

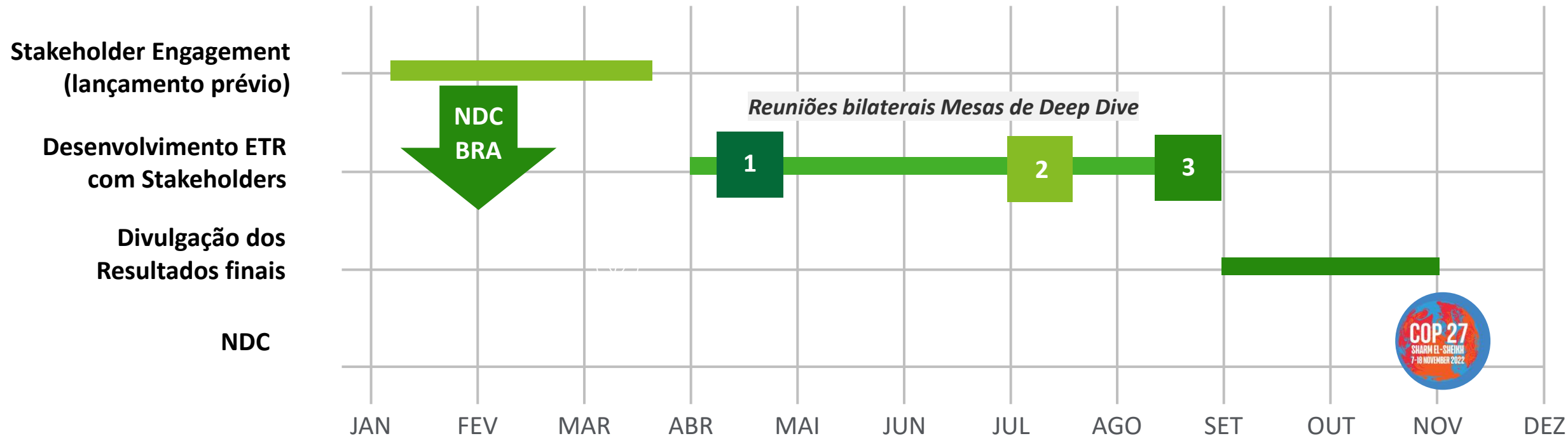
# Roadmap de Transição Energética do Brasil

2030 - 2050



# Cronograma do Estudo

Roadmap para a Transição Energética do Brasil

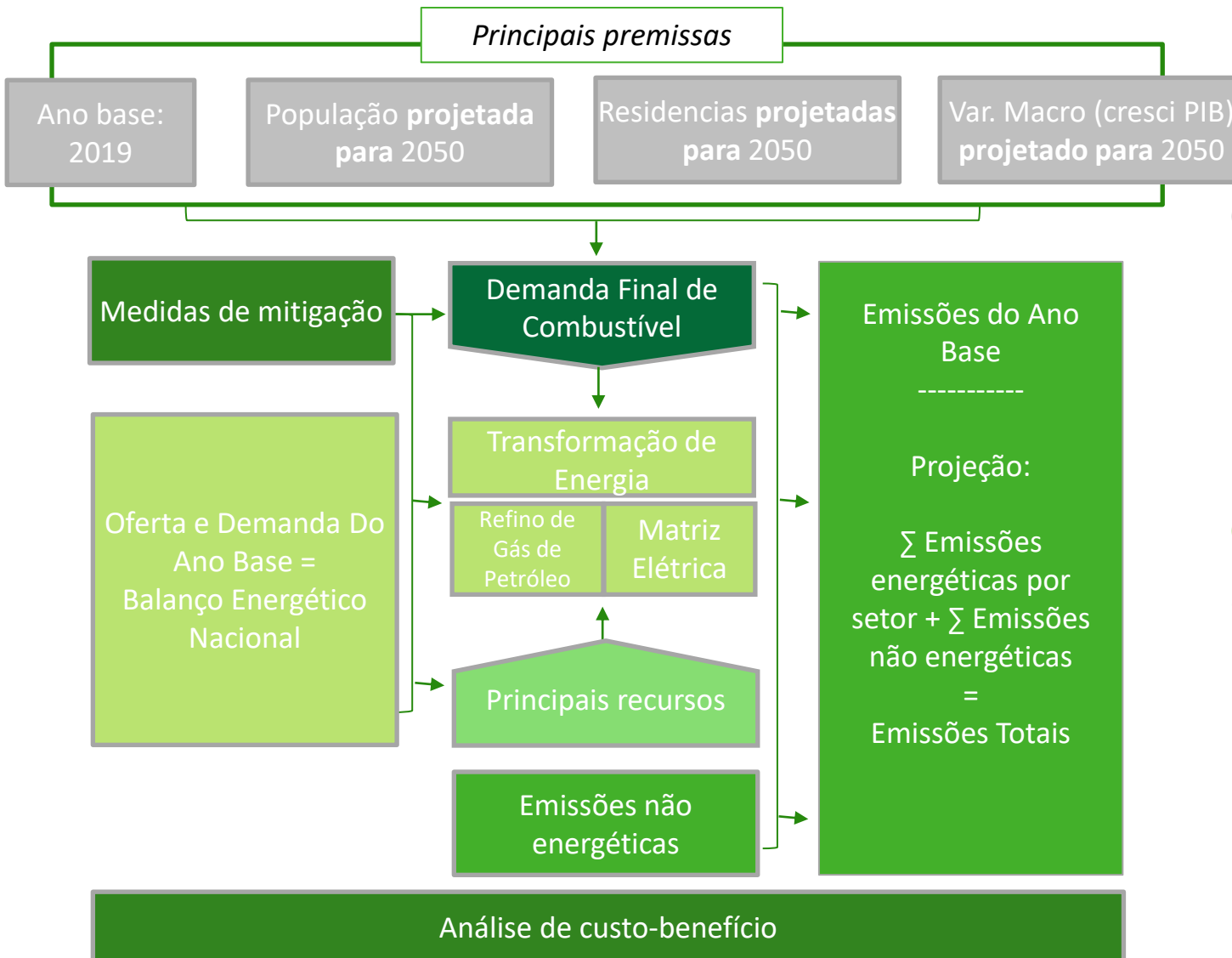


- 1** Kick off
- 2** Resultados preliminares
- 3** Resultados finais



# Objetivo do Estudo e Modelagem

O estudo visa indicar as **medidas de descarbonização** que o Brasil deve adotar em diferentes cenários e seus impactos.



## 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 Alternativo 1:

- 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.

# Drivers primários do modelo

	Variável	Unidade	Escala	Ano base 2019	2030		2040		2050	
				Valor do ano	Variação %	Valor do ano	Variação %	Valor do ano	Variação %	Valor do ano
Drivers principais	População	Pessoas	Milhares	210	6,67%	224	8,57%	228	7,62%	226
	Residências	Unidades	Milhares	64	28,13%	82	42,19%	91	53,13%	98
	PIB Real	Dólares	1.000 milhões	2.358	16,27%	2.741	40,19%	3.305	68,23%	3.966
	Indústria valor agregado bruto	Dólares	1.000 milhões	500	17,30%	587	41,43%	707	69,72%	849
	Valor agregado bruto Agricultura	Dólares	1.000 milhões	303	8,64%	329	30,99%	397	44,09%	436
Indicadores	Pessoa/Família	Pessoas	Nº de pessoas por domicílio	3,3	-3%	3,2	-6%	3,1	-6%	3,1
	PIB per capita	Dólares	1.000 milhões	33	21,21%	40	69,70%	56	130,30%	76
	Valor agregado bruto Ind/PIB	Porcentagem	%	36%	2,78%	37%	-2,78%	35%	-13,89%	31%
	Valor agregado bruto Agr/PIB	Porcentagem	%	13%	-7,69%	12%	-7,69%	12%	-15,38%	11%

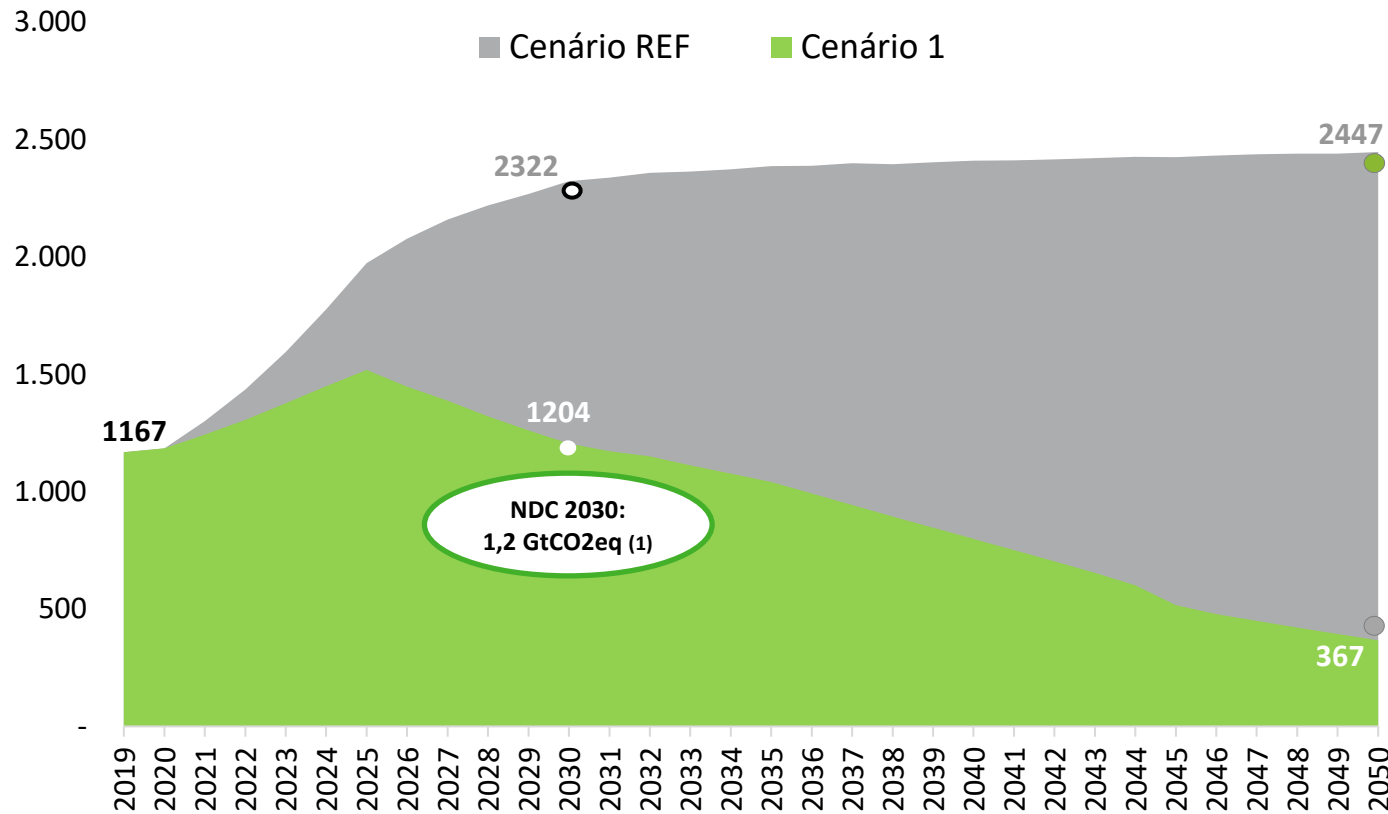
Fonte : Cálculos próprios com base em informações da The Economist Intelligence Unit, Plano Nacional de Energia (PNE 2050) e Plano Decenal de Expansão Energética (PDE) 2031 .



