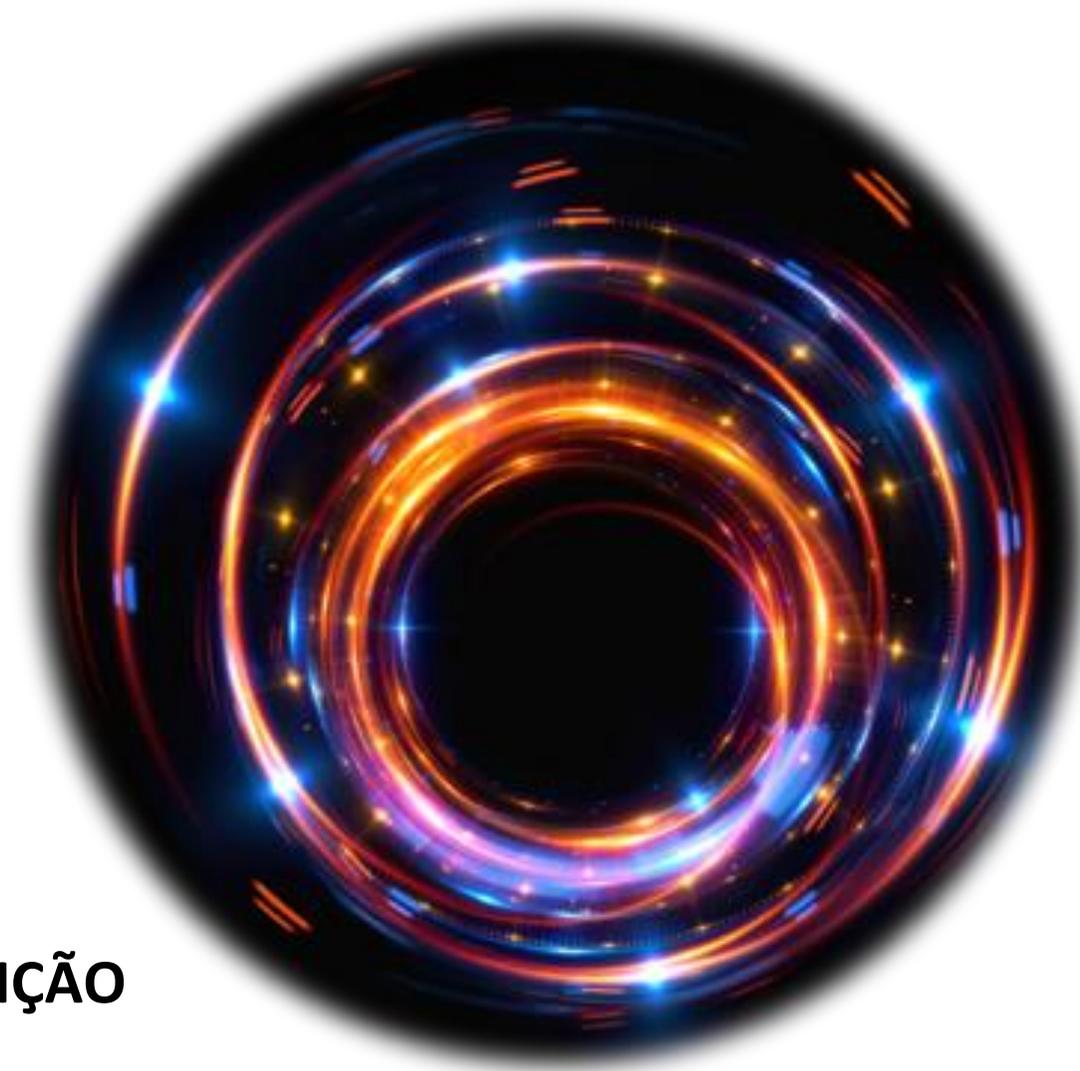


Deloitte.



CAMINHOS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL

WORKSHOP III Resultados

26 de setembro de 2022

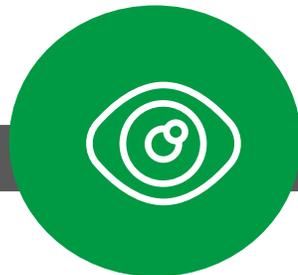
O estudo

Caminhos para se atingir os objetivos do Acordo de Paris



MODELAGEM

Nacional (Governo *versus* cenários mais ambiciosos)



RESULTADOS SETORIAIS

Considerando custos das tecnologias, regulações e condições habitacionais



CUSTO-BENEFÍCIO

Análise de custo e benefício na economia do Brasil



IMPACTOS

Impactos dos resultados em investimentos, empregos, PIB, ODSs, Transição Justa



RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

Resultados do Estudo, incluindo recomendações de políticas públicas e instrumentos econômicos que viabilizem a transição

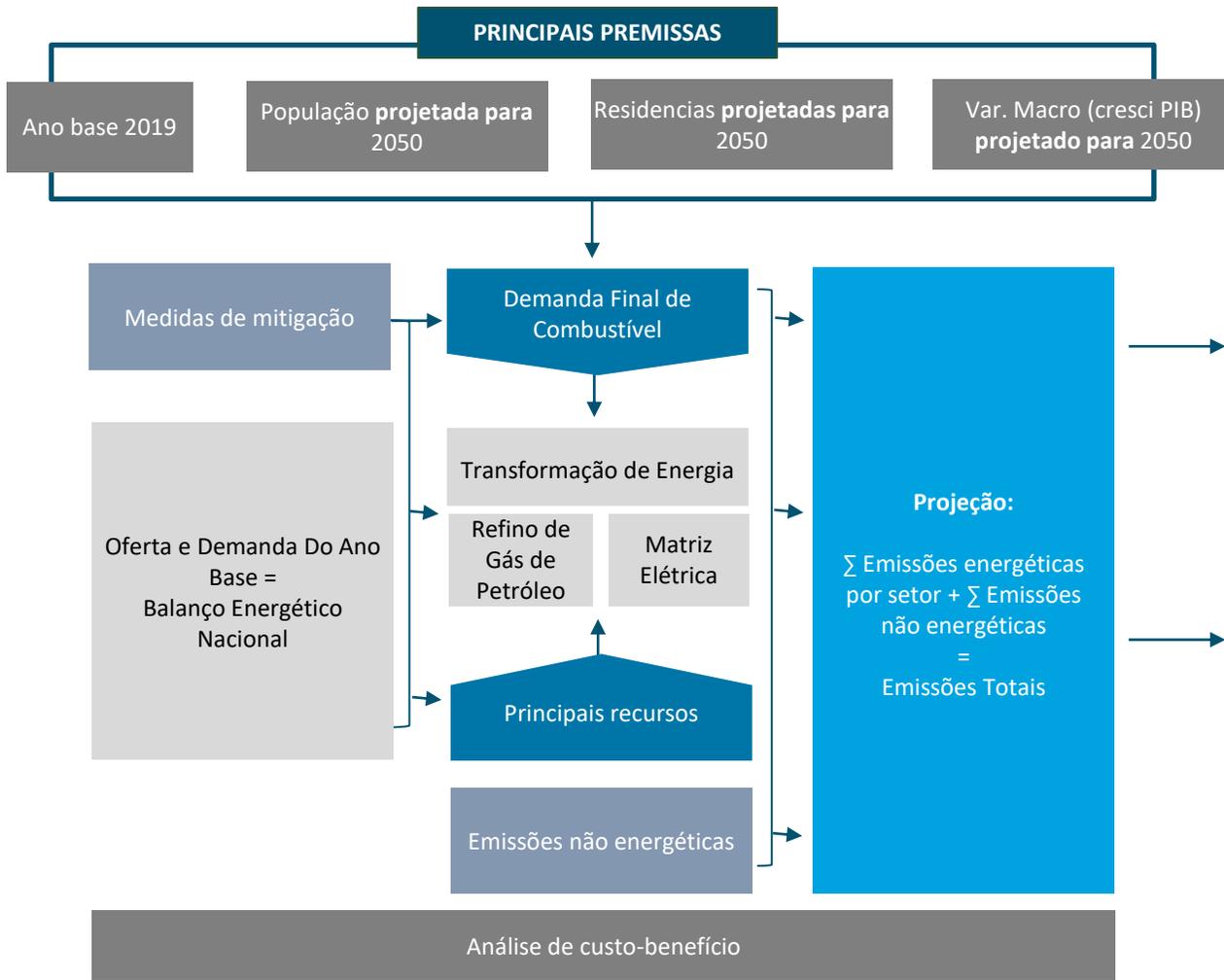


PARTICIPAÇÃO DOS STAKEHOLDERS

Ao longo de projeto contamos com a participação ativa de múltiplos stakeholders para auxiliarem no entendimento das ações e na definição da visão de médio e longo prazo. Foram **07 meses de trabalho colaborativo**, com aproximadamente **30 encontros técnicos** e contou com a participação de **mais de 500 pessoas** relacionadas à cerca de **200 stakeholders**.

O modelo do estudo

O estudo considerou as **medidas de descarbonização** para o Brasil em diferentes cenários.

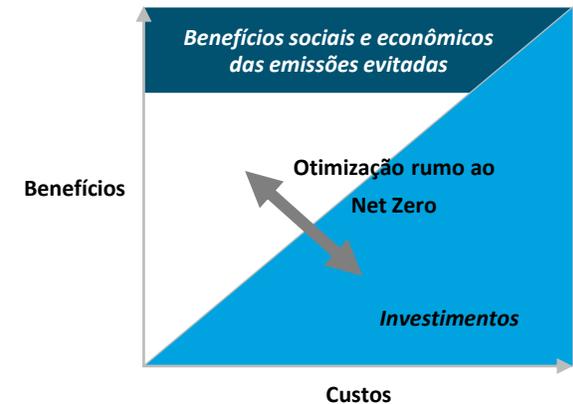


CENÁRIO REFERÊNCIA (REF):

Medidas de mitigação e mudanças na matriz energética que representam um futuro com maiores níveis de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e posterior **estabilização das emissões até 2050**. Nesta trajetória não há esforços adicionais significativos de mitigação.

