

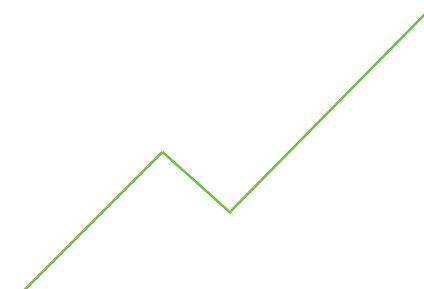


POTENCIAIS E CUSTOS DE ABATIMENTO DE EMISSÕES DE GEE PARA SETORES-CHAVE DA ECONOMIA BRASILEIRA

ENERGIA

Mariana Império

Junho de 2016





Esse material objetiva a capacitação acerca das metodologias empregadas no projeto “Opções de mitigação de emissões de GEE em setores-chave do Brasil”. Portanto, seu conteúdo não expressa resultados do projeto.



Índice

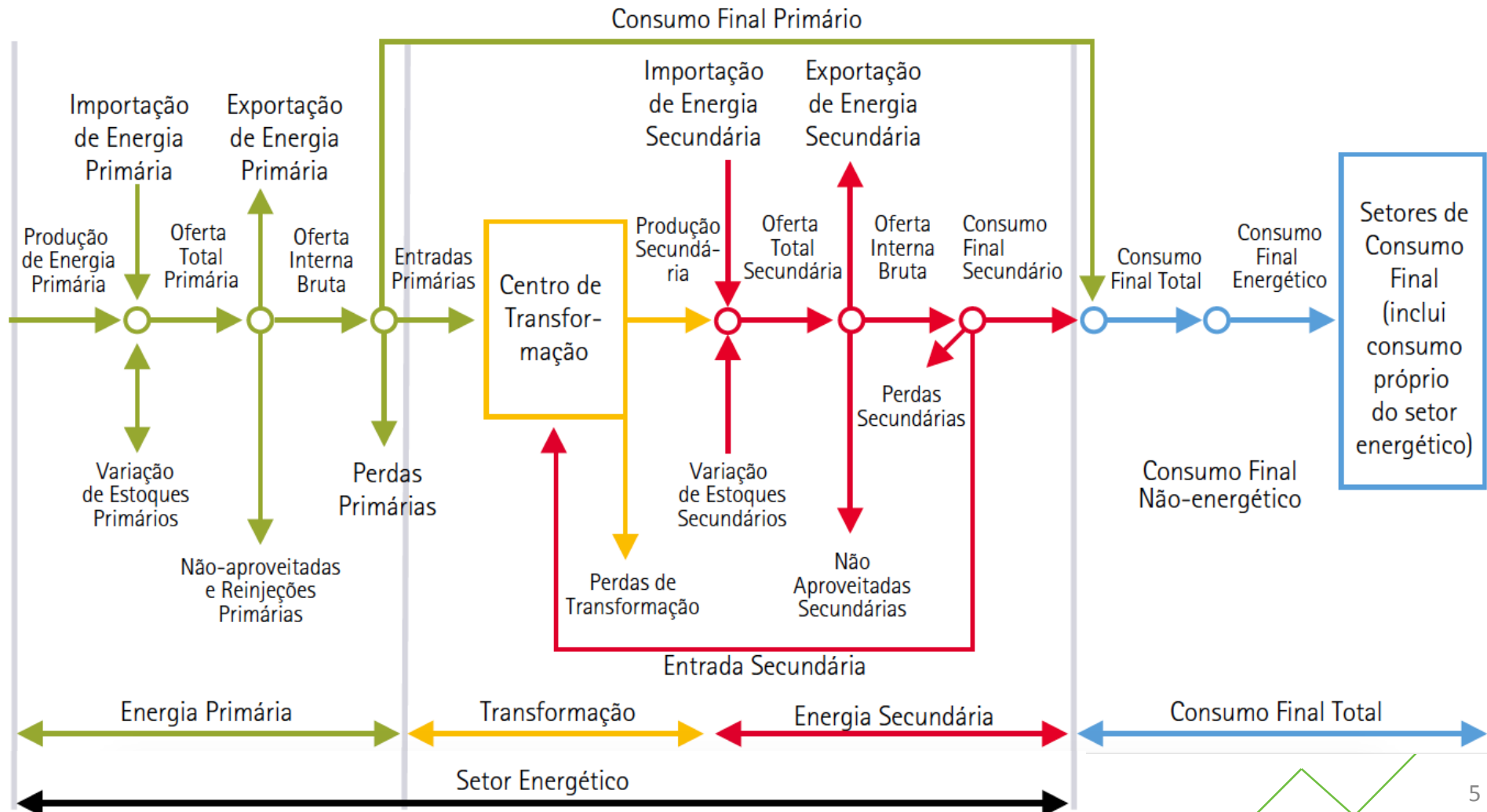
1. Contextualização e atividades de baixo carbono do setor energético
2. Cenários de longo prazo para o setor energético
3. Instrumentos de política públicas aplicáveis para a adoção das principais atividades de baixo carbono
4. Considerações finais



