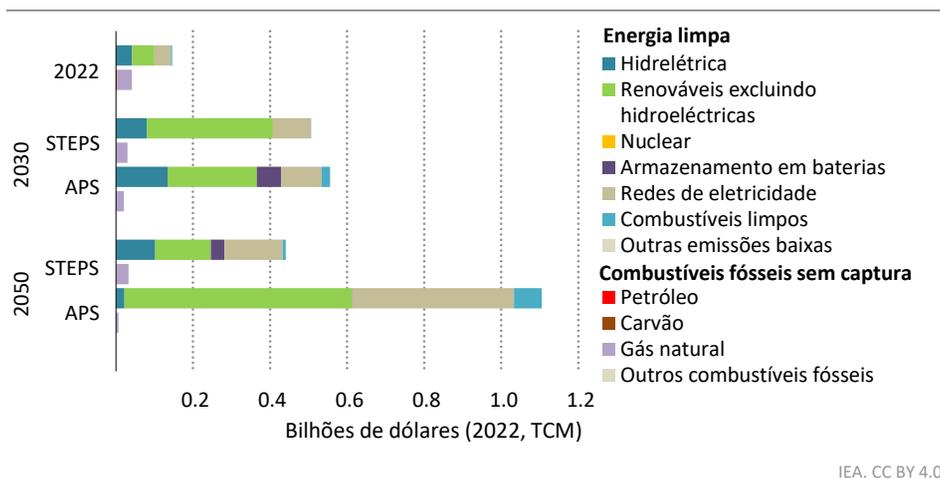
Figura 5.46 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- Após 2030, a demanda por petróleo se estabiliza no STEPS e diminui significativamente no APS.
- A produção e demanda de hidrogênio de baixas emissões será de cerca de 0,1 Mt até 2050 no APS.

Figura 5.47 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário na Costa Rica



IEA. CC BY 4.0.

- O investimento no fornecimento de energia limpa representa 0,3% do PIB da Costa Rica no STEPS em 2050 e 0,8% no APS.
- No APS, o investimento no fornecimento de energia limpa quadruplicará até 2030, em relação aos níveis atuais, e serão investidos mais de US\$ 0,6 bilhões em energias renováveis em 2050.

México

2^a

maior economia da América Latina e Caribe

2^o

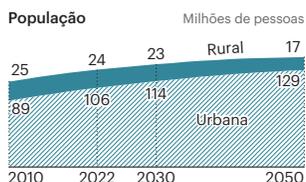
maior produtor de aço da América Latina e Caribe

11^o

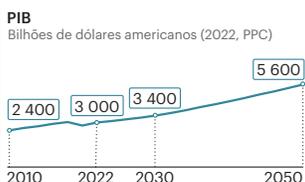
maior produtor mundial de petróleo



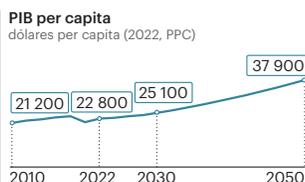
População



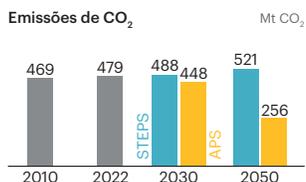
PIB



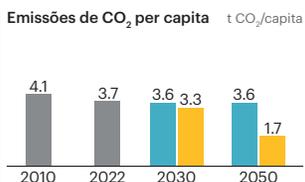
PIB per capita



Emissões de CO₂



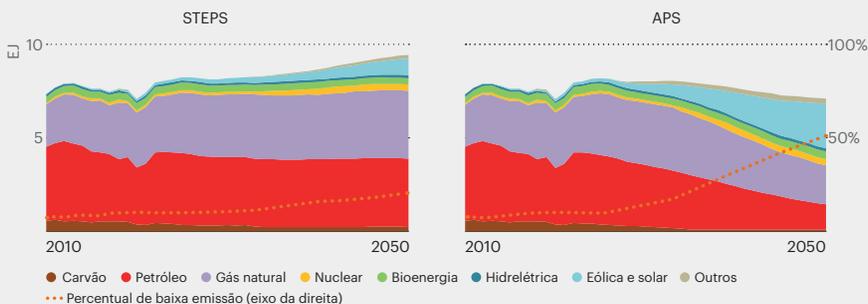
Emissões de CO₂ per capita



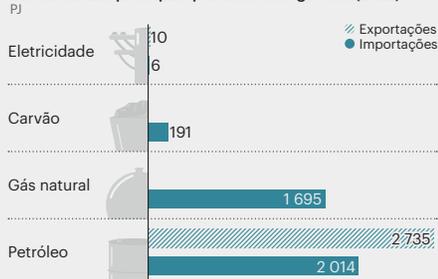
Intensidade energética



Fornecimento de energia primária e percentual de fontes de baixa emissão



Comércio dos principais produtos energéticos (2021)



Comércio dos principais produtos não energéticos (2021)

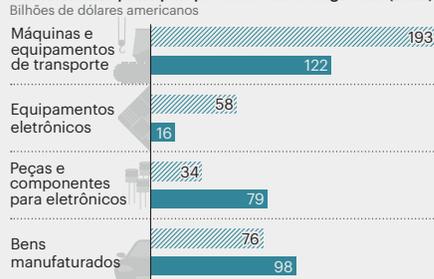


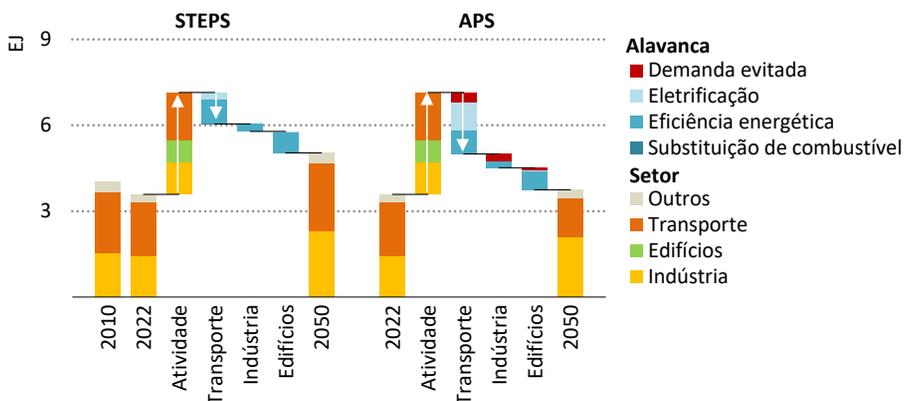
Tabela 5.13 ▶ Desenvolvimentos recentes de políticas no México

	Política	Ano de publicação
Em toda a economia	• CND: Meta condicional de redução de emissões de GEE de 40% em relação à situação normal até 2030.	2022
	• Imposto sobre carbono: A Lei Tributária Especial sobre Produção e Serviços foi alterada para cobrar um imposto sobre o teor de carbono dos combustíveis a partir de 2014. O imposto sobre carbono é ajustado anualmente. Até agora, o gás natural está excluído.	2012
AFOLU	• Estratégia nacional para REDD+ 2017-2030: Meta de desmatamento líquido zero até 2030.	2017
Minerais críticos	• Um decreto concedeu ao governo federal os direitos de prospecção, exploração e exportação de lítio por meio da empresa pública LitoMx.	2022
Produção de petróleo e gás	• Compromisso Global de Metano: O México aderiu à iniciativa para reduzir as emissões antropogênicas globais de metano em 30% em relação aos níveis de 2020 até 2030.	2021
	• Disposições Administrativas Gerais sobre metano do setor de hidrocarbonetos: As entidades reguladas devem apresentar planos para prevenir as emissões de metano, incluindo ações e metas.	2018
Energia	• <i>Lei de Transição Energética</i> : Estabelece uma meta para que a energia limpa tenha uma quota de 35% na geração de eletricidade até 2024.	2015
Indústria	• As disposições da <i>Lei de Transição Energética</i> definem o procedimento para acordos voluntários sobre eficiência energética para grandes consumidores industriais.	2017
Transporte	• Eficiência energética dos veículos leves: O México publicou o projeto padrão PROY-NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023 para atualizar o padrão existente de eficiência de combustível para novos veículos leves a partir de 2025.	2023
	• Projeto de Estratégia Nacional para Mobilidade Elétrica: Estabelece metas para que 100% das vendas de veículos de passageiros sejam elétricos ou híbridos <i>plug-in</i> até 2040 e 100% sejam elétricos até 2050.	2023
Edificações	• Requisitos de eficiência energética para eletrodomésticos: NOM-028-ENER-2017 para lâmpadas, NOM-015-ENER-2018 para refrigeradores e freezers domésticos, NOM-023-ENER-2018 para aparelhos de ar-condicionado.	2018

Tabela 5.14 ▶ Grandes projetos de infraestrutura no México

	Projeto	Porte	Data de início	Situação	Descrição
Hidrogênio/ amônia	<i>Mexican Green Hydrogen Hub</i> (Centro Mexicano de Hidrogênio Verde), fase 1	10 kt H ₂ /ano (capacidade)	2025	●	Energia solar fotovoltaica dedicada
	Energía Los Cabos	4 kt H ₂ /ano (capacidade)	2024	●	Energia solar fotovoltaica dedicada
	Delicias Solar	6 kt H ₂ /ano (capacidade)	2026	●	Energia solar fotovoltaica dedicada
Petróleo e gás	Usina de Liquefação Energía Costa Azul	3 Mt/ano	2024	●	Construir capacidade de liquefação para exportar GNL
	Refinaria Olmeca	340.000 b/d	2023	●	Aumentar o refino nacional
Situação		● Estudo de viabilidade	● Em construção		

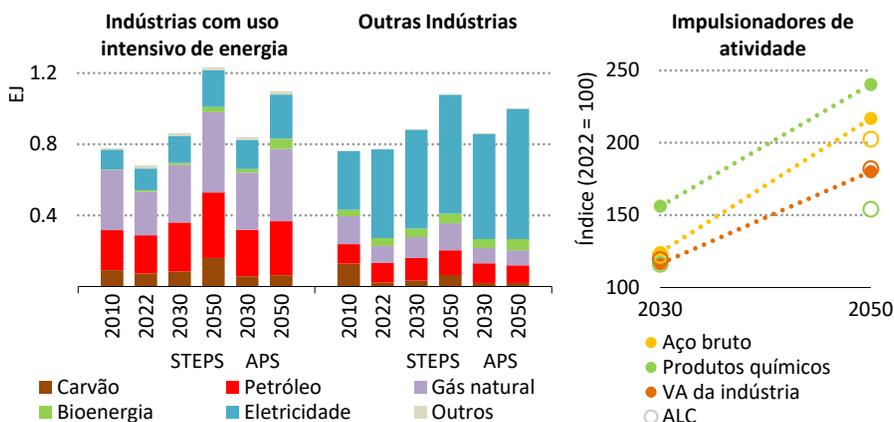
Figura 5.48 ▶ Consumo de energia final por cenário no México



IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, o transporte é responsável por cerca de 40% do total de consumo de energia final no México.
- O total do consumo de energia final aumentará quase 40% no STEPS até 2050. Os ganhos acelerados de eficiência energética e a eletrificação reduzem esse valor para 6% no APS.

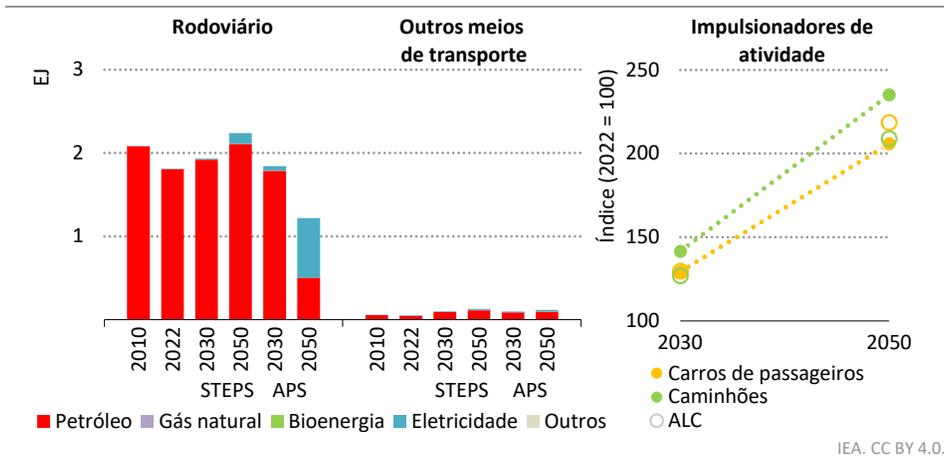
Figura 5.49 ▶ Consumo de combustível na indústria por tipo e cenário no México



IEA. CC BY 4.0.

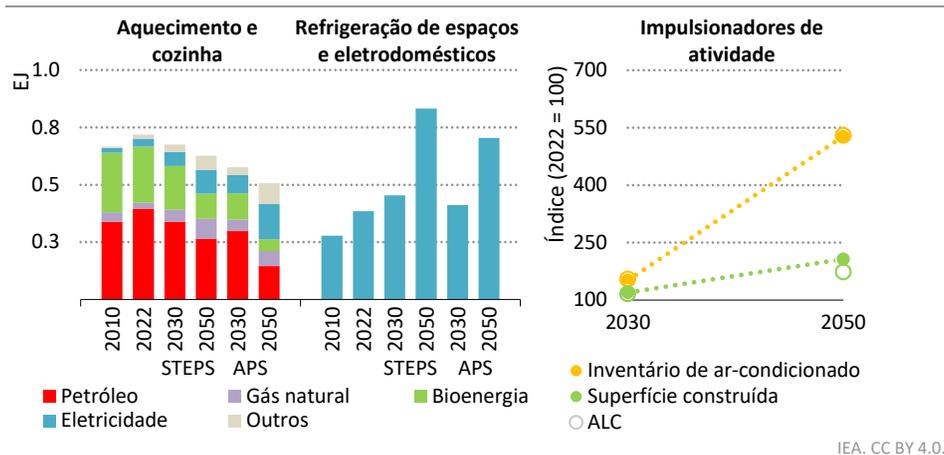
- Com fortes indústrias de cimento e aço, o México é responsável por 20% do uso de energia industrial na região e por um quarto do aumento da demanda até 2050 no STEPS.
- Tanto no STEPS como no APS, a parcela de combustíveis fósseis no consumo de energia na indústria no México permanece elevada. No APS, a participação da bioenergia permanece baixa em comparação com outros países da ALC.

Figura 5.50 ▶ Consumo de combustível no transporte por tipo e cenário no México



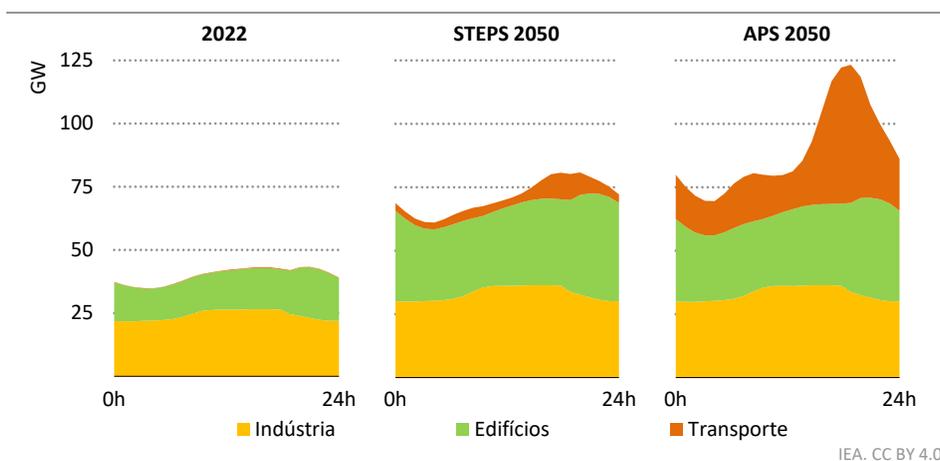
- A eletrificação aumenta no transporte rodoviário após 2030 em ambos os cenários. No APS, a eletricidade representa mais de metade do consumo de energia nos transportes em 2050.
- A queda na demanda de petróleo no APS é motivada principalmente por uma mudança para a eletromobilidade e por ganhos de eficiência decorrentes de padrões mais rigorosos de economia de combustível.

Figura 5.51 ▶ Consumo de combustível em edifícios por tipo e cenário no México



- O consumo de combustíveis derivados do petróleo diminui lentamente nos edifícios à medida que aumenta o uso de eletricidade e gás natural. A eletrificação ajuda a reduzir o uso tradicional de biomassa.
- A propriedade de aparelhos de ar-condicionado mais do que triplicará até 2050 e será responsável por mais de 40% do aumento do consumo de eletricidade no setor de edifícios do México no STEPS. Os aparelhos energeticamente eficientes limitam a dimensão do aumento do APS.

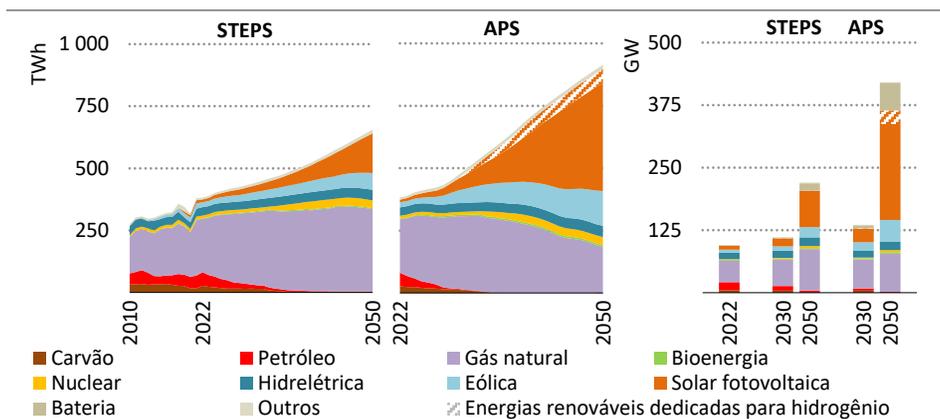
Figura 5.52 ▶ Perfil de carga média diária de energia elétrica por cenário no México



IEA. CC BY 4.0.

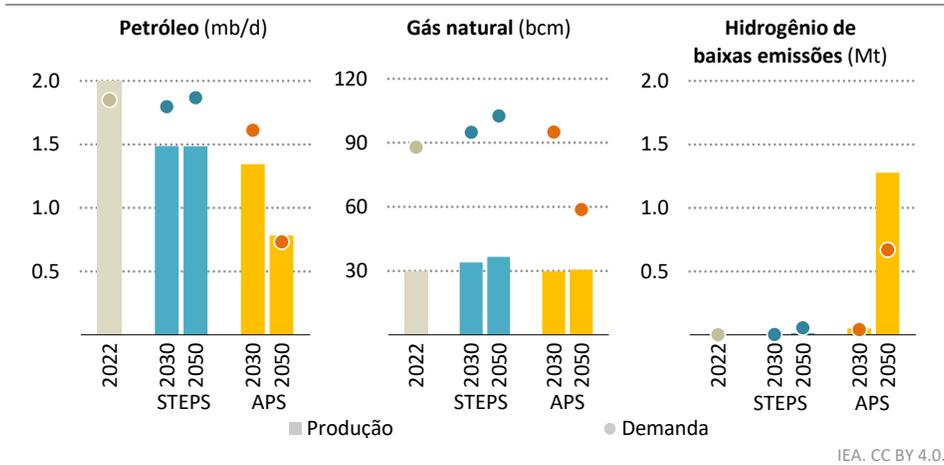
- Em ambos os cenários, o consumo de eletricidade nos edifícios quase duplica em relação aos níveis atuais. Contribuirá para um aumento do pico de demanda total de 40% no APS até 2050.
- A diferença entre o pico de demanda máximo no STEPS e no APS reflete uma maior utilização de veículos elétricos, que representam quase 45% do pico diário no APS. O carregamento inteligente pode suavizar os picos.