CENÁRIO NET ZERO:

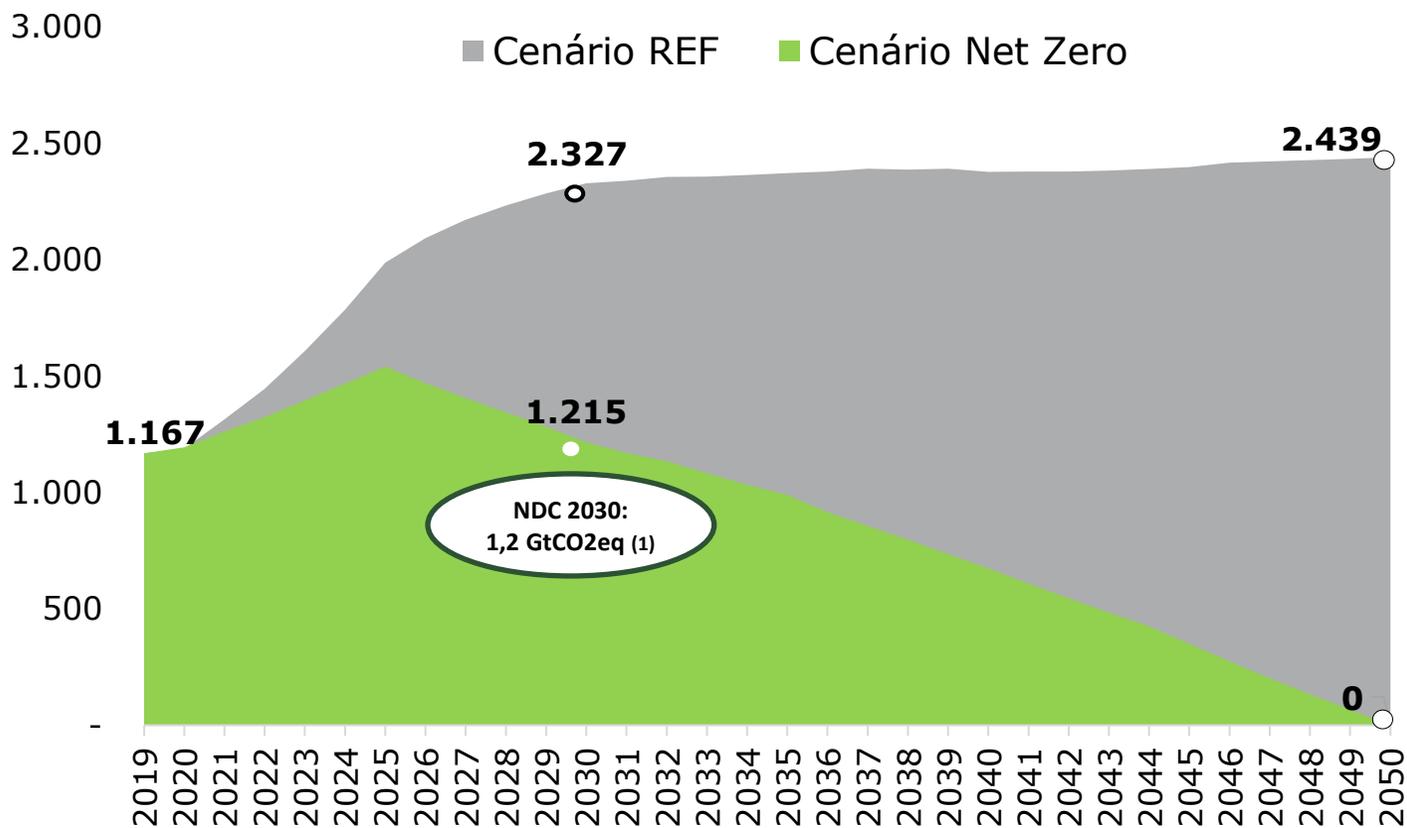
Políticas de mitigação e mudanças na matriz energética maximizando o potencial de redução de emissões em todos os setores, embasado em, mas não limitado às propostas da NDC. **Reflete uma sequência de esforços**, por parte do governo, empresas e cidadãos, **para atingir emissões líquidas próximas de zero até 2050, com maior benefício à sociedade.**



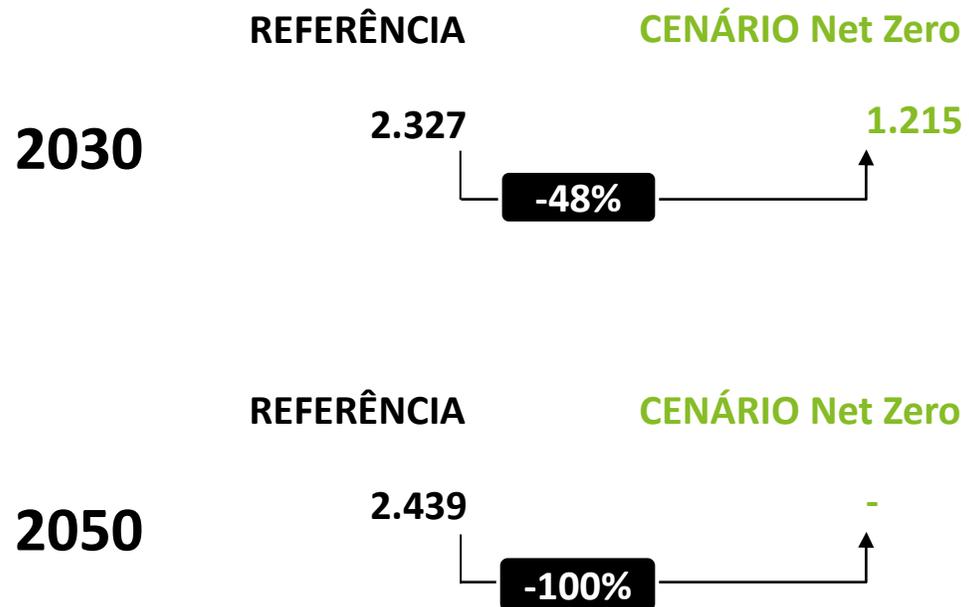
Transição para uma economia de baixo carbono

A sociedade conseguirá sentir os efeitos sociais positivos da redução das emissões em 3 anos, e a neutralidade será atingida em 2050.

Caminho de Emissões Líquidas de GEE (MtCO2 eq.)

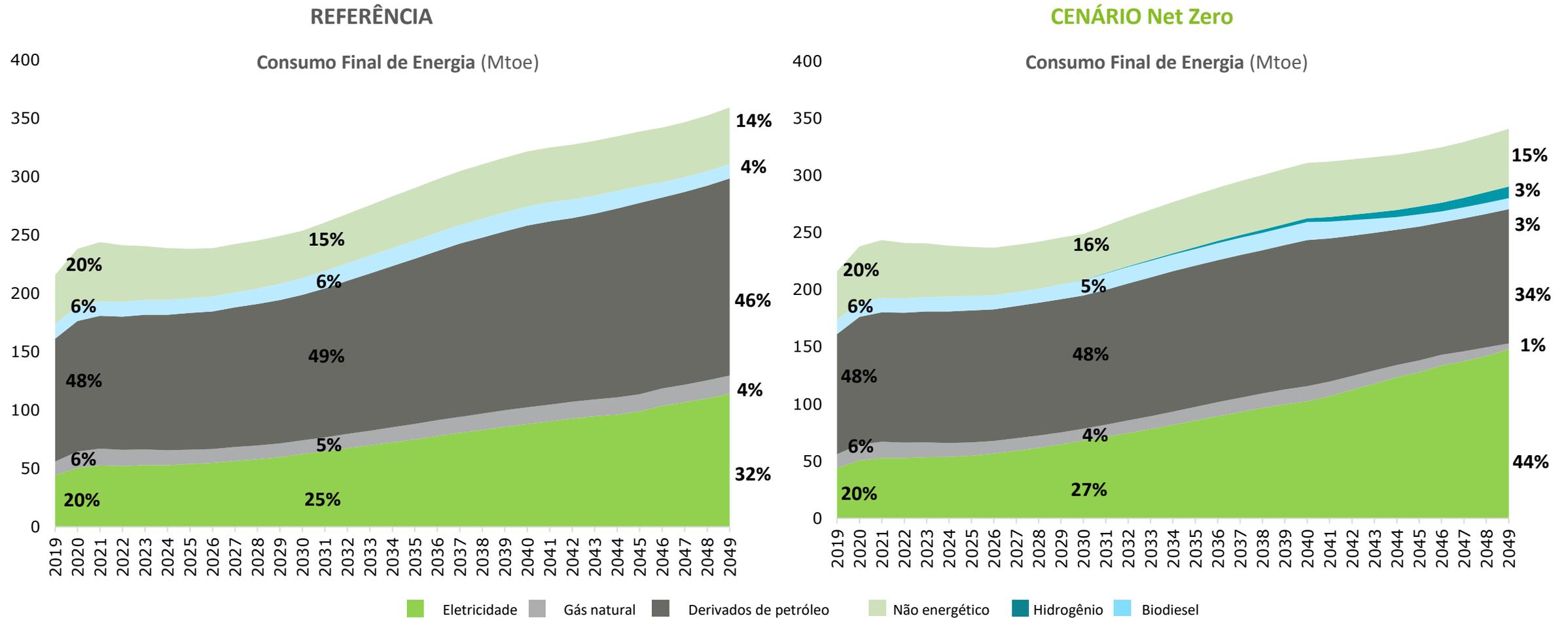


Nível de emissões líquidas de GEE em MtCO2 eq



A substituição de combustível é essencial para a descarbonização

O consumo final de energia elétrica atinge 32% e **44%** em nossos cenários propostos.



Geração de eletricidade

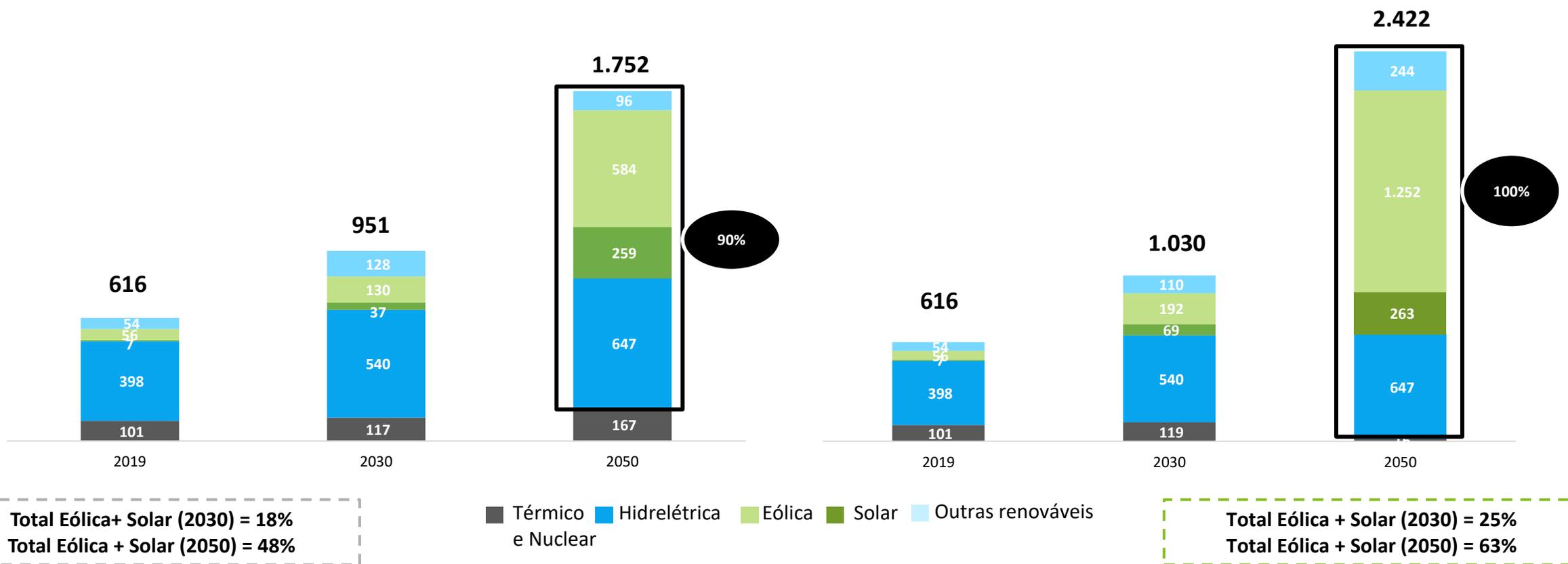
No **Cenário Net Zero** o consumo elétrico será suprido principalmente por fontes verdes de **menor custo**, garantindo um **futuro limpo**.