Contextualização e atividades de baixo carbono do setor energético



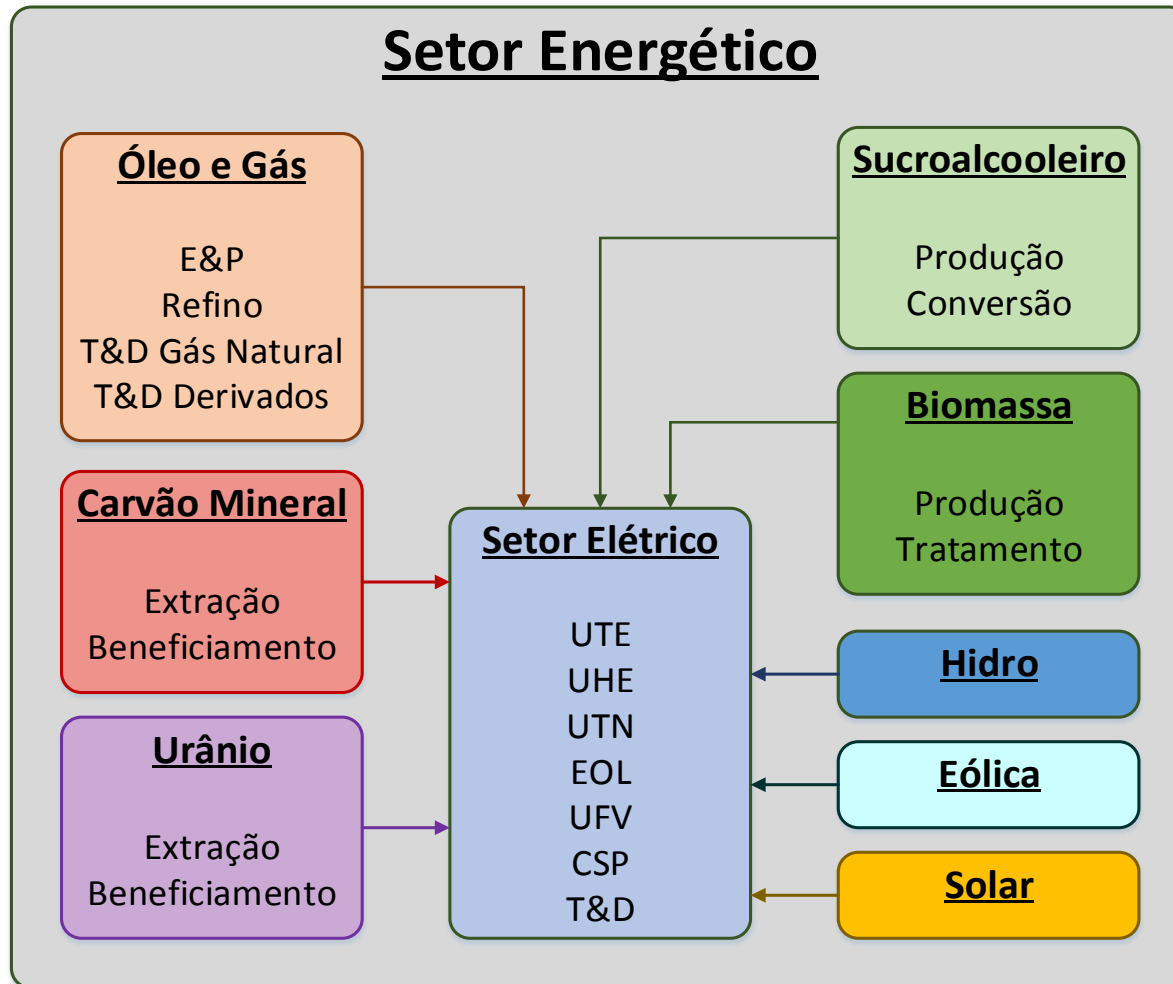
Contextualização do setor energético