Figura 5.53 ▶ Capacidade e geração de eletricidade por combustível e cenário no México

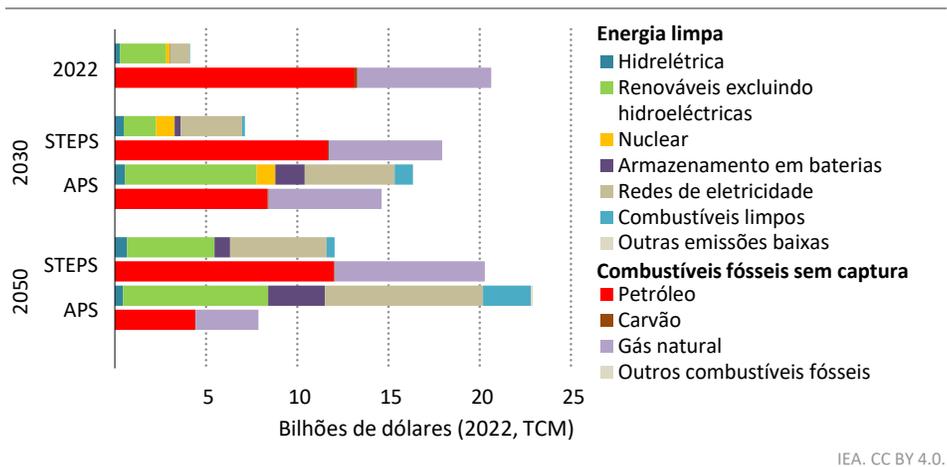


IEA. CC BY 4.0.

- Atualmente, o gás natural domina a matriz elétrica no México. No STEPS, o gás natural e a energia solar fotovoltaica responderão juntos por mais de 95% do crescimento da geração de eletricidade até 2050.
- O APS prevê uma demanda de eletricidade muito maior até 2050 do que o STEPS, cenário no qual a energia solar fotovoltaica e a eólica cumprem com quase toda a demanda adicional.

Figura 5.54 ▶ Demanda e produção de combustível por cenário no México

- No STEPS, a produção de gás natural aumentará quase 25% até 2050, mas a disparidade em relação à demanda também aumenta; a produção de petróleo cai e depois estabiliza à medida que a demanda se mantém estável.
- No APS, a demanda de gás natural cai acentuadamente após 2030, à medida que a utilização no setor elétrico diminui; a produção de petróleo acompanha a queda da demanda e cai 60%.

Figura 5.55 ▶ Investimento anual em fornecimento de energia por tipo e cenário no México

- O investimento no fornecimento de energia limpa representa 0,5% do PIB no México no STEPS em 2050 e 0,9% no APS.
- No STEPS, a maior parte do investimento ainda será direcionada para combustíveis fósseis em 2050. No APS, o investimento em energia limpa será 3 vezes superior ao investimento em combustíveis fósseis até 2050.

Notas

Unidades

Área	ha	hectares
Distância	km	quilômetro
Emissões	Gt CO ₂	gigatoneladas de dióxido de carbono
	Mt CO ₂	milhões de toneladas de dióxido de carbono
	Mt CO ₂ -eq	milhões de toneladas de equivalente de dióxido de carbono (usando potenciais de aquecimento global de 100 anos para diferentes gases de efeito estufa)
	t CO ₂ -eq	toneladas de equivalente de dióxido de carbono
Energia	EJ	exajoule (1 joule x 10 ¹⁸)
	PJ	petajoule (1 joule x 10 ¹⁵)
	TWh	terawatt-hora
	Tcal	teracaloria (1 caloria x 10 ¹²)
Gás	bcm	bilhões de metros cúbicos
	bcm/d	bilhões de metros cúbicos por dia
	mcm/d	milhões de metros cúbicos por dia
Massa	kg	quilograma
	kt	quilotoneladas (1 tonelada = 1.000 kg)
Monetário	Milhões de US\$	1 dólar dos EUA x 10 ⁶
	Bilhões de US\$	1 dólar dos EUA x 10 ⁹
Petróleo	mb/d	milhões de barris por dia
	b/d	barris por dia
Eletricidade	GW	gigawatt
	MW	megawatt
	kV	quilovolt

Termos

Aquecimento e cozinha em edifícios referem-se à demanda de energia e água para aquecimento de espaços e para cozinhar.

Bioenergia refere-se a bioenergia e resíduos.

Combustíveis limpos referem-se a biocombustíveis, hidrogênio e combustíveis relacionados ao hidrogênio.

Consumo final total inclui o consumo dos vários setores de utilização final (indústria, transportes, edifícios, agricultura e outras utilizações não energéticas). Exclui bunkers marítimos e de aviação internacionais, exceto a nível mundial no qual estão incluídos no setor de transportes.

Dados de potencial de energia solar são calculados com base no potencial médio a nível nacional avaliado em quilowatt-hora por quilowatt de pico por dia (2020).

Demanda de hidrogênio exclui tanto as exportações de hidrogênio como o hidrogênio utilizado para a produção de combustíveis à base de hidrogênio que são exportados.

Impulsionadores de atividade Os impulsionadores de atividade para a indústria incluem os níveis de produção (Mt) e o valor adicionado (US\$ 2022, PPC); para transporte, quilômetros (km) para automóveis de passageiros e tonelada por quilômetro para caminhões; para edifícios, ar-condicionado (milhões de unidades) e área útil (milhões de metros quadrados). Os números das atividades apresentados correspondem ao Cenário de Políticas Declaradas (STEPS) indexado ao valor de 2022.

Indústrias com utilização intensiva de energia incluem produtos químicos, ferro e aço, minerais não metálicos (cimento e outros), metais não ferrosos (alumínio e outros) e pasta, papel e impressão.

Investimento Os dados de investimento são apresentados em termos reais em dólares estadunidenses do ano de 2022.

Média Os perfis de carga média diária de eletricidade não têm em conta a demanda de eletricidade gerada por fontes renováveis dedicadas ligadas a eletrolisadores e não consideram a influência dos mecanismos de resposta à demanda.

Projetos de CCUS de grande escala referem-se apenas a instalações com uma capacidade de captura planeada superior a 100.000 toneladas de CO₂ por ano.

Projetos de hidrogênio de baixas emissões consideradas são aqueles com capacidade anunciada para 2030.

ODS7 (SDG7) refere-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7: “garantir o acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos”, adotado pelas Nações Unidas em 2015.

Outras mudanças de combustível incluem bioenergia, nuclear, solar térmica, geotérmica e gás natural.

Outros em uma categoria setorial referem-se à agricultura e outras utilizações não energéticas.

Outros combustíveis fósseis na seção de investimentos no fornecimento de energia referem-se a resíduos não renováveis e outras fontes de fornecimento.

Outras emissões baixas na seção de investimentos incluem bombas de calor, CCUS, geração de eletricidade a partir de hidrogênio, geração de eletricidade a partir de amônia e captura direta do ar.

Outras indústrias referem-se às áreas de construção, alimentos e tabaco, máquinas, mineração e pedreiras, têxteis e couro, equipamentos de transporte, madeiras e demais indústrias.

Outros meios de transporte incluem transporte ferroviário, navegação doméstica, aviação doméstica, oleodutos e outros transportes não especificados.

Outros para consumo final nos setores referem-se a resíduos não renováveis, hidrogênio, energia solar térmica e geotérmica.

Outros para geração e capacidade de eletricidade referem-se à energia geotérmica, energia solar concentrada, energia marinha, resíduos não renováveis e outras fontes não especificadas.

Transporte rodoviário inclui seis categorias de veículos (automóveis de passageiros, ônibus, veículos de duas/três rodas, vans e caminhões leves e caminhões médios e pesados).

Siglas

Cenários: **STEPS** = Cenário de Políticas Declaradas;
APS = Cenário de Compromissos Anunciados.

AFOLU	agricultura, silvicultura e outros usos da terra
BECCS	bioenergia com captura e armazenamento de carbono
CCAT	corrente contínua de alta tensão
CCUS	captura, uso e armazenamento de carbono
FV	energia fotovoltaica
GEE	gases de efeito estufa
GNV	gás natural veicular
H₂	hidrogênio
ICE	motor de combustão interna
MEPS	padrões mínimos de performance energética
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (Nationally Determined Contribution, do acrônimo em inglês)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Nações Unidas)
PIB	produto interno bruto
PPC	paridade de poder de compra
TCM	taxa de câmbio de mercado
VA	valor adicionado
VE	veículo elétrico

As tabelas de políticas incluem políticas e anúncios existentes no final de setembro de 2023. O mesmo se aplica às tabelas de projetos existentes e anunciados.

A AIE (Agência Internacional de Energia) não utiliza cores para se referir às diversas rotas de produção de hidrogênio. No entanto, quando se refere a anúncios políticos, programas, regulamentos e projetos específicos em que uma autoridade utiliza cores para definir uma rota de produção de hidrogênio, por exemplo hidrogênio verde, utilizamos essa terminologia para relatar os desenvolvimentos nesse estudo.

ANEXOS



Tabelas para projeções de cenários

Nota geral às tabelas

Este anexo inclui dados históricos e projetados por cenário para os cinco conjuntos de dados seguintes:

- A.1: Oferta de energia na América Latina e Caribe
- A.2: Consumo de energia final na América Latina e Caribe
- A.3: Setor elétrico da América Latina e Caribe: geração bruta de eletricidade e capacidade elétrica.
- A.4: Emissões de CO₂ na América Latina e Caribe: emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da queima de combustíveis fósseis e de processos industriais.

Cada conjunto de dados é fornecido para os seguintes cenários: (a) Cenário de Políticas Declaradas (STEPS) [Tabelas A.1a. a A.4a] e (b) Cenário de Compromissos Anunciados (APS) [Tabelas A.1b. a A.4b].

As definições de regiões, combustíveis e setores estão no Anexo B.

As abreviações/acrônimos usados nas tabelas incluem: TCAC = taxa de crescimento anual composta; CCUS = captura, uso e armazenamento de carbono; PJ = petajoule; GJ = gigajoule; GW = gigawatt; Mt CO₂ = milhões de toneladas de dióxido de carbono; TWh = terawatt-hora. O uso de combustíveis fósseis em instalações sem CCUS é classificado como “não redução”.

Tanto no texto deste relatório como nas tabelas anexas, os arredondamentos podem levar a pequenas diferenças entre os totais e a soma de seus componentes individuais. As taxas de crescimento são calculadas com base na média anual composta e são marcadas como “n.a.” quando o ano base for zero ou o valor ultrapassar 200%. Valores nulos são marcados como “-”.

Fontes de dados

O Modelo Global de Energia e Clima é um modelo com muitos dados que abrange todo o sistema energético global. Referências detalhadas sobre bases de dados e publicações utilizadas na modelagem e análise podem ser encontradas no Anexo E do *World Energy Outlook 2023*.

O ano-base formal para as projeções deste ano é 2021, uma vez que este é o ano mais recente para o qual está disponível um cenário completo da demanda e produção de energia. No entanto, utilizamos dados mais recentes sempre que disponíveis e incluímos neste anexo as nossas estimativas de produção e demanda de energia para 2022. As estimativas para o ano de 2022 baseiam-se no relatório IEA *CO₂ Emissions in 2022*, no qual os dados são derivados de diversas fontes, incluindo os últimos envios mensais de dados ao *Energy Data Centre* da IEA, outras publicações estatísticas de administrações nacionais e dados da *Market Report Series* da AIE que incluem dados sobre carvão, petróleo, gás natural, energias renováveis e energia.

Os dados históricos para a capacidade bruta de geração de eletricidade (Tabela A.3) foram extraídos do *S&P Global Market Intelligence World Electric Power Plants Database* e do banco de dados PRIS da Agência Internacional de Energia Atômica.

Nota de definição: Tabelas de oferta e transformação de energia

A oferta total de energia (OTE) é equivalente aos setores da *eletricidade e calor*, mais outros setores energéticos (excluindo eletricidade, calor e hidrogênio), mais o *consumo final total* (excluindo eletricidade, calor e hidrogênio). A OTE não inclui o calor ambiente proveniente de bombas de calor ou do comércio de eletricidade. *Solar* em OTE inclui geração de energia solar fotovoltaica, energia solar concentrada (CSP) e consumo final de energia solar térmica. As *perdas de conversão de biocombustíveis* são as perdas de conversão para produzir biocombustíveis (principalmente a partir de bioenergia sólida moderna) utilizados no setor energético. A *produção de hidrogênio de baixas emissões* é a produção comercial de hidrogênio de baixas emissões (excluindo a produção local em instalações industriais e refinarias), sendo os *inputs* referentes ao total de entradas e saídas de combustível para a produção de hidrogênio. Embora não sejam discriminadas separadamente, as energias *geotérmica* e *marinha* (das marés e das ondas) estão incluídas na categoria de energias *renováveis* dos setores OTE e da *eletricidade e do calor*. Embora não sejam discriminados separadamente, os *resíduos não renováveis* e *outras fontes* estão incluídos no OTE.

Nota de definição: Tabelas de demanda energética

Os setores que compreendem o consumo final total (CFT) incluem a *indústria* (utilização de energia e matérias-primas), *transportes* e *edificações* (residencial, serviços e outros não especificados). Embora não sejam discriminados separadamente, a *agricultura* e *outras utilizações não energéticas* estão incluídas no CFT. Embora não sejam discriminados separadamente, os resíduos não renováveis, a energia *solar térmica* e *geotérmica* estão incluídos em edificações, na *indústria* e no *CFT*.

Nota de definição: Tabelas de eletricidade

A geração de eletricidade expressa em terawatts-hora (TWh) e os dados de capacidade elétrica instalada expressos em gigawatts (GW) são ambos fornecidos em termos brutos, ou seja, incluem o uso próprio do gerador. A capacidade elétrica bruta projetada é a soma da capacidade existente e das adições, menos as desativações. Embora não sejam discriminadas separadamente, *outras fontes* estão incluídas na geração total de eletricidade. O hidrogênio e a amônia são combustíveis que podem constituir uma alternativa de baixas emissões à produção de eletricidade a partir do gás natural e do carvão, seja por meio de queima conjunta ou por meio da conversão total das instalações. Os níveis de mistura de hidrogênio em centrais a gás e de amônia em centrais a carvão estão representados nos cenários e reportados nas tabelas. Os resultados de produção de eletricidade nas tabelas baseiam-se nas parcelas de consumo de combustível, enquanto a capacidade de hidrogênio e de amônia é derivada com base em um fator de capacidade típico.

Nota de definição: Tabelas de emissões de CO₂

O CO₂ total inclui as emissões de dióxido de carbono provenientes da queima de combustíveis fósseis e de resíduos não renováveis, provenientes de processos industriais e de transformação de combustíveis (emissões de processo) e da queima e remoção de CO₂. A remoção de CO₂ inclui: emissões capturadas e armazenadas provenientes da combustão de bioenergia e resíduos renováveis, da produção de biocombustíveis e da captura direta do ar.

As duas primeiras entradas são frequentemente relatadas como bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS). Observe que parte do CO₂ capturado na produção de biocombustíveis e na captura direta do ar é usado para produzir combustíveis sintéticos, o que não está incluído na remoção de CO₂.

O CO₂ total capturado inclui o dióxido de carbono capturado nas instalações do CCUS, como a produção de eletricidade ou a indústria, e o CO₂ atmosférico capturado pela captura direta do ar, mas exclui o capturado e utilizado para a produção de ureia.

Licença do Anexo A

Sujeito à Notificação da AIE para Conteúdo Licenciado por CC (*IEA Notice for CC-licensed Content*), este Anexo A do *Latin America Energy Outlook* está licenciado sob uma *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Licence*.



Tabela A.1a: Oferta de energia na América Latina e Caribe

	Cenário de Políticas Declaradas (PJ)							Participação (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Oferta total de energia	34 083	35 960	37 117	41 010	43 871	46 293	50 210	100	100	100	1.3	1.1
Renováveis	8 043	9 929	10 492	13 621	15 547	17 522	21 192	28	33	42	3.3	2.5
Solar	21	246	311	826	1 174	1 612	2 637	1	2	5	13	7.9
Eólica	17	456	501	1 013	1 361	1 743	2 600	1	2	5	9.2	6.1
Hidrelétrica	2 632	2 520	2 853	2 843	3 034	3 296	3 792	8	7	8	-0.0	1.0
Bioenergia sólida moderna	4 440	5 445	5 528	6 816	7 417	7 825	8 249	15	17	16	2.7	1.4
Bioenergia líquida moderna	659	950	961	1 516	1 746	1 945	2 188	3	4	4	5.9	3.0
Bioenergia gasosa moderna	6	51	57	116	169	240	419	0	0	1	9.3	7.4
Uso tradicional de biomassa	1 347	1 365	1 369	1 141	1 018	840	416	4	3	1	-2.3	-4.2
Nuclear	301	409	362	477	883	1 117	1 159	1	1	2	3.5	4.2
Gás natural sem CCUS	7 465	8 538	8 325	9 118	9 327	9 352	9 657	22	22	19	1.1	0.5
Gás natural com CCUS	-	108	103	121	156	172	193	0	0	0	2.0	2.3
Petróleo	15 280	13 910	14 766	15 050	15 527	15 807	15 976	40	37	32	0.2	0.3
Utilização não energética	1 301	962	1 047	1 180	1 190	1 188	1 135	3	3	2	1.5	0.3
Carvão sem CCUS	1 629	1 629	1 627	1 418	1 346	1 413	1 529	4	3	3	-1.7	-0.2
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Produção de eletricidade e calor	8 982	10 946	10 747	11 724	13 017	14 391	17 151	100	100	100	1.1	1.7
Renováveis	3 371	4 375	4 812	6 400	7 510	8 895	12 125	45	55	71	3.6	3.4
Solar FV	-	174	230	671	954	1 288	2 097	2	6	12	14	8.2
Eólica	17	456	501	1 013	1 361	1 743	2 600	5	9	15	9.2	6.1
Hidrelétrica	2 632	2 520	2 853	2 843	3 034	3 296	3 792	27	24	22	-0.0	1.0
Bioenergia	454	961	943	1 339	1 428	1 540	1 995	9	11	12	4.5	2.7
Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Amônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Nuclear	301	409	362	477	883	1 117	1 159	3	4	7	3.5	4.2
Gás natural sem CCUS	2 766	3 948	3 395	3 749	3 823	3 756	3 500	32	32	20	1.2	0.1
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	1 755	1 296	1 293	575	448	315	137	12	5	1	-9.6	-7.7
Carvão sem CCUS	788	897	864	503	332	285	192	8	4	1	-6.5	-5.2
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Outro setor energético	5 981	6 797	7 040	7 841	8 280	8 419	8 923	100	100	100	1.4	0.9
Perdas na conversão de biocombustíveis	-	1 561	1 590	2 253	2 652	2 838	2 619	100	100	100	4.5	1.8
Hidrogênio de baixas emissões (fora do local)												
Entradas de produção	-	-	-	46	189	275	336	100	100	100	n.a.	n.a.
Resultados da produção	-	-	-	32	133	196	249	100	100	100	n.a.	n.a.
Para combustíveis à base de hidrogênio	-	-	-	29	125	182	212	-	91	85	n.a.	n.a.

