
Transição energética no Brasil

**Tendências dos 4Ds aceleram
e ganham mais relevância a
cada ano, e o Brasil tem
vantagens competitivas para
figurar como protagonista**

2023



Conteúdo

Introdução	04
1. Cenários e investimentos globais em transição energética	07
2. Macrotendências: os 4Ds e as incertezas do cenário atual	17
3. Brasil: riscos e oportunidades	30
Considerações finais	35
Contatos	36



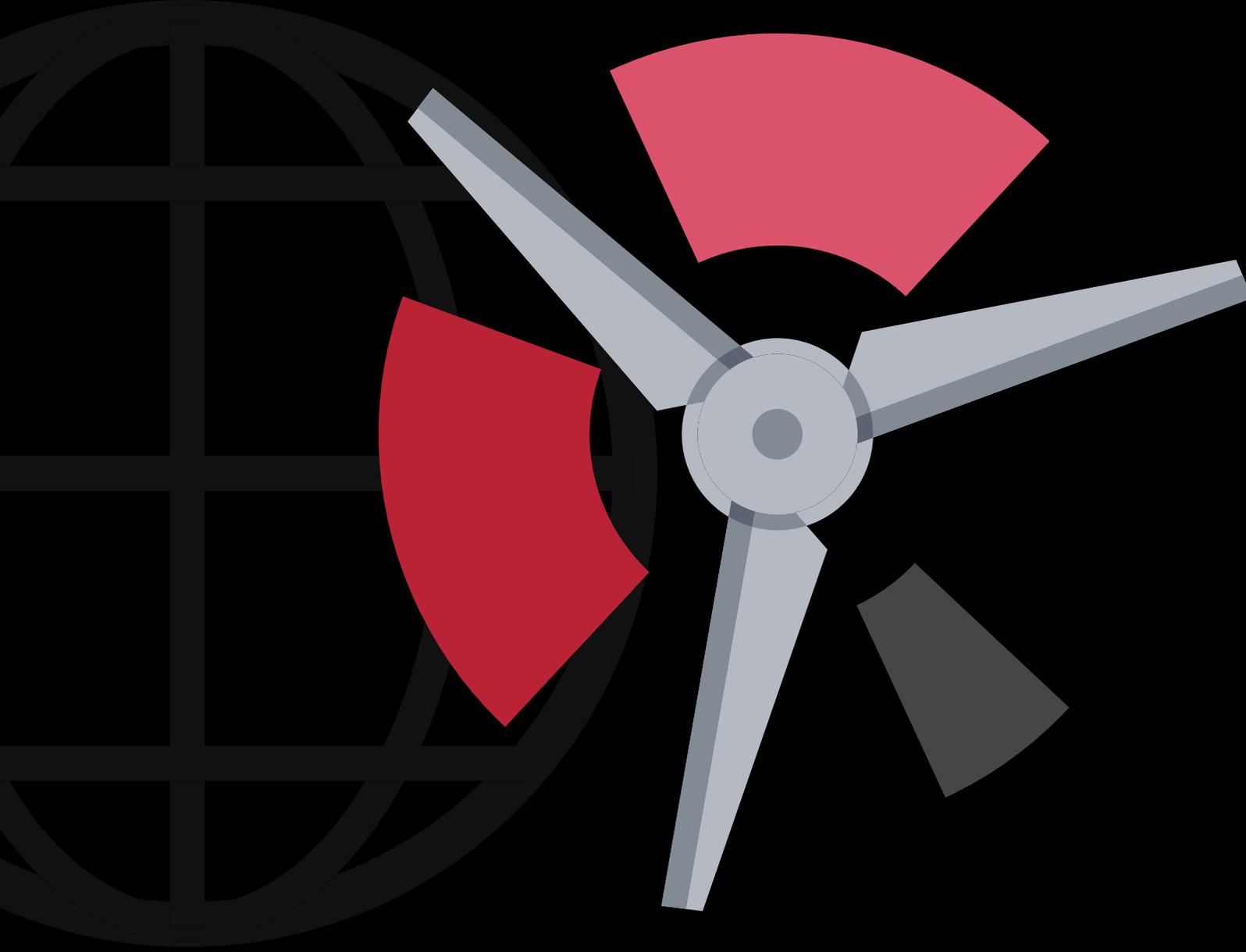
A necessidade de nos movermos mais rapidamente para uma economia de baixo carbono e utilizarmos os recursos energéticos de maneira mais eficiente tem acelerado a transição energética no país. Tecnologias inovadoras, rearranjos políticos e regulatórios, novas linhas de investimento, entre outros aspectos, são fundamentais para que essa transição ocorra de forma sustentável. Esse contexto representa um claro desafio que impõe muitas obrigações, mas também cria uma série de oportunidades como a criação de novos mercados, fontes de energia e serviços aos consumidores.

Na PwC, trabalhamos fortemente para entender as expectativas, as necessidades e os entraves dos nossos clientes em relação aos desafios da transição energética, bem como temos conhecimento sobre os principais impulsionadores para a jornada de descarbonização. Estamos atuando no desenvolvimento de guias práticos globais com foco em resiliência climática e, além disso, contribuimos com as principais organizações globais no desenvolvimento de metodologias aplicáveis internacionalmente.

Esperamos que este estudo possa ajudar a entender como as empresas podem explorar as vantagens da descarbonização e entender os riscos do processo. Boa leitura.”

Adriano Correia

Sócio e líder do setor de energia e serviços de utilidade pública da PwC Brasil



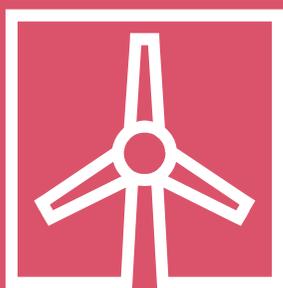
Introdução

Os avanços da Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2022 (COP27) ainda não são suficientes para que o mundo consiga limitar o aquecimento global a apenas 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais. O Artigo 6 do Acordo de Paris, que regulamenta os mercados de carbono como instrumento para alcance dos acordos climáticos, teve sua conclusão postergada e retrocedeu no tema da transparência. Diante do grande desafio de coordenação que a agenda climática impõe, é preciso ir além e pensar nas questões relacionadas à energia em quatro dimensões: descarbonização, descentralização, digitalização e disrupção da demanda.

Mais que a geração a partir de fontes renováveis, esse conceito propõe uma visão mais ampla e sistêmica, visando à máxima eficiência no aproveitamento dos recursos, com universalização do acesso e diversificação das matrizes, e criando o pano de fundo para profundas transformações no setor energético, em especial, no elétrico.

O conflito na Ucrânia, iniciado em fevereiro de 2022, teve impactos no equilíbrio entre oferta e demanda de energia em diferentes regiões e, conseqüentemente, na volatilidade de preços. Buscar alternativas para reduzir o uso e a dependência do petróleo e do gás natural parece ser ainda mais importante. Como mostraremos a seguir, o Brasil pode contribuir de diferentes formas neste momento de transição energética, gerando valor global e localmente, se souber investir em tecnologias e infraestrutura para atender a demandas internas e internacionais.

Mas é preciso se posicionar logo. A mudança impõe obrigações e exigências, mas cria uma série de oportunidades. Estão sendo desenvolvidos novos mercados e fontes energéticas (como hidrogênio verde, negociação e captura de carbono e biocombustíveis), novos produtos (veículos elétricos, novos segmentos de clientes e fundos direcionados) e serviços (*blockchain*, eficiência energética, derivativos de energia e gás).



84% da matriz elétrica brasileira corresponde a fontes renováveis, enquanto a média mundial é de apenas 28%.

Fontes: IEA 2022 e EPE 2021



O custo nivelado da energia (LCoE) de fontes renováveis no Brasil alcança **20-25 USD/MWh**, o mais competitivo do mundo.

Fonte: Irena

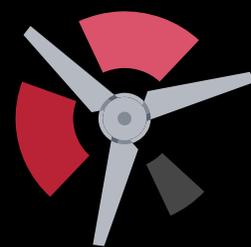
A tecnologia por trás dos motores elétricos, por exemplo, tem evoluído rapidamente e, com o ganho de escala, seu custo vem caindo. A alta competitividade em biocombustíveis pode viabilizar modelos híbridos de eletrificação com baixa emissão e acelerar a transição veicular com base, por exemplo, em etanol de segunda geração e entressafra de milho.

O hidrogênio verde – grande aposta como fonte energética do futuro – também dá sinais de viabilidade. Além disso, a alta competitividade das energias renováveis no Brasil pode permitir que o país crie vantagens comparativas já no médio prazo. A agenda está em curso e não é mais de longo prazo. A transição energética é uma revolução e criará novos padrões, modelos de negócio e mercados.





1. Cenários e investimentos globais em transição energética



A COP27 se configurou, de muitas formas, como a última chance do mundo de manter o aumento da temperatura global em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Os líderes nacionais se reuniram em Sharm el-Sheikh, no Egito, para restaurar a confiança no multilateralismo e acordar um plano para enfrentar o maior e mais urgente desafio do nosso tempo.

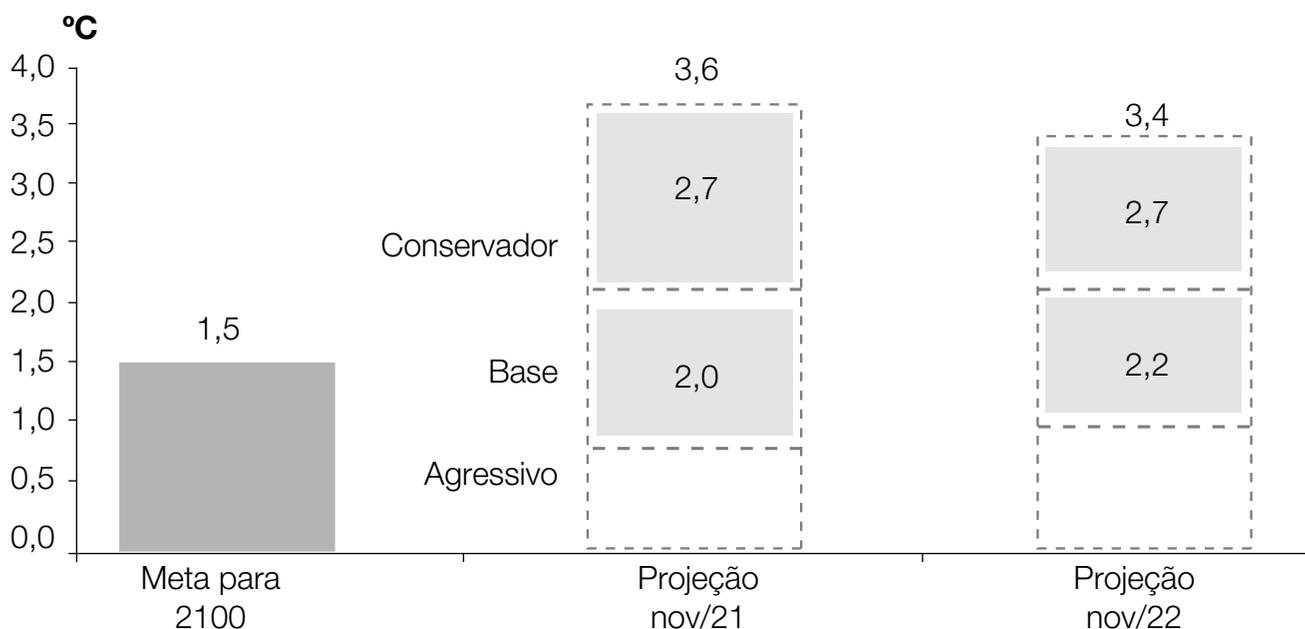
O secretário-geral da ONU, António Guterres, abriu a conferência com um alerta de que a humanidade está numa “estrada para o inferno climático com o pé ainda no acelerador”. Considerando as políticas e ações atuais, as projeções indicam um aquecimento de 2,7 °C acima dos níveis pré-industriais em 2100.

Mesmo nos cálculos mais otimistas, assumindo total implementação e sucesso nas metas e propostas divulgadas em NDCs (contribuição nacionalmente determinada, documento que reporta as metas climáticas nacionais) e LTSs (estratégias nacionais de longo prazo para redução da emissão de gases de efeito estufa), esse valor cai para 1,8 °C, e não é suficiente para atingir a meta estabelecida de 1,5 °C, o que evidencia a necessidade de metas mais agressivas estabelecidas pelos países e, principalmente, uma aceleração na implementação das propostas nos próximos anos.