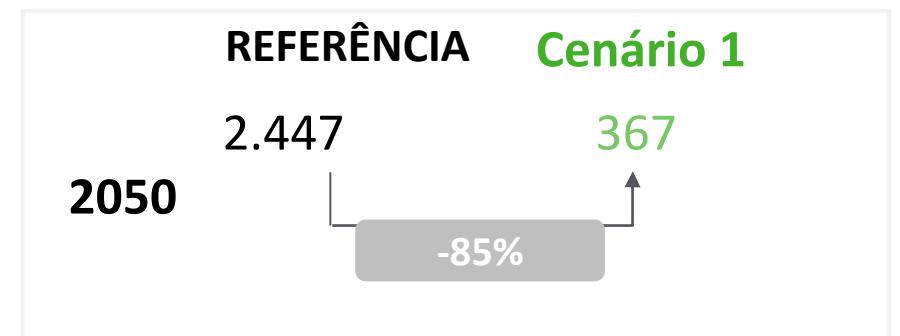
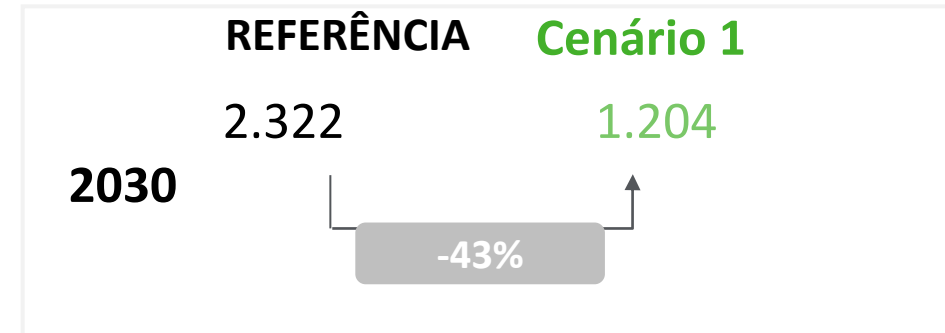
# Transição para uma economia de baixo carbono



Caminho de Emissões Líquidas de GEE (MtCO2 eq.)



Nível de emissões líquidas de GEE em MtCO2 eq








(1) Atualização da linha de base NDC 2022: equivalente a 2,4 GtCO2eq

Nota: Ano base 2019



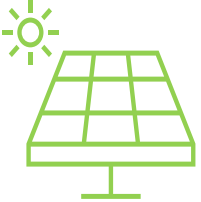
Fonte: Análise da Deloitte

# O modelo energético brasileiro até 2050: principais indicadores/outputs do modelo

	2019	REFERÊNCIA (1)		Cenário 1	
		2030	2050	2030	2050
 Emissões do setor de energia	385 MtCO2e	432 MtCO2e	594 MtCO2e	396 MtCO2e	249 MtCO2e
 % Eletrificação de usos finais	20%	24%	30%	26%	43%
 % Capacidade instalada de energia renovável (sem e com hidrelétrica)	11%/74%	20%/74%	50%/86%	27%/75%	69%/91%
 Geração de energia renovável não convencional	63 TWh	161 TWh	782 TWh	234 TWh	1520 TWh
 Participação no mercado de veículos elétricos	0,01%	10 %	59%	26 %	73 %

(1): O cenário REF está alinhado ao Plano Decenal de Expansão Energética (PDE) 2031

# O modelo energético brasileiro até 2050: principais indicadores/outputs do modelo

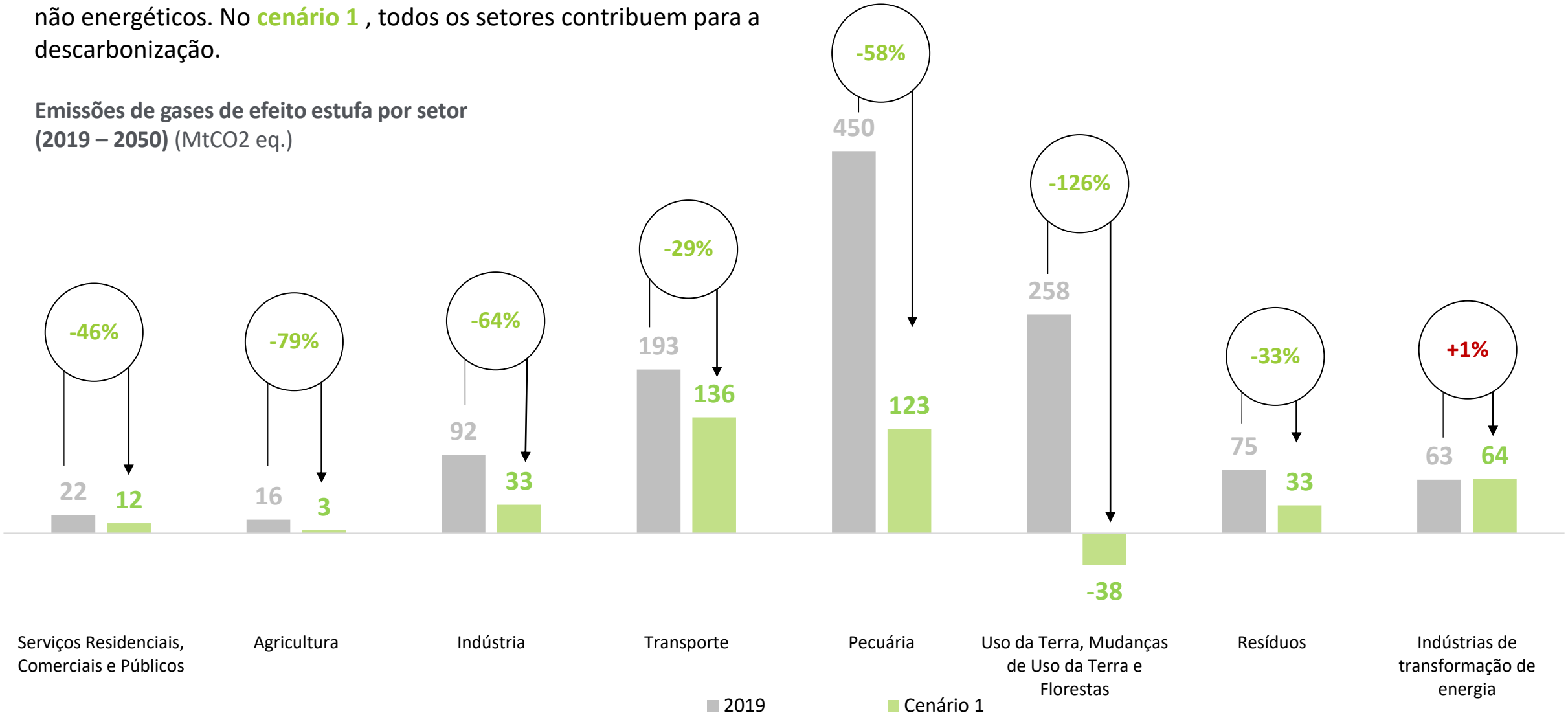
	2019	REFERÊNCIA (1)		Cenário 1	
		2030	2050	2030	2050
 Carros elétricos (milhões)	0,02	0,08	29	0,08	39
Carros elétricos (%)	0	0%	38%	0%	51%
 Motos elétricas (milhões)	0	8	55	19	65
Motocicletas elétricas (%)	0	22%	84%	56%	100%
 Hidrogênio Verde (FEC)	- Mtoe	- Mtoe	- Mtoe	0,03 Mtoe	1,8 Mtoe
Setor industrial	A introdução do hidrogênio verde é contemplada apenas no cenário 1. O modelo nos mostra que por uma questão de custo-benefício, o hidrogênio começa a ser utilizado a partir do ano de 2030			100%	39%
Setor de transporte				0%	61%

(1): O cenário REF está alinhado ao Plano Decenal de Expansão Energética (PDE) 2031.  
 Carros elétricos e motocicletas estão em 0 em todos os casos porque as medidas estão em milhões.  
 FEC = Final energy consumption

# O modelo de energia para 2050

Diferentes políticas públicas promovem maior eficiência energética, substituição de combustíveis e redução de emissões de GEEs energéticos e não energéticos. No **cenário 1**, todos os setores contribuem para a descarbonização.

Emissões de gases de efeito estufa por setor (2019 – 2050) (MtCO<sub>2</sub> eq.)