Tabela A.2a: Consumo de energia final na América Latina e Caribe

	Cenário de Políticas Declaradas (PJ)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Consumo final total	24 166	24 432	25 702	28 951	31 031	32 999	35 900	100	100	100	1.5	1.2
Eletricidade	4 052	4 981	5 124	6 077	6 777	7 624	9 499	20	21	26	2.2	2.2
Combustíveis líquidos	12 603	12 392	13 206	14 799	15 764	16 508	17 060	51	51	48	1.4	0.9
Biocombustíveis	659	950	961	1 516	1 746	1 945	2 188	4	5	6	5.9	3.0
Amônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Óleo sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	11 945	11 442	12 244	13 283	14 018	14 563	14 872	48	46	41	1.0	0.7
Combustíveis gasosos	3 115	2 656	2 862	3 393	3 690	3 983	4 439	11	12	12	2.2	1.6
Biometano	1	19	22	55	87	131	267	0	0	1	12	9.3
Hidrogênio	-	-	-	-	2	4	15	-	-	0	n.a.	n.a.
Metano sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural	3 114	2 637	2 840	3 336	3 598	3 843	4 151	11	12	12	2.0	1.4
Combustíveis sólidos	4 374	4 334	4 433	4 571	4 666	4 728	4 696	17	16	13	0.4	0.2
Bioenergia sólida	3 492	3 561	3 653	3 632	3 624	3 565	3 322	14	13	9	-0.1	-0.3
Carvão	865	730	736	896	998	1 117	1 326	3	3	4	2.5	2.1
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Indústria	8 742	8 183	8 365	9 539	10 121	10 742	11 758	100	100	100	1.7	1.2
Eletricidade	1 875	2 152	2 199	2 552	2 732	2 924	3 283	26	27	28	1.9	1.4
Combustíveis líquidos	2 149	1 817	1 791	2 017	2 068	2 128	2 183	21	21	19	1.5	0.7
Petróleo	2 125	1 794	1 767	1 980	2 002	2 036	2 040	21	21	17	1.4	0.5
Combustíveis gasosos	2 009	1 555	1 615	1 881	2 024	2 164	2 376	19	20	20	1.9	1.4
Biometano	1	14	16	37	57	83	155	0	0	1	11	8.4
Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural sem CCUS	2 008	1 541	1 600	1 844	1 968	2 081	2 221	19	19	19	1.8	1.2
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis sólidos	2 710	2 655	2 757	3 085	3 292	3 521	3 910	33	32	33	1.4	1.3
Bioenergia sólida moderna	1 838	1 891	1 987	2 156	2 259	2 367	2 545	24	23	22	1.0	0.9
Carvão sem CCUS	854	720	726	886	988	1 107	1 316	9	9	11	2.5	2.1
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Produtos químicos	1 718	1 409	1 423	1 629	1 710	1 798	1 929	17	17	16	1.7	1.1
Ferro e aço	1 303	1 177	1 194	1 478	1 674	1 911	2 405	14	15	20	2.7	2.5
Cimento	498	581	578	605	632	662	708	7	6	6	0.6	0.7
Alumínio	328	225	231	359	404	433	456	3	4	4	5.7	2.5

Tabela A.2a: Consumo de energia final na América Latina e Caribe

	Cenário de Políticas Declaradas (PJ)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Transporte	8 262	8 578	9 246	10 731	11 784	12 668	13 637	100	100	100	1.9	1.4
Electricidade	26	23	23	76	156	272	581	0	1	4	16	12
Combustíveis líquidos	7 941	8 253	8 906	10 279	11 196	11 893	12 447	96	96	91	1.8	1.2
Biocombustíveis	633	905	916	1 447	1 640	1 805	1 984	10	13	15	5.9	2.8
Petróleo	7 307	7 349	7 989	8 832	9 556	10 087	10 463	86	82	77	1.3	1.0
Combustíveis gasosos	294	301	318	376	432	503	610	3	4	4	2.1	2.4
Biometano	-	2	3	10	19	29	69	0	0	1	16	12
Hidrogênio	-	-	-	-	2	4	15	-	-	0	n.a.	n.a.
Gás natural	294	299	315	365	411	469	525	3	3	4	1.9	1.8
Por estrada	7 733	8 119	8 727	10 030	11 032	11 855	12 692	94	93	93	1.8	1.3
Veículos de passageiros	3 332	3 463	3 732	4 302	4 995	5 549	5 864	40	40	43	1.8	1.6
Caminhões pesados	2 524	2 606	2 752	3 261	3 556	3 849	4 404	30	30	32	2.1	1.7
Aviação	669	534	769	1 048	1 176	1 318	1 619	8	10	12	3.9	2.7
Marítimo	773	623	692	821	850	895	1 075	7	8	8	2.2	1.6
Edificações	5 324	6 040	6 218	6 579	6 900	7 274	8 103	100	100	100	0.7	1.0
Electricidade	2 035	2 602	2 701	3 219	3 639	4 159	5 345	43	49	66	2.2	2.5
Combustíveis líquidos	1 155	1 238	1 273	1 150	1 078	1 030	976	20	17	12	-1.3	-0.9
Biocombustíveis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	1 155	1 238	1 273	1 150	1 078	1 029	976	20	17	12	-1.3	-0.9
Combustíveis gasosos	598	619	655	796	870	929	1 014	11	12	13	2.5	1.6
Biometano	1	3	3	7	12	19	42	0	0	1	11	9.9
Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural	597	616	651	787	855	905	967	10	12	12	2.4	1.4
Combustíveis sólidos	1 515	1 514	1 516	1 309	1 187	1 011	577	24	20	7	-1.8	-3.4
Bioenergia sólida moderna	166	147	143	166	167	170	160	2	3	2	1.9	0.4
Uso tradicional de biomassa	1 347	1 365	1 369	1 141	1 018	840	416	22	17	5	-2.3	-4.2
Carvão	3	2	3	2	2	1	1	0	0	0	-4.9	-3.8
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Residencial	4 099	4 632	4 748	4 881	5 073	5 284	5 768	76	74	71	0.3	0.7
Serviços	1 225	1 408	1 470	1 698	1 827	1 990	2 335	24	26	29	1.8	1.7

Tabela A.3a: Setor elétrico da América Latina e Caribe

	Cenário de Políticas Declaradas (TWh)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Produção total	1 404	1 727	1 771	2 084	2 358	2 656	3 281	100	100	100	2.1	2.2
Renováveis	798	969	1 089	1 395	1 640	1 937	2 605	61	67	79	3.1	3.2
Solar FV	0	48	64	186	265	358	583	4	9	18	14	8.2
Eólica	5	127	139	281	378	484	722	8	14	22	9.2	6.1
Hidrelétrica	739	705	798	797	850	923	1 060	45	38	32	-0.0	1.0
Bioenergia	43	79	78	111	118	129	166	4	5	5	4.5	2.8
da qual BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
CSP	-	0	0	5	9	19	37	0	0	1	4.1	19
Geotérmica	10	9	10	15	19	25	37	1	1	1	5.1	4.8
Marinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Nuclear	28	38	33	44	81	102	106	2	2	3	3.5	4.2
Hidrogênio e amoníaco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis sem CCUS	579	715	643	640	631	612	564	36	31	17	-0.1	-0.5
Carvão	74	84	79	46	32	28	19	4	2	1	-6.5	-5.0
Gás natural	317	487	427	533	553	551	531	24	26	16	2.8	0.8
Petróleo	188	143	137	61	47	33	14	8	3	0	-9.7	-7.7

	Cenário de Políticas Declaradas (GW)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Capacidade total	323	499	521	676	775	886	1 133	100	100	100	3.3	2.8
Renováveis	171	292	314	460	542	638	847	60	68	75	4.9	3.6
Solar FV	0	31	45	120	160	206	305	9	18	27	13	7.1
Eólica	2	37	41	87	113	142	203	8	13	18	9.8	5.9
Hidrelétrica	156	199	201	221	234	250	285	39	33	25	1.2	1.3
Bioenergia	11	23	24	29	31	33	41	5	4	4	2.5	2.0
da qual BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
CSP	-	0	0	1	2	4	7	0	0	1	32	16
Geotérmica	2	2	2	3	3	4	5	0	0	0	2.9	3.6
Marinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Nuclear	5	5	5	6	12	14	14	1	1	1	2.3	3.5
Hidrogênio e amoníaco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis sem CCUS	147	201	202	202	205	206	214	39	30	19	0.0	0.2
Carvão	13	19	18	14	10	9	7	4	2	1	-3.0	-3.6
Gás natural	77	117	118	138	148	156	175	23	20	15	1.9	1.4
Petróleo	57	65	65	50	46	41	33	12	7	3	-3.3	-2.4
Baterias de armazenamento	-	0	0	6	15	27	57	0	1	5	53	22

Tabela A.4a: Emissões de CO₂ na América Latina e Caribe

	Cenário de Políticas Declaradas (Mt CO ₂)							TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2030	2050
CO₂ total*	1 623	1 621	1 657	1 693	1 749	1 797	1 854	0.3	n.a.
Atividades de combustão (+)	1 504	1 457	1 495	1 532	1 584	1 626	1 661	0.3	0.4
Carvão	153	154	152	126	116	119	123	-2.3	-0.8
Petróleo	961	884	936	953	996	1 025	1 040	0.2	0.4
Gás natural	388	410	398	443	463	472	486	1.4	0.7
Bioenergia e resíduos	3	9	9	9	9	10	12	0.5	1.1
Outras remoções** (-)	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Produção de biocombustíveis	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Captação direta de ar	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Produção de eletricidade e calor	373	416	382	309	286	267	232	-2.6	-1.8
Carvão	84	94	90	53	35	30	20	-6.5	-5.2
Petróleo	134	99	99	44	34	24	10	-9.7	-7.8
Gás natural	155	220	190	210	214	210	196	1.2	0.1
Bioenergia e resíduos	0	3	3	3	3	3	6	2.0	2.7
Outro setor energético**	151	103	114	124	127	129	146	1.1	0.9
Consumo final total**	1 080	1 064	1 123	1 238	1 322	1 394	1 469	1.2	1.0
Carvão	69	60	61	73	80	89	103	2.2	1.9
Petróleo	766	752	803	869	922	962	987	1.0	0.7
Gás natural	143	121	128	150	162	173	187	2.0	1.4
Bioenergia e resíduos	3	6	6	6	6	6	6	-0.2	0.1
Indústria**	387	366	370	421	449	479	523	1.6	1.2
Produtos químicos**	52	38	39	46	48	51	53	1.9	1.1
Ferro e aço**	71	63	63	76	85	96	115	2.4	2.2
Cimento**	93	114	114	121	128	136	148	0.8	1.0
Alumínio**	15	12	12	17	19	21	22	4.8	2.3
Transporte	539	542	589	652	706	747	777	1.3	1.0
Por estrada	504	512	554	605	657	695	718	1.1	0.9
Veículos de passageiros	205	203	221	238	275	302	305	0.9	1.2
Caminhões pesados	175	175	185	212	229	245	274	1.7	1.4
Aviação	48	38	55	74	83	92	110	3.8	2.5
Marítimo	59	48	53	61	62	65	76	1.9	1.3
Edificações	108	113	119	118	117	117	117	-0.1	-0.1
Residencial	89	94	99	96	95	94	92	-0.4	-0.3
Serviços	19	19	20	22	22	23	24	1.5	0.8
Remoção total de CO₂**	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Total de CO₂ capturado**	-	9	9	10	12	14	15	1.5	2.1

*Inclui as emissões de processos industriais e de queima.

**Inclui as emissões de processos industriais.

Tabela A.1b: Oferta de energia na América Latina e Caribe

	Cenário de Compromissos Anunciados (PJ)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Oferta total de energia	34 083	35 960	37 117	40 380	42 291	43 924	45 548	100	100	100	1.1	0.7
Renováveis	8 043	9 929	10 492	15 919	19 754	24 162	31 285	28	39	69	5.3	4.0
Solar	21	246	311	1 322	2 345	3 987	7 198	1	3	16	20	12
Eólica	17	456	501	1 185	1 823	2 513	4 479	1	3	10	11	8.1
Hidrelétrica	2 632	2 520	2 853	2 788	2 972	3 444	4 155	8	7	9	-0.3	1.4
Bioenergia sólida moderna	4 440	5 445	5 528	7 905	9 099	10 063	10 431	15	20	23	4.6	2.3
Bioenergia líquida moderna	659	950	961	1 752	2 160	2 412	2 675	3	4	6	7.8	3.7
Bioenergia gasosa moderna	6	51	57	306	405	512	735	0	1	2	2.3	9.6
Uso tradicional de biomassa	1 347	1 365	1 369	676	492	345	141	4	2	0	-8.4	-7.8
Nuclear	301	409	362	513	901	1 226	1 247	1	1	3	4.5	4.5
Gás natural sem CCUS	7 465	8 538	8 325	8 539	8 081	7 175	5 291	22	21	12	0.3	-1.6
Gás natural com CCUS	-	108	103	135	174	200	276	0	0	1	3.4	3.6
Petróleo	15 280	13 910	14 766	13 480	12 014	10 050	6 745	40	33	15	-1.1	-2.8
Utilização não energética	1 301	962	1 047	1 134	1 110	1 092	985	3	3	2	1.0	-0.2
Carvão sem CCUS	1 629	1 629	1 627	1 059	807	677	430	4	3	1	-5.2	-4.6
Carvão com CCUS	-	-	-	-	7	30	84	-	-	0	n.a.	n.a.
Produção de eletricidade e calor	8 982	10 946	10 747	12 085	14 189	17 188	22 458	100	100	100	1.5	2.7
Renováveis	3 371	4 375	4 812	7 306	9 497	12 700	19 281	45	60	86	5.4	5.1
Solar FV	-	174	230	1 098	1 968	3 431	6 277	2	9	28	22	13
Eólica	17	456	501	1 185	1 823	2 513	4 479	5	10	20	11	8.1
Hidrelétrica	2 632	2 520	2 853	2 788	2 972	3 444	4 155	27	23	19	-0.3	1.4
Bioenergia	454	961	943	1 500	1 626	1 817	2 275	9	12	10	6.0	3.2
Hidrogênio	-	-	-	6	63	120	126	-	0	1	n.a.	n.a.
Amônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Nuclear	301	409	362	513	901	1 226	1 247	3	4	6	4.5	4.5
Gás natural sem CCUS	2 766	3 948	3 395	3 639	3 454	2 965	1 702	32	30	8	0.9	-2.4
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Petróleo	1 755	1 296	1 293	313	172	122	72	12	3	0	-16	-9.8
Carvão sem CCUS	788	897	864	287	79	34	16	8	2	0	-13	-13
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Outro setor energético	5 981	6 797	7 040	8 712	9 643	10 539	11 402	100	100	100	2.7	1.7
Perdas na conversão de biocombustíveis	-	1 561	1 590	3 242	4 229	4 998	4 727	100	100	100	9.3	4.0
Hidrogênio de baixas emissões (fora do local)												
Entradas de produção	-	-	-	276	755	1 500	2 977	100	100	100	n.a.	n.a.
Resultados da produção	-	-	-	190	531	1 073	2 203	100	100	100	n.a.	n.a.
Para combustíveis à base de hidrogênio	-	-	-	126	340	709	1 516	-	66	69	n.a.	n.a.

Tabela A.2b: Consumo de energia final na América Latina e Caribe

	Cenário de Compromissos Anunciados (PJ)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Consumo final total	24 166	24 432	25 702	27 465	28 066	28 281	28 796	100	100	100	0.8	0.4
Eletricidade	4 052	4 981	5 124	6 214	7 310	8 813	11 905	20	23	41	2.4	3.1
Combustíveis líquidos	12 603	12 392	13 206	13 841	13 227	11 886	9 192	51	50	32	0.6	-1.3
Biocombustíveis	659	950	961	1 752	2 160	2 412	2 675	4	6	9	7.8	3.7
Amônia	-	-	-	7	10	12	18	-	0	0	n.a.	n.a.
Óleo sintético	-	-	-	-	-	2	7	-	-	0	n.a.	n.a.
Petróleo	11 945	11 442	12 244	12 081	11 057	9 459	6 491	48	44	23	-0.2	-2.2
Combustíveis gasosos	3 115	2 656	2 862	3 199	3 349	3 480	3 687	11	12	13	1.4	0.9
Biometano	1	19	22	81	127	183	333	0	0	1	18	10
Hidrogênio	-	-	-	13	40	101	360	-	0	1	n.a.	n.a.
Metano sintético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural	3 114	2 637	2 840	3 091	3 155	3 153	2 931	11	11	10	1.1	0.1
Combustíveis sólidos	4 374	4 334	4 433	4 059	3 962	3 810	3 572	17	15	12	-1.1	-0.8
Bioenergia sólida	3 492	3 561	3 653	3 270	3 206	3 113	3 054	14	12	11	-1.4	-0.6
Carvão	865	730	736	752	719	661	486	3	3	2	0.3	-1.5
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Indústria	8 742	8 183	8 365	9 247	9 620	9 999	10 508	100	100	100	1.3	0.8
Eletricidade	1 875	2 152	2 199	2 694	2 998	3 340	4 023	26	29	38	2.6	2.2
Combustíveis líquidos	2 149	1 817	1 791	1 805	1 681	1 566	1 307	21	20	12	0.1	-1.1
Petróleo	2 125	1 794	1 767	1 759	1 608	1 469	1 161	21	19	11	-0.1	-1.5
Combustíveis gasosos	2 009	1 555	1 615	1 756	1 838	1 914	1 952	19	19	19	1.1	0.7
Biometano	1	14	16	51	80	117	214	0	1	2	16	9.7
Hidrogênio	-	-	-	4	17	47	110	-	0	1	n.a.	n.a.
Gás natural sem CCUS	2 008	1 541	1 600	1 699	1 707	1 676	1 441	19	18	14	0.8	-0.4
Gás natural com CCUS	-	-	-	2	34	74	187	-	0	2	n.a.	n.a.
Combustíveis sólidos	2 710	2 655	2 757	2 966	3 059	3 117	3 133	33	32	30	0.9	0.5
Bioenergia sólida moderna	1 838	1 891	1 987	2 186	2 311	2 428	2 621	24	24	25	1.2	1.0
Carvão sem CCUS	854	720	726	742	703	622	394	9	8	4	0.3	-2.2
Carvão com CCUS	-	-	-	-	7	30	84	-	-	1	n.a.	n.a.
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Produtos químicos	1 718	1 409	1 423	1 588	1 636	1 713	1 804	17	17	17	1.4	0.9
Ferro e aço	1 303	1 177	1 194	1 426	1 567	1 720	1 997	14	15	19	2.2	1.9
Cimento	498	581	578	589	625	659	708	7	6	7	0.2	0.7
Alumínio	328	225	231	314	344	359	361	3	3	3	3.9	1.6

Tabela A.2b: Consumo de energia final na América Latina e Caribe

	Cenário de Compromissos Anunciados (PJ)								Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050	
Transporte	8 262	8 578	9 246	10 246	10 372	10 002	9 302	100	100	100	1.3	0.0	
Electricidade	26	23	23	173	573	1 193	2 390	0	2	26	29	18	
Combustíveis líquidos	7 941	8 253	8 906	9 708	9 386	8 340	6 234	96	95	67	1.1	-1.3	
Biocombustíveis	633	905	916	1 655	2 013	2 219	2 399	10	16	26	7.7	3.5	
Petróleo	7 307	7 349	7 989	8 046	7 364	6 107	3 810	86	79	41	0.1	-2.6	
Combustíveis gasosos	294	301	318	364	413	470	678	3	4	7	1.7	2.7	
Biometano	-	2	3	20	32	42	72	0	0	1	27	12	
Hidrogênio	-	-	-	9	22	55	249	-	0	3	n.a.	n.a.	
Gás natural	294	299	315	335	359	373	356	3	3	4	0.8	0.4	
Por estrada	7 733	8 119	8 727	9 574	9 673	9 265	8 477	94	93	91	1.2	-0.1	
Veículos de passageiros	3 332	3 463	3 732	4 106	4 281	4 108	3 518	40	40	38	1.2	-0.2	
Caminhões pesados	2 524	2 606	2 752	3 093	3 184	3 259	3 421	30	30	37	1.5	0.8	
Aviação	669	534	769	1 038	1 154	1 283	1 552	8	10	17	3.8	2.5	
Marítimo	773	623	692	784	743	701	721	7	8	8	1.6	0.1	
Edificações	5 324	6 040	6 218	5 918	5 947	6 124	6 879	100	100	100	-0.6	0.4	
Electricidade	2 035	2 602	2 701	3 092	3 444	3 946	5 095	43	52	74	1.7	2.3	
Combustíveis líquidos	1 155	1 238	1 273	1 035	858	711	523	20	17	8	-2.6	-3.1	
Biocombustíveis	-	-	-	1	3	4	6	-	0	0	n.a.	n.a.	
Petróleo	1 155	1 238	1 273	1 034	856	707	517	20	17	8	-2.6	-3.2	
Combustíveis gasosos	598	619	655	748	753	736	667	11	13	10	1.7	0.1	
Biometano	1	3	3	10	16	24	47	0	0	1	16	10	
Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Gás natural	597	616	651	726	715	677	566	10	12	8	1.4	-0.5	
Combustíveis sólidos	1 515	1 514	1 516	924	729	517	276	24	16	4	-6.0	-5.9	
Bioenergia sólida moderna	166	147	143	247	236	172	135	2	4	2	7.1	-0.2	
Uso tradicional de biomassa	1 347	1 365	1 369	676	492	345	141	22	11	2	-8.4	-7.8	
Carvão	3	2	3	2	1	-	-	0	0	-	-4.9	n.a.	
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	
Residencial	4 099	4 632	4 748	4 294	4 229	4 280	4 761	76	73	69	-1.2	0.0	
Serviços	1 225	1 408	1 470	1 624	1 718	1 845	2 118	24	27	31	1.3	1.3	