Gap em relação à meta

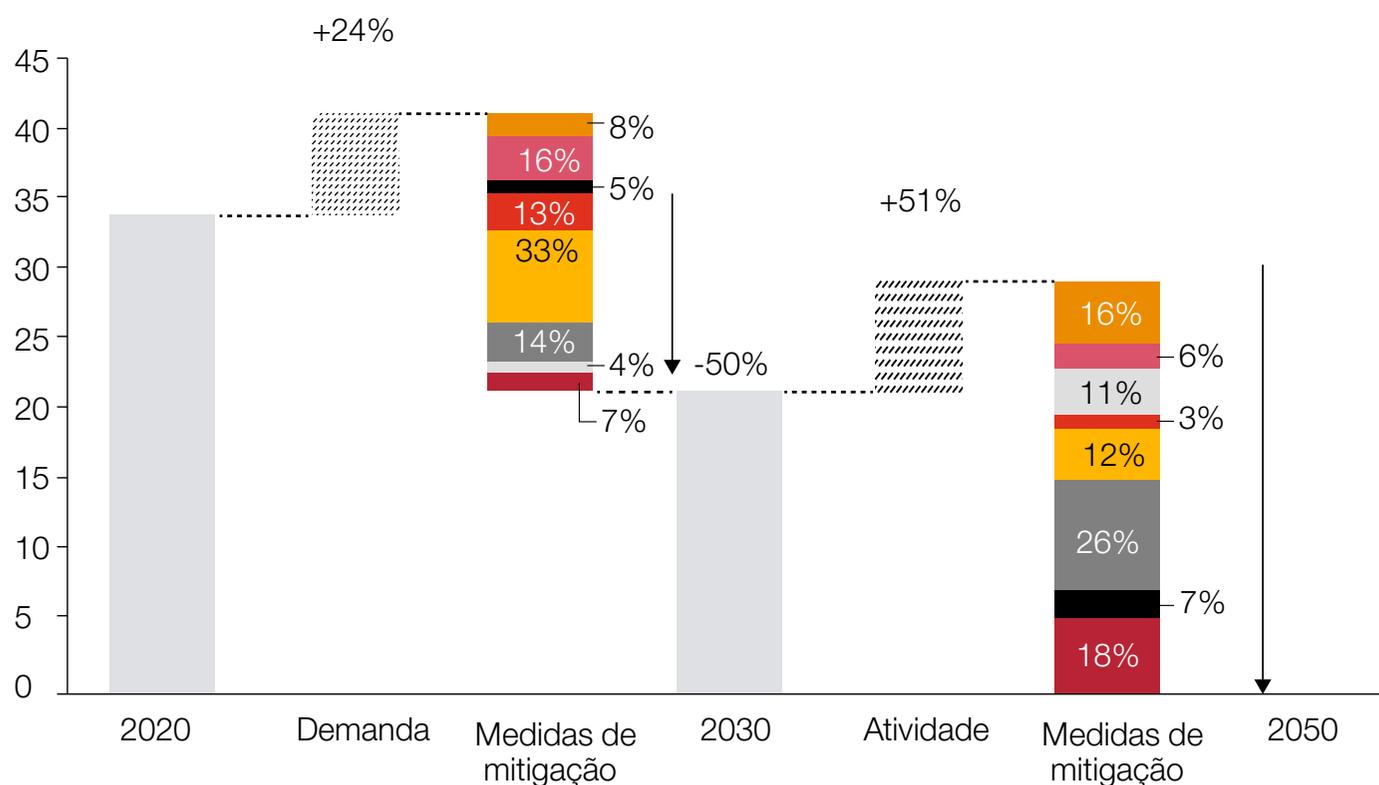
Cenários: aquecimento global

Projeções selecionadas para 2100



Fontes: High Level Commission, IEA, IPCC, I4CE, Banco Mundial, Strategy&

Ambição/metapas de redução de emissões por alavanca, 2020-2050



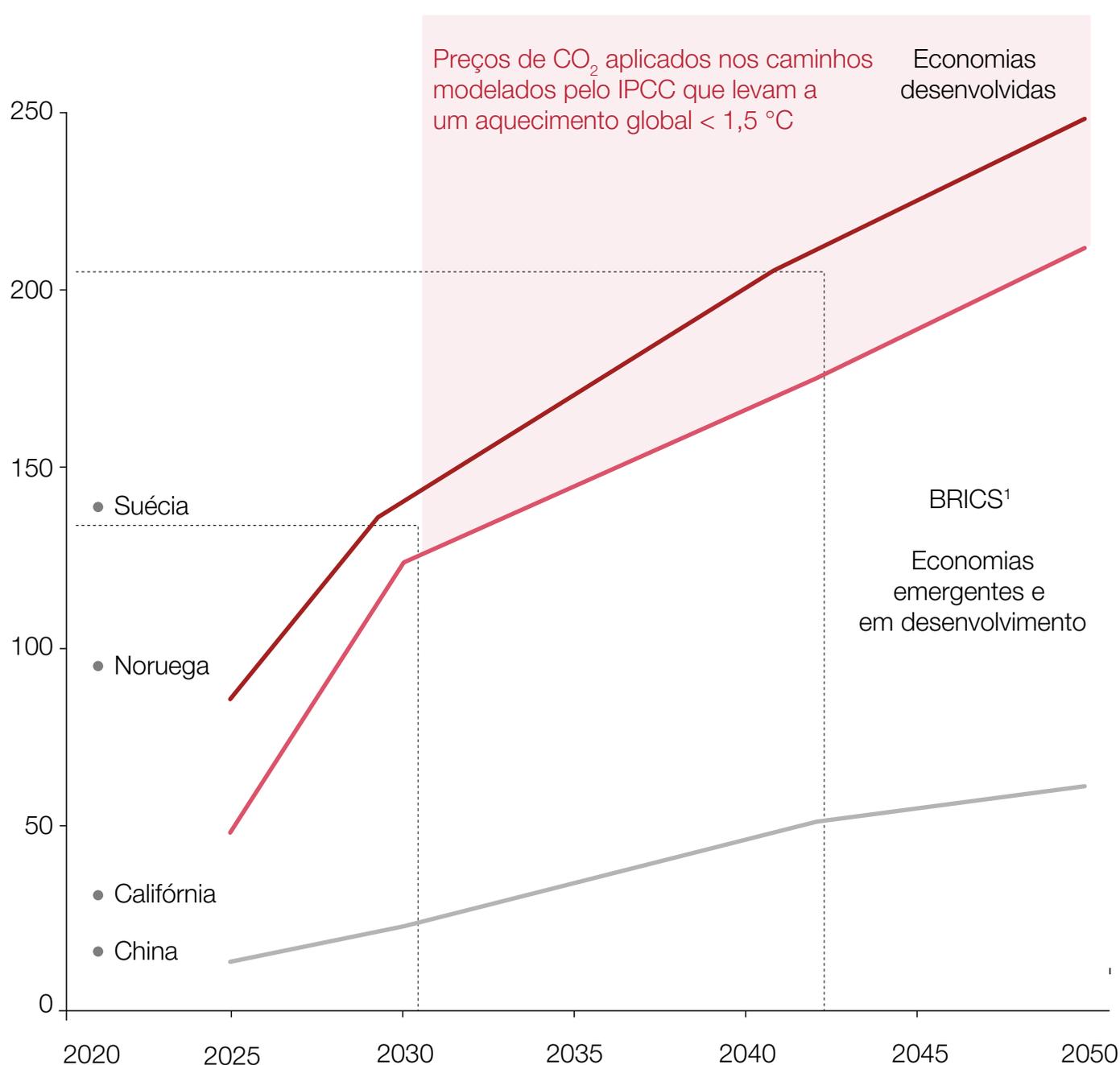
- Emissões CO₂
- Demanda adicional
- Consumo evitado
- Eficiência
- Hidrogênio
- Bioenergia
- Eólica e solar
- Eletrificação
- Outras mudanças de combustível
- Captura e armazenamento de carbono (CAC)

Fontes: IEA, análise Strategy&

Estima-se que, para alcançar emissões líquidas zero em 2050, será preciso aumentar substancialmente os preços do CO₂e (unidade de medida que expressa a quantidade de gases de efeito estufa em termos equivalentes à quantidade de CO₂). O crescimento da adoção de instrumentos de precificação de carbono, como mercados ou taxaço, é outra evidência da mudança de paradigma em curso, com mais de 68 jurisdições nacionais e subnacionais já tendo implementado regulaçoes prprias.

Mercado de CO₂ – Preços atuais e modelados

Em US\$/ton de CO₂



¹BRICS = Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

Fontes: High Level Commission, IEA, IPCC, I4CE, Banco Mundial, Strategy&

Após a conferência de 2021 (COP26) ter definido algumas ações-chave para abordar o mercado de carbono, como a regulamentação dos acordos bilaterais entre países, dando mais segurança jurídica ao tema, a COP27 teve um avanço mais tímido nas discussões sobre o Artigo 6 do Acordo de Paris, que rege o mercado de carbono internacional. Os principais resultados da COP27 foram:

1.1 Mercado de Carbono

- **Comércio internacional de carbono**

Na COP26, ficou definido que 5% do valor das operações negociadas entre empresas e ONGs no mercado de carbono internacional seriam destinados ao fundo de adaptação (países em desenvolvimento). A última conferência definiu que um montante de 2% dos créditos vendidos serão cancelados, a fim de criar uma zona tampão e evitar os efeitos da contagem dupla.

- **Dupla contagem**

Foi estabelecido um novo tipo de crédito de carbono do Artigo 6, em uma tentativa de barrar créditos baratos, de baixa qualidade, nos mercados voluntários. Chamados de “contribuição de mitigação”, esses créditos representam reduções de emissões contabilizadas na meta climática do país anfitrião. Para evitar a contagem dupla, o acordo exige que os créditos contabilizados nas metas do país não sejam comercializados.

- **Transparência**

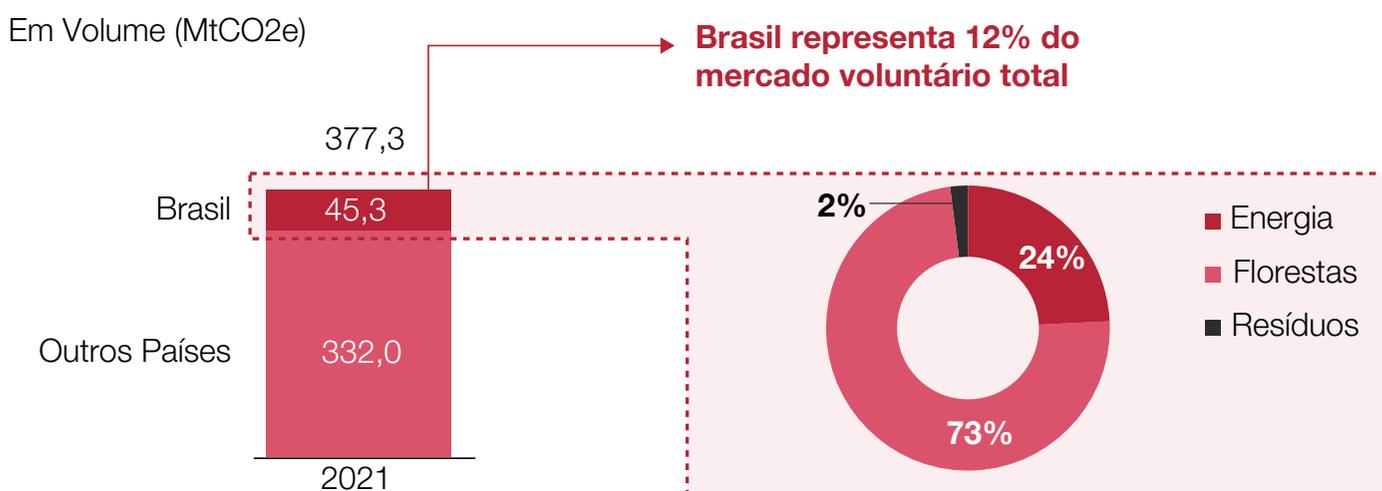
Ainda assim, o texto final tem uma zona cinzenta sobre a transparência dos processos, deixando aberta a possibilidade de que os países declarem confidencialidade sobre suas atividades sem justificativas claras. Essa brecha pode permitir que países “escondam” emissões, realizem contagem dupla e se envolvam em acordos bilaterais clandestinos.

No Brasil, embora haja espaço para amadurecimento, os mercados de carbono já são amplamente explorados, assim como seus benefícios socioambientais. O país tem uma das maiores bolsas de carbono do mundo, que movimenta diariamente cerca de US\$ 2,5 milhões com *smart contracts* de carbono.

O mercado voluntário tem crescido. Estimativas projetam que o país tem potencial para gerar de 360 a 1.200 Mt CO₂e de créditos no mercado voluntário em 2030. Em maio de 2022, o governo federal publicou o Decreto nº 11.075 para criar o mercado de créditos de carbono regulado no Brasil. O decreto faz parte do arcabouço da Política Nacional sobre Mudança do Clima, em vigor desde 2009 e segundo a qual compete ao governo criar condições para o estabelecimento de planos setoriais que visem à transição econômica para um modelo de baixo carbono. Embora venha trazer as bases para a criação do mercado, o decreto ainda necessita de regulamentação para o efetivo funcionamento do mecanismo.