Contextualização do setor energético

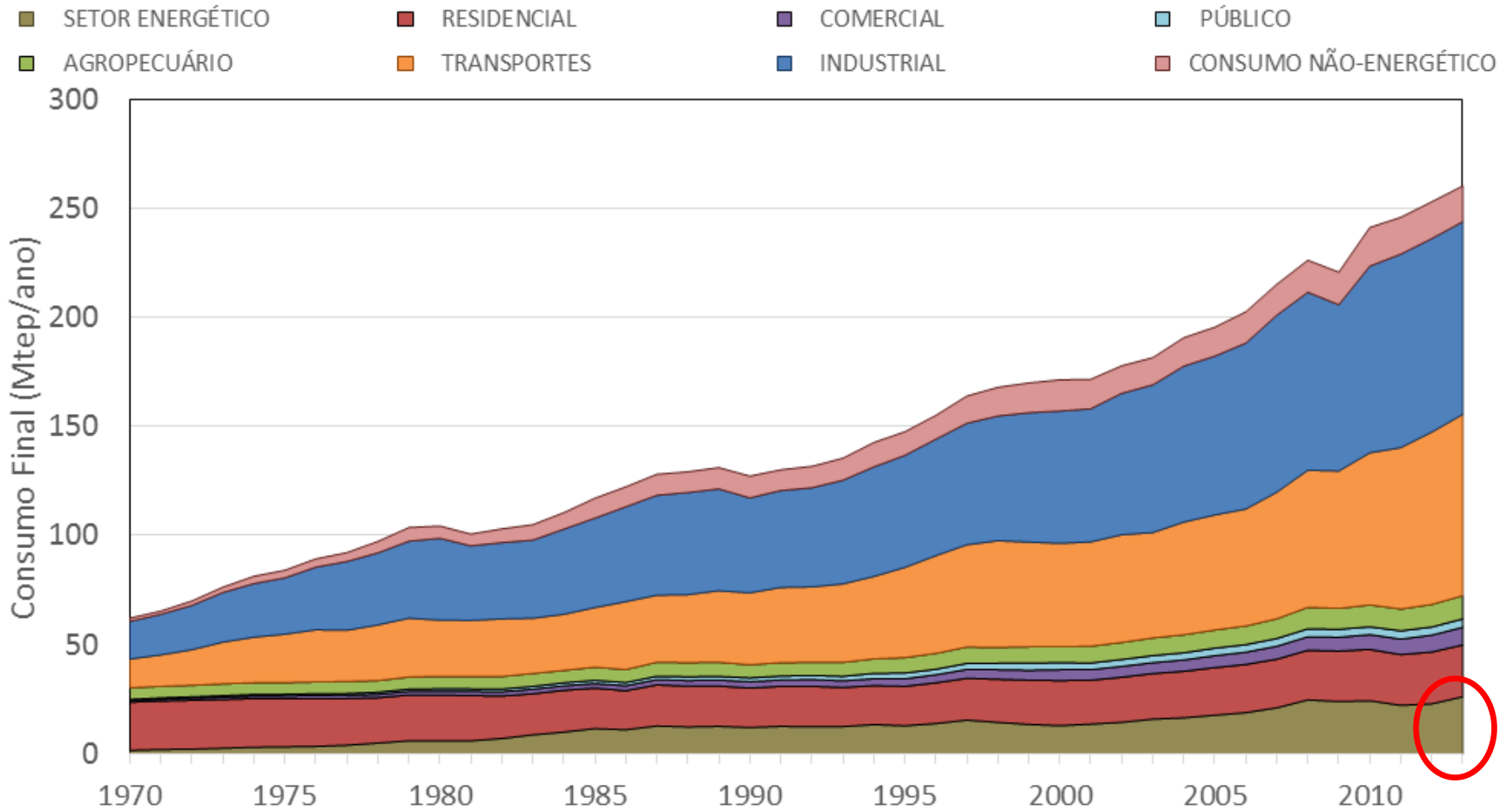
/// Setor energético não é composto apenas pelo setor elétrico