Tabela A.3b: Setor elétrico da América Latina e Caribe

	Cenário de Compromissos Anunciados (TWh)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Produção total	1 404	1 727	1 771	2 194	2 691	3 426	4 862	100	100	100	4.7	3.7
Renováveis	798	969	1 089	1 575	2 075	2 842	4 460	61	72	92	2.7	5.2
Solar FV	0	48	64	305	547	953	1 744	4	14	36	22	13
Eólica	5	127	139	329	506	698	1 244	8	15	26	11	8.1
Hidrelétrica	739	705	798	781	832	963	1 159	45	36	24	-0.3	1.3
Bioenergia	43	79	78	131	143	160	207	4	6	4	6.8	3.6
da qual BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
CSP	-	0	0	9	20	32	58	0	0	1	53	21
Geotérmica	10	9	10	19	27	34	44	1	1	1	8.6	5.4
Marinha	-	-	-	-	0	1	3	-	-	0	n.a.	n.a.
Nuclear	28	38	33	47	83	112	114	2	2	2	4.5	4.5
Hidrogênio e amoníaco	-	-	-	1	10	19	20	-	0	0	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis sem CCUS	579	715	643	566	518	447	264	36	26	5	-1.6	-3.1
Carvão	74	84	79	25	7	3	1	4	1	0	-13	-14
Gás natural	317	487	427	508	494	432	256	24	23	5	2.2	-1.8
Petróleo	188	143	137	32	17	12	7	8	1	0	-17	-10

	Cenário de Compromissos Anunciados (GW)							Participações (%)			TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Capacidade total	323	499	521	756	969	1 271	1 857	100	100	100	4.8	4.6
Renováveis	171	292	314	544	733	1 007	1 548	60	72	83	7.1	5.9
Solar FV	0	31	45	175	292	476	807	9	23	43	18	11
Eólica	2	37	41	104	152	207	360	8	14	19	12	8.0
Hidrelétrica	156	199	201	222	239	266	310	39	29	17	1.2	1.6
Bioenergia	11	23	24	38	42	46	53	5	5	3	6.2	2.9
da qual BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
CSP	-	0	0	2	4	6	11	0	0	1	42	18
Geotérmica	2	2	2	3	4	5	6	0	0	0	6.3	4.3
Marinha	-	-	-	-	0	1	1	-	-	0	n.a.	n.a.
Nuclear	5	5	5	6	12	15	15	1	1	1	2.3	3.8
Hidrogênio e amoníaco	-	-	-	0	2	4	4	-	0	0	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Carvão com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Gás natural com CCUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
Combustíveis fósseis sem CCUS	147	201	202	186	183	178	152	39	25	8	-1.0	-1.0
Carvão	13	19	18	11	7	4	2	4	2	0	-5.9	-8.5
Gás natural	77	117	118	131	136	140	127	23	17	7	1.3	0.3
Petróleo	57	65	65	44	40	34	24	12	6	1	-4.8	-3.5
Baterias de armazenamento	-	0	0	19	39	66	137	0	2	7	76	26

Tabela A.4b: Emissões de CO₂ na América Latina e Caribe

	Cenário de Compromissos Anunciados (Mt CO ₂)							TCAC (%) de 2022 a:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2030	2050
CO₂ total*	1 623	1 621	1 657	1 492	1 351	1 164	797	-1.3	n.a.
Atividades de combustão (+)	1 504	1 457	1 495	1 353	1 218	1 036	681	-1.2	-2.8
Carvão	153	154	152	86	59	47	27	-6.9	-5.9
Petróleo	961	884	936	846	756	631	409	-1.3	-2.9
Gás natural	388	410	398	413	396	355	249	0.5	-1.7
Bioenergia e resíduos	3	9	9	8	6	4	-4	-0.6	n.a.
Outras remoções** (-)	-	-	-	5	6	8	7	n.a.	n.a.
Produção de biocombustíveis	-	-	-	4	5	6	5	n.a.	n.a.
Captação direta de ar	-	-	-	1	1	1	2	n.a.	n.a.
Produção de eletricidade e calor	373	416	382	258	217	181	104	-4.8	-4.5
Carvão	84	94	90	28	8	3	1	-14	-14
Petróleo	134	99	99	24	13	9	5	-16	-9.8
Gás natural	155	220	190	203	193	166	95	0.9	-2.4
Bioenergia e resíduos	0	3	3	3	3	3	2	2.0	-0.9
Outro setor energético**	151	103	114	105	91	71	46	-1.1	-3.2
Consumo final total**	1 080	1 064	1 123	1 120	1 039	910	648	-0.0	-1.9
Carvão	69	60	61	58	52	44	26	-0.7	-3.0
Petróleo	766	752	803	786	712	598	391	-0.3	-2.5
Gás natural	143	121	128	137	138	135	115	0.9	-0.4
Bioenergia e resíduos	3	6	6	5	3	0	-6	-1.8	n.a.
Indústria**	387	366	370	377	357	332	261	0.2	-1.2
Produtos químicos**	52	38	39	42	41	38	24	0.7	-1.8
Ferro e aço**	71	63	63	66	64	61	47	0.5	-1.0
Cimento**	93	114	114	115	108	102	86	0.1	-1.0
Alumínio**	15	12	12	15	14	10	2	2.8	-6.1
Transporte	539	542	589	594	546	457	292	0.1	-2.5
Por estrada	504	512	554	551	504	415	252	-0.1	-2.8
Veículos de passageiros	205	203	221	214	195	151	69	-0.4	-4.1
Caminhões pesados	175	175	185	194	190	181	148	0.6	-0.8
Aviação	48	38	55	72	77	81	85	3.5	1.6
Marítimo	59	48	53	55	47	39	29	0.5	-2.1
Edificações	108	113	119	107	95	83	65	-1.3	-2.2
Residencial	89	94	99	88	78	68	52	-1.5	-2.3
Serviços	19	19	20	19	17	15	12	-0.2	-1.6
Remoção total de CO₂**	-	-	-	5	8	11	17	n.a.	n.a.
Total de CO₂ capturado**	-	9	9	18	34	53	108	9.9	9.5

*Inclui as emissões de processos industriais e de queima.

**Inclui as emissões de processos industriais.

Definições

Este anexo fornece informações gerais sobre a terminologia utilizada ao longo deste relatório, incluindo: unidades e fatores gerais de conversão, definições de combustíveis, processos e setores, grupos regionais e de países e abreviaturas e siglas.

Unidades

Área	km ²	quilômetro quadrado
	Mha	milhões de hectares
Baterias	Wh/kg	watts-hora por quilograma
Carvão	Mtce	milhões de toneladas de carvão equivalente (equivalente a 0,7 Mtep)
Distância	km	quilômetro
Emissões	ppm	partes por milhão (por volume)
	t CO ₂	toneladas de dióxido de carbono
	Gt CO ₂ -eq	gigatoneladas de equivalente de dióxido de carbono (usando potenciais de aquecimento global de 100 anos para diferentes gases de efeito estufa)
	kg CO ₂ -eq	quilogramas de equivalente de dióxido de carbono
	g CO ₂ /km	gramas de dióxido de carbono por quilômetro
	g CO ₂ /kWh	gramas de dióxido de carbono por quilowatt-hora
Energia	kg CO ₂ /kWh	quilogramas de dióxido de carbono por quilowatt-hora
	EJ	exajoule (1 joule x 10 ¹⁸)
	PJ	petajoule (1 joule x 10 ¹⁵)
	TJ	terajoule (1 joule x 10 ¹²)
	GJ	gigajoule (1 joule x 10 ⁹)
	MJ	megajoule (1 joule x 10 ⁶)
	bep	barril de equivalente de petróleo
	tep	tonelada de equivalente de petróleo
	ktep	mil toneladas de equivalente de petróleo
	Mtep	milhão de toneladas de equivalente de petróleo
	bcme	bilhões de metros cúbicos de equivalente de gás natural
	MBtu	milhões de unidades térmicas britânicas
	kWh	quilowatt-hora
	MWh	megawatt-hora
	GWh	gigawatt-hora
	TWh	terawatt-hora
	Gcal	gigacaloria
Gás	bcm	bilhões de metros cúbicos
	tcm	trilhão de metros cúbicos
Massa	kg	quilograma
	t	tonelada (1 tonelada = 1.000 kg)
	kt	quilotonelada (1 tonelada x 10 ³)
	Mt	milhões de toneladas (1 tonelada x 10 ⁶)
	Gt	gigatonelada (1 tonelada x 10 ⁹)

Valores monetários	milhões de US\$	1 dólar dos EUA x 10 ⁶
	bilhões de US\$	1 dólar dos EUA x 10 ⁹
	trilhões de US\$	1 dólar dos EUA x 10 ¹²
	US\$/t CO ₂	dólares dos EUA por tonelada de dióxido de carbono
Petróleo	barril	um barril de petróleo bruto
	kb/d	mil barris por dia
	mb/d	milhões de barris por dia
	mbep/d	milhões de barris de equivalente de petróleo por dia
Eletricidade	W	watt (1 joule por segundo)
	kW	quilowatt (1 watt x 10 ³)
	MW	megawatt (1 watt x 10 ⁶)
	GW	gigawatt (1 watt x 10 ⁹)
	TW	terawatt (1 watt x 10 ¹²)

Fatores gerais de conversão de energia

		Multiplicador para converter em:					
		EJ	Gcal	Mtep	MBtu	bcme	GWh
Converter de:	EJ	1	2,388 x 10 ⁸	23,88	9,478 x 10 ⁸	27,78	2,778 x 10 ⁵
	Gcal	4,1868 x 10 ⁻⁹	1	10 ⁻⁷	3,968	1,163 x 10 ⁻⁷	1,163 x 10 ⁻³
	Mtep	4,1868 x 10 ⁻²	10 ⁷	1	3,968 x 10 ⁷	1,163	11 630
	MBtu	1,0551 x 10 ⁻⁹	0,252	2,52 x 10 ⁻⁸	1	2,932 x 10 ⁻⁸	2,931 x 10 ⁻⁴
	bcme	0,036	8,60 x 10 ⁶	0,86	3,41 x 10 ⁷	1	9 999
	GWh	3,6 x 10 ⁻⁶	860	8,6 x 10 ⁻⁵	3 412	1 x 10 ⁻⁴	1

Nota: Não existe uma definição geralmente aceita de barril de equivalente de petróleo (bep); normalmente, os fatores de conversão utilizados variam de 7,15 a 7,40 bep por tonelada de equivalente de petróleo. Atribui-se poder calorífico inferior ao gás natural de 1 MJ por 44,1 kg. As conversões de e para bilhões de metros cúbicos de equivalente de gás natural (bcme) são fornecidas como multiplicadores representativos, mas podem diferir dos valores médios obtidos pela conversão dos volumes de gás natural entre os balanços da IEA devido ao uso de densidades de energia específicas do país. A mensuração de poder calorífico inferior (LHV) é utilizada ao longo do documento.

Conversão cambial

Taxas de câmbio (média anual de 2022)	Peso argentino (ARS)	Real brasileiro (R\$)	Peso chileno (CLP)	Peso colombiano (COP)	Peso mexicano (MXN)
1 dólar dos EUA (US\$) é igual a:	130,62	5,16	873,31	4.256,19	20,13

Fonte: Dados da OCDE (banco de dados): Taxas de câmbio (indicador), <https://data.oecd.org/conversion/exchange-rates.htm>, acesso em outubro de 2023.

Definições

Acesso moderno à energia: Inclui o acesso doméstico a um nível mínimo de eletricidade (inicialmente equivalente a 250 quilowatts-hora (kWh) de demanda anual para uma residência rural e 500 kWh para uma residência urbana), acesso doméstico a combustíveis para cozinhar e para aquecimento que sejam menos prejudiciais e mais sustentáveis, e acesso a fogões aprimorados/avançados, acesso que permite a atividade econômica produtiva e acesso a serviços públicos.

Agricultura: Inclui toda a energia utilizada nas explorações agrícolas, na silvicultura e na pesca.

Amônia (NH₃): É um composto de nitrogênio e hidrogênio. Pode ser utilizado como matéria-prima no setor químico, como combustível em processos de combustão direta em células de combustível e como transportador de hidrogênio. Para ser considerada como combustível de baixas emissões, a amônia deve ser produzida a partir do hidrogênio, no qual a eletricidade utilizada para produzir o hidrogênio é gerada a partir de fontes de produção de baixas emissões. Produzida dessa forma, a amônia é considerada um combustível líquido à base de hidrogênio de baixas emissões.

Análise de decomposição: Abordagem estatística que decompõe um indicador agregado para quantificar a contribuição relativa de um conjunto de fatores predefinidos que levam a uma alteração no indicador agregado. O World Energy Outlook utiliza uma decomposição de índice aditivo do tipo *Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI)*.

Armazenamento da bateria: Tecnologia de armazenamento de energia que utiliza reações químicas reversíveis para absorver e liberar eletricidade sob demanda.

Autossuficiência: Corresponde à produção dos povos nativos dividida pela demanda total de energia primária.

Aviação: Esse tipo de transporte inclui voos domésticos e internacionais e a utilização de combustíveis para aviação. A aviação doméstica abrange voos que partem e pousam no mesmo país, sendo incluídos os voos para fins militares. A aviação internacional inclui voos que pousam em um país diferente do local de partida.

Biocombustíveis líquidos convencionais: Combustíveis produzidos a partir de matérias-primas de culturas alimentares. Comumente chamados de biocombustíveis de primeira geração e incluem etanol de cana-de-açúcar, etanol à base de amido, éster metílico de ácido graxo (FAME), óleo vegetal puro (SVO) e óleo vegetal hidrotratado (HVO) produzido a partir de óleo de palma, colza ou soja.

Biocombustíveis líquidos: Combustíveis líquidos derivados de biomassa ou matéria-prima residual, por exemplo, etanol, biodiesel e biocombustíveis para aviação. Podem ser classificados como biocombustíveis convencionais e avançados de acordo com a combinação de matérias-primas e tecnologias utilizadas para produzi-los e sua respectiva maturidade. Salvo indicação contrária, os biocombustíveis são expressos pelos volumes equivalentes de energia de gasolina, diesel e querosene.

Biodiesel: Combustível equivalente ao diesel obtido a partir da transesterificação (processo químico que converte triglicerídeos em óleos) de óleos vegetais e gorduras animais.

Bioenergia avançada: Combustíveis sustentáveis produzidos a partir de resíduos e matérias-primas agrícolas não alimentares (excluindo os usos tradicionais de biomassa), que podem proporcionar economias significativas nas emissões de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida em comparação com alternativas de combustíveis fósseis e minimizar impactos adversos à sustentabilidade. As matérias-primas de bioenergia avançada não competem diretamente com culturas alimentares para terras agrícolas ou são desenvolvidas somente em terras anteriormente utilizadas para produzir matérias-primas de culturas alimentares para biocombustíveis.

Bioenergia gasosa moderna: Ver “biogases”.

Bioenergia líquida moderna: Inclui biogasolina, biodiesel, bioquerosene de aviação e outros biocombustíveis líquidos.

Bioenergia sólida moderna: Inclui todos os produtos de bioenergia sólida (ver definição de “bioenergia sólida”), exceto o uso tradicional de biomassa. Inclui também a utilização de bioenergia sólida em fogões de biomassa aprimorados intermediários e avançados (nível ISO > 1), com a exigência de que o combustível seja cortado em pequenos pedaços ou que se utilize biomassa processada de forma frequente, como *pellets*.

Bioenergia sólida: Inclui carvão vegetal, lenha, esterco, resíduos agrícolas, resíduos de madeira e outros resíduos biogênicos sólidos.

Bioenergia: Conteúdo energético em produtos sólidos, líquidos e gasosos derivados de matérias-primas de biomassa e biogás. Inclui bioenergia sólida, biocombustíveis líquidos e biogases. Exclui hidrogênio produzido a partir de bioenergia, incluindo por meio de eletricidade proveniente de uma central alimentada a biomassa, bem como combustíveis sintéticos produzidos com matéria-prima de CO₂ proveniente de uma fonte de biomassa.

Biogás: Uma mistura de metano, CO₂ e pequenas quantidades de outros gases produzidos pela digestão anaeróbica de matéria orgânica em um ambiente livre de oxigênio.

Biogases: Inclui biogás e biometano.

Biogasolina: Inclui todos os biocombustíveis líquidos (avançados e convencionais) utilizados em substituição à gasolina.

Biometano: O biometano é uma fonte quase pura de metano produzido pelo processo de purificação do biogás (*upgrading*) (um processo que remove todo o dióxido de carbono e outros contaminantes presentes no biogás) ou por meio da gaseificação da biomassa sólida seguida de metanação. Também é conhecido como gás natural renovável.

Bioquerosene de aviação: Substituto do querosene comum, produzido a partir de biomassa. Inclui rotas de conversão como ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA) e gaseificação de biomassa pelo método Fischer-Tropsch. Exclui o querosene sintético produzido a partir de dióxido de carbono biogênico.

Bunkers de aviação internacional: Inclui as entregas de combustíveis para aviação a aeronaves da aviação internacional. Estão excluídos os combustíveis utilizados pelas companhias aéreas nos seus veículos rodoviários. A divisão doméstico/internacional é determinada com base nos locais de pouso e partida e não pela nacionalidade da companhia aérea. Para muitos países, isso exclui incorretamente os combustíveis utilizados pelas transportadoras nacionais em partidas internacionais.

Bunkers marítimos internacionais: Inclui as quantidades entregues aos navios de todas as bandeiras que realizam navegação internacional. A navegação internacional pode ocorrer no mar, em lagos e vias fluviais interiores e em águas costeiras. Exclui-se o consumo por navios que realizam navegação doméstica. A divisão nacional/internacional é determinada com base no porto de partida e no porto de chegada, e não pela bandeira ou nacionalidade do navio. O consumo pelos navios de pesca e pelas forças militares é excluído e, em vez disso, incluído na categoria residencial, de serviços e agrícola.

Bunkers: Inclui combustíveis de *bunker* marítimos internacionais e combustíveis de *bunker* de aviação internacional.

Calor (fornecimento): Obtido a partir da queima de combustíveis, reatores nucleares, bombas de calor em grande escala, recursos geotérmicos ou solares. Pode ser usado para aquecimento ou refrigeração, ou convertido em energia mecânica para transporte ou geração de eletricidade. O calor comercial vendido é reportado no consumo final total com os insumos de combustível alocados na geração de eletricidade.

Calor (uso final): Pode ser obtido a partir da queima de combustíveis fósseis ou energias renováveis, sistemas de aquecimento geotérmico direto ou energia solar, processos químicos exotérmicos e eletricidade (por meio de aquecimento por resistência ou bombas de calor para extração a partir do ar ambiente e de líquidos). Essa categoria refere-se à ampla gama de usos finais, incluindo aquecimento de ambientes e de água, cozinha em edificações, dessalinização e aplicações de processos na indústria. Ela não inclui aplicações de refrigeração.

Caminhões: Inclui todas as categorias de tamanho de veículos comerciais: caminhões leves (peso bruto do veículo < 3,5 toneladas), caminhões de carga média (peso bruto do veículo 3,5-15 toneladas) e caminhões de carga pesada (peso bruto do veículo > 15 toneladas).

Capacidade de geração de energia reserva: As residências e as empresas ligadas a uma rede elétrica principal também podem ter uma fonte de capacidade de geração de eletricidade reserva que possa fornecer eletricidade em caso de interrupção no fornecimento. De modo geral, geradores reserva funcionam com diesel ou gasolina. A capacidade pode ser de apenas alguns quilowatts. Essa capacidade é diferente da capacidade dos sistemas de minirredes e fora da rede que não estão ligados a uma rede elétrica principal.