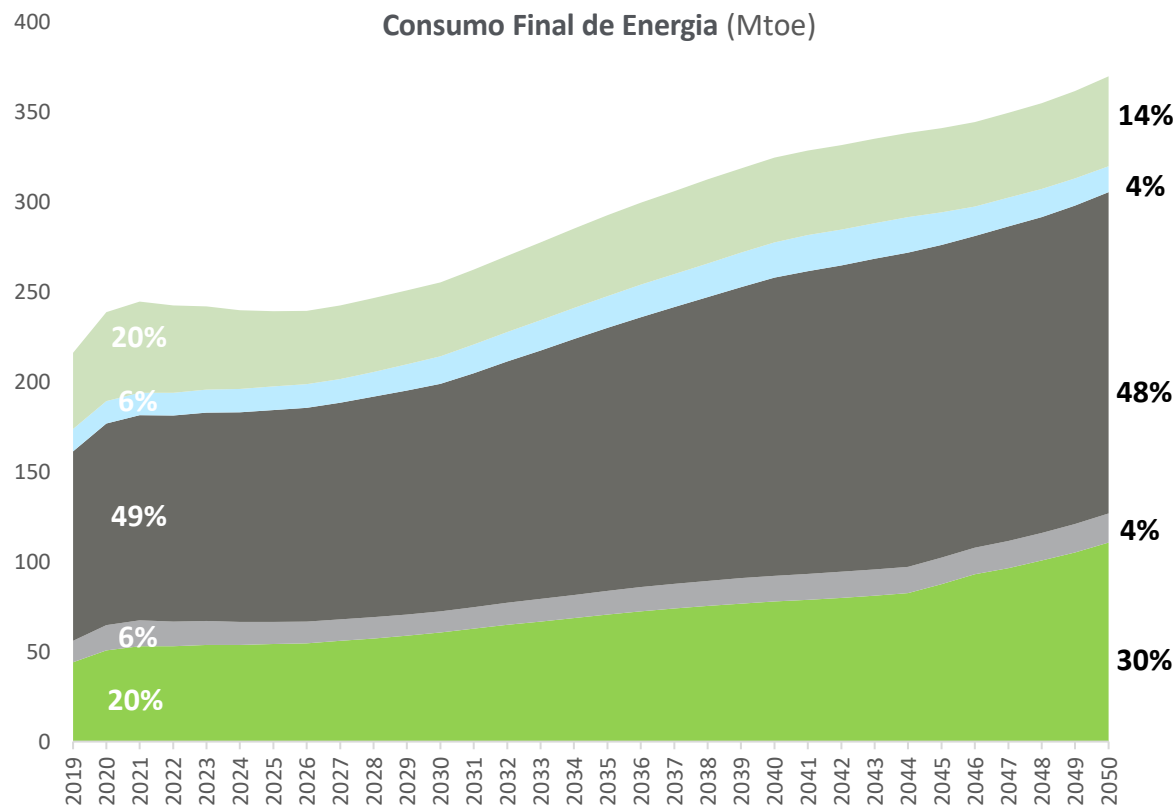
# A substituição de combustível é essencial para a descarbonização



A energia elétrica de consumo final atinge 30% e 43% em nossos cenários propostos.

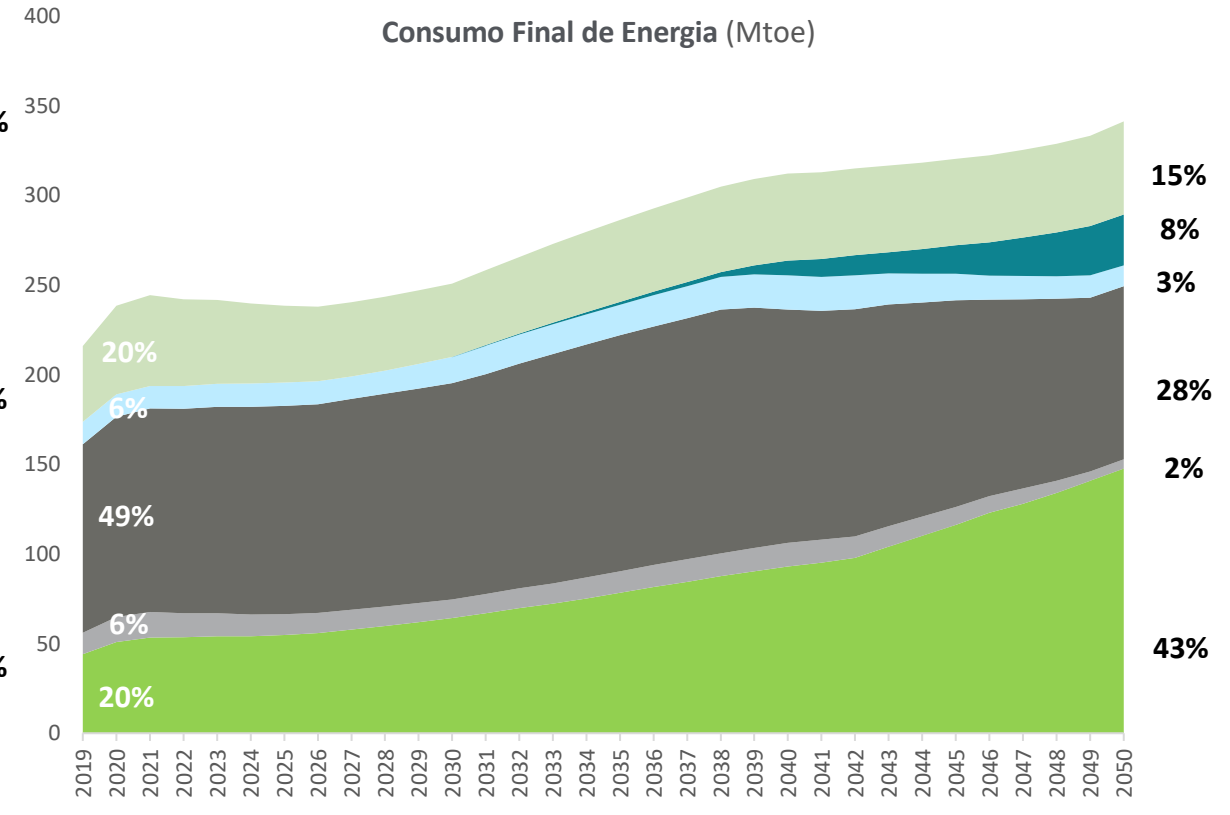
### Cenário de referência

#### Consumo Final de Energia (Mtoe)



### Cenário 1

#### Consumo Final de Energia (Mtoe)



■ Eletricidade
 ■ Gás natural
 ■ Derivados de petróleo
 ■ Não Energético
 ■ Hidrogênio
 ■ biodiesel

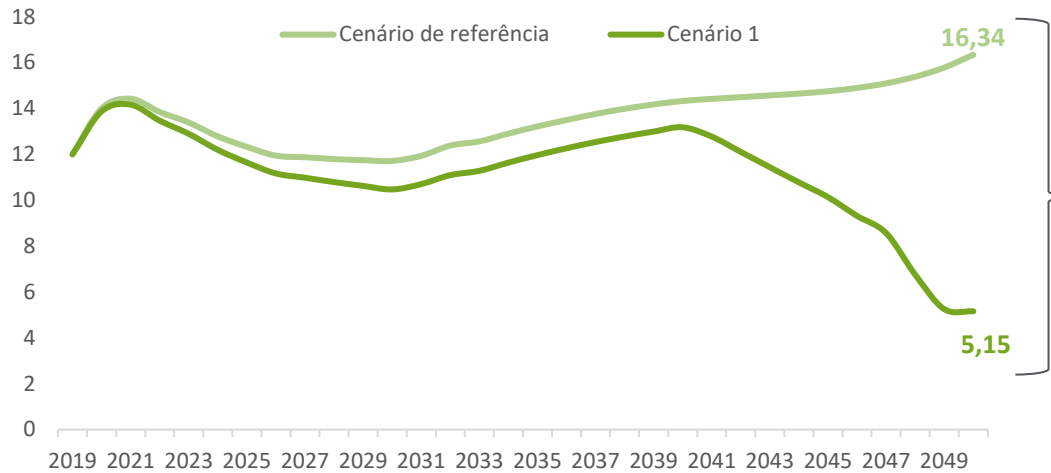
Mtoe = milhões ou mega toneladas de óleo equivalente