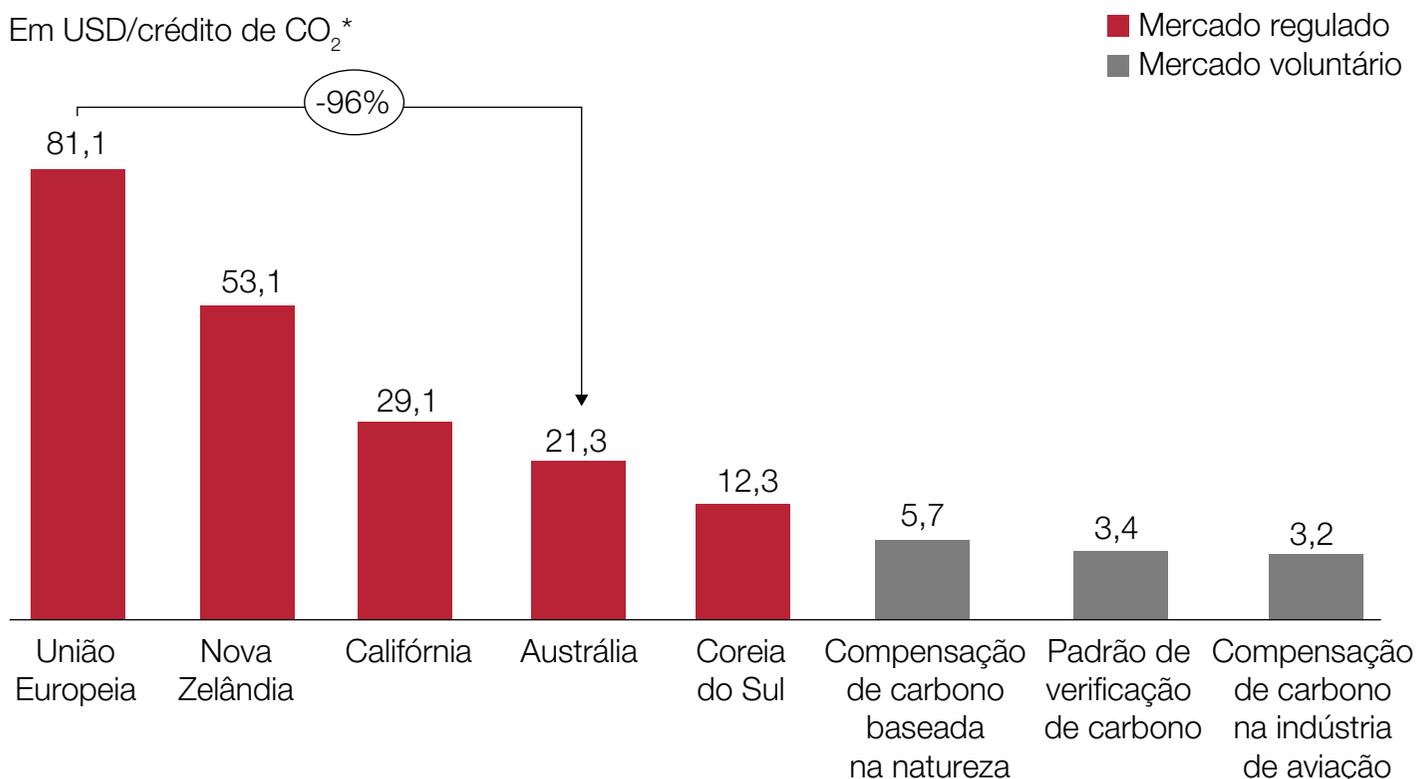
Mercado de carbono voluntário – tamanho e preços

Transações de crédito de carbono



Estimativas projetam que o **Brasil tem um potencial de gerar de 360 a 1.200 MtCO₂e** de créditos no mercado voluntário em **2030**

Comparativo de preço por tipo de mercado de CO₂



*Considerando preços do dia 28/11/2022

Fontes: ICC, Carbon Credits, WayCarbon, análise Strategy&

1.2 Fundo de perdas e danos

Com muita expectativa sobre o tema, principalmente dos países em desenvolvimento que se enquadrariam como beneficiários do fundo, a discussão avançou nos últimos dias da conferência e, apesar de ainda não apresentar resultados concretos, foi criado um grupo de trabalho para tratar do assunto.

Formado por representantes de vários países, o comitê de transição deve, até a COP28, fornecer recomendações sobre a operacionalização do fundo, dimensionado inicialmente em um montante anual de US\$ 100 bilhões, a serem empregados na prevenção e reconstrução de países vulneráveis expostos a desastres naturais em consequência da mudança climática.

Por proposta sobretudo da União Europeia e dos Estados Unidos, está em discussão a inclusão de grandes emissores no grupo dos pagantes. O foco dessa iniciativa é principalmente a China e a Índia, hoje integrantes do grupo de países emergentes beneficiários, mas ela poderia se estender ao Brasil, devido à atenção que se dá à preservação da Amazônia. O resultado dessa e de outras discussões relacionadas ao fundo deve entrar em pauta novamente na COP28.

1.3 Plano de descarbonização

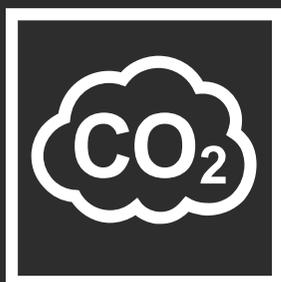
Um relevante grupo de países, que juntos representam mais da metade do PIB global, se comprometeu com um plano para acelerar a descarbonização de cinco setores-chave, que respondem em conjunto por mais de 50% das emissões mundiais de gases de efeito estufa.

Composto pelos setores elétrico, de transporte rodoviário, aço, hidrogênio e agricultura, o plano de 25 ações colaborativas que visa aumentar a acessibilidade e baratear tecnologias para os países em desenvolvimento tem seu prazo de entrega na COP28, em 2023.

Entre as principais ações, destaca-se a implantação de projetos de infraestrutura essenciais, incluindo pelo menos 50 plantas industriais de grande escala com emissões líquidas nulas, pelo menos 100 plantas de hidrogênio, um pacote de grandes projetos de infraestrutura de redes elétricas transfronteiriças e o impulsionamento do investimento em pesquisa agrícola a fim de gerar soluções para enfrentar os desafios da insegurança alimentar, da mudança climática e da degradação ambiental.



91% do PIB global está comprometido com metas Net Zero



320 milhões de compensações (cada uma delas representando uma tonelada de CO₂e), criadas anteriormente sob o Protocolo de Quioto, podem entrar no novo mercado regulado pelo Artigo 6.



O Brasil pode se tornar um **grande exportador de créditos de carbono** e ofertar até um bilhão de toneladas em crédito se reduzir o desmatamento.

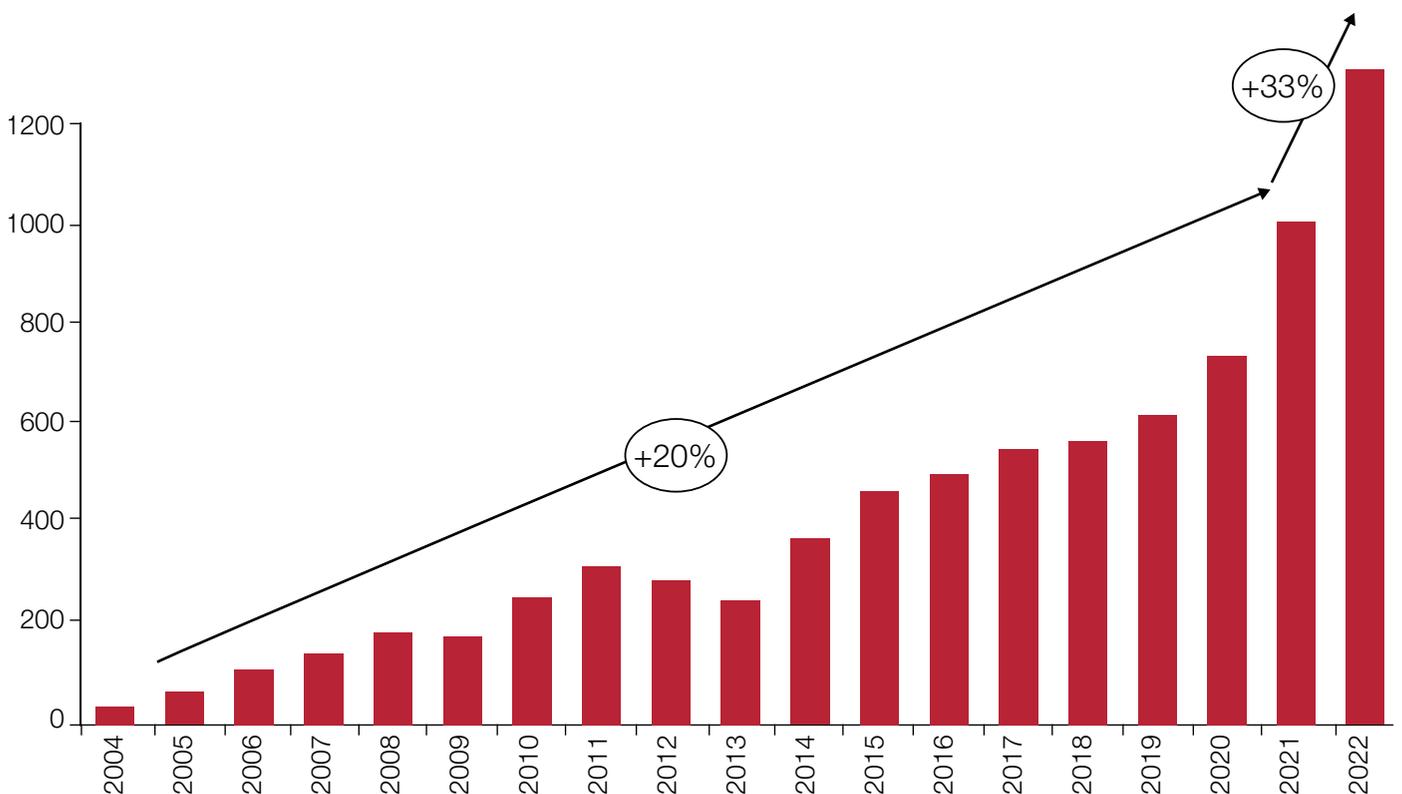


1.4 Panorama global de investimentos

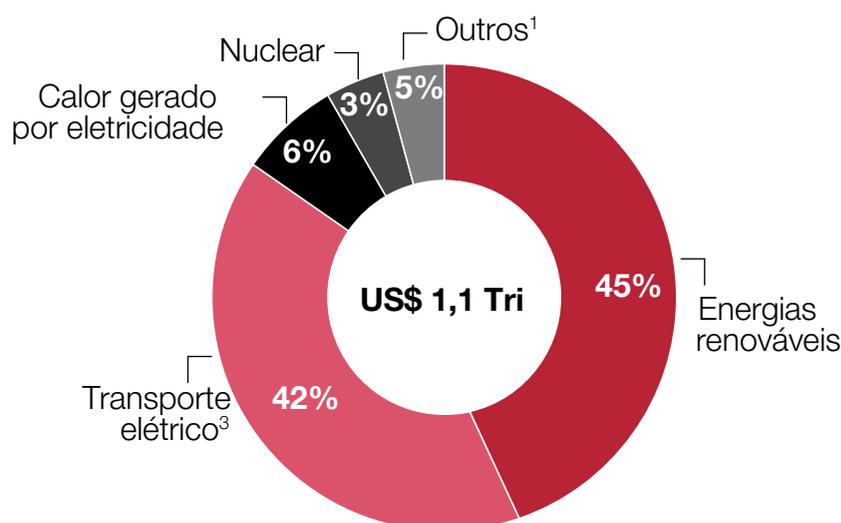
Os investimentos globais na transição estão aumentando. Em 2021, cresceram 27% e atingiram US\$ 755 bilhões. As energias renováveis e os veículos elétricos representam a maior parte desse valor, com 84%. Segundo a BNEF (Bloomberg New Energy Finance), gastos com transportes eletrificados vão superar os realizados em energias renováveis em 2022.

Veja no gráfico a seguir que hidrogênio, tecnologias de CCS (captura e armazenamento de carbono) e materiais sustentáveis representaram coletivamente US\$ 24 bilhões, sendo que o CCS foi o único segmento que registrou redução no período, chegando a US\$ 2,3 bilhões.

Investimento em transição energética 2004 – 2022



Investimento em transição energética – Por tecnologia (2022)



Fontes: BNEF. ¹ “Outros” inclui materiais sustentáveis, armazenamento de energia, CCS (Carbon Capture and Storage - captura e armazenamento de carbono) e hidrogênio.

A região da Ásia-Pacífico (APAC) é a maior em termos de investimento, atraindo US\$ 368 bilhões para o transporte eletrificado, uma das principais apostas tecnológicas para a transição energética. Na região da EMEA (Europa, Oriente Médio e África), o transporte eletrificado também é destaque e atraiu US\$ 236 bilhões. As Américas atraíram US\$ 150 bilhões.