Captura direta do ar (DAC): Um tipo de CCUS que captura CO₂ diretamente da atmosfera utilizando solventes líquidos ou solventes sólidos. Geralmente está associado ao armazenamento permanente de CO₂ em formações geológicas profundas ou à sua utilização na produção de combustíveis, produtos químicos, materiais de construção ou outros produtos. Caso esteja

associado ao armazenamento geológico permanente de CO₂, a DAC é uma tecnologia de remoção de carbono conhecida como captura e armazenamento direto do ar (DACs).

Captura, uso e armazenamento de carbono (CCUS): O processo de captura de emissões de dióxido de carbono provenientes da combustão de combustíveis, de processos industriais ou diretamente da atmosfera. As emissões de CO₂ capturadas podem ser armazenadas em formações geológicas subterrâneas, *onshore* ou *offshore*, ou utilizadas como insumo ou matéria-prima na fabricação.

Carro de passageiros: Veículo rodoviário motorizado, exceto ciclomotor ou motocicleta, destinado ao transporte de passageiros. Inclui vans projetadas e utilizadas principalmente para transporte de passageiros. Excluem-se os veículos comerciais leves, ônibus rodoviários, ônibus para transporte de passageiros em centros urbanos e suas respectivas versões reduzidas.

Carvão de coque: Tipo de carvão que pode ser utilizado na siderurgia (como redutor químico e fonte de calor), que produz coque capaz de suportar a carga de alto-forno. O carvão dessa qualidade é comumente conhecido como carvão metalúrgico.

Carvão liquefeito (CTL): Transformação de carvão em hidrocarbonetos líquidos. Uma rota envolve a gaseificação do carvão em gás de síntese (uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono), que é processado utilizando o método Fischer-Tropsch ou síntese de metanol em gasolina. Outra rota, chamada liquefação direta de carvão, envolve a reação direta do carvão com hidrogênio.

Carvão para caldeiras: Tipo de carvão utilizado principalmente para produção de calor ou produção de vapor em centrais elétricas e, em menor escala, na indústria. Normalmente, o carvão para caldeiras não é de qualidade suficiente para a fabricação de aço. O carvão desta qualidade também é comumente conhecido como carvão térmico.

Carvão para gás (CTG): Processo no qual o carvão é primeiro transformado em gás de síntese (uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono) e depois em metano sintético.

Carvão: Inclui carvão primário, ou seja, lignito, carvão de coque e carvão para caldeiras (*steam-coal*) e combustíveis derivados, como por exemplo, *patent fuel*, briquetes de lignito (*brown-coal briquettes*), forno de coque (*coke-oven coke*), coque de gás, gás para usina de gás, gás para forno de coque (*coke-oven gas*), gás de alto-forno e gás a oxigênio para siderurgia. Turfa também está incluída.

Combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões: Inclui amônia, metanol e outros hidrocarbonetos sintéticos (gases e líquidos) produzidos a partir de hidrogênio de baixas emissões. Quaisquer entradas de carbono, provenientes de CO₂, não provêm de combustíveis fósseis ou de emissões do processo.

Combustíveis à base de hidrogênio: Ver “combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões”.

Combustíveis de baixas emissões: Inclui bioenergia moderna, hidrogênio de baixas emissões e combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões.

Combustíveis fósseis: Inclui carvão, gás natural e petróleo.

Combustíveis gasosos: Inclui gás natural, biogases, metano sintético e hidrogênio.

Combustíveis líquidos à base de hidrogênio de baixas emissões: Um subconjunto de combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões que inclui apenas amônia, metanol e hidrocarbonetos líquidos sintéticos, como querosene sintético.

Combustíveis líquidos: Inclui petróleo, biocombustíveis líquidos (expressos pelos volumes equivalentes de energia de gasolina e diesel), óleo sintético e amônia.

Combustíveis sólidos: Incluem carvão, bioenergia sólida moderna, uso tradicional de biomassa e resíduos industriais e municipais.

Consumo final total (CFT): É a soma do consumo dos diversos setores de uso final. O CFT é detalhado pela demanda de energia nos seguintes setores: indústria (incluindo fabricação, mineração, produção de produtos químicos, altos-fornos e fornos de coque); transporte; edificações (incluindo residenciais e de serviços); e outros (incluindo agricultura e outras utilizações não energéticas). Exclui *bunkers* marítimos e de aviação internacionais, exceto em nível mundial, no qual está incluído no setor dos transportes.

Consumo total de energia final (CTEF): É uma variável definida principalmente para acompanhar o progresso em direção à meta 7.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Incorpora o consumo final total por setores de uso final, mas exclui a utilização não energética. Exclui *bunkers* marítimos e de aviação internacionais, exceto em nível mundial. Normalmente é utilizado no contexto do cálculo da parcela de energia renovável no consumo total de energia final (indicador ODS 7.2.1), no qual o CTEF é o denominador.

Crédito de capacidade: Proporção da capacidade garantida para gerar eletricidade durante períodos de pico de demanda na rede à qual está conectada.

Custo nivelado de eletricidade (LCOE): O LCOE combina em uma única métrica todos os elementos de custo diretamente associados a uma determinada tecnologia energética, incluindo construção, financiamento, combustível, manutenção e custos associados ao preço do carbono. Não inclui integração de rede ou outros custos indiretos.

Custo nivelado de eletricidade ajustado ao valor (VALCOE): Incorpora informações sobre custos e valor fornecido ao sistema. Com base no LCOE, são incorporadas estimativas de valor de energia, capacidade e flexibilidade para fornecer uma métrica mais completa de competitividade para tecnologias de geração de energia.

Demanda de eletricidade: Definido como a produção bruta total de eletricidade menos a produção para uso próprio, mais o comércio líquido (importações menos exportações), menos prejuízos de transmissão e distribuição.

Destilados médios: Inclui combustível de aviação, diesel e óleo combustível.

Dióxido de carbono (CO₂): Um gás que consiste em uma parte de carbono e duas partes de oxigênio. É um importante gás de efeito estufa (retenção de calor).

Edificações prontas para carbono zero: Um edifício preparado para zero emissões de carbono é altamente eficiente em termos energéticos e utiliza energia renovável diretamente ou um

fornecimento de energia que pode ser totalmente descarbonizado, como eletricidade ou aquecimento urbano.

Edificações: O setor de edificações inclui a eletricidade utilizada em edificações residenciais e de serviços. As edificações de serviços incluem edificações comerciais e institucionais e outras edificações não especificadas. O uso de eletricidade nas edificações inclui aquecimento e ventilação de ambientes, aquecimento de água, iluminação, eletrodomésticos e equipamentos de cozinha.

Elementos raros (REEs): Um grupo de dezessete elementos químicos da tabela periódica, especificamente os quinze lantanídeos mais escândio e ítrio. REEs são componentes essenciais em algumas tecnologias de energia limpa, incluindo turbinas eólicas, motores de veículos elétricos e eletrolisadores.

Eletricidade de baixas emissões: Inclui produção de tecnologias de energias renováveis, energia nuclear, combustíveis fósseis equipados com CCUS, hidrogênio e amônia.

Eletrólise: Processo de conversão de energia elétrica em energia química. O processo mais relevante para o setor energético é a eletrólise da água, que divide as moléculas de água em moléculas de hidrogênio e oxigênio. O hidrogênio resultante é chamado de hidrogênio eletrolítico.

Emissões de CO₂ relacionadas com a energia e processos industriais: Emissões de dióxido de carbono provenientes da queima de combustíveis, processos industriais e CO₂ fugitivo e de queima proveniente da extração de combustíveis fósseis. Salvo indicação contrária, as emissões de CO₂ no *World Energy Outlook* referem-se a emissões de CO₂ relacionadas com a energia e com processos industriais.

Emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor energético: Emissões de CO₂ relacionadas com a energia e processos industriais, além de emissões fugitivas e descarregadas de metano (CH₄) e dióxido nitroso (N₂O) dos setores energético e industrial.

Emissões do processo: Emissões de CO₂ produzidas a partir de processos industriais que transformam materiais química ou fisicamente. Um exemplo importante é a produção de cimento, na qual o CO₂ é emitido quando o carbonato de cálcio é transformado em cal, que por sua vez é utilizada para produzir clínquer.

Emissões relacionadas à agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU): Inclui emissões de gases de efeito estufa provenientes da agricultura, silvicultura e outros usos da terra.

Energia eólica offshore: Refere-se à eletricidade produzida por turbinas eólicas instaladas em águas abertas, geralmente no oceano.

Energia hidrelétrica: Refere-se à energia elétrica produzida em usinas hidrelétricas, com estimativa de 100% de eficiência. Exclui a produção de usinas de armazenamento reversível e marinhas (marés e ondas).

Energia limpa: Na área de geração de eletricidade, a energia limpa inclui: fontes de energia renovável, energia nuclear, combustíveis fósseis equipados com CCUS, hidrogênio e amônia, armazenamento de bateria e redes elétricas. Na área de *eficiência*, a energia limpa inclui a

eficiência energética em edificações, na indústria e no transporte, excluindo *bunkers* de aviação e navegação doméstica. Na área de *aplicações de uso final*, a energia limpa inclui: utilização direta de energias renováveis, veículos elétricos, eletrificação em edificações, indústria e transporte marítimo internacional, CCUS na indústria e captura direta do ar. Na área de *fornecimento de combustíveis*, a energia limpa inclui combustíveis de baixas emissões, captura direta do ar e medidas para reduzir a intensidade das emissões da produção de combustíveis fósseis.

Energia marinha: Representa a energia mecânica derivada do movimento das marés, movimento das ondas ou correntes oceânicas e explorada para geração de eletricidade.

Energia renovável variável (ERV): Refere-se a tecnologias cuja produção máxima em qualquer momento depende da disponibilidade de recursos energéticos renováveis variáveis. O VRE inclui uma ampla gama de tecnologias, como energia eólica, energia solar fotovoltaica, energia hidrelétrica a fio d'água, energia solar concentrada (onde não está incluído armazenamento térmico) e marinha (marés e ondas).

Energia residencial: Energia utilizada de forma doméstica, incluindo aquecimento e refrigeração ambiente, aquecimento de água, iluminação, eletrodomésticos, dispositivos eletrônicos e cozinha.

Energia solar concentrada (CSP): Tecnologia de geração de energia térmica que coleta e concentra a luz solar para produzir calor em alta temperatura para gerar eletricidade.

Energia solar fotovoltaica (FV): Eletricidade produzida a partir de células solares fotovoltaicas, incluindo instalações de pequena escala e de escala comercial.

Energia solar: Inclui energia solar fotovoltaica e energia solar concentrada.

Energia útil: Refere-se à energia que está disponível aos usuários finais para cumprir com suas necessidades. Também conhecida como demanda de serviços de energia. Como resultado das perdas de transformação no ponto de utilização, a quantidade de energia útil é inferior à demanda de energia final correspondente para a maioria das tecnologias. Os equipamentos que utilizam eletricidade têm frequentemente maior eficiência de conversão do que os equipamentos que utilizam outros combustíveis, o que significa que, por unidade de energia consumida, a eletricidade pode fornecer mais serviços energéticos.

Energias renováveis modernas: Incluir todos os usos de energia renovável, com exceção do uso tradicional de biomassa sólida.

Energias renováveis: Inclui bioenergia, energia geotérmica, energia hidrelétrica, energia solar fotovoltaica (FV), energia solar concentrada (CSP), energia eólica e marinha (marés e ondas) para geração de eletricidade e calor.

Etanol: Refere-se apenas ao bioetanol. O etanol é produzido a partir da fermentação de qualquer biomassa rica em carboidratos. Atualmente o etanol é produzido a partir de amidos e açúcares, mas as tecnologias de segunda geração permitirão que seja produzido a partir de celulose e hemicelulose, o material fibroso que constitui a maior parte da matéria vegetal.

Fogões aprimorados: Fogões de biomassa aprimorados intermediários e avançados (nível ISO > 1). Exclui fogões básicos aprimorados (nível ISO 0-1).

Forno elétrico a arco: Forno que aquece material por meio de arco elétrico. É utilizado para a produção de aço à base de sucata e para ferroligas, alumínio, fósforo ou carboneto de cálcio.

Gás de Petróleo Liquefeito (GTL): Um processo que estabelece a reação do metano com oxigênio ou vapor para produzir gás de síntese (uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono) seguido pela síntese de Fischer-Tropsch. O processo é semelhante ao usado na transformação de carvão em líquidos.

Gás de xisto: Gás natural encontrado em uma rocha comum classificada como xisto. As formações de xisto são caracterizadas por baixa permeabilidade, com capacidade mais limitada de gás fluir através da rocha do que no caso de um reservatório convencional. O gás de xisto é geralmente produzido por fraturamento hidráulico.

Gás natural: Inclui o gás dos depósitos, seja liquefeito ou gasoso, constituído principalmente por metano. Inclui tanto o gás não associado proveniente de campos que produzem hidrocarbonetos apenas na forma gasosa, como o gás associado produzido em associação com a produção de petróleo bruto, bem como o metano recuperado de minas de carvão (gás de minas de carvão). Líquidos de gás natural, gás manufaturado (produzido a partir de resíduos municipais, industriais ou esgoto) e quantidades descarregadas ou queimadas não estão incluídos. Os dados de gás em metros cúbicos são expressos com base no poder calorífico bruto e são medidos a 15 °C e a 760 mm Hg (condições padrão). Os dados de gases expressos em exajoules baseiam-se no valor calorífico líquido. A diferença entre o poder calorífico líquido e o poder calorífico bruto é o calor latente de vaporização do vapor de água produzido durante a queima do combustível (para o gás, o valor calorífico líquido é 10% inferior ao poder calorífico bruto).

Gases de baixas emissões: Inclui biogás, biometano, hidrogênio de baixas emissões e metano sintético de baixas emissões.

Gases de rede: Inclui gás natural, biometano, metano sintético e hidrogênio misturados a uma rede de gás.

Gases: Ver “combustíveis gasosos”.

Geotérmica: A energia geotérmica é o calor proveniente da subsuperfície da Terra. Água e/ou vapor transportam a energia geotérmica para a superfície. Dependendo das suas características, a energia geotérmica pode ser utilizada para fins de aquecimento e refrigeração ou aproveitada para gerar eletricidade limpa se a temperatura for adequada.

Geração de eletricidade: Definida como a quantidade total de eletricidade gerada apenas por usinas de energia elétricas ou usinas termelétricas e de energia, incluindo a geração necessária para uso próprio. Essa geração é também conhecida como geração bruta.

Geração de eletricidade e calor: Refere-se à geração de eletricidade e à produção de calor a partir de todas as fontes de eletricidade, incluindo usinas exclusivamente elétricas, centrais térmicas e centrais combinadas de calor e eletricidade. Estão incluídas tanto as usinas produtoras com

atividade principal como as pequenas usinas que produzem combustível para uso próprio (autoprodutores).

Geração despachável: Refere-se a tecnologias cuja potência pode ser facilmente controlada, ou seja, aumentada para a capacidade nominal máxima ou diminuída para zero, a fim de adequar a oferta à demanda.

Hidrogênio de baixas emissões: Hidrogênio produzido a partir de água utilizando eletricidade gerada por energias renováveis ou energia nuclear, a partir de combustíveis fósseis com emissões mínimas de metano associadas e processado em instalações equipadas para evitar emissões de CO₂, por exemplo, via CCUS com alta taxa de captura, ou derivado de bioenergia. Nesse relatório, a demanda total de hidrogênio de baixas emissões é maior que o consumo final total de hidrogênio porque, de forma adicional, inclui insumos de hidrogênio para produzir combustíveis à base de hidrogênio de baixas emissões, biocombustíveis, geração de eletricidade, refinação de petróleo e hidrogênio produzido e consumido localmente na indústria.

Hidrogênio: O hidrogênio é utilizado no sistema energético como transportador de energia, como matéria-prima industrial ou é combinado com outros fatores de produção para produzir combustíveis à base de hidrogênio. Salvo indicação contrária, o hidrogênio neste relatório refere-se ao hidrogênio de baixas emissões.

Indústria: O setor inclui combustíveis utilizados nas indústrias de fabricação e construção. As principais áreas da indústria incluem ferro e aço, química e petroquímica, cimento, alumínio e papel e celulose. A utilização pelas indústrias para a transformação de energia em outra forma ou para a produção de combustíveis é excluída e reportada separadamente em outros setores energéticos. Há uma exceção para a transformação de combustíveis em altos-fornos e coquearias, que são reportados em ferro e aço. O consumo de combustíveis para o transporte de mercadorias é reportado como parte do setor de transportes, enquanto o consumo de veículos *off-road* é reportado na indústria.

Indústrias intensivas em energia: Inclui produção e fabricação de ferro e aço, produtos químicos, minerais não metálicos (incluindo cimento), metais não ferrosos (incluindo alumínio) e papel, celulose e indústria gráfica.

Indústrias leves: Inclui indústrias sem uso intensivo de energia: alimentos e tabaco, máquinas, mineração e extração, equipamento de transporte, área têxtil, colheita e processamento de madeira e construção.

Indústrias não intensivas em energia: Ver “outras indústrias”.

Indústrias pesadas: Ferro e aço, produtos químicos e cimento.

Integração pelo lado da demanda (DSI): Consiste em dois tipos de medidas: ações que influenciam a forma da carga, como eficiência energética e eletrificação e ações que gerenciam a carga, tais como medidas de resposta do lado da demanda.

Investimento: O investimento é a despesa de capital no fornecimento de energia, infraestrutura, uso final e eficiência. O investimento no fornecimento de combustíveis inclui a produção,

transformação e transporte de petróleo, gás, carvão e combustíveis de baixas emissões. O investimento no *setor energético* inclui novas construções e reformas de sistemas de produção, redes elétricas (transmissão, distribuição e carregadores públicos de veículos elétricos) e armazenamento de baterias. Investimento em *eficiência energética* inclui melhorias de eficiência nas edificações, na indústria e nos transportes. Outros investimentos de *uso final* incluem a compra de equipamentos para uso direto de energias renováveis, veículos elétricos, eletrificação em edificações, indústria e transporte marítimo internacional, equipamentos para utilização de combustíveis de baixas emissões e CCUS na indústria e captura direta do ar. Os dados e as projeções refletem os gastos ao longo da vida dos projetos e são apresentados em termos reais em dólares dos EUA do ano de 2022, convertidos às taxas de câmbio do mercado, salvo indicação contrária. O investimento total reportado para um exercício reflete o valor gasto nesse exercício.

Lignito: Um tipo de carvão que é utilizado no setor energético principalmente em regiões próximas de minas de lignito devido ao seu baixo teor energético e aos níveis de umidade normalmente elevados, que geralmente fazem com que o transporte de longa distância seja pouco econômico. Os dados sobre lignito no *World Energy Outlook* incluem turfa.

Líquidos de gás natural (LGN): Hidrocarbonetos líquidos ou liquefeitos produzidos na fabricação, purificação e estabilização de gás natural. LGN são porções de gás natural recuperadas como líquido em separadores, instalações de campo ou usinas de processamento de gás. LGNs incluem, mas não estão limitados a etano (quando é removido do fluxo de gás natural), propano, butano, pentano, gasolina natural e condensados.

Matéria-prima química: Vetores de energia utilizados como matéria-prima para a produção de produtos químicos. Alguns exemplos são etano ou nafta à base de petróleo bruto para a produção de etileno em craqueamento a vapor.

Metano em camadas de carvão (CBM): Categoria de gás natural não convencional que se refere ao metano encontrado em jazidas de carvão.

Metano sintético: Metano proveniente de outras fontes que não o gás natural, incluindo carvão para gás e metano sintético de baixas emissões.

Minerais críticos: Uma vasta gama de minerais e metais que são essenciais em tecnologias de energia limpa e outras tecnologias modernas e têm cadeias de fornecimento vulneráveis a interrupções. Embora a definição exata e os critérios variem entre os países, os minerais críticos para tecnologias de energia limpa normalmente incluem cromo, cobalto, cobre, grafite, lítio, manganês, molibdênio, níquel, metais do grupo da platina, zinco, elementos raros e outras *commodities*, conforme listado no Anexo do relatório especial da AIE intitulado "*Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*", disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>.

Mini-redes: Pequenos sistemas de rede elétrica, não conectados às redes elétricas principais e que interligam diversas residências e/ou outros consumidores.