e: Análise da Deloitte

# A substituição de combustível é fundamental para a descarbonização (continuação)

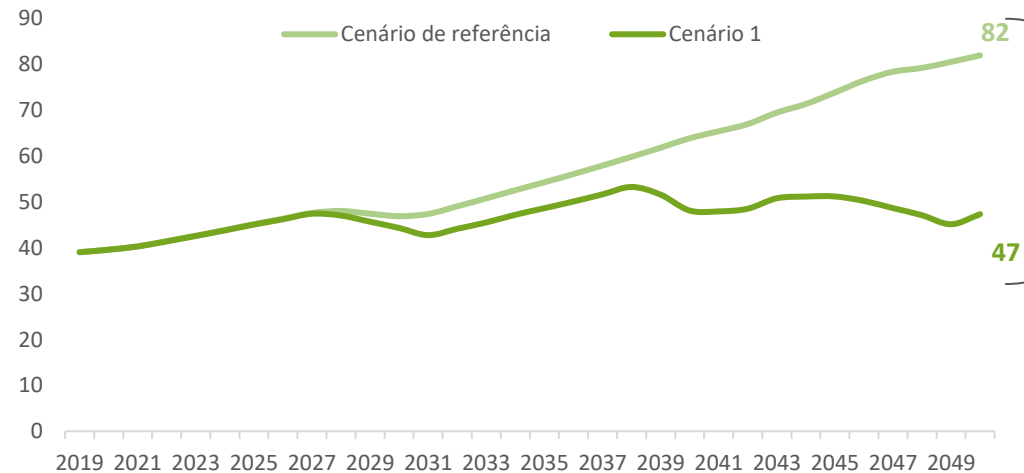


### Consumo Final - Gás Natural (Mtoe)



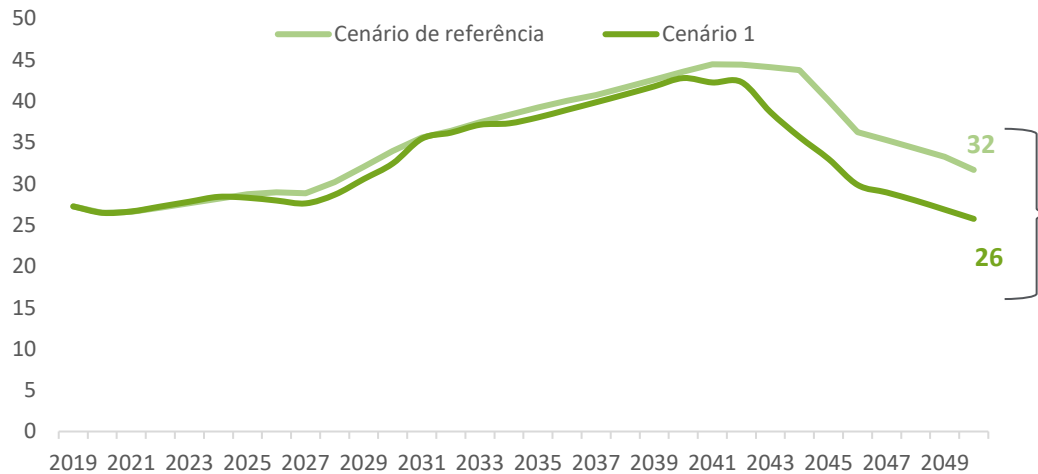
-68%

### Consumo Final - Diesel (Mtoe)



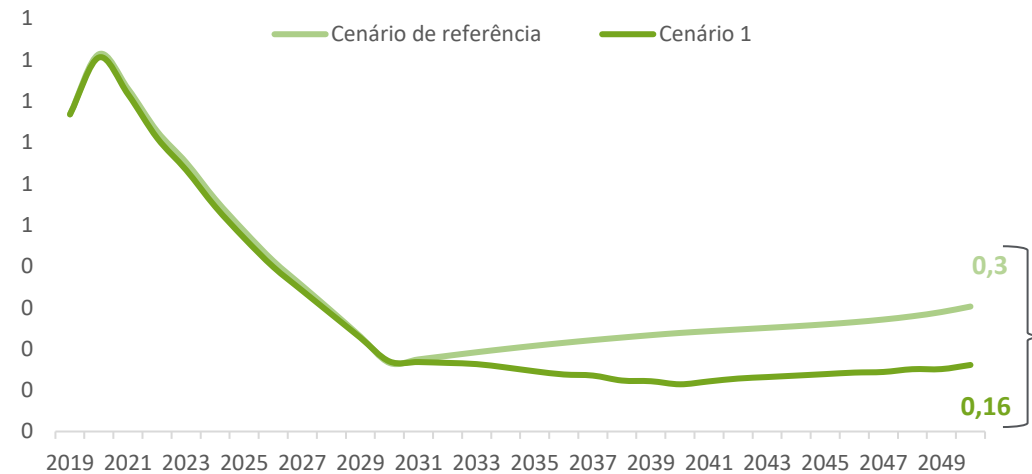
-42%

### Consumo Final - Gasolina (Mtoe)



-18%

### Consumo Final - Bioetanol (Mtoe)



-46%

Mtoe = milhões ou mega toneladas de óleo equivalente

Fonte: Análise da Deloitte

# Geração de eletricidade

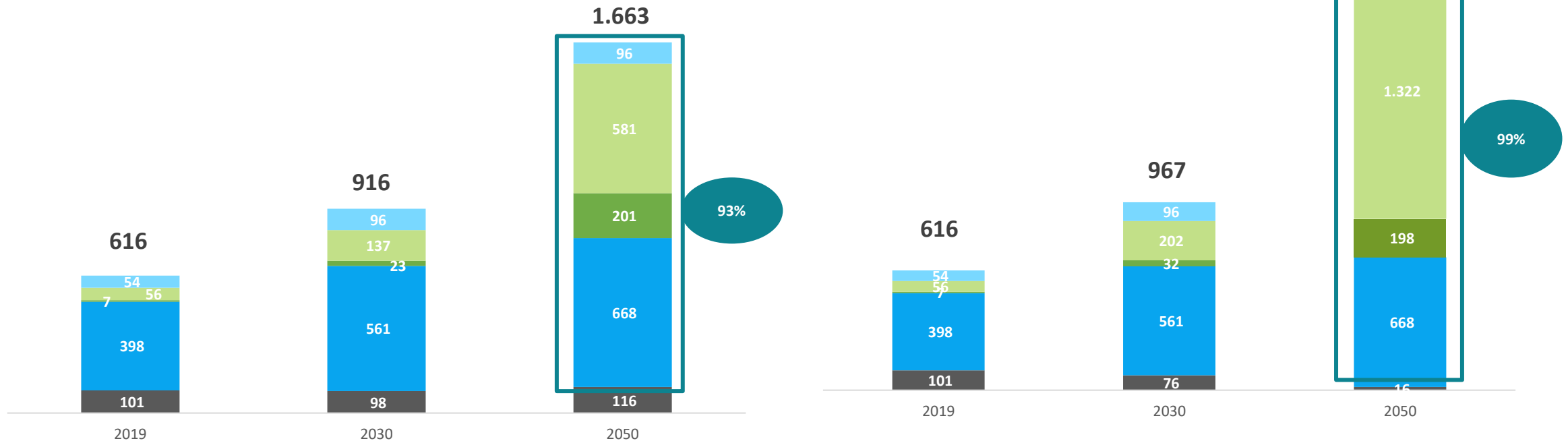
Um consumo elétrico suprido principalmente por fontes verdes, reduzindo a participação da geração térmica na matriz.

Cenário Referência

Geração Elétrica (TWh)

Cenário 1

Geração Elétrica ( TWh )



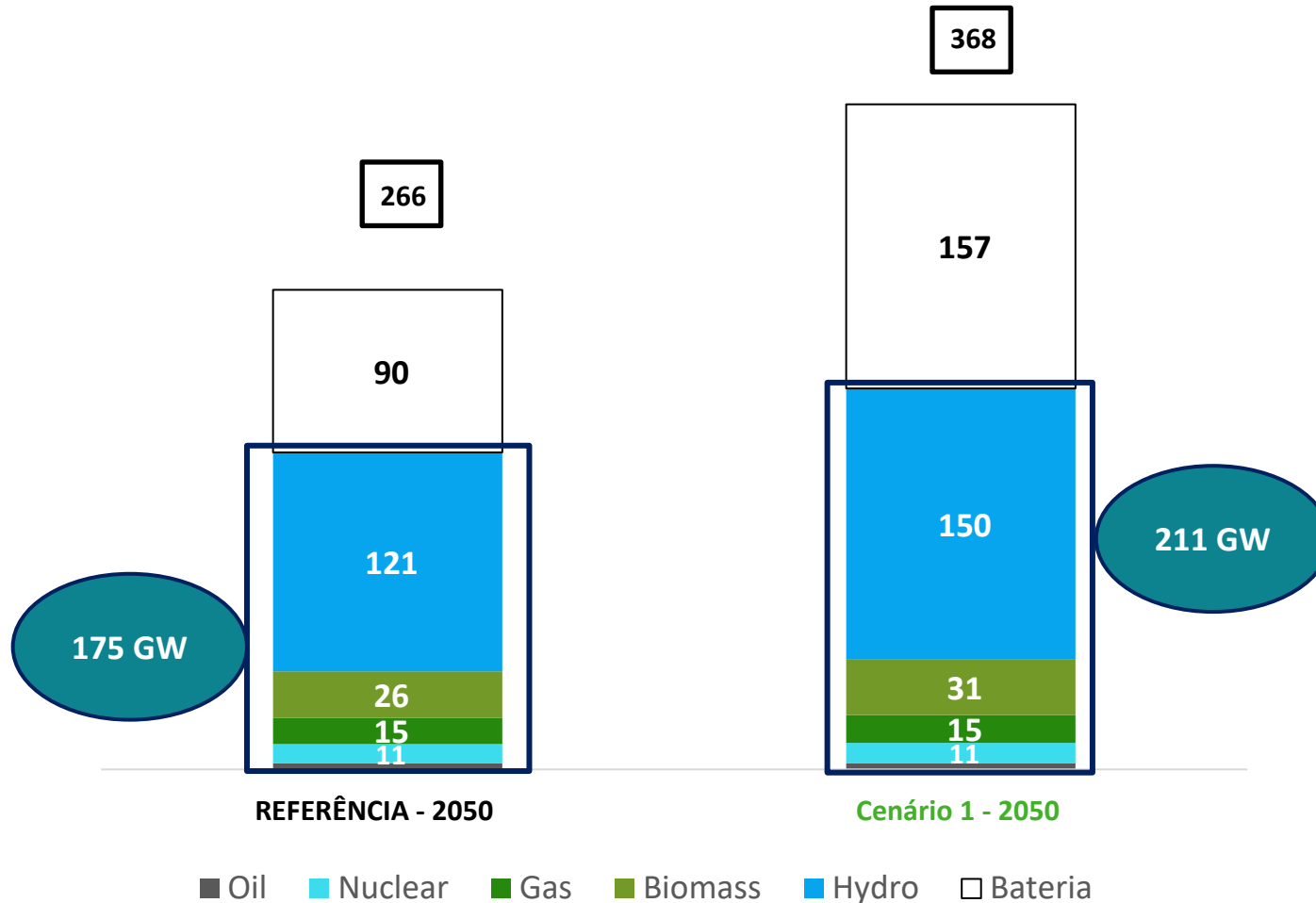
**Total Eólica+ Solar (2030) = 17%**  
**Total Eólica + Solar (2050) = 47%**

■ Térmico ■ Hidrelétrica ■ Eólica ■ Solar ■ Outras energias renováveis

**Total Eólica + Solar (2030) = 24%**  
**Total Eólica + Solar (2050) = 66%**

# Cobertura de demanda máxima

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. Enquanto 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. Devem ser promovidas tarifas dinâmicas e tarifas por tempo de utilização para dar o sinal de preço correto aos consumidores, passando o custo real da energia do mercado regulado para o mercado livre.

# Investimentos em linhas de transmissão de energia

É necessário investir entre **159 bilhões** e **214 bilhões** de dólares (USD) em linhas de expansão do transporte elétrico.