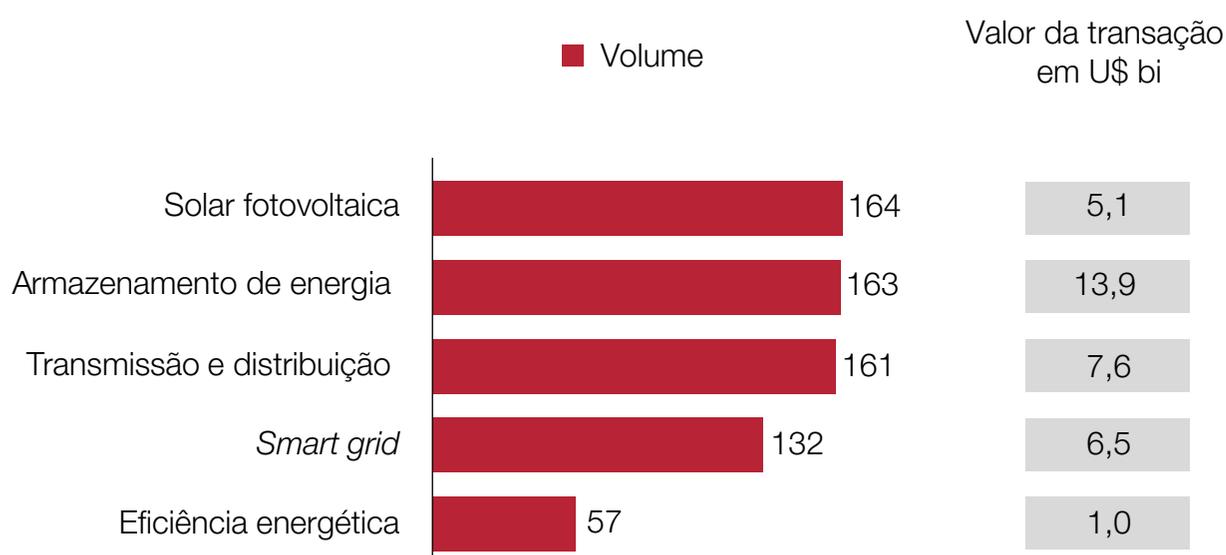
A China foi o país que mais recebeu investimentos em 2021, totalizando US\$ 266 bilhões.

Os EUA ficaram em segundo lugar, com US\$ 114 bilhões. Alemanha, França e Reino Unido também são grandes focos de atração de investimentos. Em toda a Europa os investimentos de capital de risco no setor cresceram 50% entre 2020 e 2021.

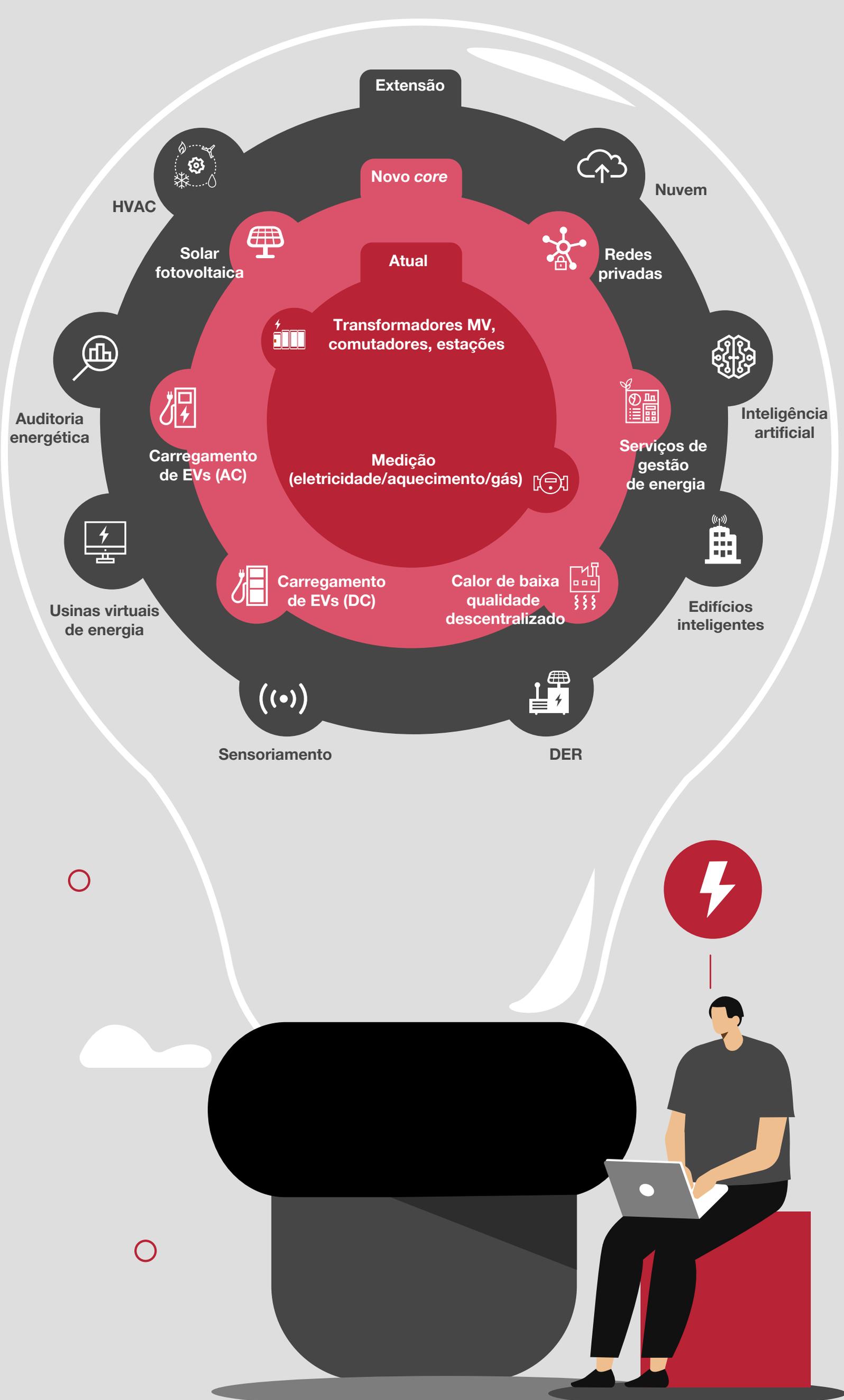
Investimentos em VC em energia

Volume de investimentos de VC e valor por subsetor (global)

Cinco principais subsetores em número e valor de transações (4T20 – 4T21)



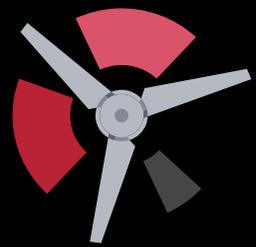
Fontes: dados globais e análise Strategy&.



Fontes: dados globais e análise Strategy&.



2. Macrotendências: os 4Ds e as incertezas do cenário atual



A evolução do setor é impulsionada por muito mais do que acordos internacionais e pressões geopolíticas. Tendências de transição e a força dos 4Ds (Descarbonização, Descentralização, Digitalização e Disrupção da demanda) são o pano de fundo para profundas transformações no setor energético, em especial, no elétrico.

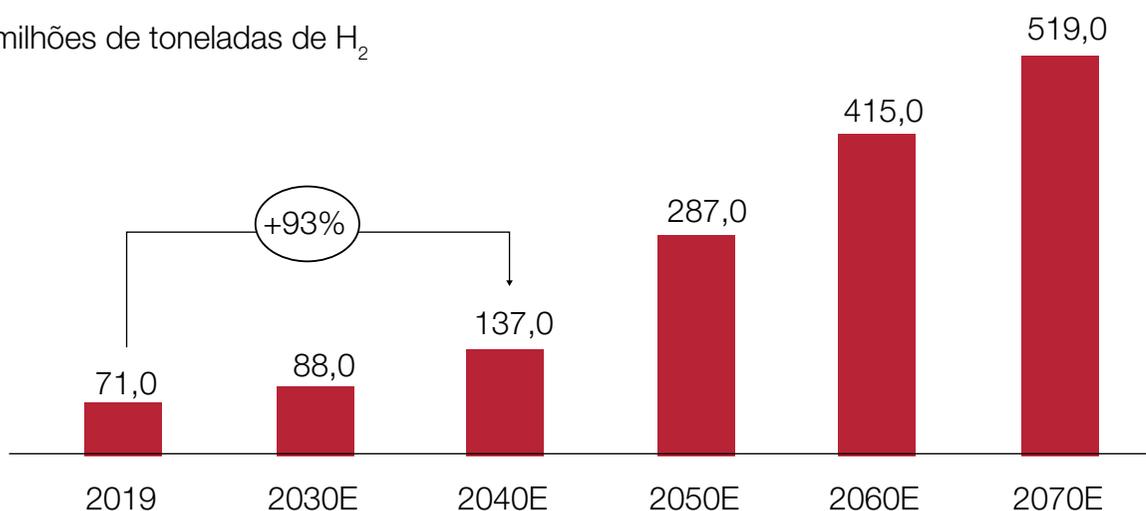
2.1 Tendências

Descarbonização

Entre as energias limpas para descarbonização, o hidrogênio verde se destaca. A expectativa é que a demanda global duplique até 2040.

Previsão da demanda global por H₂

Em milhões de toneladas de H₂



Fontes: IEA, IRENA, 2018, Bloomberg, Afhyac, CNCCEF.org, análise Strategy&

O Brasil tem grande potencial para desenvolvimento de projetos de hidrogênio (H₂) verde com custo altamente competitivo devido à capacidade eólica e incidência solar significativamente elevadas.

A adoção do H₂ verde se dará em diferentes momentos em cada setor devido a fatores como atratividade econômica e complexidade. Nos setores de transporte e residencial, por exemplo, seu uso deve atingir maturidade primeiro na Europa, o que abre para o Brasil a possibilidade de exportação de H₂ verde.

No setor de matéria-prima industrial, percebemos um potencial grande no mercado brasileiro, especialmente para produção de fertilizantes (amônia). Essa demanda deve aumentar com futuras movimentações para descarbonizar esse tipo de produção. Também existe um alto potencial de utilização de H₂ na geração elétrica, como forma de armazenamento de energia, pois o hidrogênio é especialmente eficiente quando aliado a um baixo LCoE de renováveis.

Roadmap global de aplicações do hidrogênio



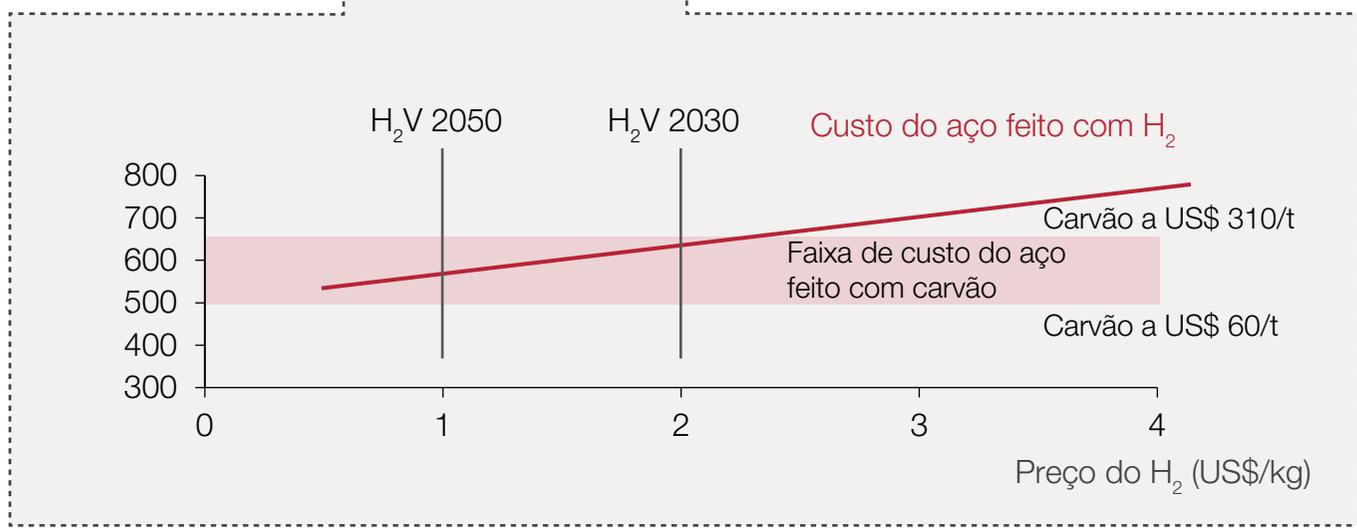
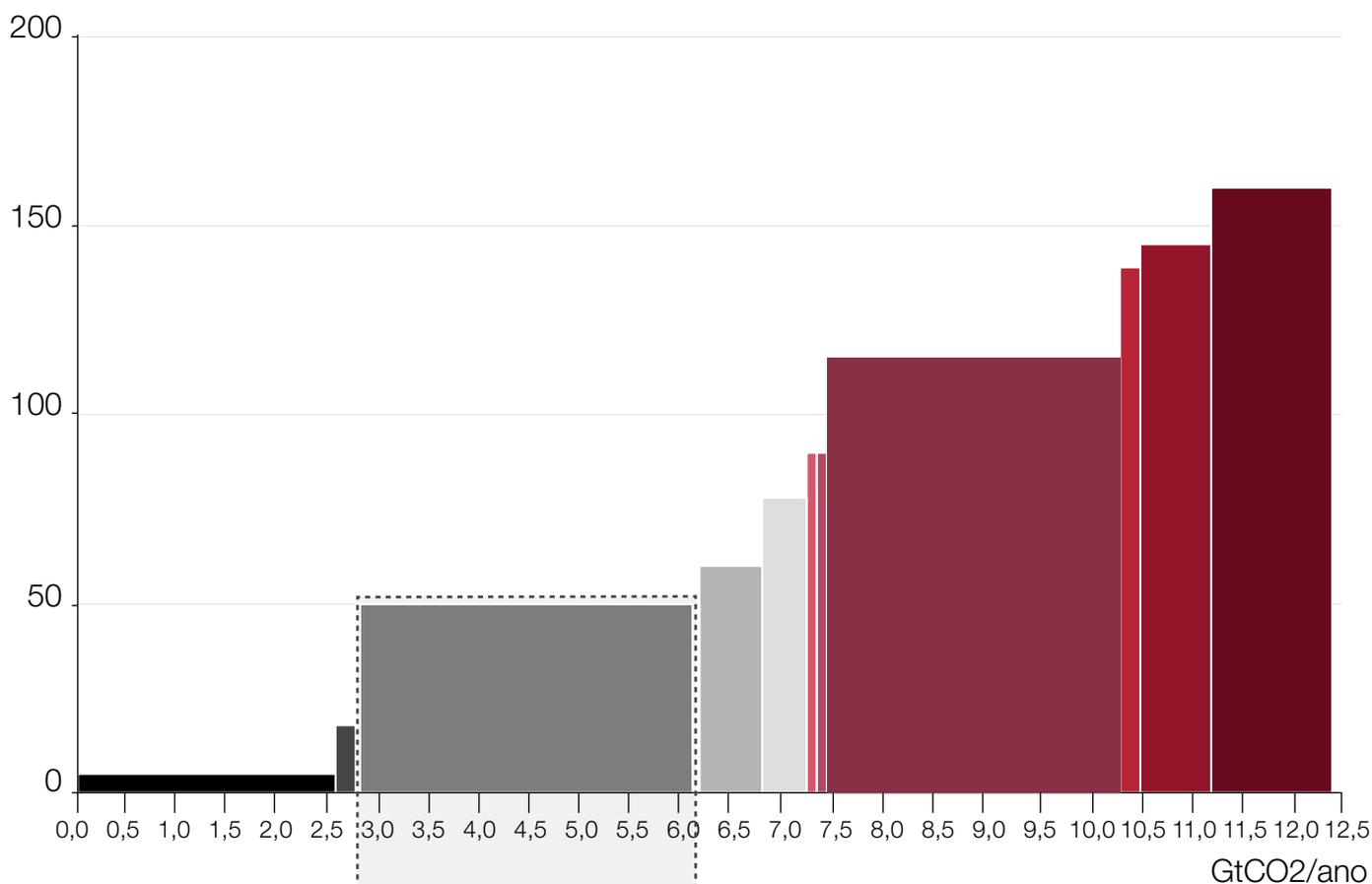
Fontes: análise Strategy&, PwC. CCU = sigla em inglês para Captura e Utilização de Carbono; BTX = benzeno, tolueno e xileno.