Oferta total de energia (OTE): Representa apenas a procura interna e é separado por produção de eletricidade e calor, outros setores energéticos e consumo final total.

Óleo de xisto (tight oil): Óleo produzido a partir de xisto ou outras formações de permeabilidade muito baixa, geralmente utilizando fraturação hidráulica. Às vezes, isso também é chamado de óleo leve e estanque. O óleo de formação fechada inclui a produção de petróleo bruto e condensado, exceto nos Estados Unidos, que inclui apenas o petróleo bruto (os volumes de condensados em formação fechada dos EUA estão incluídos nos líquidos de gás natural).

Óleo sintético: Óleo sintético produzido por conversão Fischer-Tropsch ou síntese de metanol. Inclui produtos petrolíferos de CTL e GTL e combustíveis líquidos à base de hidrogênio líquido, sem amônia e de baixas emissões.

Outras indústrias: Uma categoria de nichos industriais que inclui construção, processamento de alimentos, máquinas, mineração, área têxtil, equipamentos de transporte, processamento de madeira e demais indústrias. Às vezes são chamadas de indústrias sem uso intensivo de energia.

Outros setores energéticos: Abrange a utilização de energia pelas indústrias de transformação e as perdas de energia na conversão da energia primária em uma forma que possa ser utilizada nos setores de consumo final. Inclui prejuízos na produção de hidrogênio de baixas emissões e de combustíveis à base de hidrogênio, processamento de bioenergia, fábricas de gás, refinarias de petróleo, transformação e liquefação de carvão e gás. Inclui também a utilização própria de energia nas minas de carvão, na extração de petróleo e gás e na produção de eletricidade e calor. As transferências e diferenças estatísticas também estão incluídas nesta categoria. A transformação de combustíveis em altos-fornos e coquerias não é contabilizada na categoria de outros setores energéticos.

Petróleo: Inclui a produção de petróleo convencional e não convencional. Os produtos de petróleo incluem gás de refinaria, etano, gás liquefeito de petróleo, gasolina de aviação, gasolina para motores, combustíveis de aviação, querosene, gás/óleo diesel, óleo combustível pesado, nafta, aguarrás, lubrificantes, betume, parafina, ceras e coque de petróleo.

Plásticos descartáveis (ou plásticos não reutilizáveis): Itens de plástico usados apenas uma vez antes do descarte.

Poder calorífico inferior: Calor liberado pela combustão completa de uma unidade de combustível quando se presume que a água produzida permanece como vapor e o calor não é recuperado.

Poder Energia nuclear: Refere-se à eletricidade produzida por um reator nuclear, presumindo-se uma eficiência de conversão média de 33%.

Processamento por calor: Uso de energia térmica para produzir, tratar ou alterar produtos fabricados.

Resíduos não renováveis: Resíduos não biogênicos, como plásticos em resíduos municipais ou industriais.

Resíduos plásticos: Refere-se a todos os resíduos plásticos pós-consumo com vida útil superior a um ano.

Resposta da Demanda (DSR): Descreve ações que podem influenciar o perfil de carga, como a mudança da curva de carga em determinado período sem afetar a demanda total de eletricidade,

ou redução de carga, como a interrupção da demanda por um curto período ou o ajuste da intensidade da demanda por um determinado período.

Serviços de energia: Ver “energia útil”.

Serviços: Um componente do setor de edificações. Representa a energia utilizada em instalações comerciais, por exemplo, escritórios, lojas, hotéis, restaurantes e em edificações institucionais, como escolas, hospitais e repartições públicas. O uso de energia em serviços inclui aquecimento e refrigeração de ambientes, aquecimento de água, iluminação, eletrodomésticos, cozinha e dessalinização.

Setores de uso final: Inclui a indústria, os transportes, as edificações e outros, ou seja, a agricultura e outras utilizações não energéticas.

Síntese de Fischer-Tropsch: Processo catalítico para produzir combustíveis sintéticos, como diesel, querosene ou nafta, normalmente a partir de misturas de monóxido de carbono e hidrogênio (gás de síntese). Os insumos para a síntese de Fischer-Tropsch podem ser provenientes de biomassa, carvão, gás natural ou hidrogênio e CO₂.

Sistemas autônomos: Fornecimento autônomo de eletricidade em pequena escala para residências ou pequenas empresas. Geralmente são usados fora da rede, mas também onde o fornecimento da rede não é confiável. Os sistemas autônomos incluem sistemas solares domésticos, pequenos geradores eólicos ou hidrelétricos, geradores a diesel ou a gasolina. A diferença em comparação com as minirredes está na escala e no fato de os sistemas autônomos não terem uma rede de distribuição que atenda a vários clientes.

Sistemas de cozinha com energia limpa: As soluções de cozinha que emitem menos poluentes nocivos são mais eficientes e ambientalmente sustentáveis do que as opções de cozinha tradicionais que utilizam biomassa sólida (fogão a lenha), carvão ou querosene. Esses sistemas se referem a fogões aperfeiçoados, sistemas de biogás/biodigestores, fogões elétricos, fogões a gás liquefeito de petróleo, gás natural ou etanol.

Sistemas fora da rede: Mini-redes e sistemas autônomos para residências ou grupos de consumidores não conectados a uma rede principal.

Sistemas solares domésticos (SHS): Sistemas fotovoltaicos e sistemas de bateria autônomos e de menor escala, ou seja, com capacidade superior a 10 watts de pico (Wp), fornecendo eletricidade para residências individuais ou pequenas empresas. São mais frequentemente utilizados fora da rede, mas também onde o fornecimento da rede não é confiável. O acesso à eletricidade na definição da AIE considera sistemas solares domésticos de 25 Wp em áreas rurais e 50 Wp em áreas urbanas. Exclui sistemas de iluminação solar menores, por exemplo, lanternas solares de menos de 11 Wp.

Taxa de coleta de plástico: Proporção de plásticos coletados para reciclagem em relação à quantidade de resíduos recicláveis disponíveis.

Transporte rodoviário: Inclui todos os tipos de veículos rodoviários (automóveis de passeio, veículos de duas/três rodas, veículos comerciais leves, ônibus e caminhões médios e pesados).

Transporte/navegação: Esse meio de transporte inclui a navegação nacional e internacional e a utilização de combustíveis marítimos. A navegação doméstica abrange o transporte de mercadorias ou pessoas por vias fluviais e para viagens marítimas nacionais (começa e termina no mesmo país sem qualquer porto intermediário estrangeiro). A navegação internacional inclui quantidades de combustíveis entregues a navios mercantes (incluindo navios de passageiros) de qualquer nacionalidade para consumo durante viagens internacionais de transporte de mercadorias ou passageiros.

Transporte: Combustíveis e eletricidade utilizados no transporte de mercadorias ou pessoas no território nacional independentemente do setor econômico em que a atividade ocorre. Inclui: combustível e eletricidade entregues a veículos que utilizam vias públicas ou para utilização em veículos ferroviários, combustível entregue a embarcações para navegação doméstica, combustível entregue a aeronaves para aviação doméstica e energia consumida na entrega de combustíveis através de gasodutos. O combustível entregue aos *bunkers* marítimos e de aviação internacionais é apresentado apenas a nível mundial e é excluído do setor dos transportes em nível nacional.

Turfa: A turfa é um depósito sedimentar fóssil, combustível, macio, poroso ou comprimido, de origem vegetal, com elevado teor de água (até 90% no estado bruto), facilmente cortável, de cor castanha clara a escura. A turfa moída está incluída nesta categoria. A turfa utilizada para fins não energéticos não está incluída neste escopo.

Uso de combustíveis fósseis sem captura: Consumo de combustíveis fósseis em instalações sem CCUS.

Uso não energético: A utilização de combustíveis como matéria-prima para produtos químicos que não são utilizados em aplicações energéticas. Exemplos de produtos resultantes são lubrificantes, ceras de parafina, asfalto, betume, alcatrão mineral e óleos para preservação da madeira.

Uso tradicional de biomassa: Refere-se ao uso de biomassa sólida com tecnologias básicas, como fogão a lenha ou fogões básicos aperfeiçoados (nível ISO 0-1), muitas vezes sem chaminés ou com mau funcionamento. As formas de biomassa utilizadas incluem madeira, resíduos de madeira, resíduos agrícolas de carvão vegetal e outros combustíveis de origem biológica, como estrume animal.

Usos produtivos: Energia utilizada para fins econômicos: agricultura, indústria, serviços e utilização não energética. Determinadas demandas de energia do setor dos transportes, por exemplo, frete, poderiam ser consideradas produtivas, mas são tratadas separadamente.

Veículos elétricos (VE): São os veículos elétricos a bateria (BEV) e veículos híbridos plugáveis.

Veículos leves (LDV): Inclui automóveis de passageiros e veículos comerciais leves (peso bruto < 3,5 toneladas).

Veículos pesados (HDV): Inclui caminhões de carga média (peso bruto de 3,5 a 15 toneladas) e caminhões de carga pesada (peso bruto >15 toneladas).

Grupos regionais e de países

África Subsaariana: Angola, Benim, Botsuana, Camarões, Costa do Marfim, República Democrática do Congo, Guiné Equatorial, Eritreia, Etiópia, Gabão, Gana, Quênia, Reino de Eswatini, Madagascar, Maurício, Moçambique, Namíbia, Níger, Nigéria, República do Congo (Congo), Ruanda, Senegal, África do Sul, Sudão do Sul, Sudão, República Unida da Tanzânia (Tanzânia), Togo, Uganda, Zâmbia, Zimbábue e outros países e territórios africanos.¹

África: Grupos regionais do Norte da África e da África Subsaariana.

AIE (Agência Internacional de Energia): Grupo regional da OCDE excluindo Chile, Colômbia, Costa Rica, Islândia, Israel, Letônia e Eslovênia.

América Central e do Sul: Argentina, Estado Plurinacional da Bolívia (Bolívia), República Bolivariana da Venezuela (Venezuela), Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Curaçao, República Dominicana, Equador, El Salvador, Guatemala, Guiana, Haiti, Honduras, Jamaica, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Suriname, Trinidad e Tobago, Uruguai e outros países e territórios da América Central e do Sul.²

América do Norte: Canadá, México e Estados Unidos.

América Latina e Caribe (ALC): Grupo regional da América Central e do Sul e México.

Ásia em desenvolvimento: Grupo regional Ásia-Pacífico, excluindo Austrália, Japão, Coreia e Nova Zelândia.

Ásia-Pacífico: Grupo regional do Sudeste Asiático e Austrália, Bangladesh, República Popular Democrática da Coreia (Coreia do Norte), Índia, Japão, Coreia, Mongólia, Nepal, Nova Zelândia, Paquistão, República Popular da China (China), Sri Lanka, Taipé Chinesa e outros países e territórios da Ásia-Pacífico.³

China: Inclui (República Popular da) China e Hong Kong, China.

Economias avançadas: Grupo regional da OCDE e Bulgária, Croácia, Chipre^{4,5}, Malta e Romênia.

Eurásia: Grupo regional da região do Mar Cáspio e Federação Russa (Rússia).

Europa: Grupo regional da União Europeia e Albânia, Bielorrússia, Bósnia e Herzegovina, Gibraltar, Islândia, Israel⁶, Kosovo, Montenegro, Macedônia do Norte, Noruega, República da Moldávia, Sérvia, Suíça, Turquia, Ucrânia e Reino Unido.

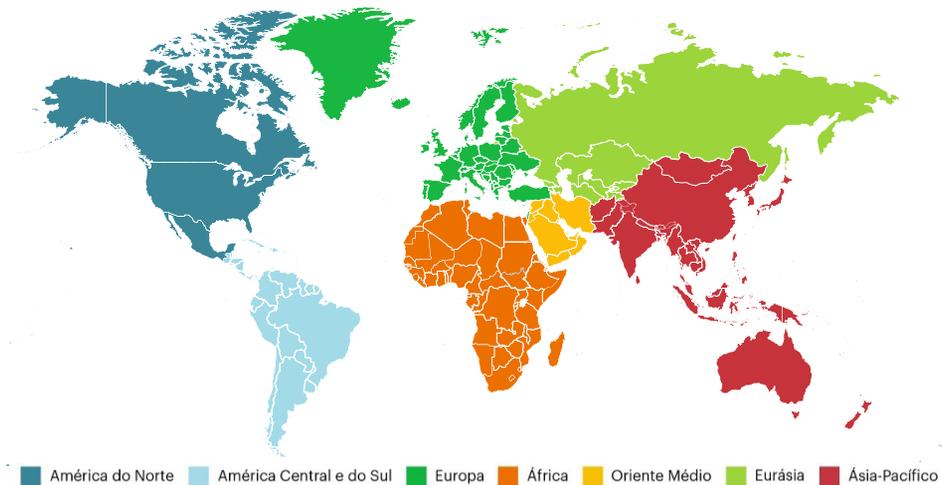
Mercados emergentes e economias em desenvolvimento: Todos os outros países não incluídos no grupo regional das economias avançadas.

Não participantes do grupo da OCDE: Todos os outros países não incluídos no grupo regional da OCDE.

Não participantes do grupo da OPEP: Todos os outros países não incluídos no grupo regional da OPEP.

Norte da África: Argélia, Egito, Líbia, Marrocos e Tunísia.

Figura C.1 ▶ Principais grupos de países



Nota: Este mapa não prejudica o status ou a soberania sobre qualquer território, a delimitação de fronteiras e limites internacionais e o nome de qualquer território, cidade ou área.

OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico): Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, Colômbia, Costa Rica, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Coreia, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, México, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos.

OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo): Argélia, Angola, República Bolivariana da Venezuela (Venezuela), Guiné Equatorial, Gabão, Iraque, República Islâmica do Irã (Irã), Kuwait, Líbia, Nigéria, República do Congo (Congo), Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos.

OPEP+: Grupo da OPEP mais Azerbaijão, Bahrein, Brunei Darussalam, Cazaquistão, Malásia, México, Omã, Federação Russa (Rússia), Sudão do Sul e Sudão.

Oriente Médio: Bahrein, República Islâmica do Irã (Irã), Iraque, Jordânia, Kuwait, Líbano, Omã, Qatar, Arábia Saudita, República Árabe da Síria (Síria), Emirados Árabes Unidos e Iêmen.

Região do Mar Cáspio: Armênia, Azerbaijão, Geórgia, Cazaquistão, Quirguistão, Tadjiquistão, Turcomenistão e Uzbequistão.

Sudeste da Ásia: Brunei Darussalam, Camboja, Indonésia, República Democrática Popular do Laos (RPD do Laos), Malásia, Mianmar, Filipinas, Singapura, Tailândia e Vietnam. Todos esses países são membros da Associação das Nações do Sudeste Asiático (ASEAN).

União Europeia: Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, Chipre^{4,5}, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polônia, Portugal, Romênia, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha e Suécia.

Notas do país

¹ Os dados individuais não estão disponíveis e são estimados de forma agregada para: Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, República Centro-Africana, Chade, Comores, Djibuti, Gâmbia, Guiné, Guiné-Bissau, Lesoto, Libéria, Malawi, Mali, Mauritânia, São Tomé e Príncipe, Seicheles, Serra Leoa e Somália.

² Os dados individuais não estão disponíveis e são estimados de forma agregada para: Anguila, Antígua e Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Belize, Bermudas, Bonaire, Ilhas de Santo Eustáquio, Ilhas Virgens Britânicas, Ilhas Cayman, Dominica, Ilhas Falklands (Malvinas), Granada, Montserrat, São Cristóvão e Névis, Santa Lúcia, São Pedro e Miquelon, São Vicente e Granadinas, São Martinho (parte holandesa), Ilhas Turcas e Caicos.

³ Os dados individuais não estão disponíveis e são estimados de forma agregada para: Afeganistão, Butão, Ilhas Cook, Fiji, Polinésia Francesa, Kiribati, Macau (China), Maldivas, Nova Caledônia, Palau, Papua Nova Guiné, Samoa, Ilhas Salomão, Timor-Leste, Tonga e Vanuatu.

⁴ Nota para República da Turquia: A informação contida neste documento com referência a “Chipre” refere-se à parte sul da ilha. Não existe uma autoridade única que represente o povo cipriota turco e grego na ilha. Turquia reconhece a República Turca de Chipre do Norte (TRNC). Até que seja encontrada uma solução duradoura e equitativa no contexto das Nações Unidas, Turquia preservará a sua posição com relação à “questão do Chipre”.

⁵ Nota para todos os Estados-Membro da União Europeia que fazem parte da OCDE e países da União Europeia: A República do Chipre é reconhecida por todos os membros das Nações Unidas com exceção da Turquia. As informações contidas neste documento referem-se à área sob o controle efetivo do Governo da República do Chipre.

⁶ Os dados estatísticos de Israel são fornecidos e sob a responsabilidade das autoridades israelitas relevantes. A utilização de tais dados pela OCDE e/ou pela AIE não prejudica a situação das Colinas de Golã, de Jerusalém Oriental e dos colonatos israelitas na Cisjordânia, nos termos do direito internacional.

Abreviações e Acrônimos

ACEEE	Conselho Americano para uma Economia Energética Eficiente
ADME	<i>Administración del Mercado Eléctrico</i> (Administração do Mercado Elétrico)
AFOLU	agricultura, silvicultura e outros usos da terra
AIE	Agência Internacional de Energia
ALC	América Latina e Caribe
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica - Brasil
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - Brasil
APS	Cenário de Compromissos Anunciados
ARI	Iniciativa de Revitalização de Ativos
ASEAN	Associação das Nações do Sudeste Asiático
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
ATJ	álcool para jato
BECCS	bioenergia com captura e armazenamento de carbono
BEV	veículos elétricos a bateria
BGR	<i>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe</i> (Instituto Federal de Geociências e Recursos Naturais, Alemanha)

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento <i>(IDB - Interamerican Development Bank)</i>
BP	Beyond Petroleum
CAF	Corporacion Andina de Fomento (Banco de Desenvolvimento da América Latina)
CAN	<i>Comunidad Andina</i> (Comunidade Andina)
CARICOM	Comunidade Caribenha
CCAT	corrente contínua de alta tensão
CCUS	captura, uso e armazenamento de carbono
CEE	Certificados de Eficiência Energética
CELAC	<i>Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños</i> (Comunidade dos Estados Latino-Americanos e Caribenhos)
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe <i>(ECLAC - United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean)</i>
CFR	Custo e frete
CFT	consumo final total
CH₄	Metano
CHP	calor e energia combinados; o termo cogeração também é utilizado
CIER	Comissão de Integração Energética Regional
CLASP	Programa de Normatização de Eletrodomésticos e Etiquetagem Colaborativa
CND	Contribuição Nacionalmente Determinada
CO₂	dióxido de carbono
CO₂-eq	equivalente de dióxido de carbono
CONICET	<i>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina</i> (Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica, Argentina)
COP	Conferência das Partes (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima)
CORFO	<i>Corporación de Fomento de la Producción</i> (Agência de Desenvolvimento Econômico, Chile)
DIPEME	<i>División de Proyectos Especiales e Minerales Estratégicos</i> (Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos)
DRI	ferro direto reduzido
EAU	Emirados Árabes Unidos
ECI	Índice de Complexidade Econômica
EIA	Administração de Informações de Energia dos Estados Unidos
EMDE	economias de mercados emergentes e em desenvolvimento
EPE	Empresa de Pesquisa Energética - Brasil
EPM	<i>Empresas Públicas de Medellín</i> (Empresas Públicas de Medellin)

ESG	meio-ambiente, social e de governança
EUA	Estados Unidos
FAME	éster metílico de ácido graxo
FMI	Fundo Monetário Internacional (<i>IMF - International Monetary Fund</i>)
FV	energia fotovoltaica
GEC	Energia e Clima Globais (modelo)
GEE	gases de efeito estufa
GLP	gás liquefeito de petróleo
GNL	gás natural liquefeito
GNV	gás natural veicular
H₂	hidrogênio
HEFA	ésteres hidrogenados e ácidos graxos
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
ICE	motor de combustão interna
IE	Classificação Internacional de Eficiência
IED	Investimento estrangeiro direto
IFA	Associação Internacional de Fertilizantes
IIASA	Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados
IICA	<i>Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura</i> (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura)
IPC	Índice de percepção da corrupção
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
KOMIS	Serviços de Informação sobre Recursos Minerais da Coreia
LCOE	custo nivelado de eletricidade
LCOH	custo nivelado do hidrogênio
LCOP	custo nivelado de produção
LDV	veículo leve
LULUCF	uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura
MEPs	padrões mínimos de performance energética
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
MINAE	<i>Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica</i> (Ministério do Meio Ambiente e Energia, Costa Rica)
NGV	veículo a gás natural
NO_x	óxidos de nitrogênio
N₂O	óxido nitroso
NZE	Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional (<i>ICAO - International Civil Aviation Organization</i>)

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Nações Unidas)
OGJ	<i>Oil and Gas Journal</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho (<i>ILO - International Labour Organization</i>)
OLADE	Organização Latino-Americana de energia
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Nações Unidas
ONU DESA	Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas
ONU FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OTE	oferta total de energia
PHEV	veículos elétricos híbridos plugáveis
PIB	produto interno bruto
PLDV	veículo leve de passageiros
PM	material particulado
PM_{2.5}	material particulado fino
PME	pequenas e médias empresas
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio-ambiente
PPC	paridade de poder de compra
P&D	pesquisa e desenvolvimento
PD&D	pesquisa, desenvolvimento e demonstração
REDD+	Redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal nos países em desenvolvimento. O ‘+’ representa atividades adicionais relacionadas às florestas para proteção climática.
SAF	combustíveis para aviação sustentáveis
SEAD	Iniciativa de Implementação de Equipamentos e Eletrodomésticos Supereficientes
SENER	<i>La Secretaría de Energía</i> (Secretaria de Energia, México)
SICA	Sistema de Integração Centroamericana
SIEPAC	Sistema de Interconexão Elétrica dos Países da América Central
SLB	títulos atrelados à sustentabilidade
SO₂	dióxido de enxofre
STEPS	Cenário de Políticas Declaradas (STEPS)
T&D	transmissão e distribuição
TCAC	taxa de crescimento anual composta
TCM	taxa de câmbio de mercado

TRL	Nível de Maturidade Tecnológica
UE	União Europeia
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
US DOE	Departamento de Energia dos Estados Unidos
USGS	Pesquisa Geológica dos Estados Unidos
VE	veículo elétrico
VRE	energia renovável variável
WEO	<i>World Energy Outlook</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

Referências

Capítulo 1: Situação atual

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe/Federal Institute for Geosciences and Natural Resources). (2021). Energiestudie: Daten und Entwicklungen der deutschen und globalen Energieversorgung [Energy Study: Data and developments in Germany and global energy supply].