Contextualização do setor energético

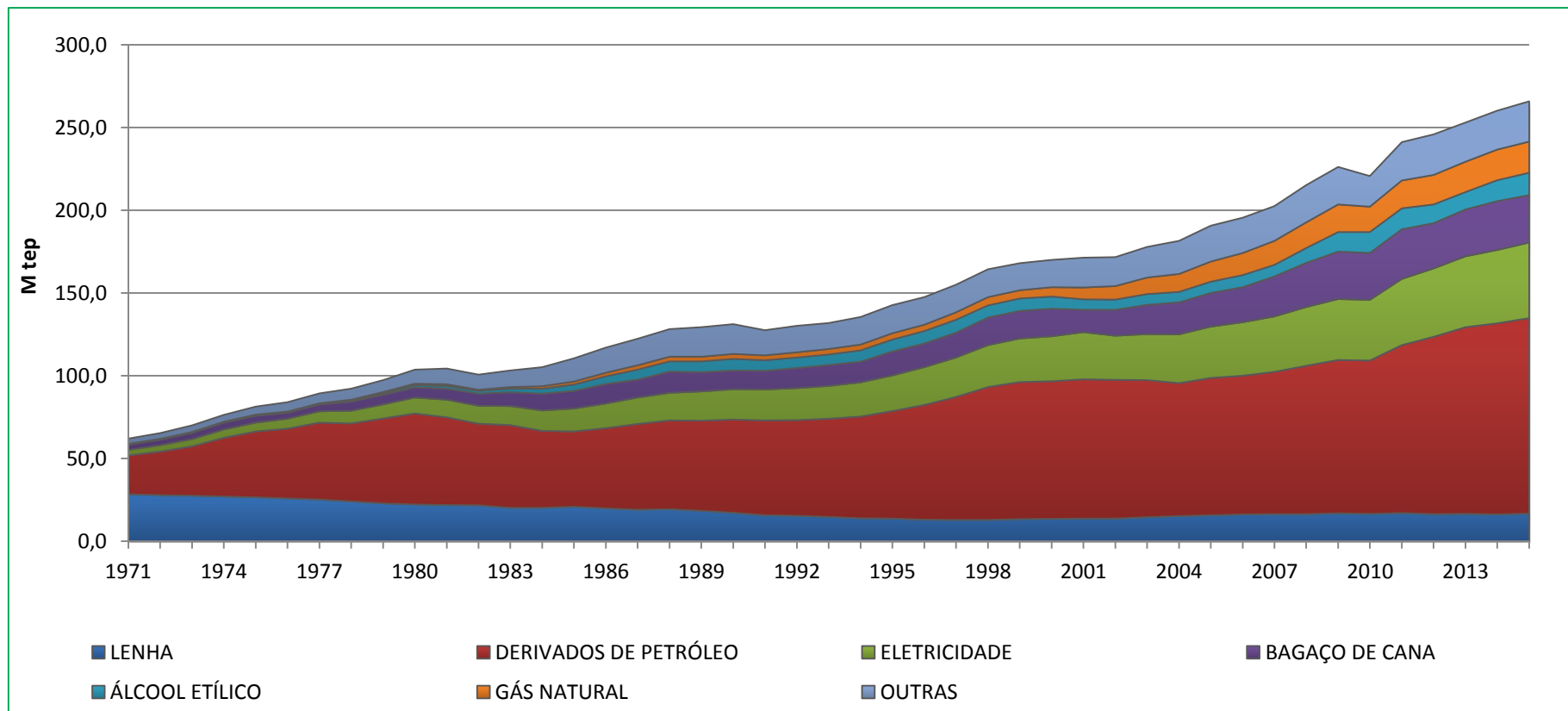
/// Setor energético: consumo de 10,3% do total em 2014.