Acredita-se que o H₂ verde tenha potencial para descarbonizar diversos setores, inclusive aqueles que enfrentam desafios maiores para reduzir emissões. Por exemplo, quando o valor do H₂ verde chegar a US\$ 1/kg e o preço de carbono atingir US\$ 50/tCO₂e, será possível adotar o hidrogênio renovável na produção de aço, com mostra o quadro a seguir:

Curva de custo de redução marginal de emissões por setor em 2050, assumindo H₂ a US\$ 1/kg

- Carros, ônibus e caminhões (custo de abate zero)
- Refino de petróleo
- Aço
- Cimento
- Amônia
- Alumínio
- Vidro
- Geração elétrica a gás
- Metanol
- Embarque
- Aquecimento

Preço do carbono (US\$/t)



Fontes: BloombergNEF e análise Strategy&.

Diversas razões levam a crer que, no mundo, custo de produção de H₂ Verde deve seguir caindo. Algumas plantas devem produzir abaixo de US\$ 1,5/kg em 2030.

Perspectiva global dos custos de produção de H₂ por tecnologia



Fontes: BloombergNEF, IEA, Energy Conversion and Management: X e Strategy&. Custos do H₂ turquesa influenciados principalmente pelo gás natural. Preços de CO₂ (consequentemente, do gás natural) devem aumentar aproximadamente US\$ 50/t, tornando o H₂ verde mais competitivo.

A descarbonização por causa do gás natural implica custos adicionais de US\$ 55-80/t CO₂.

Descentralização

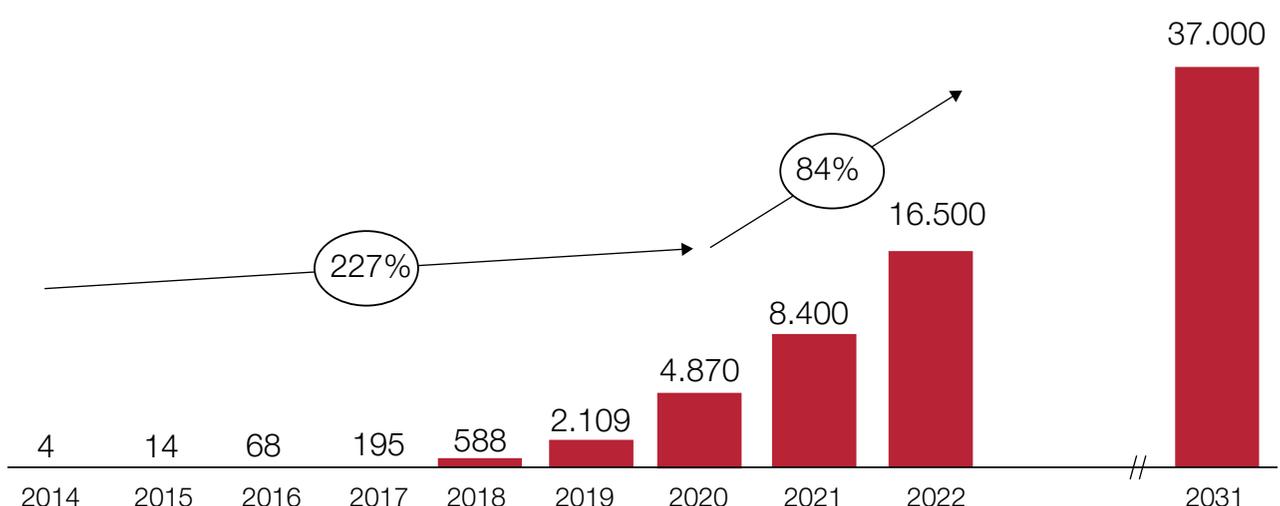
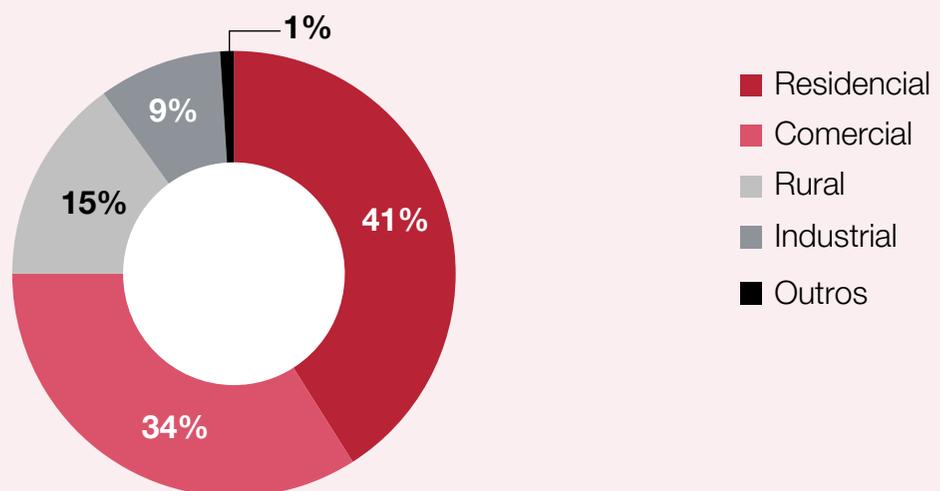
- Custos de transmissão e distribuição somados à alta volatilidade de preços e ao rápido desenvolvimento tecnológico e comercial da geração solar descentralizada têm **acelerado o crescimento dos consumidores que produzem, os prossumidores.**
- Peso da tributação e das idiossincrasias do mercado brasileiro também criam **incentivos para projetos de autogeração no comércio e indústria.**

Acredita-se que a diferença de preço entre o mercado livre e o regulado e a queda no custo da tecnologia impulsionarão a descentralização e a energia solar. Ganhos crescentes de competitividade das energias renováveis não têm sido diluídos com custos de geração térmica nos preços médios do ambiente de contratação regulada (ACR).

Entre outras razões, o alto custo percebido pelos consumidores de energia impulsiona a fuga do mercado regulado para o mercado livre e também para projetos de autogeração.

Histórico e perspectiva de geração distribuída – Brasil (MW)

GD por tipo de consumo, 2022 (MW)



Fontes: EPE e Aneel; análise Strategy&.

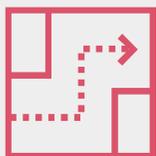
Digitalização

No atual cenário de transformação, novos conceitos surgem para apresentar as inovações. Entre eles, destacam-se as usinas virtuais de energia (*virtual power plants*, em inglês, ou VPPs), que funcionam como usinas capazes de centralizar e otimizar oferta e demanda de energia a fim de maximizar a segurança do sistema, minimizar preços e priorizar fontes de baixa (ou nenhuma) emissão de CO₂e.

Com o aumento da participação de fontes não despacháveis na rede e a perspectiva de precificação de serviços ancilares, as VPPs ganham papel fundamental na transição, atuando como balanceadores de demanda. O mercado potencial chega a R\$ 3 bilhões. Entre os principais benefícios estão:

- Redução dos picos de energia por meio da distribuição inteligente da energia pela VPP;
- Redução de encargos e custos de energia para os clientes finais graças à proximidade entre o local do consumo e da geração da energia;
- Redução da emissão de CO₂ por causa do uso de fontes de energia mais renováveis na rede, como a energia solar;
- Previsões mais precisas sobre a utilização de energia por meio da geração de dados em tempo real;
- Modulação de oferta e demanda, arbitragem de preços, comercialização de serviços e derivativos de energia;
- Melhoria da qualidade de fornecimento de energia elétrica por meio da absorção das flutuações de tensão pela VPP; e
- Redução da perda de energia durante a transmissão devido à proximidade da VPP com a fonte de energia.

As VPPs podem ter três focos. Em todos, a escala na operação é um dos aspectos mais importantes para a captura de benefícios. Quanto maior a escala de uma VPP, maior o potencial de receita obtido com a centralização de um grande número de fontes de geração distribuídas e diferentes padrões de consumo (*networking effect*).

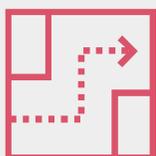


VPP de demanda

Gerenciam (leitura e modulação) o consumo de energia, principalmente com medidores e dispositivos inteligentes.

Fontes de receita

- Percentual de redução das contas de energia dos clientes.

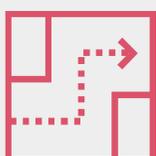


VPP de oferta

Agregado de recursos de geração renovável e dispositivos de armazenamento (baterias e EVs) que injetam energia no sistema.

Fontes de receita

- Otimização dos custos operacionais de geração.
- Compra e venda no Ambiente de Contratação Livre (ACL), com apoio da capacidade de armazenamento.



VPP mista

Estado da arte das VPPs. Ecossistema completo que permite leitura de consumo e geração e modulação da oferta e da demanda.

Fontes de receita

- Otimização dos custos operacionais de geração.
- Redução de CAPEX em plantas para energia de reserva.
- Compra e venda no ACL.

Fontes: IRENA (International Renewable Energy Agency); análise Strategy&.

No Brasil, ainda não vemos VPPs em operação. Alguns fatores estruturais são fundamentais para permitir que o mercado se estabeleça e cresça:

VPPs – Condicionantes e serviços

Condições para as VPPs



Medidores inteligentes e infraestrutura de comunicação



Capacidade de armazenamento



Aspectos regulatórios bem definidos



Dados confiáveis (previsão de tempo, carga e preços)

Serviços potenciais

Entre os serviços que podem ser executados em uma estrutura de VPP, estão:

1. Previsão e comercialização de REDs (recursos energéticos distribuídos);
2. Acionamento otimizado dos REDs com base nas variações de preços no MCP;
3. Execução de serviços ancilares para transmissores e, potencialmente, distribuidores.