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/energiestudie_2021.html

Boston University Global Development Policy Center. (2022). China's Global Energy Finance (database) accessed March 2023. <https://www.bu.edu/cgef/#/intro>

Boulton, C. A., Lenton, T. M., and Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change*, pp. 271–278.

<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8>

BP (Beyond Petroleum). (2022). Statistical Review of World Energy.

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Burunciuc, L. (2022). Clean Energy in the Caribbean: A triple win.

<https://blogs.worldbank.org/latinamerica/clean-energy-caribbean-triple-win>

CEDIGAZ. (2022). Country Indicators (database) accessed July 2023.

<https://www.cedigaz.org/databases/>

Climate Watch. (2023). Historical GHG Emissions. World Resources Institute (database) accessed July 2023. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>

Copper Alliance. (2023). Copper Mining, Water and the United Nations' SDGs.

<https://copperalliance.org/resource/copper-mining-water-and-the-united-nations-sdgs/>

Demographia. (2023). Demographia World Urban Areas 19th Annual: 202308.

<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

ECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2023a).

ECLAC Proposes Cluster Policies to Escape the Current Low-Growth Trap in Latin America and the Caribbean. <https://www.cepal.org/en/pressreleases/eclac-proposes-cluster-policies-escape-current-low-growth-trap-latin-america-and>

ECLAC. (2023b). Tasa de crecimiento anual del índice de precios al consumidor diciembre a diciembre [Annual growth rate of the consumer price index December to December].

<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=2&lang=es>

ECLAC. (2023c). La inversión extranjera en América Latina y el Caribe 2023 [Foreign investment in Latin America and the Caribbean 2023].

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9a7cc765-ac4e-40dc-b69d-4ffe3cc4508e/content>

Economist Intelligence. (2023). Democracy Index 2022.

<https://www.eiu.com/n/campaigns/democracy-index-2022/>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética/Brazilian Energy Research Company). (2023). Consumo Residencial de Energia Elétrica por Classes de Renda [Residential Electricity Consumption by Income Classes]. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-729/FactSheetConsumoPorClassesDeRenda_Final09032023.pdf

Flessa, A. (2023). Decarbonizing the Energy System of Non-Interconnected Islands: The Case of Mayotte. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/6/2931>

Global Petrol Prices. (2023). Global Petrol Prices (database) accessed April 2023.

https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/

Haar, J. (2023). Latin America Must Prioritize Infrastructure to Spur Economic Growth. Wilson Center: <https://www.wilsoncenter.org/article/latin-america-must-prioritize-infrastructure-spur-economic-growth>

Harvard University. (2023). Atlas of Economic Complexity. <https://atlas.cid.harvard.edu/>

IDB (Interamerican Development Bank). (2020). Sustainable Energy Paths for the Caribbean.

<https://publications.iadb.org/en/sustainable-energy-paths-caribbean>

IEA (International Energy Agency). (2023a). World Energy Balances. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances>

IEA. (2023b). World Energy Outlook 2023.

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

IEA. (2023c). Government Energy Spending Tracker. <https://www.iea.org/reports/government-energy-spending-tracker-2>

IEA. (2023d). Cost of Capital Observatory.

<https://www.iea.org/reports/cost-of-capital-observatory>

IEA. (2023e). SDG7: Data and Projections.

<https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/overview#abstract>

IEA. (2023f). Did affordability measures help tame energy price spikes for consumers in major economies? <https://www.iea.org/commentaries/did-affordability-measures-help-tame-energy-price-spikes-for-consumers-in-major-economies>

IEA. (2023g). Energy Prices.

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-prices>

IEA. (2023h). Fossil Fuels Consumption Subsidies 2022.

<https://www.iea.org/reports/fossil-fuels-consumption-subsidies-2022>

IEA. (2023i). The world's top 1% of emitters produce over 1 000 times more CO₂ than the bottom 1%. <https://www.iea.org/commentaries/the-world-s-top-1-of-emitters-produce-over-1000-times-more-co2-than-the-bottom-1>

IEA. (2023j). Recommendations of the Global Commission on People-Centred Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/recommendations-of-the-global-commission-on-people-centred-clean-energy-transitions>

IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

IEA. (2021). The cost of capital in clean energy transitions. <https://www.iea.org/articles/the-cost-of-capital-in-clean-energy-transitions>

IFA (International Fertilizer Association). (2023). International Fertilizer Association. <https://www.ifastat.org/>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Inter-American Institute for Co-operation on Agriculture). (2023). Full supply of fertilizers and energy through public-private partnerships and greater investment in agricultural innovation are key to maintaining food production in the Americas. <https://iica.int/en/press/news/full-supply-fertilizers-and-energy-through-public-private-partnerships-and-greater>

IMF (International Monetary Fund). (2023a). World Economic Outlook July Update. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/07/10/world-economic-outlook-update-july-2023>

IMF. (2023b). Regional Economic Outlook Western Hemisphere. <https://www.imf.org/en/Publications/REO/WH/Issues/2023/04/13/regional-economic-outlook-western-hemisphere-april-2023>

IMF. (2023c). World Economic Outlook 2023: A rocky recovery. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Kersey, J., Blechinger, P. and Shirley, R. (2021). A panel data analysis of policy effectiveness for renewable energy expansion on Caribbean islands. Energy Policy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521100210X>

Mohan, P. S. (2022). Climate finance to support Caribbean Small Island Developing States efforts in achieving their Nationally Determined Contributions in the energy sector. Energy Policy. <https://ideas.repec.org/a/eee/enepol/v169y2022ics0301421522004281.html>

OGJ (Oil and Gas Journal). (2022). Worldwide look at reserves and production. Oil and Gas Journal: <https://www.ogj.com/ogj-survey-downloads/worldwide-production/document/17299726/worldwide-look-at-reserves-and-production>

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía/Latin American Energy Organization). (2022). Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe [Energy Information System of Latin America and the Caribbean]. <https://sielac.olade.org/>

- Oxford Economics. (2023a). Global Economic Model.
<https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/>
- Oxford Economics. (2023b). Global Data Workstation, Latin American Cities (database) accessed September 2023. <https://data.oxfordeconomics.com/>
- Ray, R., and Myers, M. (2023). Chinese Loans to Latin America and Caribbean (database) accessed July 2023. https://www.thedialogue.org/map_list/
- Refinitiv. (2023). Government and corporate bonds (database) accessed September 2023. www.refinitiv.com
- Republic of Panama Cabinet Council. (2020). Resolución de Gabinete 93 [Cabinet Resolution 93]. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29163_B/81944.pdf
- Ritchie, H., Roser, M., and Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- SLOCAT. (2022). Latin America and the Caribbean Regional Overview. <https://tcc-gsr.com/global-overview/latin-america-and-the-caribbean/>
- Swiegart, E. (n.d.). ODEBRECHT's Unfinished Business. Americas Quarterly: <https://www.americasquarterly.org/fullwidthpage/a-graphic-look-at-odebrechts-unfinished-projects/#>
- The Economist. (2023). Agricultores denuncian incremento de 300% en precios de fertilizantes [Farmers denounce a 300% increase in fertilizer prices]. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Agricultores-denuncian-incremento-de-300-en-precios-de-fertilizantes-20220329-0063.html>
- Transparency International. (2023). Corruption Perception Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2022>
- Ugarteche, O., de Leon, C., and Garcia, J. (2023). China and the Energy Matrix in Latin America: Governance and Geopolitical Perspective. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421523000204>
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). (2022). World Population Prospects. <https://population.un.org/wpp/>
- UN FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2023a). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc3017en>
- UN FAO. (2023b). Putting a Number on Hunger. <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/en/>
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). (2022). UNCTAD-STAT. https://unctadstat0.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_referer=&sCS_ChosenLang=en

- UNDP (United Nations Development Programme). (2023). Human Development Index. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2021). Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use (COP 26). Glasgow: United Kingdom National Archives. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>
- US DOE/EIA (United States Department of Energy/ Energy Information Administration). (2015). World Shale Resource Assessment. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>
- US DOE/EIA. (2013). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>
- US DOE/EIA/ARI (United States Department of Energy/Energy Information Administration/Asset Revitalization Initiative). (2015). World Shale Resource Assessment. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>
- USGS (United States Geological Survey). (2012a). An Estimate of Undiscovered Conventional Oil and Gas Resources of the World. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20123042>
- USGS. (2012b). Assessment of Potential Additions to Conventional Oil and Gas Resources of the World (outside the United States) from Reserve Growth. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20123042>
- WHO (World Health Organization). (2023). Household Energy (Database) accessed June 2023. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/who-household-energy-db>
- World Bank. (2023a). Inflación, precios al consumidor (% anual) [Inflation, consumer prices, annual %]. <https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2022&locations=ZJ-ZG&start=1967&view=chart>
- World Bank. (2023b). World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- World Bank. (2022). World Development Indicators: Structure of value added. <https://wdi.worldbank.org/table/4.2>
- World Bank. (2019). Las lenguas indígenas de la Amazonia tienen claves para la conservación de la región [The indigenous languages of the Amazon hold keys to the conservation of the region]. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/08/08/the-amazons-indigenous-languages-hold-the-key-to-its-conservation-an-interview-with-martin-von-hildebrand>
- World Steel Association. (2023). World Steel Association. <https://worldsteel.org/>

Capítulo 2: Panorama de energía e emisiones

Bloomberg. (2023). Brazil's Beloved Sugar-Cane Cars Are Slowing EV Adoption.

<https://www.bloomberg.com/news/features/2023-07-19/why-brazil-is-falling-behind-in-the-electric-car-transition>

C40 Cities. (2021). Clean Construction Accelerator.

<https://www.c40.org/accelerators/clean-construction/>

Climate Investment Funds. (2023). Industry Decarbonization.

<https://www.cif.org/industry-decarbonization>

EPM (Empresas Públicas de Medellín/Public Companies of Medellín). (2022). Crece el Distrito Térmico La Alpujarra: Edificio EPM y la Universidad Digital se conectan [The La Alpujarra Thermal District Grows: EPM Building and the Digital University connect].

<https://cu.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/internacional/crece-el-distrito-termico-la-alpujarra-edificio-epm-y-la-universidad-digital-se-conectan>

Exxon. (2023). Guyana Project Overview. ExxonMobil:

<https://corporate.exxonmobil.com/locations/guyana/guyana-project-overview#DiscoveriesintheStabroekBlock>

Government of Mexico. (2023). El Sistema Eléctrico Nacional garantiza el suministro eléctrico a todo México [The National Electric System guarantees the electricity supply to all of Mexico].

<https://www.gob.mx/cenace/prensa/el-sistema-electrico-nacional-garantiza-el-suministro-electrico-a-todo-mexico-339355?idiom=es>

IEA (International Energy Agency). (2023a). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. <https://iea.li/netzero>

IEA. (2023b). Global Energy and Climate Model Documentation.

<https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model>

IEA. (2022). Climate Resilience for Energy Security.

<https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-security>

IEA. (2021). Climate Impacts on Latin American Hydropower.

<https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>

IMF (International Monetary Fund). (2023). World Economic Outlook: July 2023 Update.

<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/April>

Ministry of Planning and Development Trinidad and Tobago. (2022). Launch of District Cooling Pilot Sites To Save \$\$\$ in Cooling Costs. <https://www.planning.gov.tt/content/launch-district-cooling-pilot-sites-save-cooling-costs#:~:text=December%2012%2C%202022%3A%20The%20Ministry,Service%20in%20Trinidad%20and%20Tobago.>

Oxford Economics. (2023). Global Economic Model, accessed September 2023.
<https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/>

The Wallstreet Journal. (2021). Brazil's Drought Pressures Power Grid, Boosting Case for Renewables—and Fossil Fuels. <https://www.wsj.com/articles/brazils-drought-pressures-power-grid-boosting-case-for-renewablesand-fossil-fuels-11633946401>

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). (2022). World Population Prospects. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2018). Revision of World Urbanization Prospects.
<https://www.un.org/en/desa/2018-revision-world-urbanization-prospects>

World Bank. (2023). World Development Indicators.
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

Capítulo 3: Áreas chave para ação política

Aburrá Valley Metropolitan Area. (2009). Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá [Mobility Master Plan for the Metropolitan Region of the Aburrá Valley]. <https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2023/01/3.9-Plan-Maestro-de-Movilidad-AMVA-Regional.pdf>

ADME (Administración del Mercado Eléctrico/Administration of the Electricity Market). (2021). Informe Anual MMEE [Annual Report MMEE]. <https://adme.com.uy/mmee/infannual.php>

Airbus. (2023). Airbus' most popular aircraft takes to the skies with 100% sustainable aviation fuel. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-03-airbus-most-popular-aircraft-takes-to-the-skies-with-100-sustainable>

Anapolsky, S. (2020). ¿Cómo nos movemos en el AMBA? [How do we move in the AMBA?]. <https://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/publicaciones/Documento%2018%20Comono%20movemos%20en%20el%20AMBA%20-%20Anapolsky.pdf>

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis/Brazilian National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels). (2021). Resolução ANP nº 856, de 22 de Outubro de 2021 - DOU de 25.10.2021 [ANP resolution No. 856, of October 22, 2021 - DOU of 10/25/2021]. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-856-de-22-de-outubro-de-2021-354349404>

BA Data (Buenos Aires Data). (2018). Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2018 [Home Mobility Survey 2018].
<https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/encuesta-movilidad-domiciliaria>

Beck, H. et al. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data, 5. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Belo Horizonte City Hall. (2022). Balanço anual da mobilidade urbana de Belo Horizonte [Annual balance of urban mobility in Belo Horizonte]. [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2022/Balanço%20da%20Mobilidade%202022%20\(ano%20base%202021\)%20Versão%2018.10.2022.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2022/Balanço%20da%20Mobilidade%202022%20(ano%20base%202021)%20Versão%2018.10.2022.pdf)

BHP. (2021). BHP operations in Chile start to operate with renewable energies. <https://www.bhp.com/news/media-centre/releases/2021/08/bhp-operations-in-chile-start-to-operate-with-renewable-energies>

Bioenergy International. (2023). Raízen starts world's largest cellulosic ethanol plant. <https://bioenergyinternational.com/raizen-starts-worlds-largest-cellulosic-ethanol-plant/>

Biofuels International. (2022). Shell and Raízen sign 3.2 billion litre cellulosic ethanol deal. <https://biofuels-news.com/news/shell-and-raizen-sign-large-cellulosic-ethanol-deal/>

BMO Capital Markets. (2023). Q2 Metals and Bulk Commodity Price Update. <https://capitalmarkets.bmo.com/en/>

Bogota City Hall. (2019). Encuesta de movilidad 2019 [Mobility survey 2019] http://ieu.unal.edu.co/images/Resultados_Preliminares_EncuestaMovilidad_2019.pdf

Business & Human Rights Resource Centre. (2023). Transition Minerals Tracker. <https://www.business-humanrights.org/en/from-us/transition-minerals-tracker/>

CAF (Corporacion Andina de Fomento/ Andean Development Corporation). (2017). Encuesta de movilidad del área metropolitana de Montevideo [Mobility survey of the metropolitan area of Montevideo]. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1078>

CEFIM (Clean Energy Finance and Investment Mobilisation). (2023). Energy Savings Insurance: International Focus Group Discussion. <https://www.oecd.org/environment/cc/cefim/cross-cutting-analysis/Discussion-paper-first-energy-savings-insurance-international-focus-group-discussion.pdf>

CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños/Community of Latin American and Caribbean States). (2023). Declaración de Buenos Aires [Buenos Aires Declaration]. <https://www.sela.org/media/3226666/vii-cumbre-celac-declaracion-de-buenos-aires.pdf>

CIER (Comisión de Integración Energética Regional/Regional Energy Integration Commission). (2022). Interconexiones Internacionales [International Interconnections]. <https://www.cier.org/es-uy/Paginas/Publicaciones.aspx>

CLASP (Collaborative Labeling and Appliance Standards Program). (2023). Water and Energy Justice in the Favelas. <https://www.clasp.ngo/research/all/water-and-energy-justice-in-the-favelas/>

CLASP. (2021). SEAD Initiative Launches Product Efficiency Call to Action Ahead of COP26. <https://www.clasp.ngo/updates/sead-initiative-launches-product-efficiency-call-to-action-in-the-lead-up-to-cop26/>

COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre/Chilean Copper Commission). (2023). Anuario Cochilco [Cochilco yearbook]. <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Publicaciones/Anuario.aspx>

Codatu. (2019). Panorama do Sistema de Transporte de Passageiros no Rio de Janeiro [Panorama of the Passenger Transport System in Rio de Janeiro]. <https://www.codatu.org/pt/panorama-do-sistema-de-transporte-de-passageiros-no-rio-de-janeiro/>

CONICET (Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas/National Council for Scientific and Technical Research). (2020). Más de 30 empresas ya son parte de la plataforma colaborativa para el desarrollo de la Economía del Hidrógeno, H2ar [More than 30 companies are already part of the collaborative platform for the development of the Hydrogen Economy, H2ar]. <https://www.conicet.gov.ar/mas-de-30-empresas-ya-son-parte-de-la-plataforma-colaborativa-para-el-desarrollo-de-la-economia-del-hidrogeno-h2ar/>

CORFO (Corporación de Fomento de la Producción/Production Promotion Corporation). (2023). Comité de Hidrógeno Verde de Corfo recibió nueve declaraciones de interés para la instalación de fábricas de electrolizadores en Chile [Corfo's Green Hydrogen Committee received nine declarations of interest for the installation of electrolyser factories in Chile]. https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/17_07_2023_electrolizadores;jsessionid=-_5k7rdErbY9pMjIUtmKQHxQxQlxBWu2BYTsZESCTLmhCfi0YsK6Kl-1188845896!-564714040

ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2023). Lithium Extraction and Industrialization: Opportunities and challenges for Latin America and the Caribbean. <https://repositorio.cepal.org/items/8894db33-cdd4-41ce-b1ec-37d34f0e288b>

ECLAC. (2021). Cities and Housing Provide an Opportunity to Transform Latin America and the Caribbean's Development Model into a More Inclusive, Egalitarian and Sustainable One. <https://www.cepal.org/en/news/cities-and-housing-provide-opportunity-transform-latin-america-and-caribbeans-development-model>

ECLAC and ILO (International Labour Organization). (2023). Employment Situation in Latin America and the Caribbean: Towards the creation of better jobs in the post-pandemic era. <https://www.cepal.org/en/publications/48988-employment-situation-latin-america-and-caribbean-towards-creation-better-jobs>

Ecopetrol. (2022). El Grupo Ecopetrol inició la producción de hidrógeno verde en Colombia [The Ecopetrol Group began the production of green hydrogen in Colombia]. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/Noticias+2021/el-grupo-ecopetrol-inic-ia-produccion-de-hidrogeno-verde-en-colombia#:~:text=Con%20una%20inversi%C3%B3n%20anual%20promedio,%20y%203%20al%202050>

Energy Green Map. (2023). RenovAR. <https://www.energygreenmap.org/renovar>

ENGIE. (2022). ENGIE y el Grupo Enaex viabilizarán la primera producción de hidrógeno verde en el Perú [ENGIE and the Enaex Group will enable the first production of green hydrogen in Peru]. <https://engie-energia.pe/notas-de-prensa/engie-y-el-grupo-enaex-viabilizaran-la-primer-a-produccion-de-hidrogeno-verde-en-el-peru>

EEA (European Environment Agency). (2019). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

European Parliament. (2023). ReFuelEU Aviation initiative: Sustainable aviation fuels and the Fit for 55 Package. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2022\)698900](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)698900)

Government of Argentina. (2023). Resolución 409/2023 [Resolution 409/2023]. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/287139/20230524>

Government of Argentina. (2021a). Plan Estratégico para el Desarrollo Minero Argentino [Strategic Plan for Argentine Mining Development]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estragico_para_el_desarrollo_minero_argentino.pdf

Government of Argentina. (2021b). Marco Regulatorio de Biocombustibles, Ley 27640 [Regulatory Framework for Biofuels, Law 27640]. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27640-352587/texto>

Government of Bolivia. (2018). Ley 1098 [Law 1098]. <http://gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/buscar/1098>

Government of Brazil. (2023). Diário oficial da união [Official diary of the union]. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-473383252>

Government of Brazil. (2021). RenovaBio. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1>

Government of Brazil. (1997). Lei 9478 [Law 9478]. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm

Government of Chile. (2001). Encuesta Origen-Destino: Santiago [Origin-Destination Survey: Santiago]. http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/estadisticas-EOD2001_Informe_Difusion.pdf

Government of Colombia. (2021). Resolución 40111 [Resolution 40111]. https://www.minenergia.gov.co/documents/3040/48895-Res_40111__MezclasBios_B12_042021.pdf

Government of Costa Rica. (2012). Reglamento de Biocombustibles [Biofuels Regulation]. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65073&nValor3=107515&strTipM=TC

Government of Ecuador. (2012). Decreto 1303 [Decree 1303]. https://ocaru.org.ec/wp-content/uploads/2020/03/decreto_1303.pdf

Government of Mexico. (2022). Proyecto Nacional de Eficiencia Energetica en Alumbrado Público Municipal National [Energy Efficiency Project in Municipal Public Lighting]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/719325/Informe_de_Labores_Proj_Nal_de_EE_en_APM_2010-2021_V200422_VF.pdf

- Government of Panama. (2023). Ley 355 [Law 355].
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29712_B/GacetaNo_29712b_20230131.pdf
- Government of Panama. (2011). Ley 42 [Law 42].
<http://www.momentofiscal.com/leyes/CAMBIOS%20CODIGO%20FISCAL/2011%20-%20Ley%2042.pdf>
- Government of Paraguay. (2020). Decreto 3500 [Decree number 3500].
<https://bacn.gov.py/archivos/9250/DECRETO3500+LEY+6389.pdf>
- Government of Paraguay. (2018). Resolución 294 [Resolution number 294].
<https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/1414428-3852018CApdf-385.2018C.A.pdf>
- Government of Peru. (2007). Decree number 021-2007-EM.
<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Dcreto%20Supremo%20No%20021-2007-EM.pdf>
- Government of the State of Rio de Janeiro. (2017). Plano Diretor de Transporte da Região metropolitana do estado do Rio de Janeiro [Transport Master Plan for the metropolitan region of the state of Rio de Janeiro].
https://setrerj.org.br/wp-content/uploads/2017/07/175_pdtu.pdf
- Government of Uruguay. (2007). Ley 18195 [Law 18195].
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18195-2007/6>
- Government of Trinidad and Tobago. (2023). National Accounts, Central Statistical Office.
[https://cso.gov.tt/subjects/national-accounts/#:~:text=Latest%20Release,over%202021\)%20was%2022.6%25](https://cso.gov.tt/subjects/national-accounts/#:~:text=Latest%20Release,over%202021)%20was%2022.6%25)
- Gutierrez, A. (2020). Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2009-2010: Área Metropolitana de Buenos Aires [Home Mobility Survey 2009-2010: Buenos Aires Metropolitan Area].
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/159255>
- IATA (International Air Transport Association). (2021). Our Commitment to Fly Net Zero by 2050.
<https://www.iata.org/en/programs/environment/flynetzero/>
- ICAO (International Civil Aviation Organization). (2022). Long term global aspirational goal for international aviation.
<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/LTAG.aspx>
- IDB (Inter-American Development Bank). (2023). ¿Cómo es la participación de mujeres en energía renovable en América Latina? [What is the participation of women in renewable energy in Latin America?]. https://blogs.iadb.org/energia/es/strongcomo-es-la-participacion-de-mujeres-en-energia-renovable-en-america-latina-strong/#_ftn2
- IDB. (2022). Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe [Stylized facts of urban mobility in Latin America and the Caribbean].
<https://publications.iadb.org/es/hechos-estilizados-de-la-movilidad-urbana-en-america-latina-y-el-caribe>

IDB. (2021). La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe [The infrastructure gap in Latin America and the Caribbean]. <https://publications.iadb.org/es/la-brecha-de-infraestructura-en-america-latina-y-el-caribe-estimacion-de-las-necesidades-de>

IDB. (2017a). Central American Electricity Integration: Central American Electrical Interconnection System. <https://publications.iadb.org/en/central-american-electricity-integration-central-american-electrical-interconnection-system>

IDB. (2017b). La Red del Futuro: Desarrollo de una red eléctrica limpia y sostenible para América Latina [The Network of the Future: Development of a clean and sustainable electrical network for Latin America]. <http://dx.doi.org/10.18235/0000937>

IEA (International Energy Agency). (forthcoming). The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions.

IEA. (2023a). Boosting Efficiency: Delivering affordability, security and jobs in Latin America. <https://www.iea.org/reports/boosting-efficiency-in-latin-america>

IEA. (2023b). Net Zero Roadmap: A global pathway to keep the 1.5 °C goal in reach. <https://iea.li/netzero>

IEA. (2023c). Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity. <https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>

IEA. (2023d). Hydrogen Projects (database) accessed September 2023. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-projects-database>

IEA. (2023e). A Vision for Clean Cooking Access for All. <https://www.iea.org/reports/a-vision-for-clean-cooking-access-for-all>

IEA. (2023f). Managing Seasonal and Interannual Variability of Renewables. <https://www.iea.org/reports/managing-seasonal-and-interannual-variability-of-renewables>

IEA. (2023h). World Energy Investment 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023>

IEA. (2023i). Scaling up private finance for clean energy in emerging and developing economies. <https://www.iea.org/reports/scaling-up-private-finance-for-clean-energy-in-emerging-and-developing-economies>

IEA. (2021a). Hydrogen in Latin America: From near-term opportunities to large-scale deployment. <https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-latin-america>

IEA. (2021b). Recommendations of the Global Commission on People-Centred Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/recommendations-of-the-global-commission-on-people-centred-clean-energy-transitions>

IEA. (2021c). Climate Impacts on Latin American Hydropower. <https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>

IEA. (2021d). Financing Clean Energy Transitions in Emerging and Developing Economies. <https://www.iea.org/reports/financing-clean-energy-transitions-in-emerging-and-developing-economies>

- IEA. (2019a). Integrating Power Systems Across Borders. <https://www.iea.org/reports/integrating-power-systems-across-borders>
- IEA. (2019b). Establishing Multilateral Power Trade in ASEAN. <https://www.iea.org/reports/establishing-multilateral-power-trade-in-asean>
- IMF (International Monetary Fund). (2023a). Export Diversification in Colombia: A Way Forward and Implications for Energy Transition. <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2023/121/article-A003-en.xml>
- IMF (2023b). Domestic credit to private sector (% of GDP) (database) accessed July 2023. <https://data.worldbank.org/indicator/FS.AST.PRVT.GD.ZS>
- INRIX. (2022). Global Traffic Scorecard. <https://inrix.com/scorecard/#form-download-the-full-report>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IPCC. (2014). Fifth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>
- IQAir. (2022). World's most polluted cities (historical data 2017-2022). <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities?continent=59af929e3e70001c1bd78e50&country=&state=&sort=-rank&page=1&perPage=50&cities=>
- J.P. Morgan. (2022). Agro-Tech en América Latina: ¿Cómo es la disrupción tecnológica del campo? [Agro-Tech in Latin America: What is the technological disruption of the field like?]. <https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/agtech-in-latin-america-small-scale-solutions-in-a-large-scale-transformation>
- KOMIS (Korea Mineral Resource Information Service). (2022). Minor Metals price. <https://www.komis.or.kr/komis/price/mineralprice/minorMetals/pricetrend/minorMetals.do>
- Metropolitan Regional Government of Santiago. (2010). El Plan Maestro de Ciclo Rutas del Bicentenario [The Bicentennial Cycle Routes Master Plan]. <https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2019/10/El-Plan-Maestro-de-Ciclo-Rutas-del-Bicentenario-PDF.pdf>
- Ministry of Industry, Energy and Mining of Uruguay. (2023). Uruguay da importante paso hacia el desarrollo del hidrógeno verde con la concreción del primer proyecto piloto [Uruguay takes an important step towards the development of green hydrogen with the completion of the first pilot project]. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/uruguay-da-importante-paso-hacia-desarrollo-del-hidrogeno-verde-concrecion>
- Ministry of Mines and Energy of Brazil. (2023). Transição Energética e Planejamento: Políticas de Eficiência Energética no Brasil [Energy Transition and Planning: Energy Efficiency Policies in Brazil]. https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-2023/27-06-2023-politicas-de-eficiencia-energetica-no-brasil/1_MME.pdf

Ministry of Transport and Telecommunications of Chile. (2014). Encuesta Origen-Destino. De Viajes Santiago [Origin-Destination Survey from Travel Santiago]. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/10194>

Ministry of Transportation and Public Works of Uruguay. (2017). Datos sobre movilidad a nivel metropolitano [Data on mobility at the metropolitan level]. <https://www.gub.uy/ministerio-transporte-obras-publicas/comunicacion/noticias/datos-sobre-movilidad-nivel-metropolitano>

NREL (National Renewable Energy Laboratory, United States). (2020). Jamaican Domestic Ethanol Fuel Feasibility and Benefits Analysis. https://afdc.energy.gov/files/u/publication/jamaican_ethanol_analysis.pdf

Ochoa, C., Dyrer, I., and Franco, C. J. (2013). Simulating power integration in Latin America to assess challenges, opportunities and threats. *Energy Policy*, pp. 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.029>

OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). (2023). Annual Statistical Bulletin 2023. https://www.opec.org/opec_web/en/publications/202.htm

OPPCM (Observatorio de Políticas Públicas del Concejo de Medellín/Observatory of Public Policies of the Council of Medellín). (2018). Transporte público colectivo de Medellín en el contexto metropolitano [Collective public transportation of Medellín in the metropolitan context]. <http://oppcm.concejodemedellin.gov.co/sites/oppcm/files/transporte%20publico%20colectivo%20de%20medellin%202018.pdf>

OECD and FAO (Organization for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028 [OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028]. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2019-2028_7b2e8ba3-es

Portal Movilidad. (2021). Costa Rica aumentará la provisión de hidrógeno verde en su estación de Guanacaste [Costa Rica will increase the supply of green hydrogen at its Guanacaste station]. <https://portalmovilidad.com/costa-rica-aumentara-la-provision-de-hidrogeno-verde-en-su-estacion-de-guanacaste/>

Reuters. (2022). Focus: Latin America emerging as hot spot for more climate-friendly jet fuel. <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/latin-america-emerging-hot-spot-more-climate-friendly-jet-fuel-2022-12-16/>

S&P Global. (2023a). S&P Global Market Intelligence. Capital IQ Platform: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>

S&P Global. (2023b). Commodity Price Chart. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/>

S&P Global. (2023c). Brazil's Lula launches “Fuel of the Future” program to reduce emissions. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/091523-brazils-lula-launches-fuel-of-the-future-program-to-reduce-emissions>

S&P Global. (2022). Latin American national oil companies continue to emphasize emissions reduction strategies, but to varying degrees.

<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/latin-american-national-oil-companies-continue-to-emphasize-em.html>

São Paulo Metro. (2017). Pesquisa Origem Destino 2017 [Origin Destination Survey 2017].

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/2019_07_30_OD2017_UMAPAZ_1.pdf

São Paulo State Government. (2012). Pesquisa de mobilidade da região metropolitana de São Paulo [Mobility survey of the São Paulo metropolitan region].

<https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/pesquisa-de-mobilidade-da-rmsp-20121.pdf>

Toyota. (2023). Toyota do Brasil firma parceria com Shell Brasil, Raízen, Hytron, USP e Senai para testes de hidrogênio renovável a partir de etanol em projeto de Pesquisa e Desenvolvimento [Toyota do Brasil partners with Shell Brasil, Raízen, Hytron, USP and Senai to test renewable hydrogen from ethanol in a Research and Development Project].

<https://www.toyotacomunica.com.br/toyota-do-brasil-firma-parceria-com-shell-brasil-raizen-hytron-usp-e-senai-para-testes-de-hidrogenio-renovavel-a-partir-de-etanol-em-projeto-de-pesquisa-e-desenvolvimento/>

Transmilenio. (2023). Conoce El primer bus a hidrógeno verde ensamblado en el país [Meet the first green hydrogen bus assembled in the country].

<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/153402/conoce-el-primer-bus-a-hidrogeno-verde-ensamblado-en-el-pais/>

UNEP (United Nations Environment Program). (2021). Used Vehicles and the Environment - Progress and Updates 2021. <https://www.unep.org/resources/report/used-vehicles-and-environment-progress-and-updates-2021>

Wood Mackenzie. (2023). Wood Mackenzie - Graphite Databook March 2023.

<https://www.woodmac.com/industry/metals-and-mining/>

World Bank (2023). Market capitalization of listed domestic companies.

<https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/CM.MKT.LCAP.GD.ZS>

World Bank. (2022). The Global Health Cost of PM_{2.5} Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/09/13/smoke-from-tortilla-making-in-central-america>

World Bank. (2021a). How Better Transport Will Help Latin America Get Ahead of the Climate Crisis. <https://blogs.worldbank.org/transport/how-better-transport-will-help-latin-america-get-ahead-climate-crisis>

World Bank. (2021b). How Much Does Latin America Gain from Enhanced Cross-Border Electricity Trade in the Short Run? <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/39f2c9d5-ed66-52e7-9227-ad86063853bd/content>

World Federation of Exchanges database. (2023). <https://www.world-exchanges.org/our-work/statistics>, (accessed July 2023)

WHO (World Health Organization). (2021). Global air quality guidelines. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Capítulo 4: Implicaciones para transiciones globales e seguridad energética

Armstrong McKay, D. et al. (2022). Exceeding 1.5 °C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* vol.377. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abn7950>

Barlow, J. et al. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature* Vol.559, 517-526. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30046075/>

Global Forest Watch. (2023). Global Forest Watch Map: Tree Cover Loss 2001-2022. <https://www.globalforestwatch.org/map/?map=eyJjZW50ZXliOmsibGF0IjotMjYyMzY3Njc4MjA1MTc1LClJsbmciOi01Mi41NDg0NTA2NTYzNDI4NDR9LCJ6b29tIjo0LjM2Njc3MzA5MDk0NDExOCwiY2FuQm91bmQiOmZhbHNlfQ%3D%3D&menu=eyJkYXRhc2V0Q2F0ZWdvcnkiOiJmb3Jlc3RDaGFuZ2UiLClJtZW51U2VjdG>

Global Forest Watch. (2022). Tree Cover Loss. <https://data.globalforestwatch.org/documents/gfw::tree-cover-loss/about>

Global Water Intelligence. (2023). GWI DesalData. <https://www.desaldata.com/>

Government of Chile. (2022). Ley 21.455: Ley Marco de Cambio Climático [Law 21.455: Climate Change Framework Law]. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286&idParte=10341110&idVersion=2022-06-13>

Government of Colombia. (2020). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4021.pdf>

IEA (International Energy Agency). (2023a). Hydrogen Projects Database. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>

IEA. (2023b). Global Hydrogen Review 2023. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>

IEA. (2023c) Energy Technology Perspectives 2023. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>

IEA. (2023d). Critical Minerals Market Review. <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023>

International Action for Primary Forest. (2017). Fact Sheet no. 4 Primary Forests and Carbon. <https://primaryforest.org/wp-content/uploads/2017/12/Fact-sheet-4-Primary-Forests-and-Carbon.pdf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Keith, H. et al. (2014). Managing temperate forests for carbon storage: Impacts of logging versus forest protection on carbon stocks. *Ecosphere* Vol. 5, p. 75. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES14-00051.1>

OECD and FAO (Organization for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2022). OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2022). OECD Agriculture Statistics. https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=agr-data-en&doi=13d66b76-en

Ritchie, H., and Roser, M. (2023). Water Use and Stress. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões/National Emissions Registration System) (2023). Emissões de GEE por Setor [GHG Emissions by Sector]. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor-1>

United Kingdom Government. (2021). Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use. The National Archives: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>

United Nations Comtrade Database (2023). United Nations Commodity Trade Statistics (database) accessed June 2023. <https://comtradeplus.un.org/>, (accessed September 2023).

WRI (World Resources Institute) (2023). Aqueduct Water Risk Atlas (database) accessed July 2023. https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&threshold&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3

International Energy Agency (IEA)

Brazilian Portuguese translation of *Latin America Energy Outlook (Full report)*

Este relatório foi escrito originalmente em inglês. Embora todo o cuidado tenha sido tomado para que esta tradução seja o mais fiel possível, pode haver pequenas diferenças entre este texto e a versão original.

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.



Subject to the IEA's Notice for CC-licensed Content, this work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

Annex A is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Licence.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications
International Energy Agency
Website: www.iea.org
Contact information: www.iea.org/contact

Typeset in France by IEA - November 2023
Printed in France by IEA/OECD - January 2024
Cover design: IEA
Photo credits: © Gettyimages

Latin America Energy Outlook 2023

World Energy Outlook Special Report

A América Latina e Caribe formam uma região que se destaca no setor energético global. Possui recursos naturais extraordinários, tanto combustíveis fósseis como energias renováveis, e uma parte significativa dos minerais críticos do mundo. Possui também um histórico de políticas ambiciosas em busca de fortalecer a segurança energética e a sustentabilidade que proporcionou uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo. À medida que a região emerge de um período de crescimento econômico lento, os países da América Latina e Caribe podem agora aproveitar estes recursos para revitalizar as suas economias e melhorar a segurança e a sustentabilidade da energia em todo o mundo.

O *Latin America Energy Outlook*, a primeira avaliação aprofundada e abrangente da Agência Internacional de Energia sobre a América Latina e Caribe, baseia-se em décadas de colaboração com parceiros. Em apoio aos objetivos energéticos da região, o relatório explora oportunidades e desafios futuros. Fornece *insights* sobre como o panorama para a região e as principais tendências energéticas globais estão profundamente interligados, bem como recomendações sobre políticas que poderiam permitir que a região tire proveito do seu grande potencial.