CENÁRIO REFERÊNCIA

Geração Elétrica (TWh)

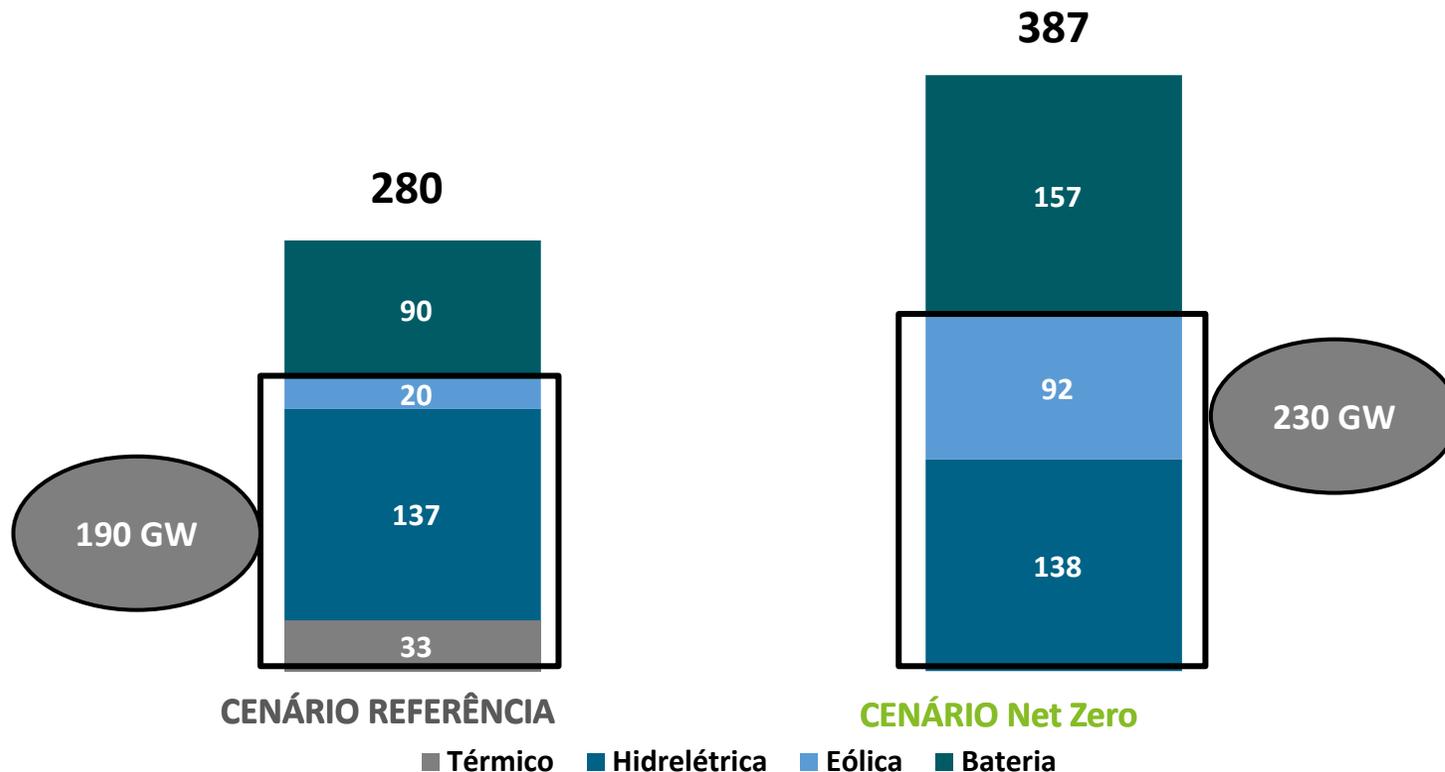
CENÁRIO Net Zero

Geração Elétrica (TWh)



Geração de eletricidade

Geração para cobrir a demanda máxima (GW)



O modelo mostra que a cobertura do pico no ano de 2050 é alcançada principalmente através do desenvolvimento de energias renováveis e investimento em baterias.

Por sua vez, o gás natural permanece como um insumo que serve de suporte para a cobertura do pico. Assim, em termos de eficiência de custos, o investimento em baterias é mais conveniente do que em energia térmica.

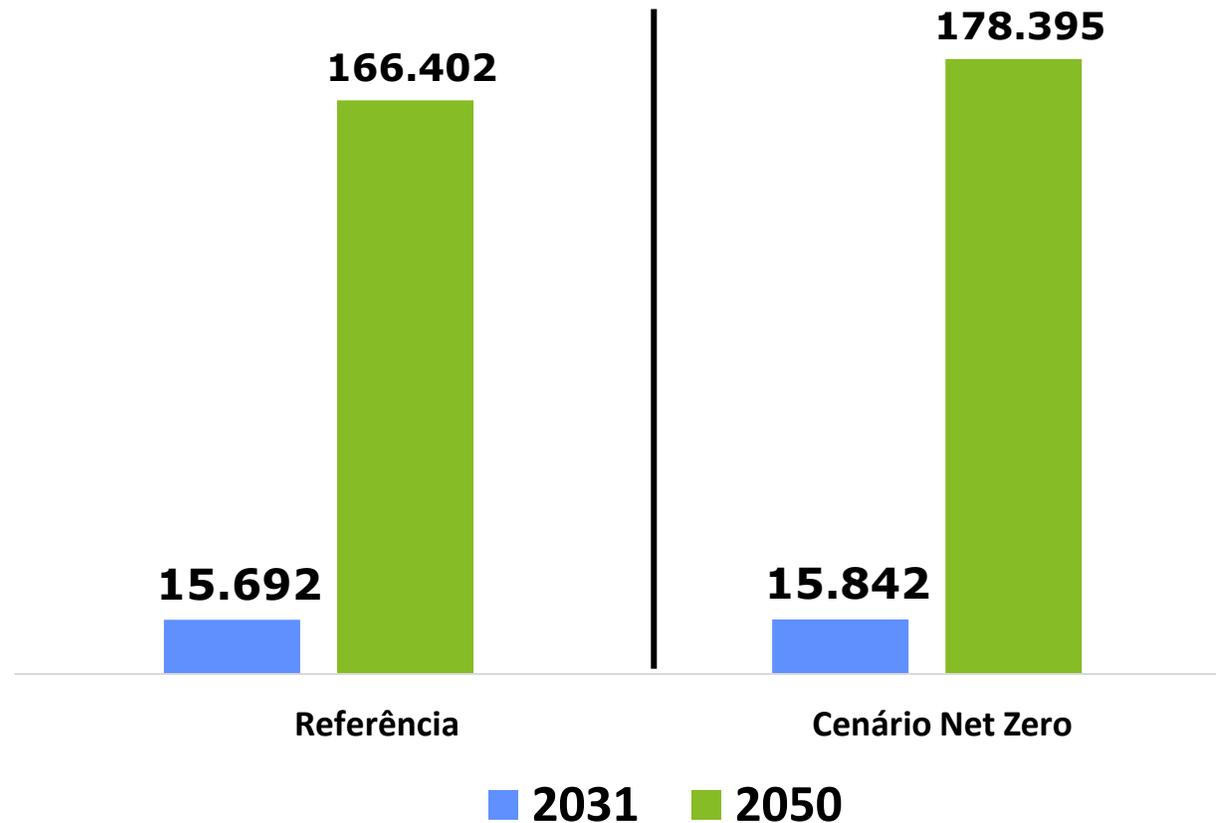
A estrutura tarifária deve ser projetada de tal forma que envie sinais de preços apropriados que possam impulsionar a resposta da demanda e comportamentos de eficiência energética.

Importância da promoção de tarifas dinâmicas e tarifas por tempo de utilização para prover adequada sinalização de preços aos consumidores finais de energia elétrica, permitindo que esses possam responder à variações no custo da energia.

Investimentos em linhas de transmissão de energia

É necessário um investimento entre **166 bilhões** e **178 bilhões** de **dólares** (USD) em linhas de transmissão.

INVESTIMENTOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO (USD)



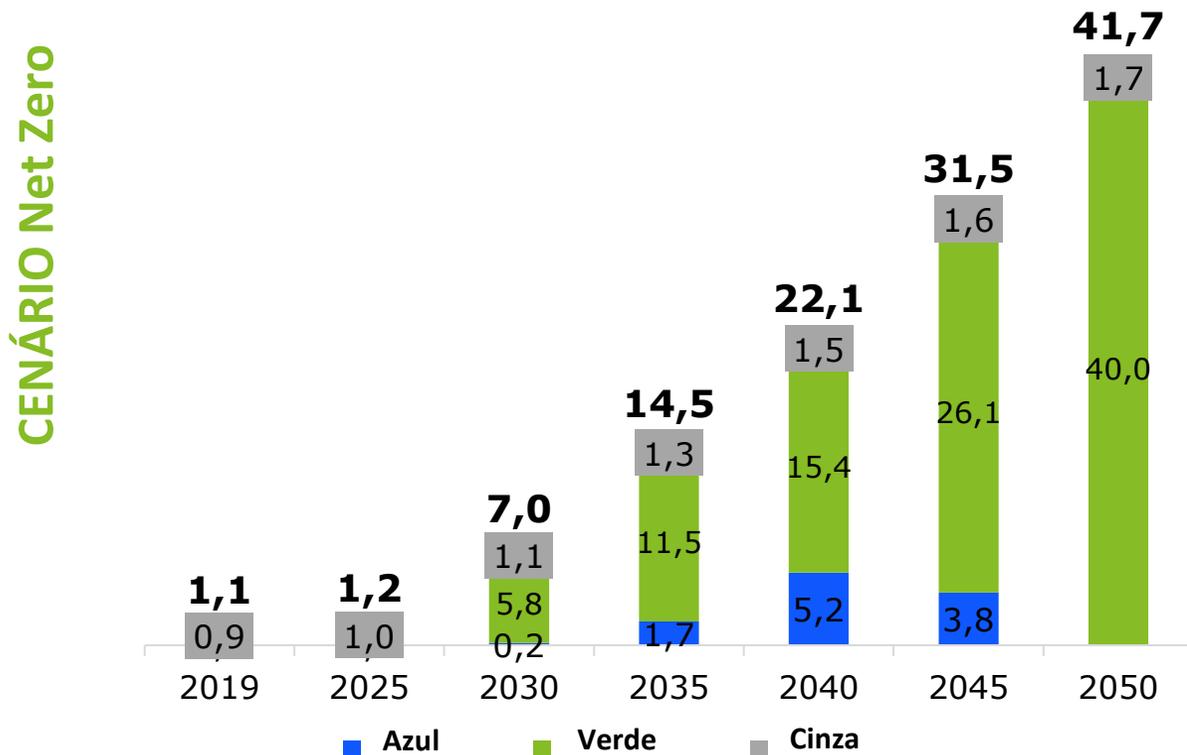
Embora a **eletrificação dos usos finais aumente 29%** “Cenário Referência” para o “Cenário Net Zero”, a necessidade de **investimento em redes aumenta apenas 7,2%**, devido principalmente à:

- **Menor necessidade** de investimento em redes demandadas **pela geração distribuída** em relação à geração centralizada.
- **Aumento do uso de baterias** como fonte de armazenamento de energia verde.