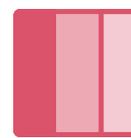
Países com operação de VPPs



Alemanha



Austrália



Bélgica



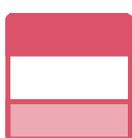
Dinamarca



Estados Unidos



França



Holanda



Reino Unido

Fontes: IRENA – *Innovation Aggregators 2019*; análise Strategy&

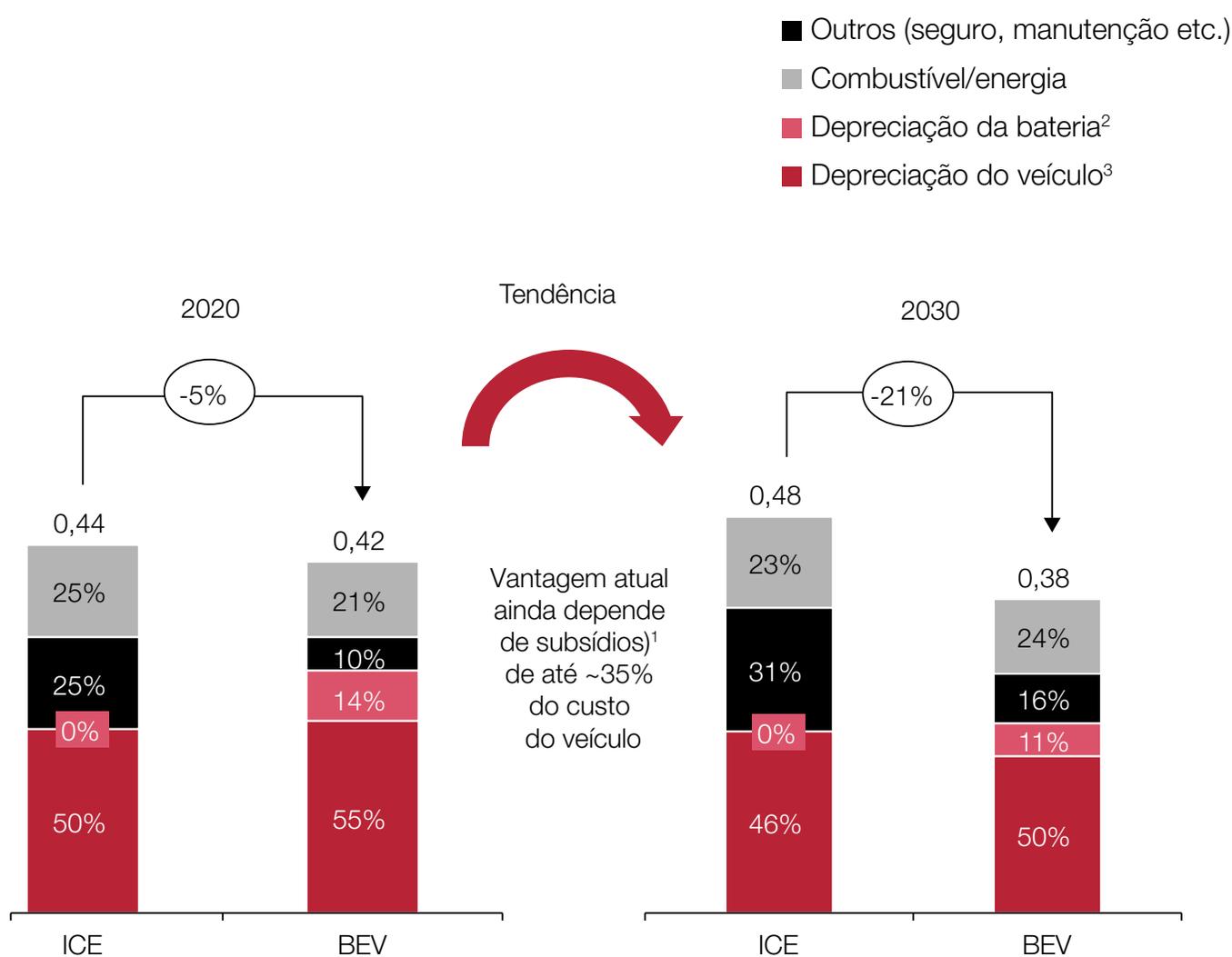
Disrupção de demanda

Na primeira década de previsão das metas da COP, o foco da transição energética ou da descarbonização era o crescimento das energias renováveis, como eólica e solar. Já a segunda década se apoia na contribuição da eletrificação em curso. Especialmente na Europa, nos Estados Unidos e na China, o número de veículos totalmente elétricos vem crescendo a taxas elevadas.

Entendendo essa demanda do mercado, as próprias montadoras planejam ter 100% das suas vendas livres de carbono até 2040. Embora governos dos três maiores fabricantes (Alemanha, China e EUA) ainda não tenham se comprometido com essa meta, GM, Ford e Mercedes já aderiram, o que significa que um em cada três carros de passeio vendidos no mundo terá emissão zero.

Na Europa, incluídos os subsídios, o veículo elétrico já é viável economicamente. No Brasil, esse movimento ainda é lento por características regionais, como renda per capita e da frota brasileira, mas também segue em curso. A expectativa é chegarmos a um *break even* em 2030.

TCO de automóveis de passeio [EUR/km] – Perspectiva global



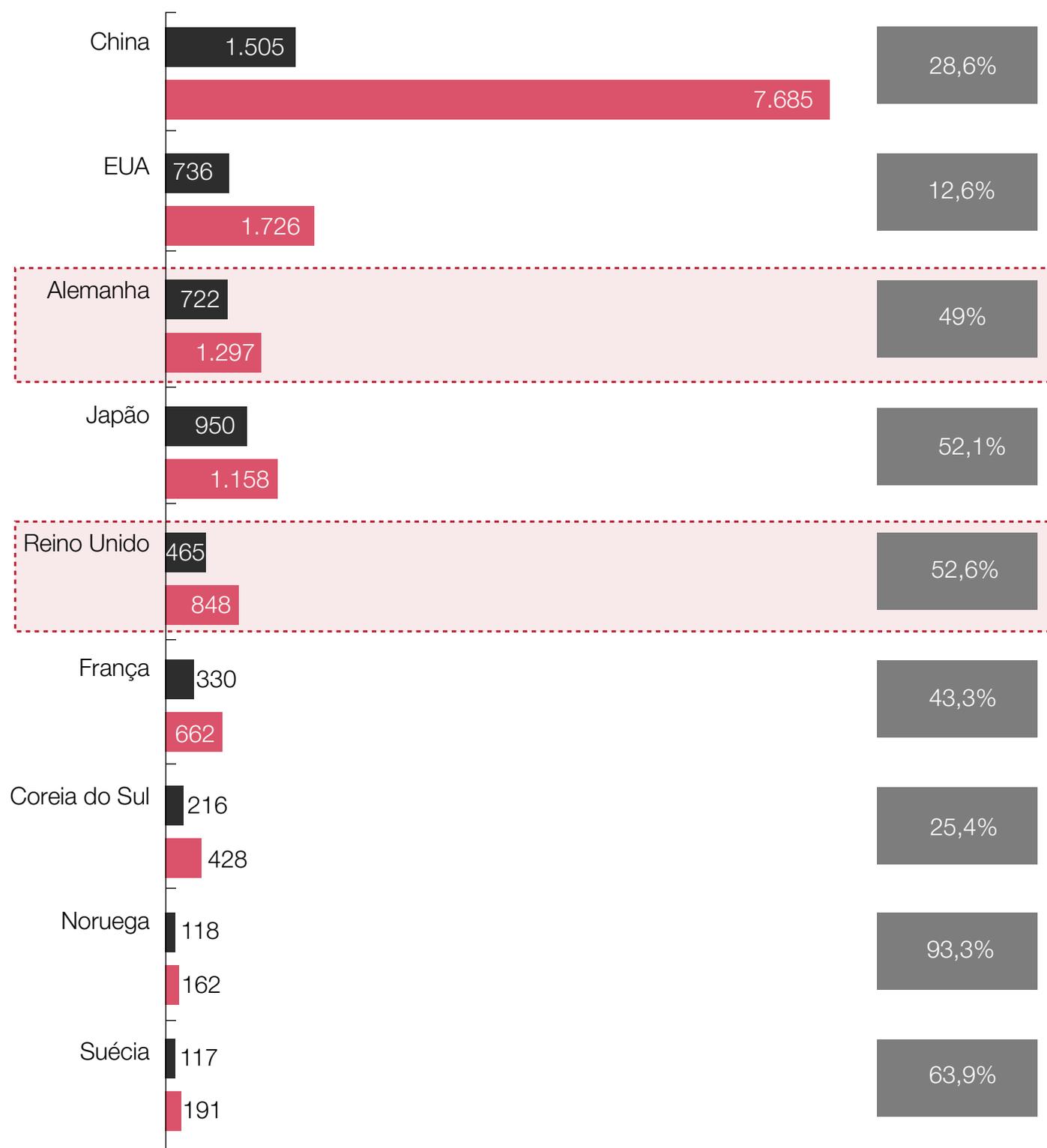
Fontes: IPCC, Cundall, Instituto Fraunhofer, UK Department of Transport, 2019 United Nations Framework Convention on Climate Change, ePure, Integrated Fuels and Vehicles Roadmap to 2030+, Strategy&. ICE = sigla em inglês para veículo a combustão interna; BEV = sigla em inglês para veículo elétrico alimentado por bateria. ¹ Subsídios embutidos na depreciação da bateria; ² Vida de ~7 anos considerada para as baterias; ³ Vida de 15 anos considerada para o veículo.

A aceleração global das vendas de carros elétricos de passeio cria escala suficiente para reduzir custos de produção e exportação, garantindo venda crescente em diversas regiões nos últimos anos. A expectativa é manter essa curva ascendente.

Dados sobre vendas de carros elétricos e híbridos

Em milhares de unidades vendidas e % relativo

■ 2020 ■ 2022 ■ Participação de mercado



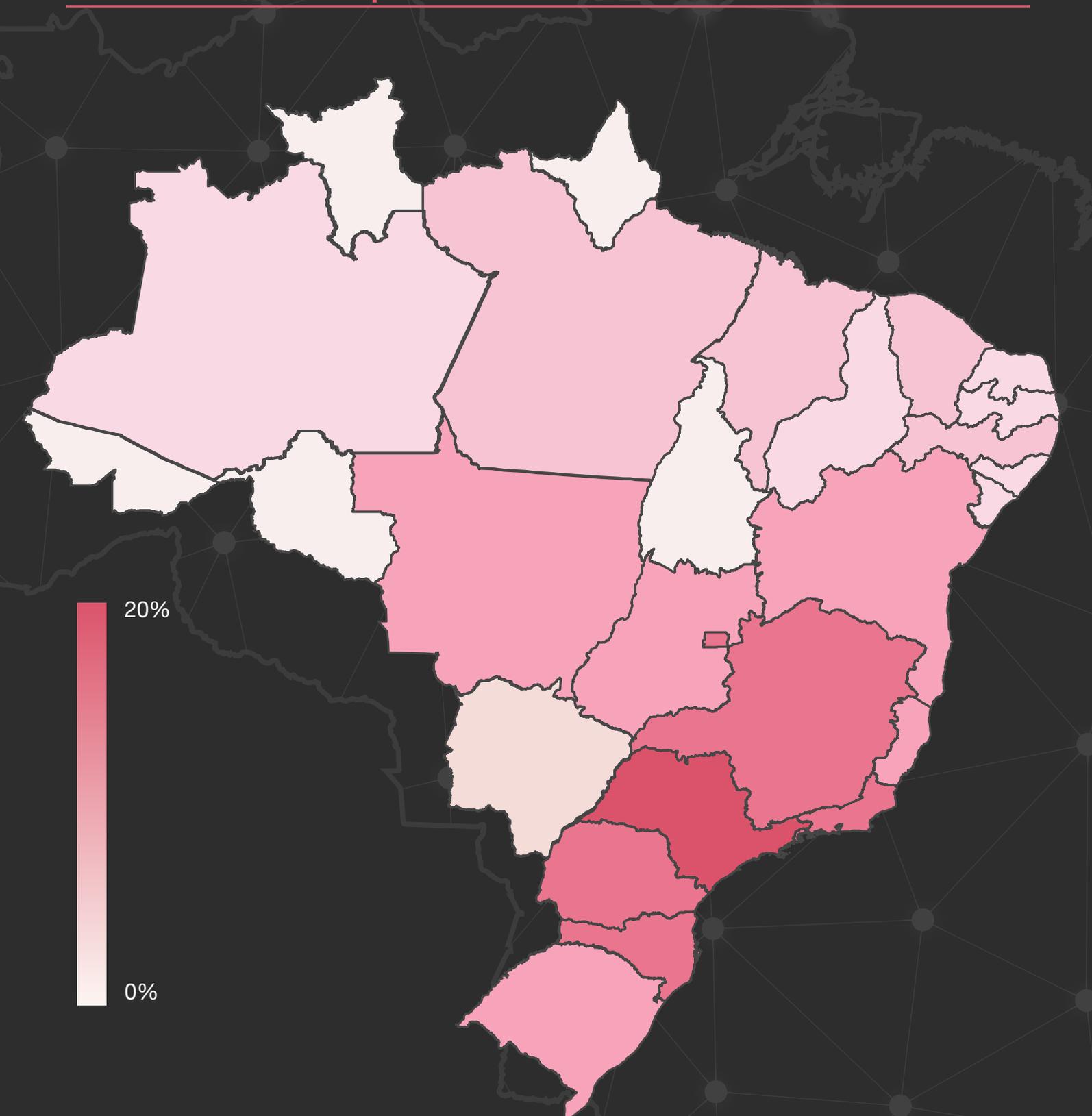
Fontes: Autofacts Analysis, Autoactu, ANFAC, ANFIA, BOVAG, Fourin, KBA, SMMT, Marklines e ODD.