Contextualização do setor energético

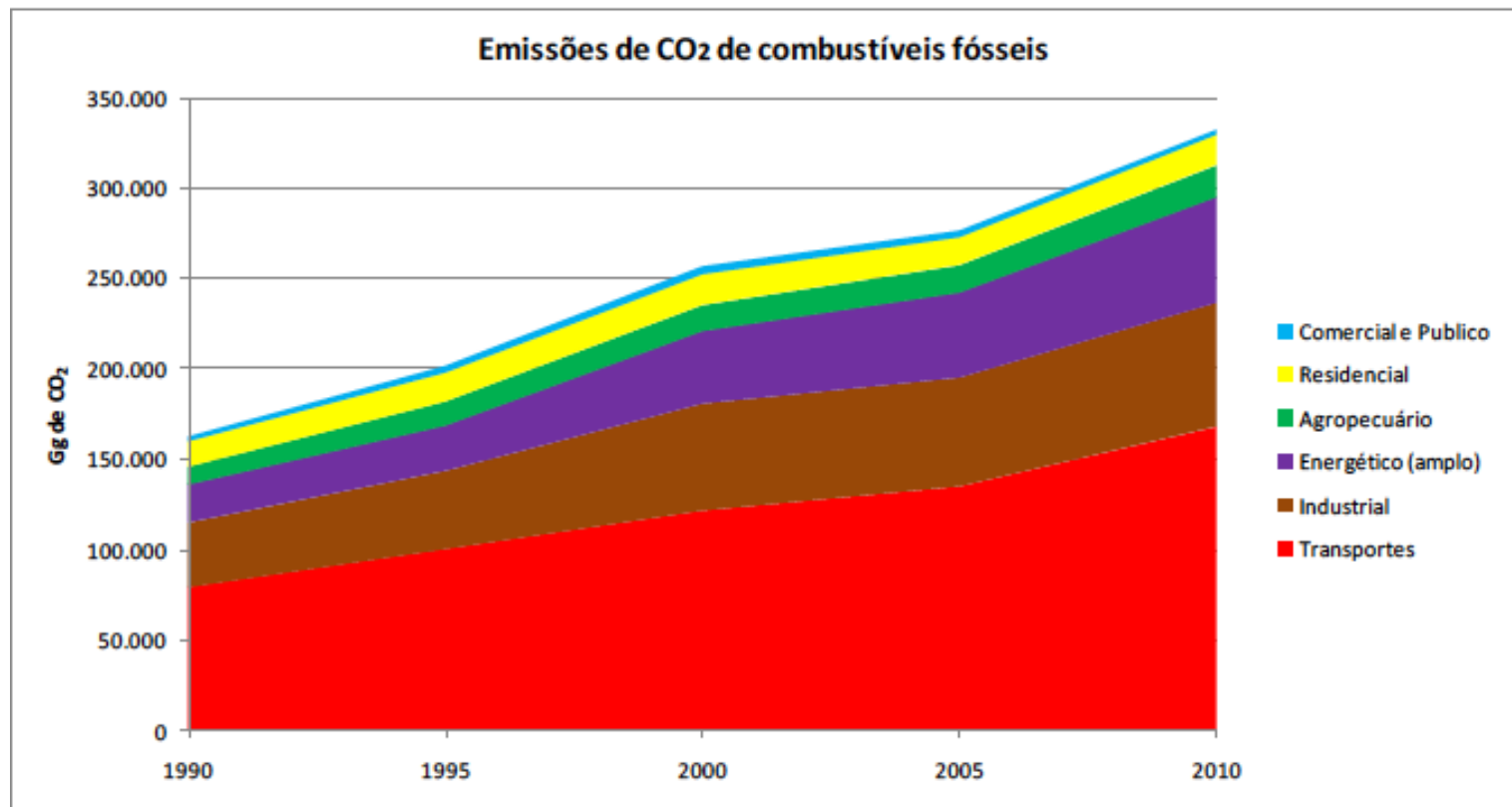
/// Consumo de energia final por fonte.





Contextualização do setor energético

/// Estimativas de emissões de GEE



Fonte: MCTI (2015)



Contextualização do setor energético

- /// Principais emissores do setor energético (conforme classificação do Balanço Energético Nacional):
 - /// Exploração e produção de petróleo e gás natural
 - /// Autoconsumo, *flare*, *vent* e fugitivas
 - /// Refino
 - /// Autoconsumo, *flare*, *vent* e fugitivas
 - /// Mineração de carvão: emissões fugitivas
 - /// Termoelétricas



Atividades típicas de baixo carbono

/// Óleo e gás

/// Extração e produção (E&P) de óleo e gás

/// Redução de Emissões Fugitivas: Selagem de equipamentos rotativos, inspeção e manutenção.

/// Redução de *Flare*: Recuperação de gases.



/// Refino

/// Substituição de combustível (ex.: óleo combustível).

/// Redução do consumo específico de utilidade das unidades.

/// Vapor: melhorias em isolamento, recuperação de condensado, integração energética, substituir ejetores por bomba de vácuo, etc.