Hidrogênio

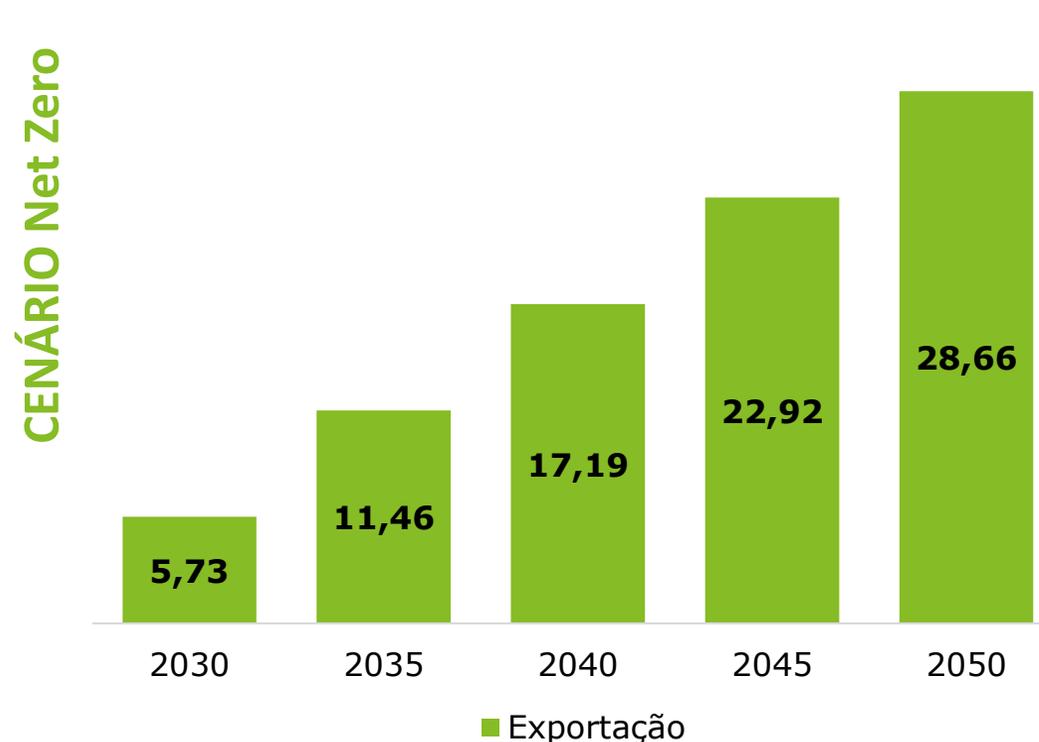
O hidrogênio verde se apresenta como **complemento** para a eletrificação, em especial enquanto **alternativa para setores carbono intensivos**.

Hidrogênio como vetor de descarbonização
Produção (Mtoe)



O hidrogênio será **alternativa para setores carbono intensivos, principalmente para o setor industrial** no Brasil. Por sua vez, constitui um vetor de descarbonização no setor de **transportes de cargas pesadas** como insumo que permite a **substituição do Diesel em parte da frota**.

Exportação de hidrogênio verde
Exportações (Mtoe)

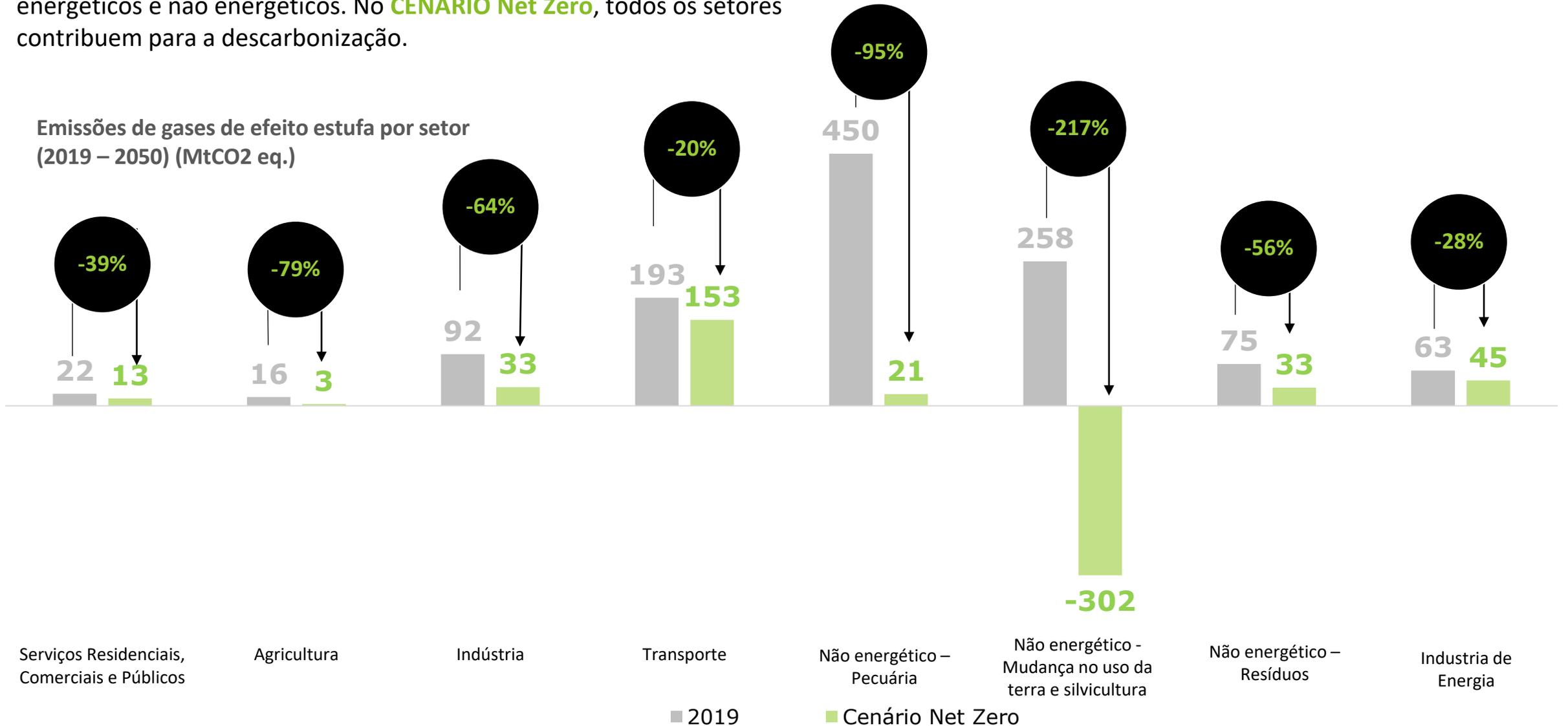


Alavancado pelo potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis, **o Brasil tem potencial para se tornar um exportador de hidrogênio verde. Toda a exportação de hidrogênio é verde. A exportação contribuirá para o desenvolvimento da tecnologia no Brasil e redução dos custos.**

O modelo de transição para 2050

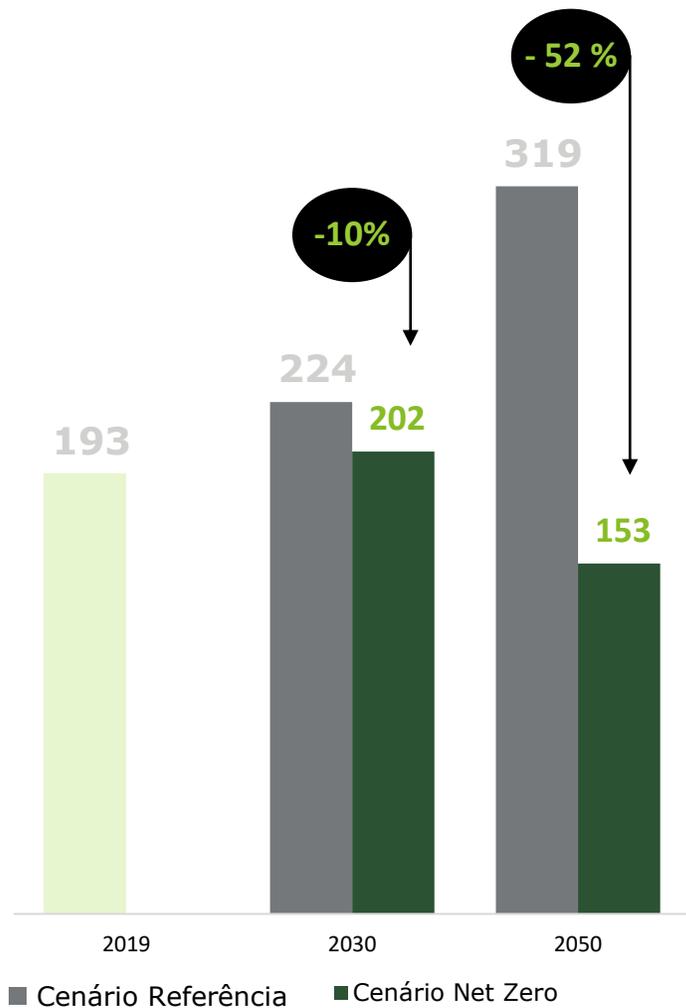
Diferentes políticas públicas promovem maior eficiência energética, substituição de combustíveis e redução de emissões de GEEs energéticos e não energéticos. No **CENÁRIO Net Zero**, todos os setores contribuem para a descarbonização.

Emissões de gases de efeito estufa por setor
(2019 – 2050) (MtCO₂ eq.)