Segundo o estudo *How to foster eMobility for truck fleets?*, da Strategy&, o *market share* da frota de caminhões com emissão zero chegará a 30% em 2030 e continuará a aumentar fortemente até 2035. O segmento *Zero-emission light-duty trucks (LDT)* deve liderar essa mudança, que ganhará tração a partir de 2025, com um crescente portfólio de veículos.

2.2 Impactos no consumo elétrico e de combustível

- O consumo anual da frota de veículos elétricos alimentados a bateria em 2030 (considerando apenas veículos leves) deve ser próximo de **4,4 TWh**, representando 0,5% a 1,5% do consumo elétrico brasileiro.
- **Redução de demanda de 3 a 5 bilhões de litros de gasolina** equivalente, representando entre **5% e 9% da demanda atual**.

Peso na frota elétrica por UF



O panorama atual de eletrificação aponta uma tendência de concentração nas regiões Sul e Sudeste, onde o impacto no consumo de energia e combustíveis deverá ser mais intenso.

2.3 Principais incertezas

Incertezas políticas, econômicas e climáticas no cenário atual criam desafios em termos de volatilidade e equilíbrio entre oferta e demanda, como destaca o gráfico a seguir.



1. Continuação da pandemia: as ondas recorrentes de covid-19, provocadas por novas variantes do vírus em diversos países, geram impactos nas cadeias de fornecimento e restrições de ofertas de insumos, como componentes eletrônicos, por exemplo. Por outro lado, a perpetuação de novos hábitos, como o trabalho remoto, também afeta o consumo de diferentes fontes energéticas.

2. Guerra na Ucrânia: os conflitos e embargos geraram importantes restrições na oferta de energia. A incerteza sobre o abastecimento na Europa acelera a corrida por fontes renováveis, pelo hidrogênio e por opções de armazenamento.

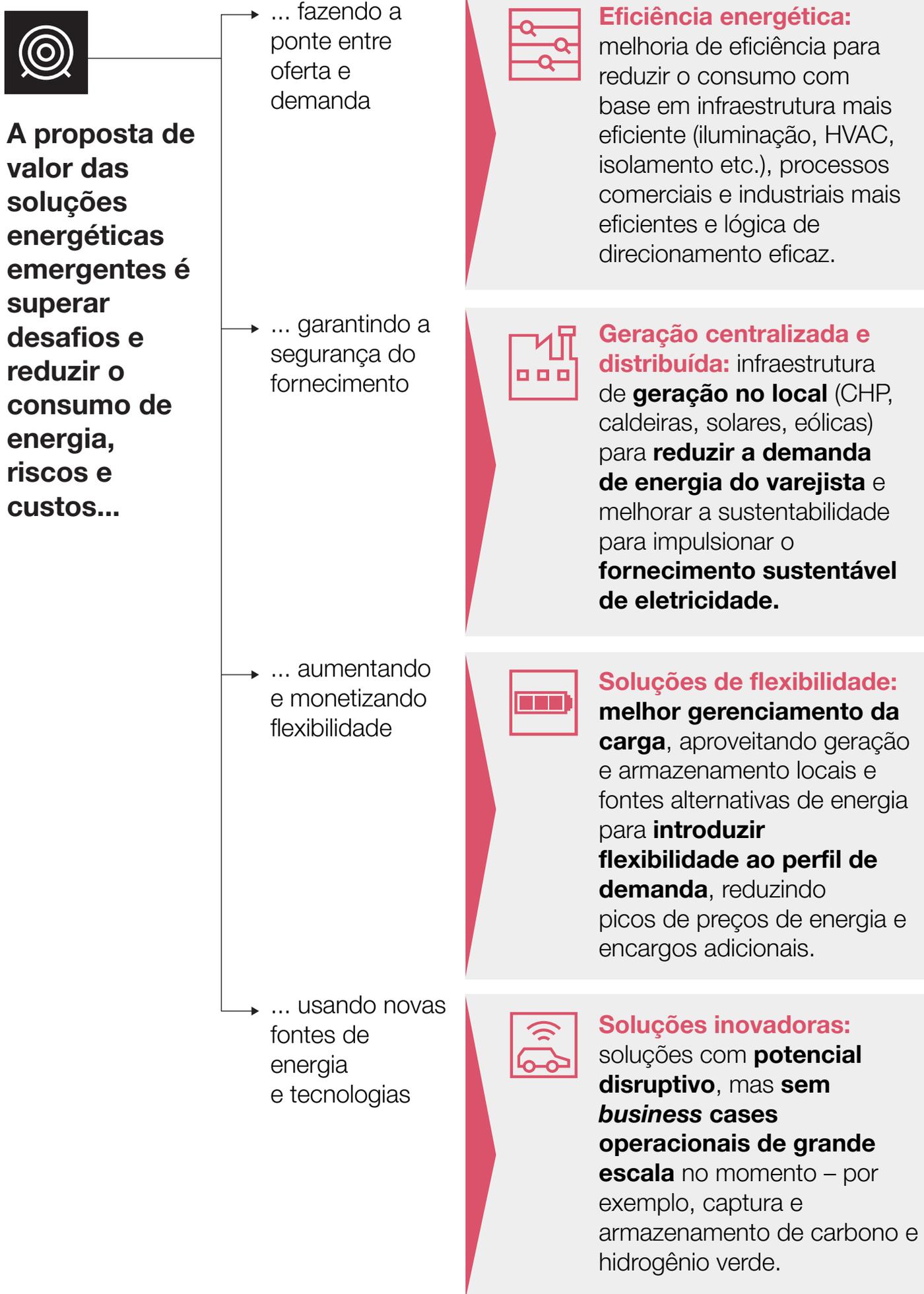
3. Inflação global: crise energética, restrições na oferta de insumos e alimentos, expansão fiscal em função da pandemia, rearranjos geopolíticos com redução de abertura comercial, entre outros fatores, aceleraram processos inflacionários em todo o mundo. A alta da taxa de juros americana tem efeitos diretos na liquidez internacional, nas taxas de câmbio e no custo de oportunidade de projetos de infraestrutura, sobretudo nos países emergentes.

4. Ambiente político nacional: a crise política nacional se estende há quase uma década. A acentuada polarização reduz a governabilidade e aumenta a morosidade para aprovar mudanças regulatórias importantes, especialmente no Brasil, como o Projeto de Lei nº 414/2021, que visa aprimorar o modelo regulatório e comercial do setor elétrico. Instabilidade e baixo crescimento econômico enfraquecem o câmbio, o que pressiona a inflação, já afetada por políticas fiscais expansionistas. Ao mesmo tempo, o calendário eleitoral postergou discussões importantes para 2023.

Com tudo isso, os preços globais da energia têm exibido alta volatilidade, criando efeitos inflacionários em cadeia, incertezas e alta dos juros.

Todas essas incertezas prejudicam a agenda de transição energética no curto prazo, o que reforça a necessidade de adaptação. Estes são alguns fatores que direcionam a transformação:

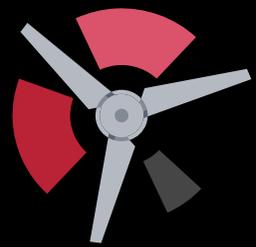
Direcionadores de transformação



Fontes: Commodity Insights, S&P Global, Oxford Energy Institute, Reuters, Argus.



3. Brasil: riscos e oportunidades



Ao mesmo tempo que impõe uma série de obrigações e exigências, a agenda em curso cria oportunidades que podem ser exploradas tanto no mercado interno quanto no internacional. Exemplos:

- Novas fontes: como hidrogênio verde, negociação e captura de CO₂, biocombustíveis, mercados de capacidade e derivativos;
- Novas demandas: como veículos elétricos, selos ESG, novos segmentos de clientes e fundos direcionados; e
- Novas tecnologias: como *blockchain*, eficiência energética, 5G, IoT, eletrificação, modulação de oferta e demanda.

Não há dúvidas de que o Brasil pode se beneficiar muito da transição energética. Os maiores pontos de atenção nesse processo são o desmatamento e o baixo investimento em tecnologias e infraestrutura para atender a demandas internas e internacionais.

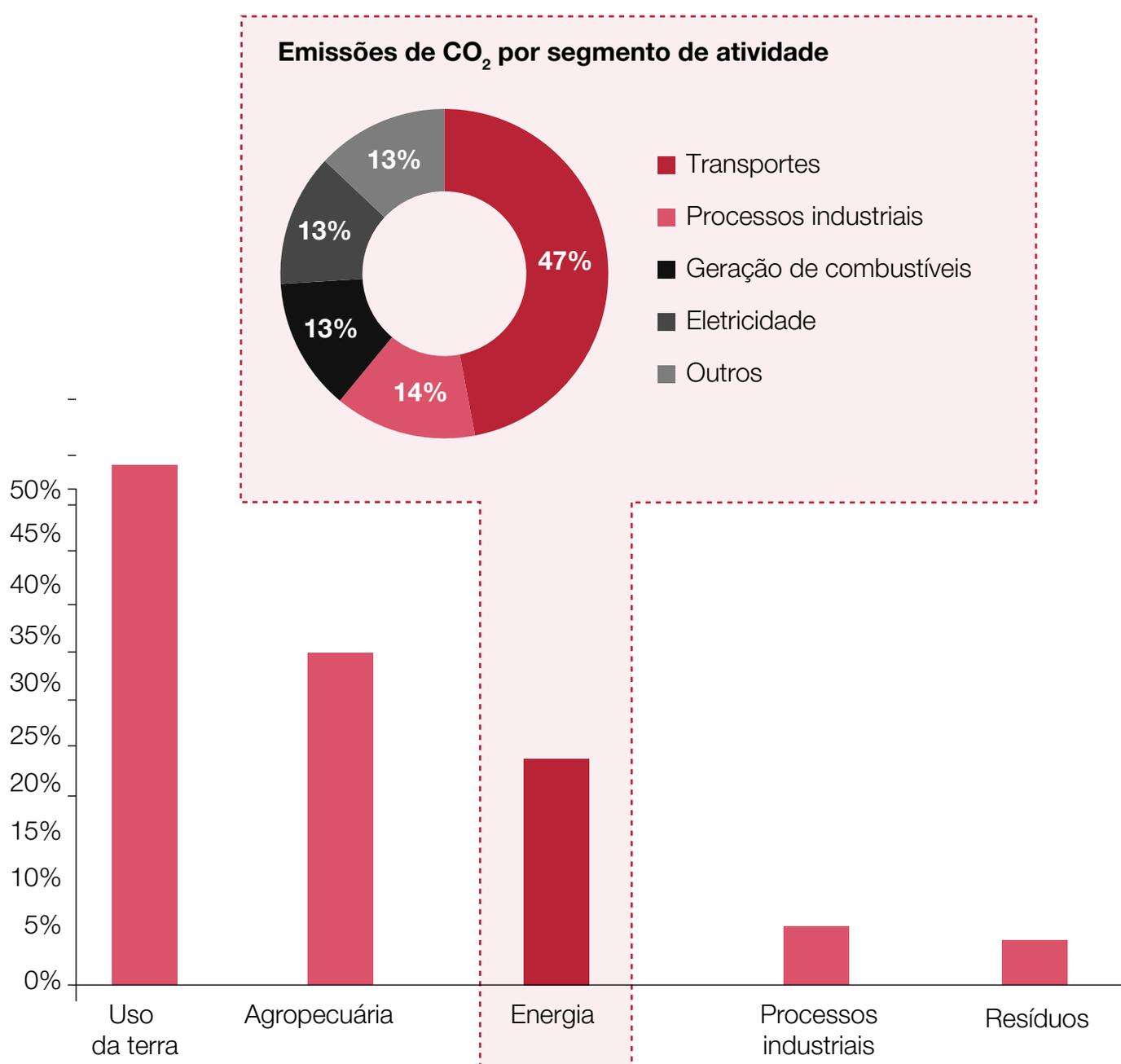
De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e

Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o país tem um desafio importante pela frente para alcançar sua meta de NDC do Acordo de Paris. O país se comprometeu a reduzir suas emissões líquidas em 37% até 2025 em relação aos níveis de 2005, o que totalizaria uma emissão máxima de 1,3 bilhão de toneladas líquidas de CO₂e (~20% abaixo do nível atual).

De acordo com o gráfico a seguir, o desmatamento, em especial na Amazônia, puxou o crescimento das emissões (a quantidade de gases de efeito estufa lançados na atmosfera pelo setor de mudança de uso da terra subiu 23%). Quando se trata de energia, especificamente, a emissão está muito concentrada no transporte, já que a nossa matriz energética é relativamente limpa.

Análise das emissões brasileiras

Participação dos setores nas emissões de CO₂ no Brasil – Relatório SEEG 2020



Fontes: SEEG; análise Strategy&.

Como mostra o gráfico a seguir, a abundância do Brasil em recursos naturais pode posicionar o país como protagonista da transição energética mundial.