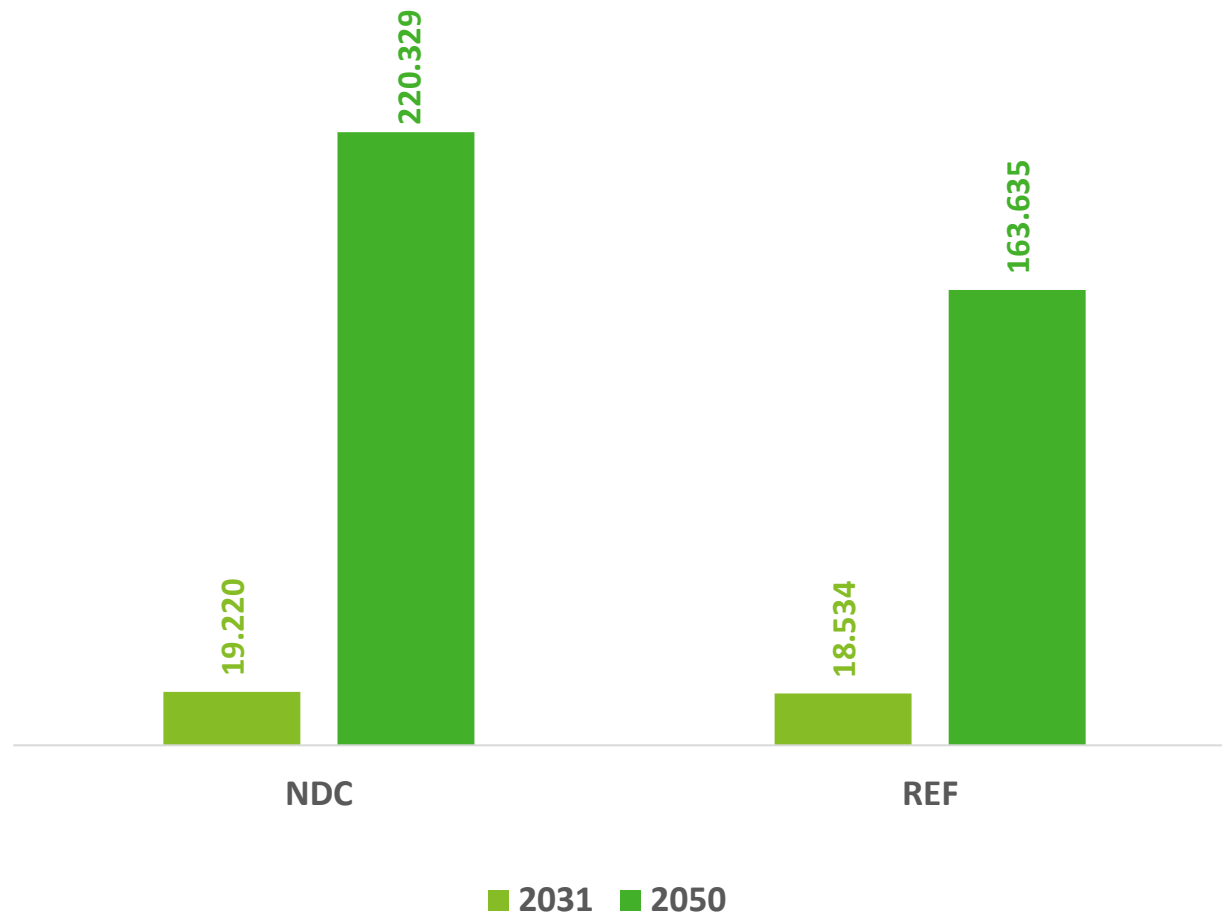
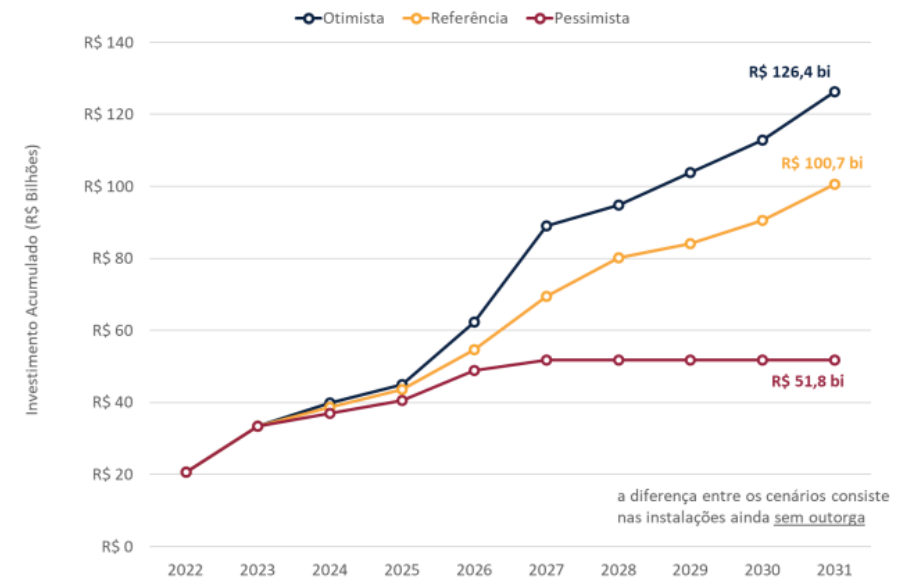


Gráfico 4 - 6: Cenários de expansão do sistema de transmissão

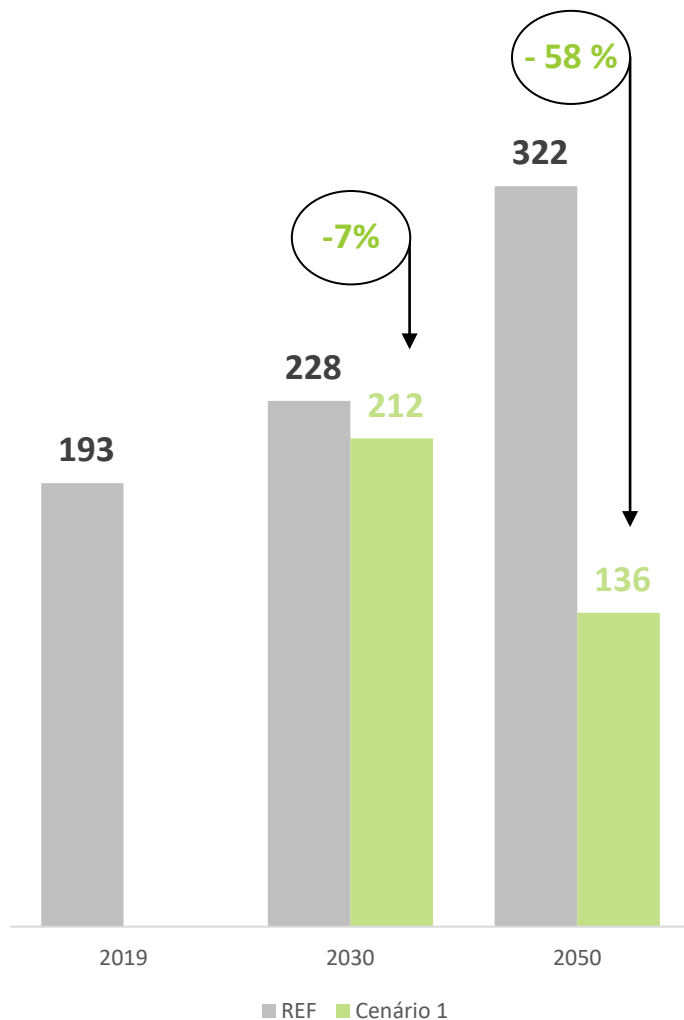


Fonte: PDE 2031

Cenário 1	PDE 2031
~34.000 km	35.000 km
99.5 R\$ bi	100.7 R\$ bi

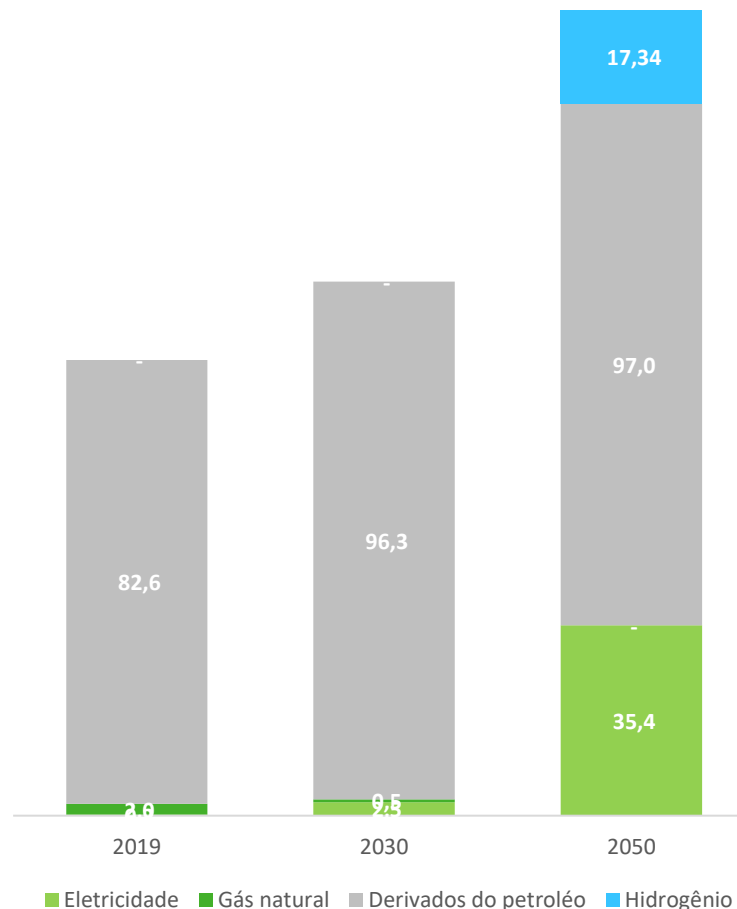
# Setor de transporte

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia ( Mtoe )