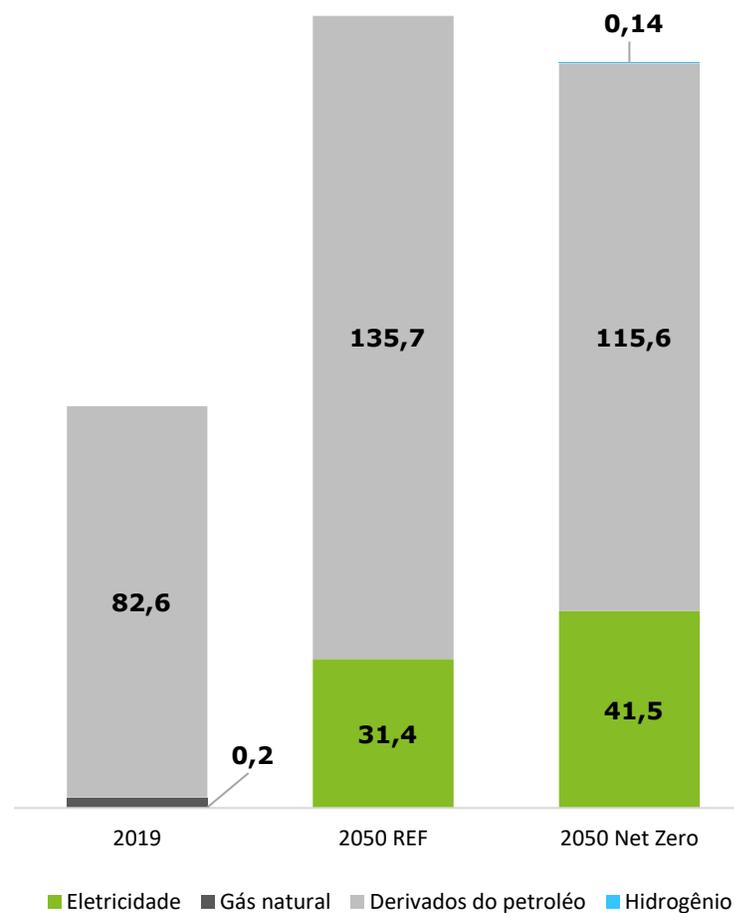
Setor de transporte

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



■ Ano Base 2019

Consumo Final de Energia (Mtoe)



2019: 0,2 é eletricidade
2050: 0,14 é H2

Exemplos de recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

- **Eletrificação da mobilidade como principal meio de transporte**, concedendo incentivos e restringindo o uso de veículos convencionais (26% de eletrificação total do transporte no cenário net zero 2050).
- **Fluidez e sustentabilidade da mobilidade urbana** – monitoramento de veículos, semáforos inteligentes, gestão do uso adequado de vagas públicas de veículos.
- **Melhorias estruturais nos municípios** - intensificação e melhorias nas ciclovias, ciclofaixas, integrando com o transporte público.
- **Introdução de hidrogênio verde para caminhões de carga** (em 2050, a demanda total por hidrogênio verde é de 0,14 milhão de toneladas).

Setor de transporte: perspectiva para carros elétricos

A mobilidade elétrica é atualmente mais competitiva no transporte público e vem gerando economias significativas no transporte privado. A partir do ano de 2025, os carros elétricos passam a ser uma opção mais barata do que os carros tradicionais movidos a combustível fóssil.

Fatores que permitem que o veículo elétrico ganhe competitividade



Espera-se uma redução significativa no custo das baterias, atingindo USD/kWh 62 em 2030



Tendência de queda do Custo Nivelado de Energia devido à introdução de energias renováveis não convencionais na matriz energética brasileira

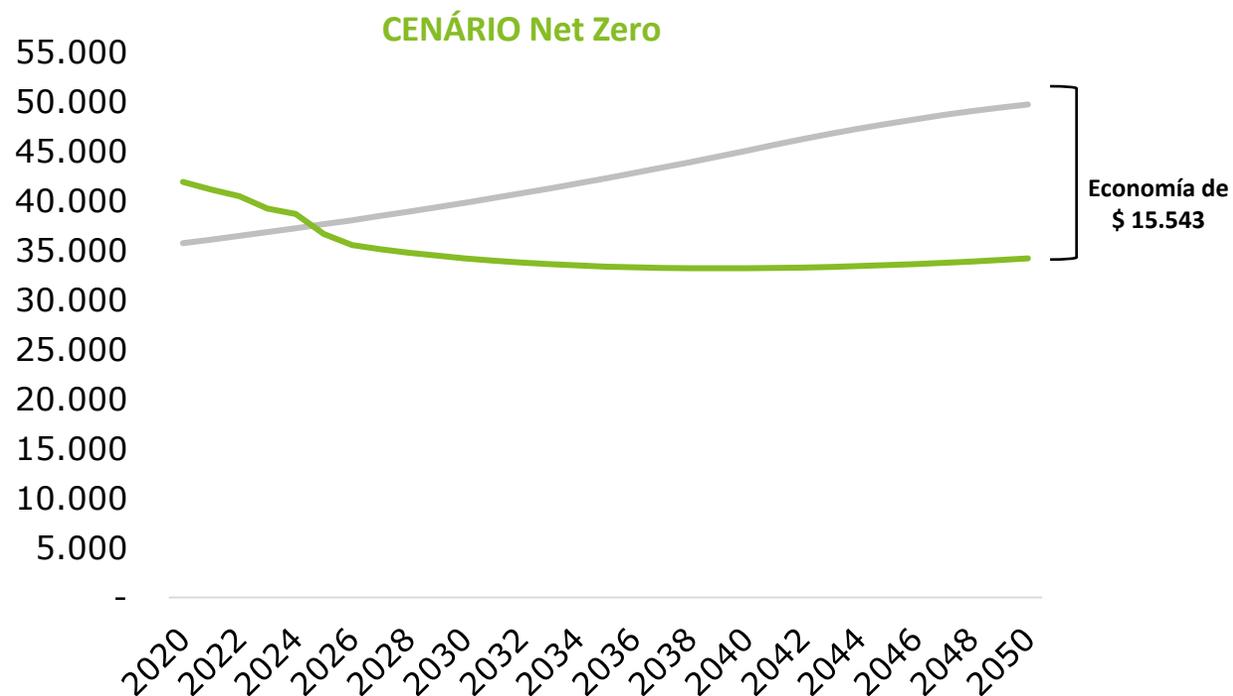


Concessão de benefícios/ privilégios de circulação para veículos elétricos que incluam a redução dos custos de estacionamento



Implementação de políticas destinadas a reduzir o custo de aquisição de veículos elétricos e seus componentes através da redução de taxas de impostos

Custo implícito em combustão fóssil e veículos elétricos (em kUSD)



Premissas:

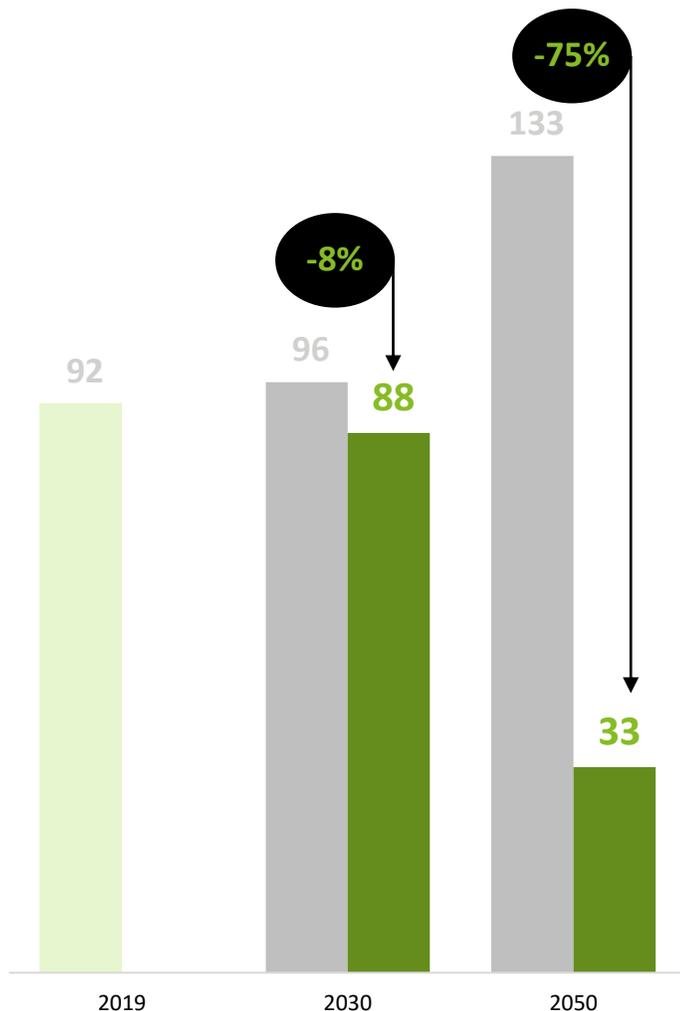
A média de quilômetros percorridos por veículos é de 17.708 km por ano.

A vida útil do veículo é estimada em 10 anos para ambos os cenários.

O preço das baterias seguindo a tendência da Bloomberg é estimado em 11 USD/kWh até 2050.

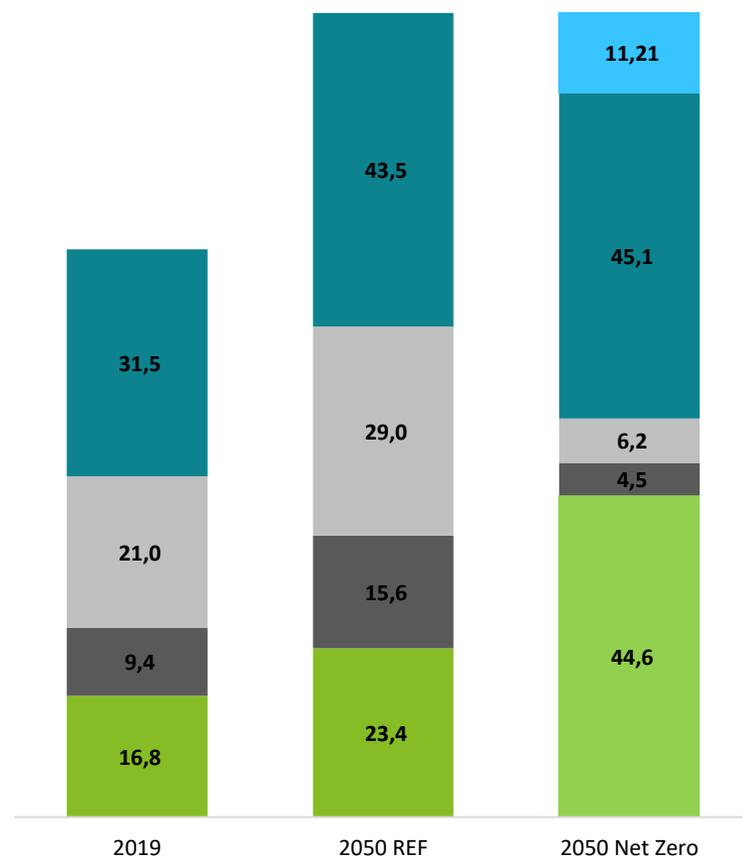
Setor industrial

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



■ Cenário Referência ■ Cenário Net Zero
■ Ano Base 2019

Consumo Final de Energia (Mtoe)



■ Eletricidade ■ Gás natural ■ Derivados do petróleo ■ Biomassa ■ Hidrogênio

Exemplos de recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

Eletrificação industrial

- Eletrificação do calor do processo usando indução, aquecimento radioativo ou bombas de calor avançadas.
- Eletrificação de processos de alta temperatura, como os encontrados na fabricação de ferro, aço e cimento.
- Substituição de processos termicamente orientados por eletroquímicos.