Recursos naturais

- 12%** da água doce disponível no mundo está no Brasil
- 3B\$** é o potencial do mercado de grafeno no Brasil
- #2** maior produtor de ferro do mundo



Biocombustíveis

- #2** Maior produtor de etanol no mundo – 56% da exportação dos EUA
- 20%** *share* do etanol de milho em 2030 – menor emissão CO₂ e custo
- 30%** aproximadamente mais competitivo que o etanol americano



Energias renováveis

- #3** maior capacidade de geração de energia renovável do mundo
- ~20** US\$/MWh é o preço atual da energia solar no mercado regulado
- 55%** fator de capacidade médio de usinas eólicas no Brasil (vs. 30%, mundo)



Private equity

- 80%** é a taxa de crescimento de cleantechs no Brasil
- 71%** das cleantechs são empresas B2B
- R\$ 2,5B** capturado por fundos ESG no Brasil



Floresta amazônica

- 60%** da Amazônia se encontra em solo brasileiro
- 10%** de toda a biomassa do mundo é representada pela Amazônia
- 1/3** das florestas do mundo são representadas pela Amazônia



COP26 – Metas

- 50%** das emissões do GEE devem ser mitigadas até 2030 no Brasil
- 0%** de desmatamento ilegal até 2028 no Brasil
- 18M** de hectares de florestas restaurados até 2030

Fontes: Capital Reset, Broadcast, World Economic Forum, Exame, IRENA, GOV.Br, análise Strategy&

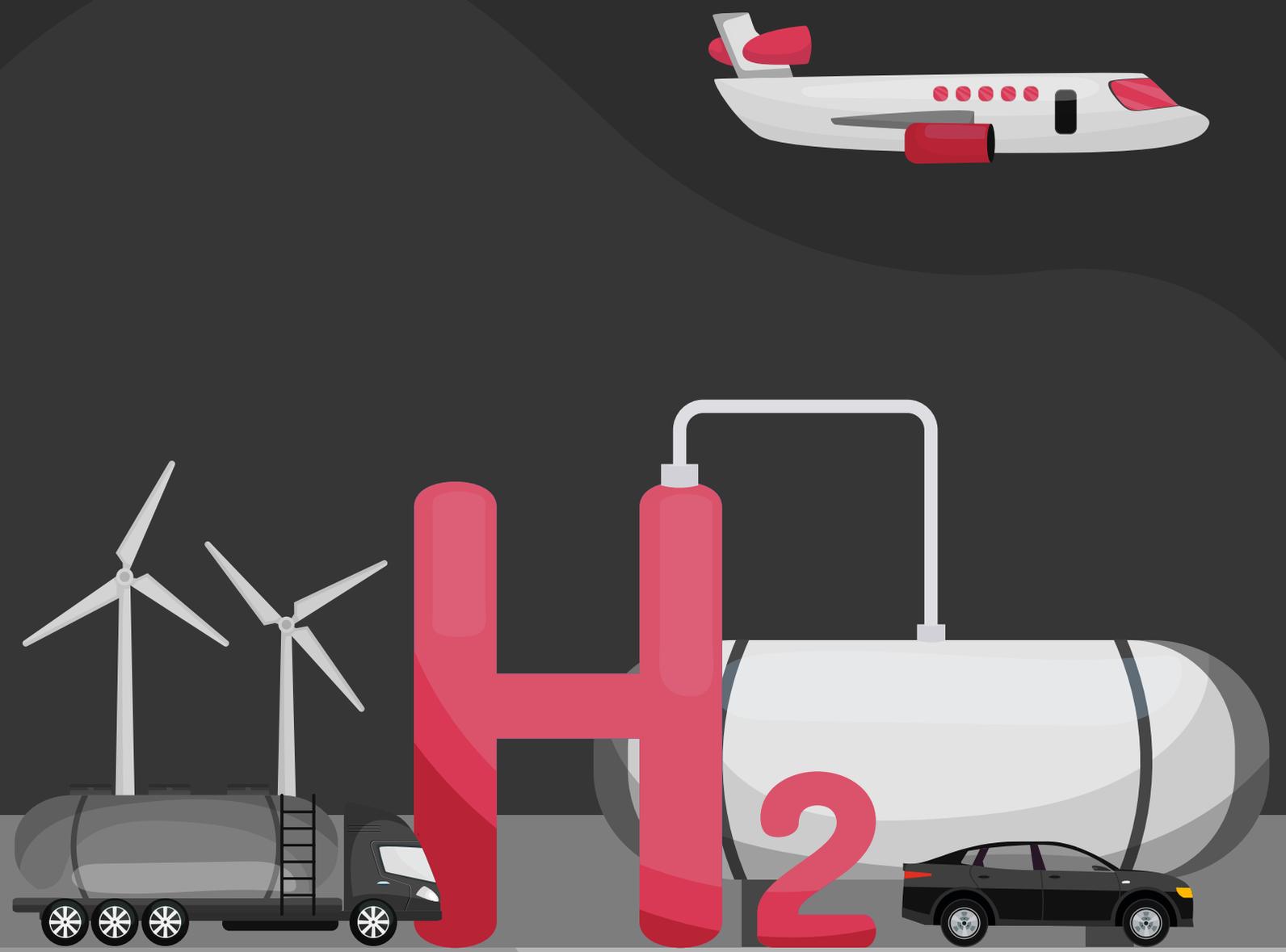
A questão é que essa agenda não é mais de longo prazo. A transição energética já está acontecendo. Países e empresas precisam se posicionar se quiserem aproveitar seus benefícios. Movimentos e mercados globais colocarão negócios tradicionais em risco, mesmo em países em que essa transição for mais lenta, por diferentes motivos, como os preços globais do carbono, a redução de ofertas globais sem neutralidade, o custo do capital e o comportamento do consumidor.

Por outro lado, gargalos de infraestrutura, regulação e inovação podem limitar a velocidade da transição energética e a extração do valor de determinados investimentos. O crescimento de fontes não despacháveis e a geração descentralizada criam desafios de gestão adicionais.

Entre os desafios e oportunidades futuros, destacam-se:

- Criação de novos mercados e submercados, como mobilidade elétrica, contratos futuros de energia, *trading* e derivativos, negociação e captura de carbono, carregamento de veículos elétricos, novos serviços e modelos de geração, armazenamento e distribuição.
- Novas tecnologias, como baterias/armazenamento, modulação de oferta e demanda, além de novas fontes, como hidrogênio verde, biogás e biocombustíveis de segunda ou terceira geração.
- Acesso a novos mercados e veículos de capital, além de atividade intensa de M&A, que pode proporcionar oportunidades de rotação de ativos.
- Na eletrificação, acredita-se que os veículos de passeio ainda devam levar de seis a oito anos para equiparar os custos de veículos elétricos alimentados a bateria com os de veículos de combustão interna. Ainda assim, modelos de negócio de recarga começam a se estabelecer desde já, com potencial futuro de uso das baterias para serviço de armazenamento (como o de VPP).

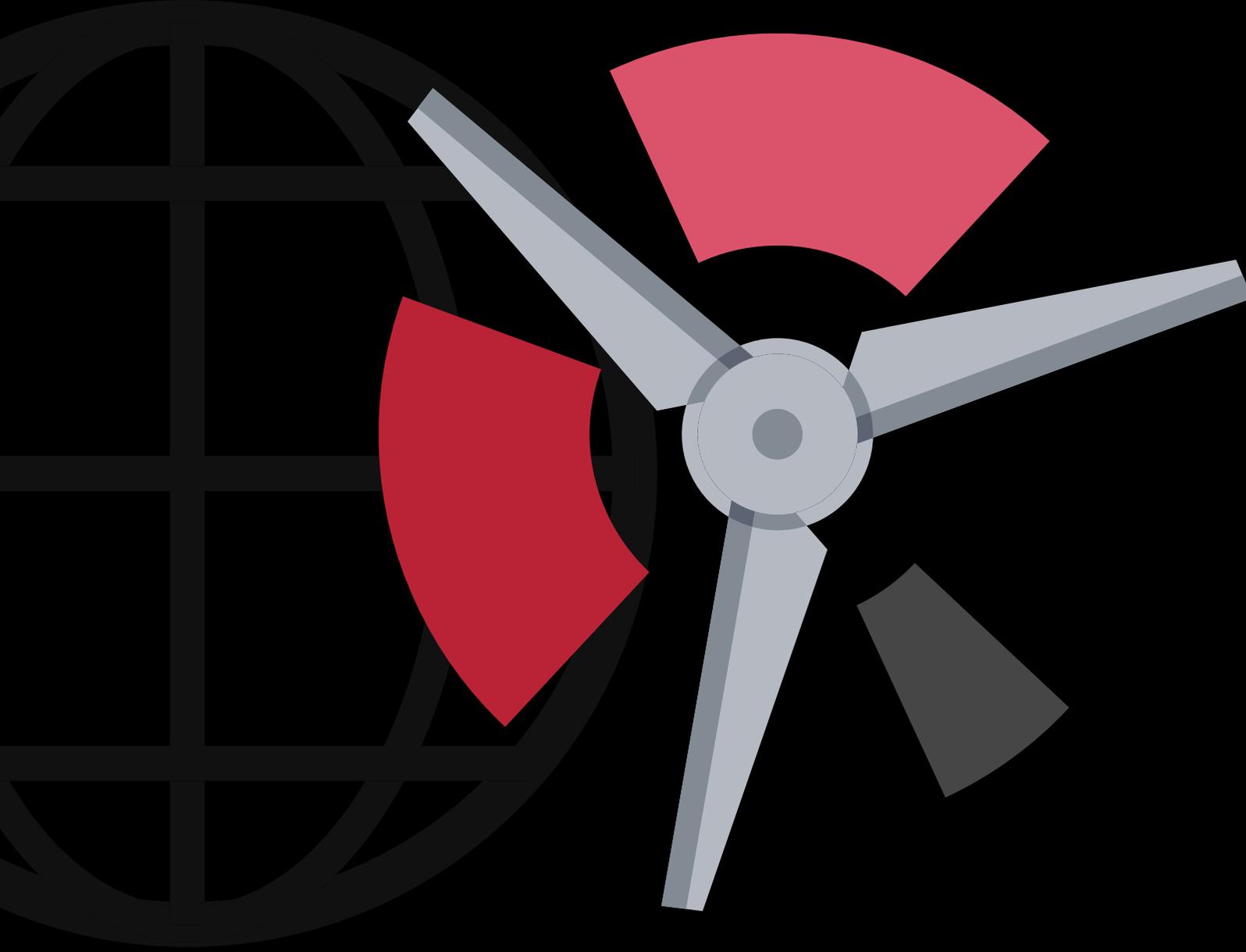




Com ambiente mercadológico e regulatório claramente mais avançado que seus vizinhos, o Brasil também avança no desenvolvimento de projetos de H₂ verde, com potencial para produzi-lo de forma mais competitiva no mundo devido ao baixo custo de renováveis e à complementaridade entre energia solar e eólica.

Além de aplicações industriais e no agronegócio, o H₂ verde pode criar oportunidades de arbitragem e gestão de volatilidade. Na indústria química, por exemplo, além do uso no próprio processo de refino, ele tem sido estudado na produção de novos combustíveis sintéticos. O H₂ pode ser utilizado também para produzir metanol e amônia, matéria-prima importante na fabricação de fertilizantes.

No setor de aço, o H₂ vem sendo utilizado para remover o oxigênio do minério de ferro no seu estado sólido, sem que seja necessário submetê-lo a um forno industrial. Já na produção de cimentos pode ser utilizado na calcinação e combinado com sistemas de captura de carbono para produzir amônia, uma vez que o setor é intensivo em emissões.



Considerações finais

A transição energética está em curso no mundo e no Brasil e criará novos padrões, modelos de negócio e mercados. Para o Brasil, esse processo traz um saldo positivo entre desafios e oportunidades, mas os setores público e privado precisam se posicionar logo.

A agenda do hidrogênio, por exemplo, permite alavancar a competitividade da geração de energia renovável brasileira, explorando mercados internacionais com protagonismo. O país precisa rapidamente investir no desenvolvimento de tecnologia e infraestrutura para viabilizar essa oportunidade.

A geração distribuída já está em marcha e demonstra o quão rápidas serão as mudanças – as usinas virtuais de energia elétrica tendem a ser o próximo novo modelo de negócio relevante. Como elas ainda dependem de modernização regulatória, as empresas que estiverem preparadas terão vantagens importantes na corrida.

O posicionamento para crescer e gerar valor nesse ambiente passa por diversas questões. Por exemplo, como a transição se desenvolverá no Brasil? Que tecnologias vão se sobressair? Quais são as vantagens relativas globais e locais? Onde atuar com escala ou em nicho? É preciso estar preparado para respondê-las.

Contatos



Adriano Correia

Sócio e líder da indústria de Energia
adriano.correia@pwc.com

Daniel Martins

Sócio em Energia da Strategy&
daniel.martins@pwc.com

Mauro Toledo

Diretor em Energia da Strategy&
mauro.toledo@pwc.com

strategy&

Part of the PwC network

www.strategyand.pwc.com



A Strategy& é formada por um time global de estrategistas práticos, comprometidos a desenvolver a vantagem essencial de seus clientes e a trabalhar em conjunto para ajudá-los a resolver seus problemas importantes e a aproveitar as melhores oportunidades. Trazemos para a prática mais de 100 anos de experiência em consultoria estratégica e as diversas capacitações funcionais e de mercado do Network PwC. Fazemos parte do Network de firmas PwC, presente em 152 países e com mais de 327 mil profissionais comprometidos em entregar qualidade em consultoria de gestão e de tecnologia, apoio a fusões e aquisições, consultoria tributária e societária, e serviços de auditoria.