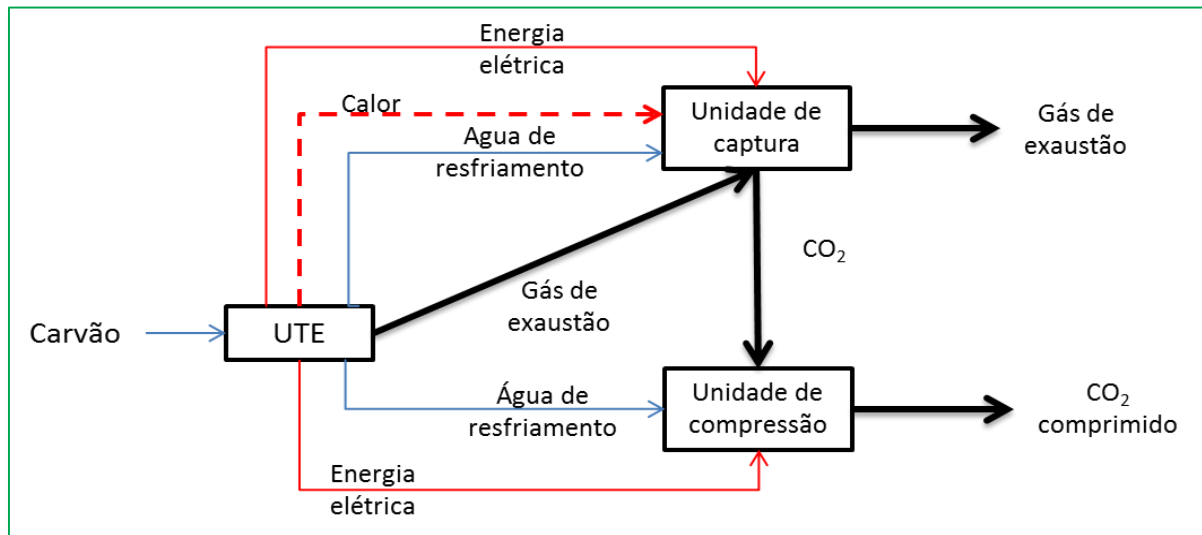
Atividades típicas de baixo carbono

/// Usinas termoelétricas (carvão mineral, gás natural)

/// Mineração Subterrânea

/// Degasificação: recuperação de gases com alto teor de metano.

/// Captura e Armazenamento de Carbono (sigla em inglês, CCS)



Aplicável também a:

- Refinarias
- Plataformas
- Destilarias
- Segmentos cimenteiro e químico, entre outros



Atividades típicas de baixo carbono

/// Biocombustíveis (etanol e biodiesel)

1. Opções de mitigação aos combustíveis fósseis que já fazem parte da matriz energética.
2. Atividades de baixo carbono relativas à expansão do consumo (setor de transportes).
3. Aprimoramento da produção no setor energético:

/// Difusão de unidades de produção de etanol celulósico de 2ª geração

/// Aproveitamento da palha e bagaço da cana-de-açúcar.

/// Matéria prima: 40% do custo total do etanol.

/// Difusão de processos alternativos de produção de biodiesel

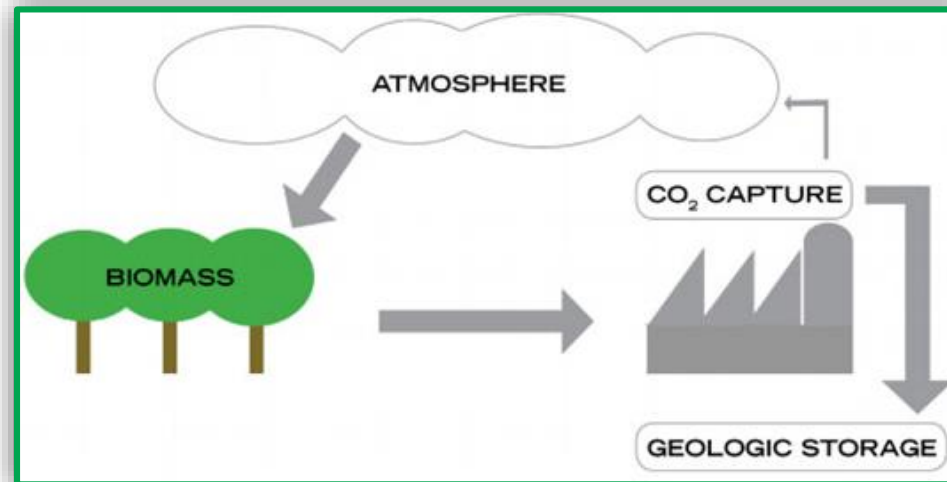
/// *Green diesel*; purificação em reatores de membranas; H-Bio.



Atividades típicas de baixo carbono

/// Biocombustíveis

- /// Bio-CCS (captura e armazenamento/uso do CO₂ oriundo do processo de fermentação por destilarias à etanol)
- /// Armazenamento em sítios geológicos e/ou carbonatação de bebidas; processamento e/ou resfriamento de alimentos; produção de ureia; produção de metanol.



Fonte: Global CCS Institute



Atividades típicas de baixo carbono

/// Eletricidade

/// Fontes fósseis

/// Aumento da eficiência de conversão e CCS em usinas termoelétricas.

/// Nuclear, Fontes Renováveis e Bioeletricidade

/// Por si só, já podem ser consideradas medidas de abatimento.

/// Enorme potencial energético.