Eficiência energética

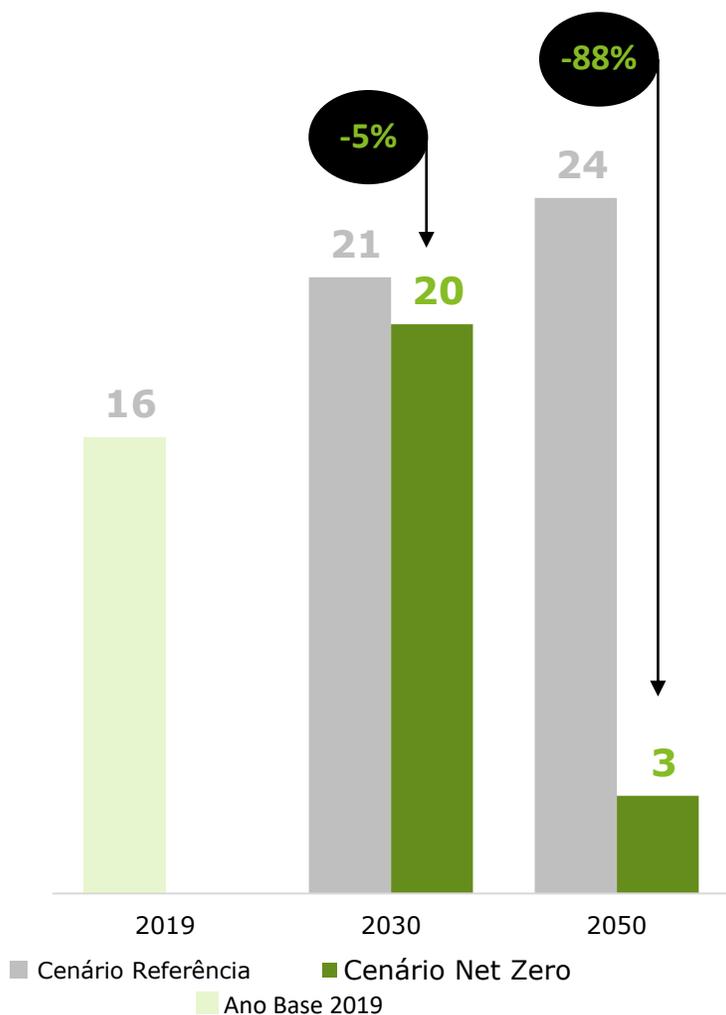
- Gestão estratégica de energia para otimizar o desempenho dos processos industriais.
- Otimização do calor térmico.
- Fabricação inteligente e análise avançada de dados para aumentar a produtividade energética nos processos de fabricação.

Combustíveis de baixo carbono, matérias-primas e fontes de energia

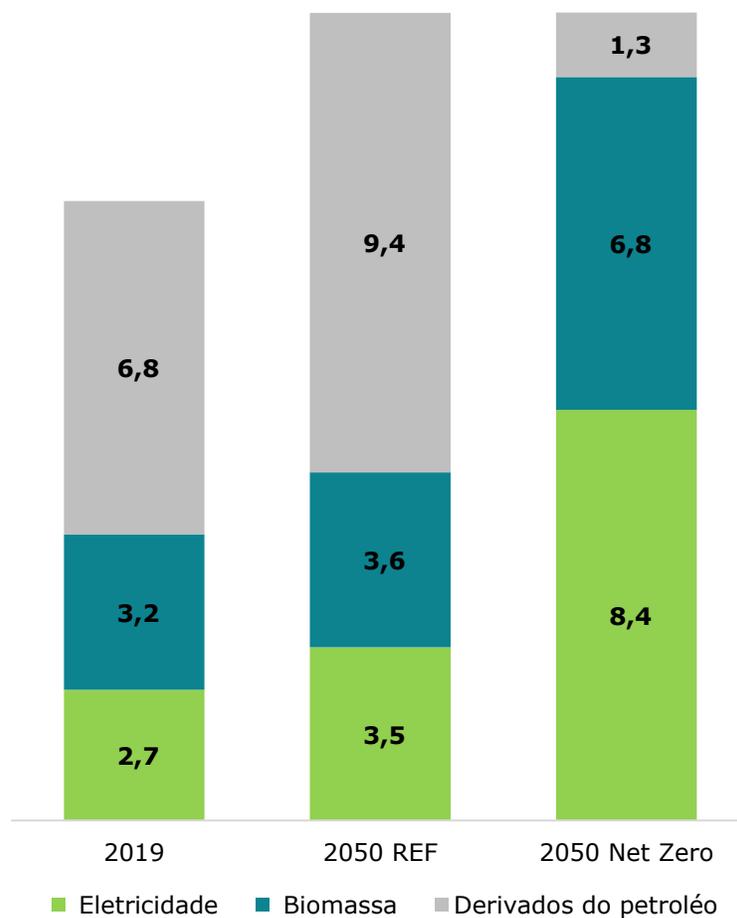
- Desenvolvimento de processos flexíveis de combustível.
- Integração de combustíveis de hidrogênio e matérias-primas em aplicações industriais.
- O uso de biocombustíveis e matérias biológicas.
- Utilização dos resíduos como matéria-prima para reinserir recursos no sistema produtivo (Economia Circular).

Setor agrícola

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia (Mtoe)

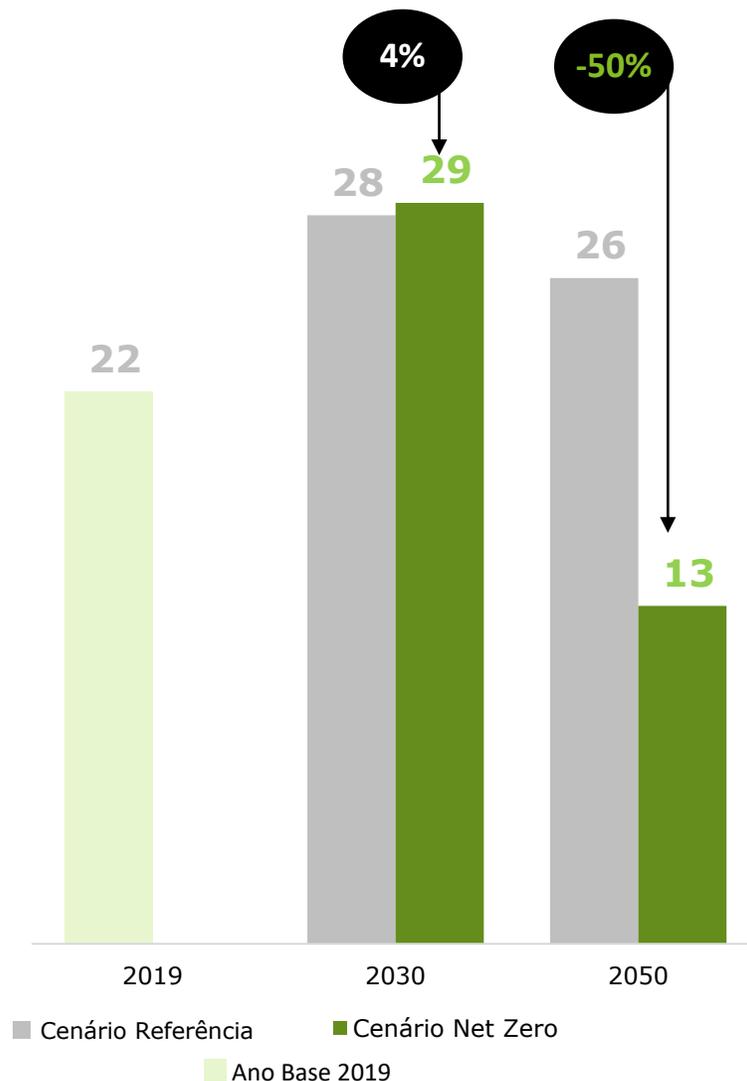


Exemplos de recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

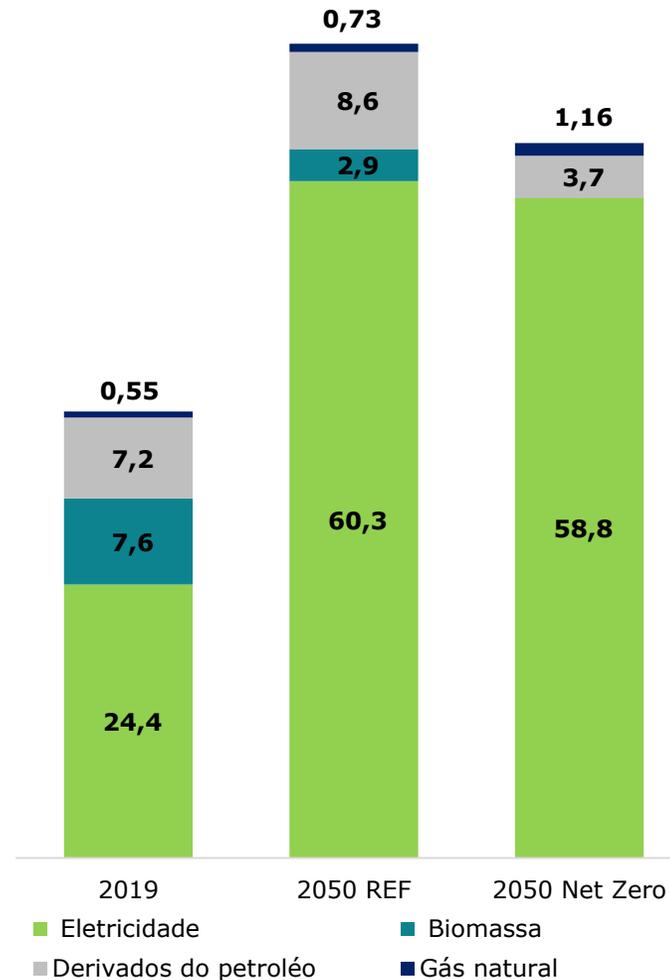
- **Eletrificação de máquinas agrícolas** (50,8% de eletrificação total da agricultura no cenário 2050 net zero).
- Incentivo e intensificação de sistemas de **cultivos mistos** (agrossilvicultura, silvicultura e outras práticas de permacultura).
- **Manejo da lavoura**: melhores práticas agrônômicas, menor preparo do solo, menor remoção de resíduos, melhor manejo de nutrientes.
- Fomento a práticas de **transformação da cadeia de valor** existente para **eliminar o desperdício e aumentar a eficiência**, investir e dimensionar **negócios circulares** novos e disruptivos.
- **Incremento de políticas públicas**, tais como por exemplo, Programa Metano Zero e Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC).
- Garantia de **precificação de carbono** de forma a gerar receita ao produtor.
- Renda mínima para que os produtores e **comunidades tradicionais se engajem com métodos mais sustentáveis** de agricultura, extração e preservação.