Cenário 1

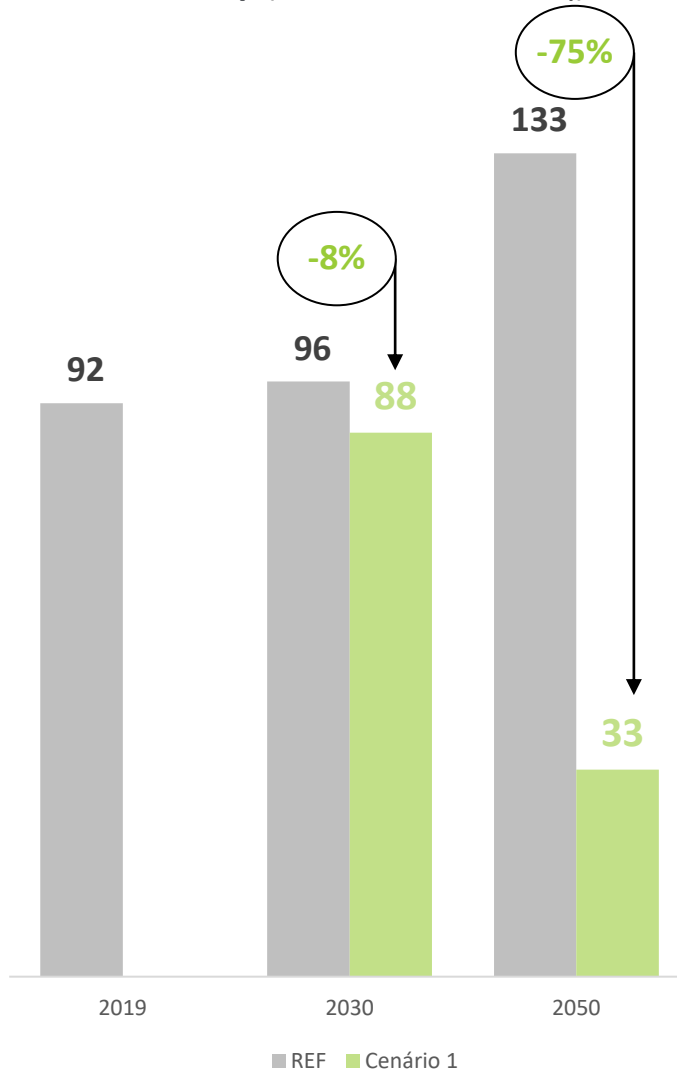


**Recomendações para chegar a um cenário de descarbonização**

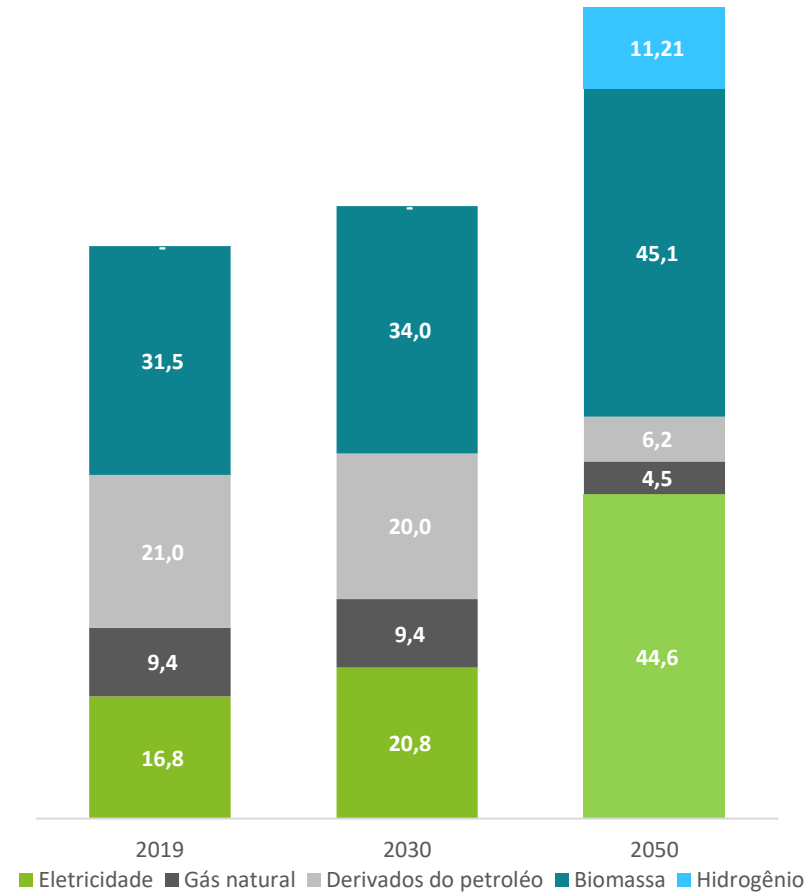
- **Eletrificação da mobilidade como principal meio de transporte**, concedendo incentivos e restringindo o uso de veículos convencionais.
- **Mudança de modal de transporte, priorizando o transporte público.**
- **Introdução de hidrogênio verde para caminhões de carga.**

# Setor industrial

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia ( Mtoe )  
Cenário 1



## Recomendações para chegar



a um cenário de descarbonização

### Eficiência energética

- Gestão estratégica de energia para otimizar o desempenho dos processos industriais;
- Produção inteligente e análise avançada de dados para aumentar a produtividade energética nos processos produtivos.

### Eletricidade industrial

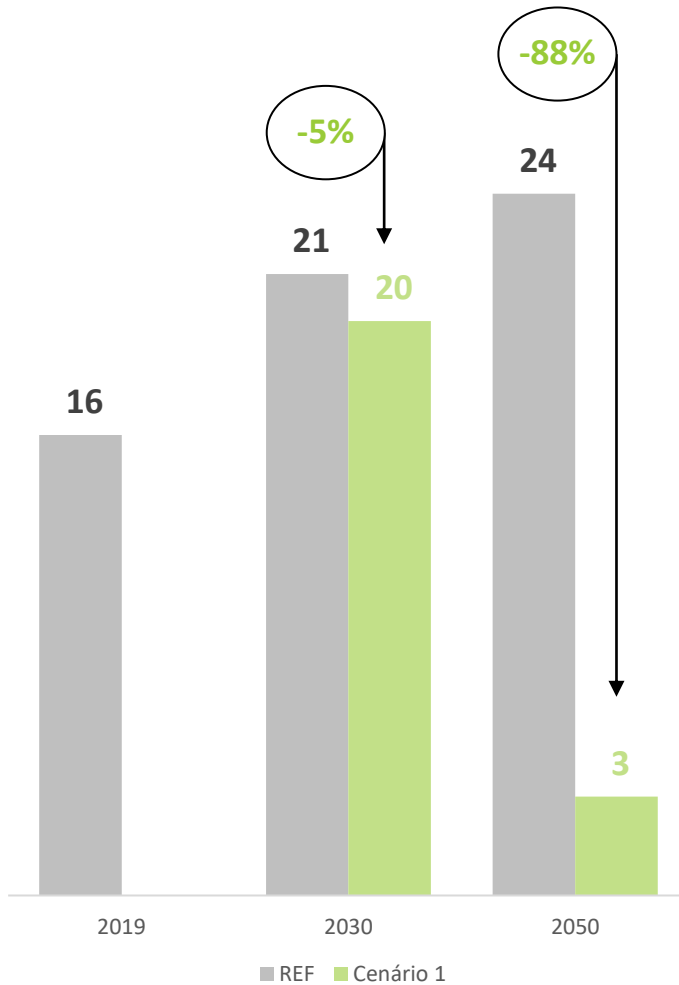
- Eletrificação do calor do processo usando indução, aquecimento radiativo ou bombas de calor avançadas;
- Eletrificação de processos de alta temperatura, como os encontrados na fabricação de ferro, aço e cimento.

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

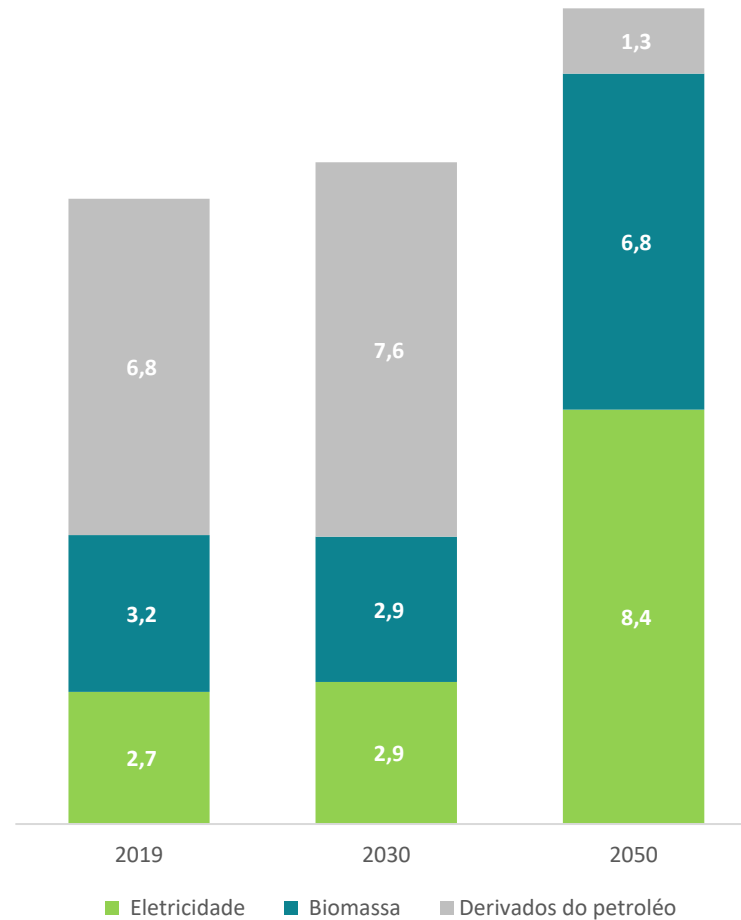
- Desenvolvimento de processos flexíveis de combustível;
- Integração de combustíveis de hidrogênio e matérias-primas em aplicações industriais;
- O uso de biocombustíveis e matérias biológicas.