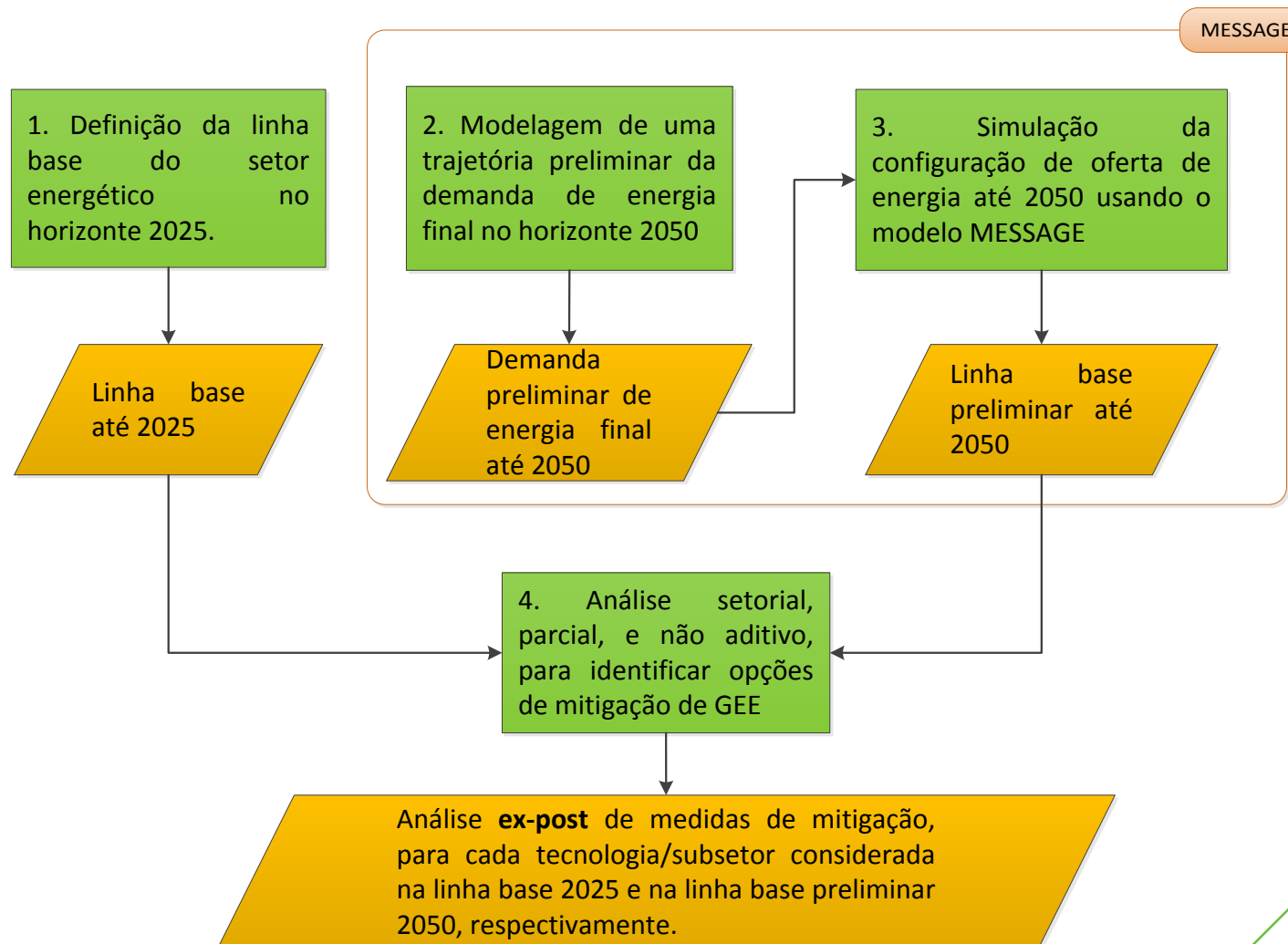
/// Espaço para avanços tecnológicos, principalmente em biomassa (bioeletricidade), eólica e solar.



Cenários de longo prazo para o setor energético



Modelagem





Cenários de longo prazo

/// Principais premissas gerais

- /// Ano-base: 2010
- /// Projeção: 2011 a 2050.
- /// Cenário macroeconômico → FIPE/USP
- /// Calibração: Balanço Energético Nacional; Terceira Comunicação Nacional; Relatórios Corporativos; entre outras.

/// Ferramenta: Modelo MESSAGE Brasil (MSB8000)

- /// Demanda exógena (setorial)
- /// Iteração MSB8000 ↔ Modelos setoriais
- /// Otimização: Menor custo total
- /// Restrições:
 - /// Atender a demanda
 - /// Limitações físicas (fluxo/estoque);
 - /// Limitações tecnológicas (potencial técnico, econômico e de mercado)



Cenários de longo prazo

/// Cenário de Linha de Base

/// Sem maiores mudanças estruturais no setor

/// Tecnologias disponíveis

/// Sem políticas de mitigação

/// Manutenção de tendências setoriais e políticas já em curso (Plano Decenal de Energia; Relatórios Corporativos; etc).