Setor residencial, comercial e público

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia (Mtoe)

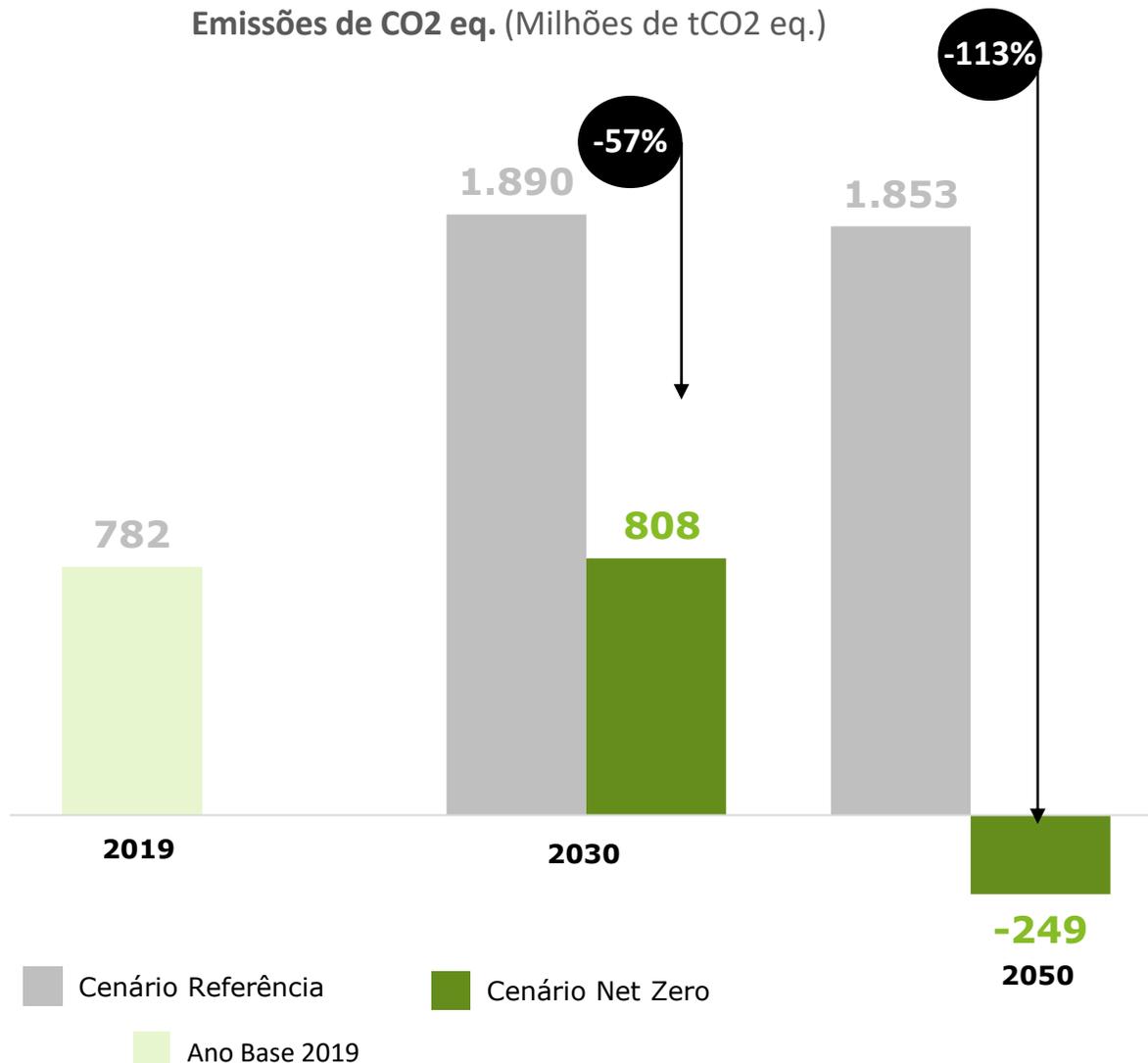


Exemplos de recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

- **Melhorias nos sistemas AVAC** – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, geram oportunidades de redução do consumo de energia em edifícios.
- Substituição de aparelhos para **tecnologia inverter** (ar condicionado e geladeiras) e de lâmpadas de vapor de sódio por **iluminação LED**.
- Políticas de **fomento à mudança nos padrões de consumo** – incentivos a eficiência energética.
- **Ampliação de mecanismos regulatórios** para incentivar edificações com maior automação.
- Implementação de **medidores inteligentes** para minimizar as perdas de rede e a redução do custo operacional dos serviços públicos.
- **Substituição gradualmente dos aparelhos não elétricos por elétricos** nos estabelecimentos públicos existentes.

Setor não energético

Pecuária, Uso do Solo, Mudança do Uso do Solo e Silvicultura e Resíduos



Exemplos de recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

Uso do Solo, Mudança do Uso do Solo e Silvicultura:

- **Zerar o desmatamento** através de novas políticas públicas e além do cumprimento legal.
- Promoção do **aumento da área de plantações florestais** - 2.504.978 hectares reflorestados.

Pecuária:

- Manejo Pecuário: **aditivos dietéticos e suplementos alimentares** para reduzir as emissões de metano do gado.
- Melhoria da gestão das pastagens: **aumento da intensidade do pasto**.
- Aumento de repasses e **investimentos no Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC)**.

Resíduos:

- **Construção de aterros sanitários com captação de gás**.
- Melhoria na gestão de resíduos e **transformação da indústria para uma economia circular**.

O caminho para uma transição justa

Custo social do carbono



GEE causam **danos** cujos **custos não estão incorporados** a sua geração



Estes **danos representam um custo para a sociedade** e para as gerações futuras



Logo, estes **custos aparecem nos impostos** e investimentos públicos e privados a cada ano para lidar com os efeitos das mudanças climáticas, por exemplo:

- Perdas no rendimento das colheitas
- Adaptação ao aumento do nível do mar
- Menor produtividade do trabalho ou o uso de energia
- Perda de espécies e habitats
- Combate a incêndios florestais
- Proteção de comunidades e operações de enchentes



Este valor pode influenciar as compras e investimentos do governo, e por empresas privadas e consumidores



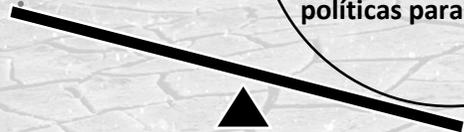
Um valor em dólares por tCO₂ liberado é contabilizado para **pesar os benefícios** da redução do aquecimento em relação aos **custos de redução** de emissões



Cientistas estimam o custo social do carbono usando modelos que representam nossa sociedade, **o clima do mundo e as formas como eles interagem**

Empresas e governo enxergam grandes **benefícios sociais e econômicos** na redução das emissões + investimentos e políticas para o net zero

CO₂



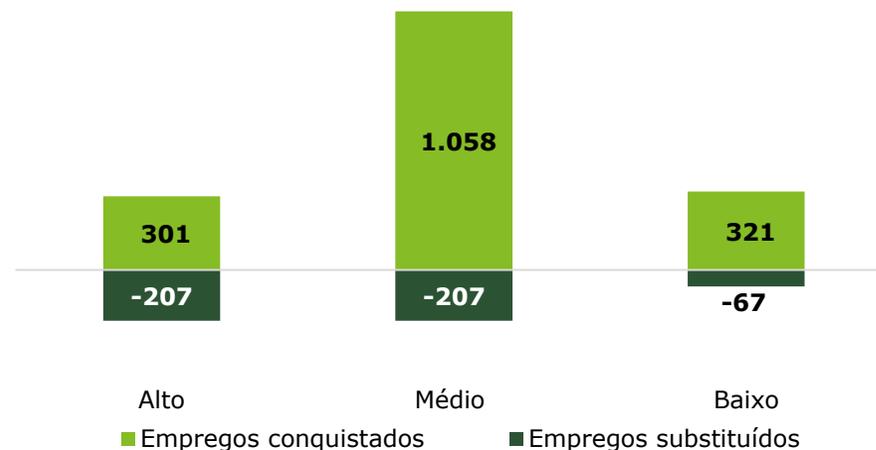
O caminho para uma transição justa

O Acordo de Paris reconhece a necessidade de uma transição rápida e equitativa para os trabalhadores e a comunidade. A transição aumentará a prosperidade e pode ser um fator-chave para a criação de empregos.