# Setor agrícola

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia ( Mtoe )  
Cenário 1



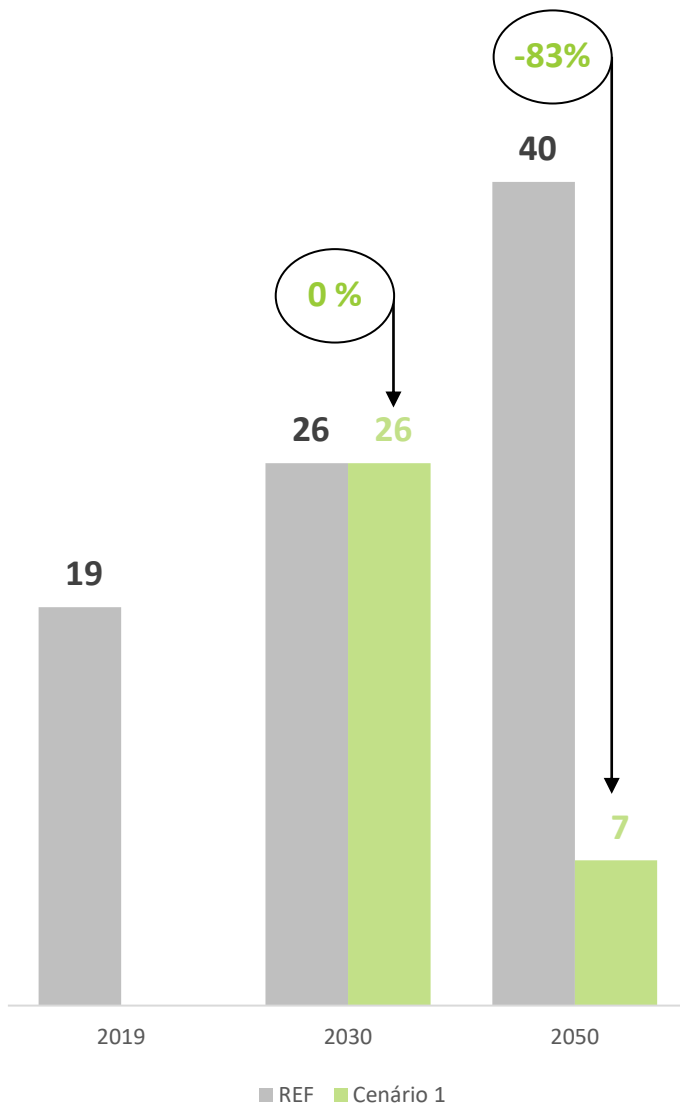
## Recomendações para chegar a um cenário de descarbonização

- Crescimento moderado da área plantada, dada a limitação geográfica.
- Eletrificação de máquinas agrícolas.
- Substituição de combustível.



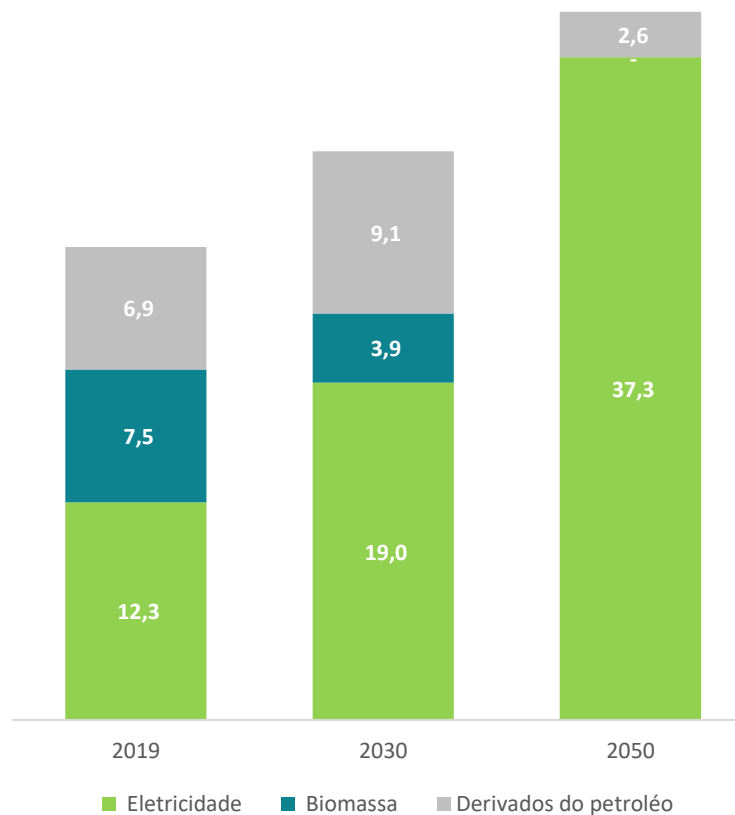
# Setor residencial

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia ( Mtoe )

Cenário 1



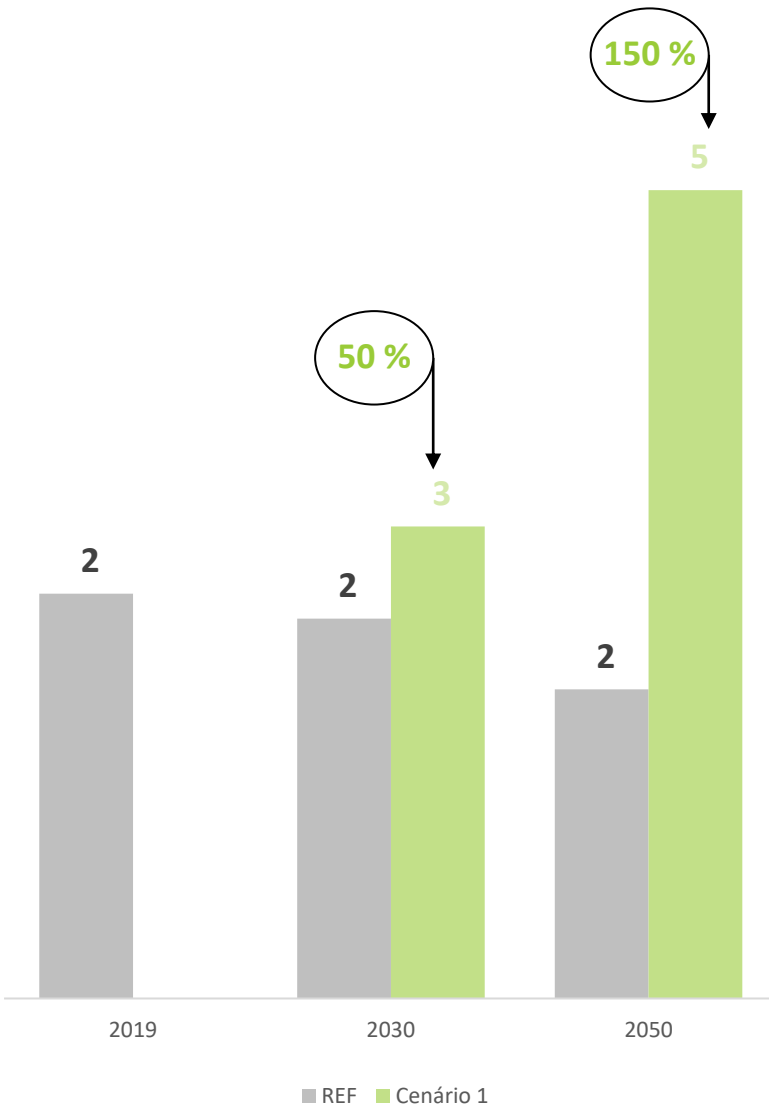
**Recomendações para chegar a um cenário de descarbonização**



- **Aumento da quota de electrodomésticos** para aquecimento, aquecimento de água e cozedura.
- **Uso extensivo de tecnologias elétricas**, incentivando a transferência de tecnologias convencionais.
- Substituição da iluminação tradicional por iluminação LED de forma eficiente.

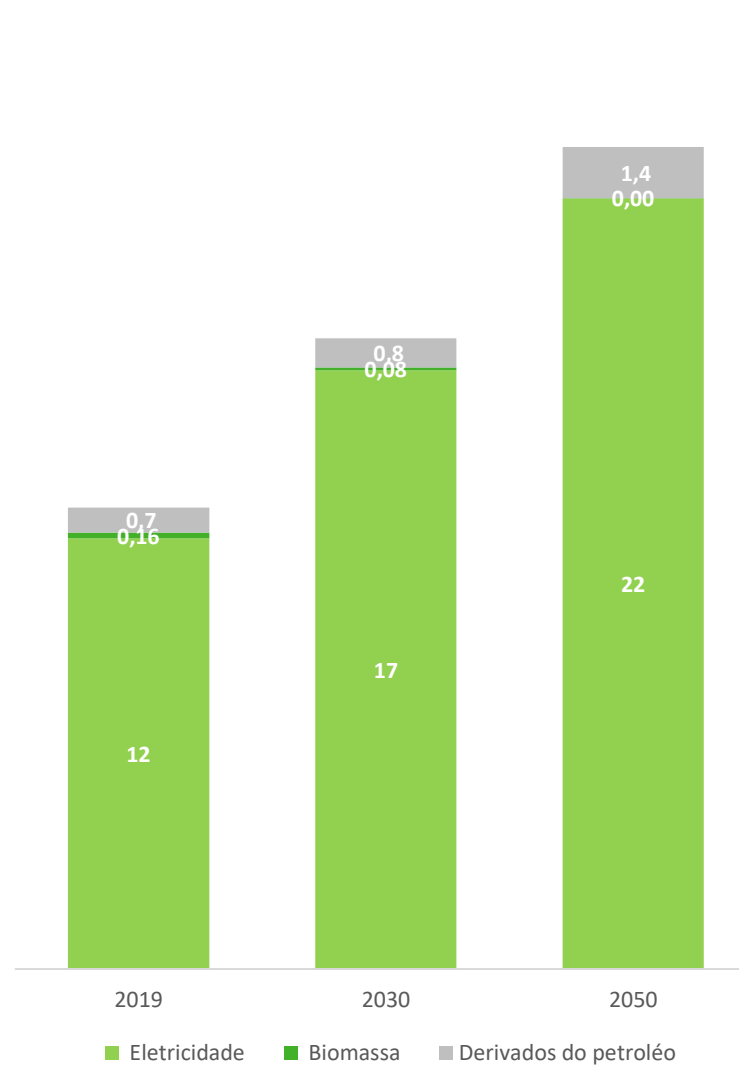
# Setor comercial e público

Emissões de CO2 eq. (Milhões de tCO2 eq)