CRIAÇÃO LÍQUIDA DE NOVOS EMPREGOS 7.981.517 (Brasil 2050)

CRIAÇÃO DE NOVOS EMPREGOS	ELIMINAÇÃO DE EMPREGOS
TOTAL 11.975.268	TOTAL 3.933.751
Construção 8.380.892	Cadeia de valor ligada ao petróleo e combustíveis fósseis 3.420.772
Mineração de cobre 1.795.906	Mineração e outros usos do carvão 562.979
Renováveis 1.198.125	
Fabricação de suprimentos Elétrica 600.345	

GERAÇÃO DE EMPREGOS NO SETOR DE ENERGIA (por nível de profissionalização)



TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SOCIAL, JUSTA E EQUITATIVA

Governos, instituições financeiras e outros parceiros têm papel fundamental a desempenhar na facilitação de projetos de iniciativas de energia renovável em comunidades locais - ambientes políticos estáveis, suporte financeiro, técnico e de conhecimento criação

RECOMENDAÇÕES

levando a uma transição energética justa



- **Apoiar** a interferência de tecnologias elétricas
- **Gerenciar** empregos e oportunidades
- **Combater** a pobreza energética
- **Promover** uma redistribuição justa dos custos de transição
- **Atender** necessidades das comunidades locais, povos indígenas, jovens e outras pessoas em situações vulneráveis

1.2 milhões empregos conquistados



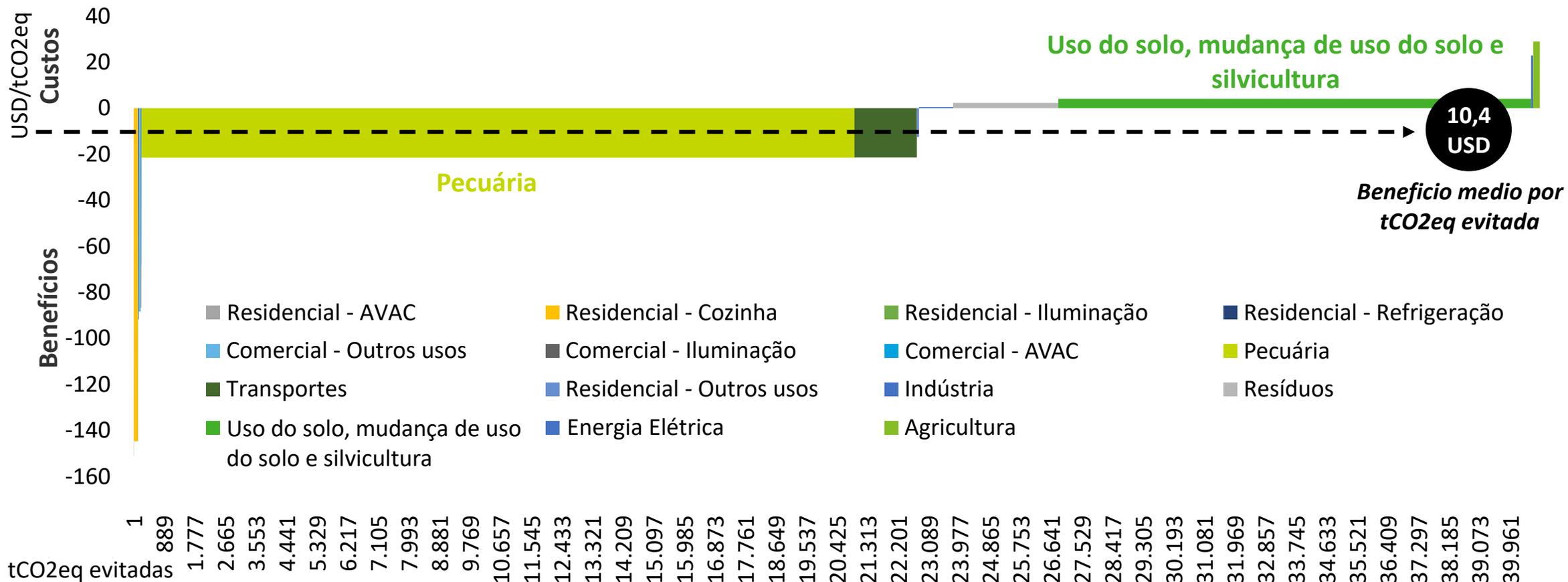
De uma participação de 22% para uma participação de 32% de mulheres na força de trabalho do setor de energia



A análise custo-benefício das políticas de mitigação produz um benefício líquido por tCo2e evitado de 10,4 USD

Benefícios sociais do carbono de 44USD por tCO2eq.

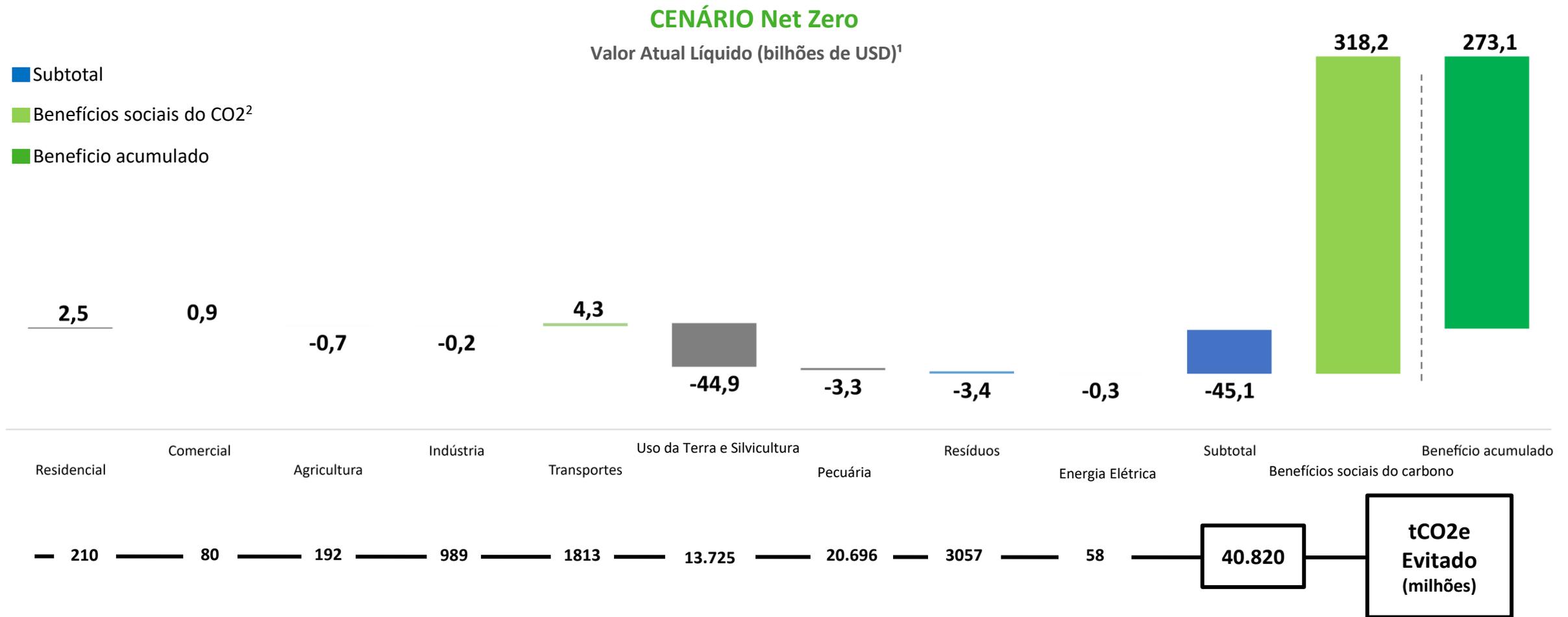
Custo - Curva de Benefícios (em sinal negativo) Média por Medida/Setor
(USD/tCO2eq e em milhões de tCO2eq)



Nota: Valor presente líquido (VPL) resultante da(s) medida(s) (descontado a uma taxa de 10%) dividido pelas toneladas acumuladas evitadas. Inclui benefícios sociais de carbono a 44 USD por tCO2eq.

Fonte: Análise da Deloitte. Valor de 44 USD estimado pela Deloitte com base no artigo "Revisiting the social cost of carbon".

Os benefícios sociais reduzidos da descarbonização são superiores aos investimentos, gerando um benefício líquido acumulado no valor atual de 273,1Bi



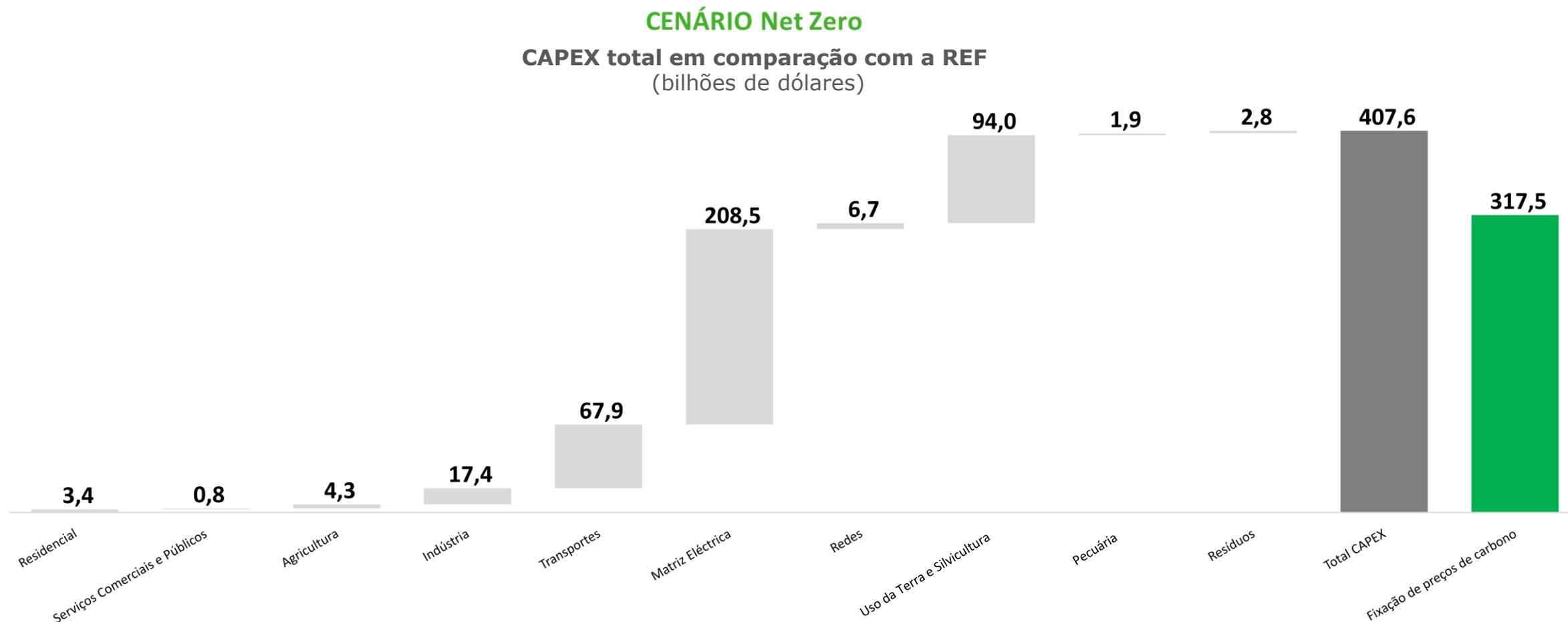
(1) Valores positivos indicam benefícios líquidos e valores negativos indicam custos líquidos resultantes de medidas por setor, a um valor atual líquido descontado a uma taxa de 10%.

(2) Definida como a perda econômica futura estimada causada pela emissão de 1 tonelada métrica (2,204 lb, ou 1,000 kg) de carbono hoje em dia. Calculado a 44 USD por tCO₂eq.

Fonte: Análise Deloitte

Preços do carbono como instrumento de incentivo e financiamento de investimentos

Os investimentos incrementais de capital ascendem a **407,6 bilhões** de dólares. A introdução de preços de carbono permitiria o financiamento de **317,5 bilhões** de dólares.



Notas: Investimentos de capital ao valor atual líquido, descontado a uma taxa de 10%. A trajetória do preço do carbono começa em USD 22,3 /tCO₂ e termina em USD 48,3/tCO₂ em 2050.

Fonte: Análise Deloitte