Consumo Final de Energia ( Mtoe )

Cenário 1



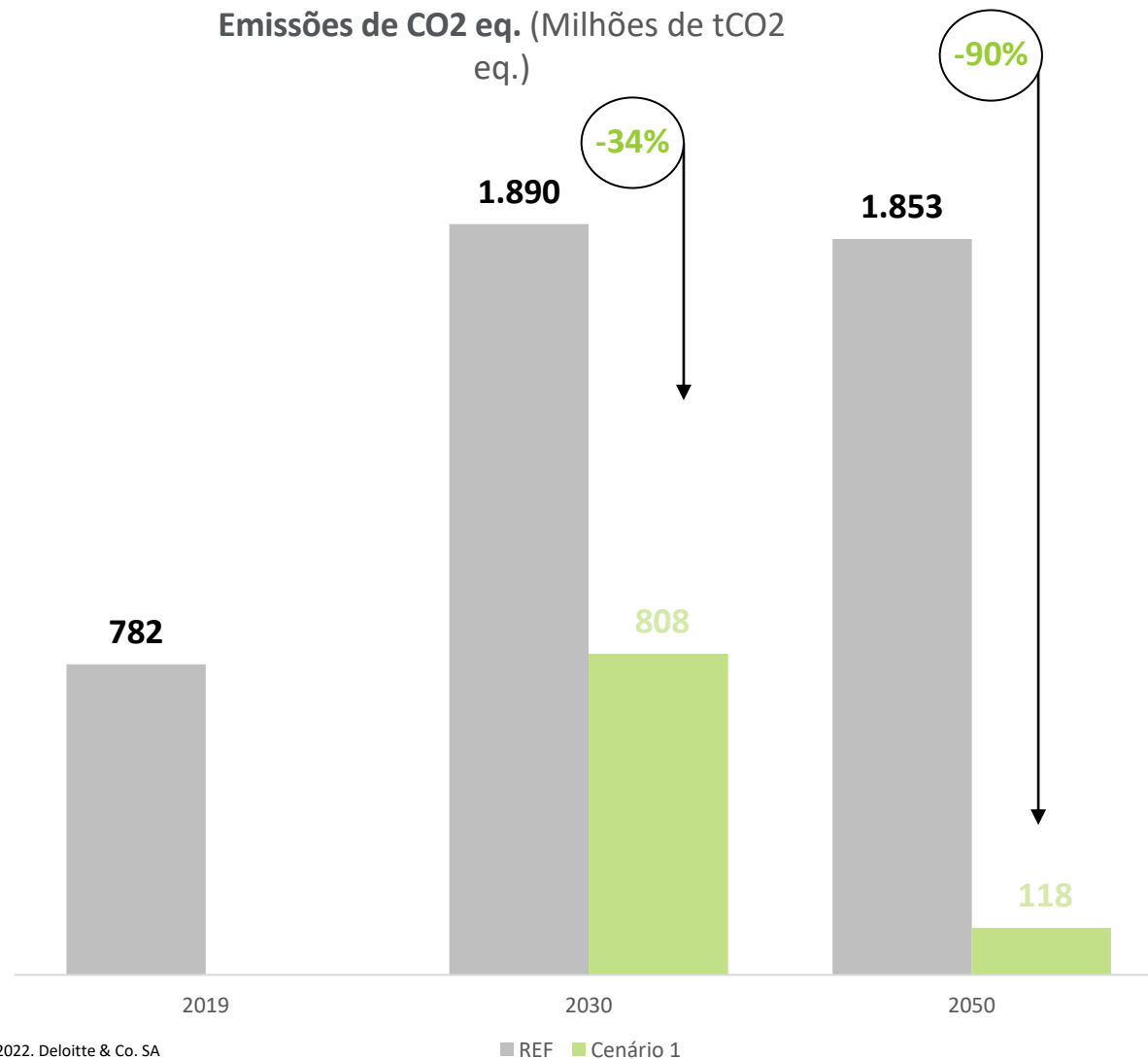
**Recomendações para chegar a um cenário de descarbonização**



- **Aumento da quota de electrodomésticos** para aquecimento, aquecimento de água e cozedura.
- **Uso extensivo de tecnologias elétricas**, incentivando a transferência de tecnologias convencionais.
- Substituição da iluminação tradicional por iluminação LED de forma eficiente.

# Setor não energético

O setor não energético inclui os seguintes setores: Pecuária, Uso do Solo, Mudança do Uso do Solo e Silvicultura, Resíduos e Emissões Fugitivas



## Recomendações para chegar a um cenário de descarbonização



### Pecuária:

- Promoção de boas práticas e melhoria de processos por meio da implementação de planos e programas públicos de extensão rural. Esta é uma opção de mitigação sistêmica, abrangendo todo o subsetor.

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

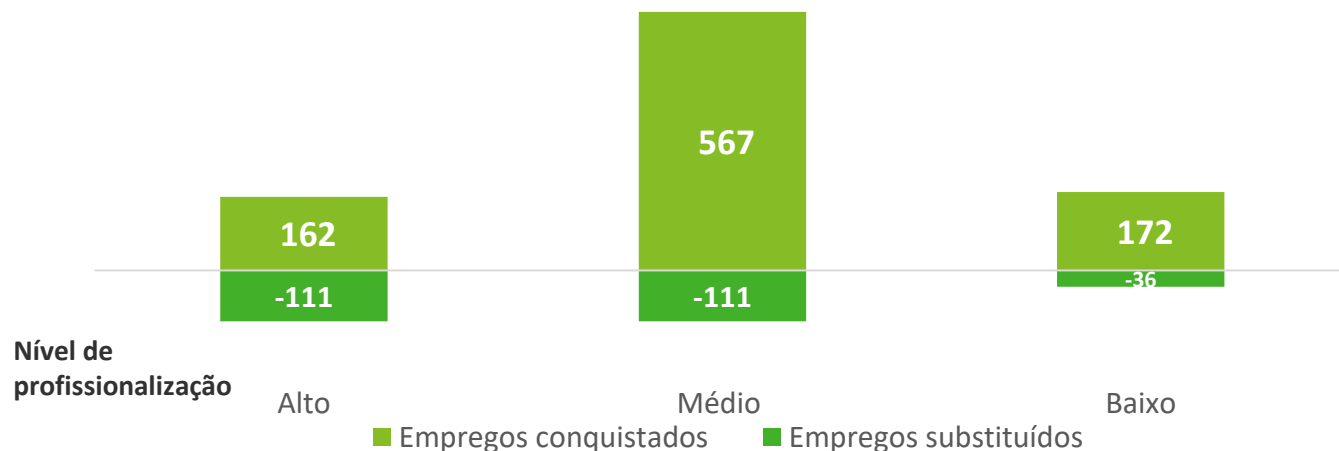
- Redução do desmatamento;
- Promover o aumento da área de plantações florestais.

### 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

Negócios criados e substituídos no cenário de sustentabilidade energética até 2030 (milhares)



643 mil empregos conquistados



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



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

## 4 RECOMENDAÇÕES

levando a uma transição energética justa para todos

- Apoiar a adoção de tecnologias pró-eletrificação
- Gerenciar negócios e oportunidades
- Combater a pobreza energética
- Promover uma alocação justa dos custos de transição

# Próximos passos

Para garantir uma troca adequada de informações e um ambiente colaborativo, propomos os seguintes passos para a próxima fase do projeto

- **Definir hipóteses** para a estratégia de redução de emissões num prazo de até 2050.
- **Executar o modelo** a partir da informação coletada para construir as razões por trás dos prognósticos, identificando o caminho estratégico para alcançar os objetivos.
- **Desenvolver recomendações** para a definição de políticas a partir dos resultados obtidos para alcançar uma transição energética eficiente até 2050.
- **Analisar e validar os resultados** do estudo com Enel e Key Stakeholders.

- Análise dos dados existentes
- Analisar os compromissos do Brasil relacionados a UNFCCC - A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

Coleta de dados e análise de dados

Modelos e cenários

Resultados finais

Governo do Brasil regulamentou, via decreto presidencial, o mercado de créditos de carbono no país, com expectativa de que gere mais de 100 bilhões de dólares até 2030, segundo cálculos oficiais. **Este estudo pode ser subsidio fundamental para tal definição.**



Deloitte refere-se a uma ou mais empresas da Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), sua rede global de firmas-membro e suas entidades relacionadas (coletivamente, uma “organização Deloitte”). A DTTL (também chamada “Deloitte Global”) e cada uma de suas firmas-membro e entidades relacionadas são juridicamente separadas e independentes, não podendo ser vinculadas ou vinculadas a terceiros. Para a DTTL, cada empresa membro da DTTL e cada entidade relacionada são responsáveis apenas pelos seus próprios atos e omissões, e não entre si. A DTTL não fornece serviços para clientes. Consulte [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) para saber mais.

Esta comunicação e quaisquer anexos a ela são para distribuição interna entre os profissionais da Deloitte Touche Tohmatsu . Limited (“DTTL”), sua rede global de firmas-membro e suas entidades relacionadas (coletivamente, uma “organização Deloitte”). Pode conter informações confidenciais e destina-se exclusivamente ao uso do indivíduo ou entidade. Se você não for o destinatário pretendido, notifique-nos imediatamente respondendo a este e-mail e exclua esta comunicação de todas as cópias do seu sistema. Por favor, não use esta comunicação de forma alguma.

Nenhuma DTTL, suas firmas-membro, entidades relacionadas, profissionais ou agentes serão responsabilizados por qualquer perda ou dano que ocorra direta ou indiretamente em conexão com qualquer pessoa que se baseie nesta comunicação. Na DTTL, cada uma de suas firmas-membro e entidades relacionadas são juridicamente separadas e independentes.

© 2022. Para mais informações, entre em contato com a Deloitte Global.