Cenários de longo prazo

/// Cenário de Baixo Carbono

- /// Melhores tecnologias disponíveis
- /// Diversas medidas de eficiência energética e processos produtivos de baixo carbono (cerca de 300 tecnologias de baixo carbono)
- /// Liberdade de otimização frente às opções tecnológicas
- /// BCx, onde “x” representa a faixa de custo das medidas de baixo carbono
 - /// Exemplos: BC0 (representa o conjunto de medidas com custo de redução de emissões negativos e nulos); BC25 (representa o conjunto de medidas com custo de abatimento negativos, nulos e até US\$ 25/tCO₂).
- /// Foram elaborados cenários com custos de redução de emissões até US\$ 100/tCO₂.

Cenários de longo prazo

/// Custo de abatimento (redução de emissões)

- /// É o custo de uma opção tecnológica, ou conjunto de opções tecnológicas, que atuam de forma a reduzir a emissão de um poluente
- /// Considera investimento, operação de manutenção (O&M), receita, custo de combustível, fator de recuperação do capital, vida útil (Banco Mundial, 2010)
- /// Pode ser positivo ou negativo

/// Potencial de abatimento

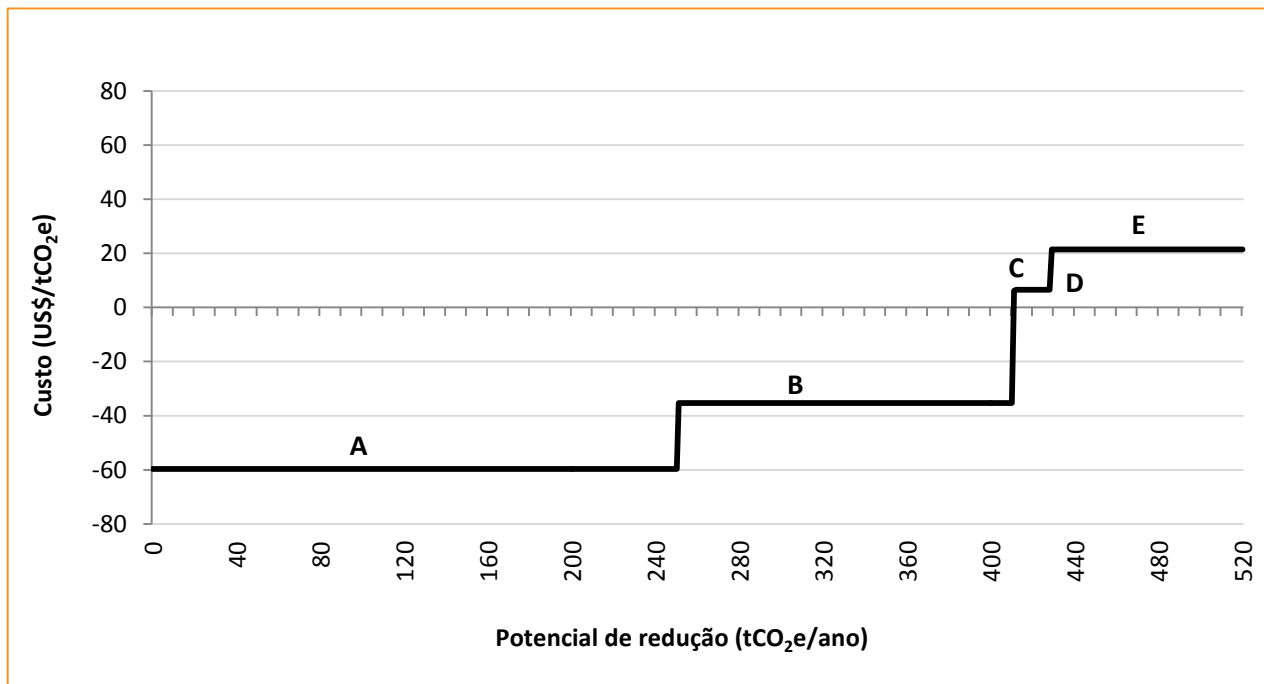
- /// Quantidade de emissão de um poluente passível de redução por uma tecnologia ou processo produtivo



Cenários de longo prazo

/// Curva de custo de abatimento

- /// Representação do esforço econômico gradativo envolvido na redução de um poluente





Cenários de longo prazo

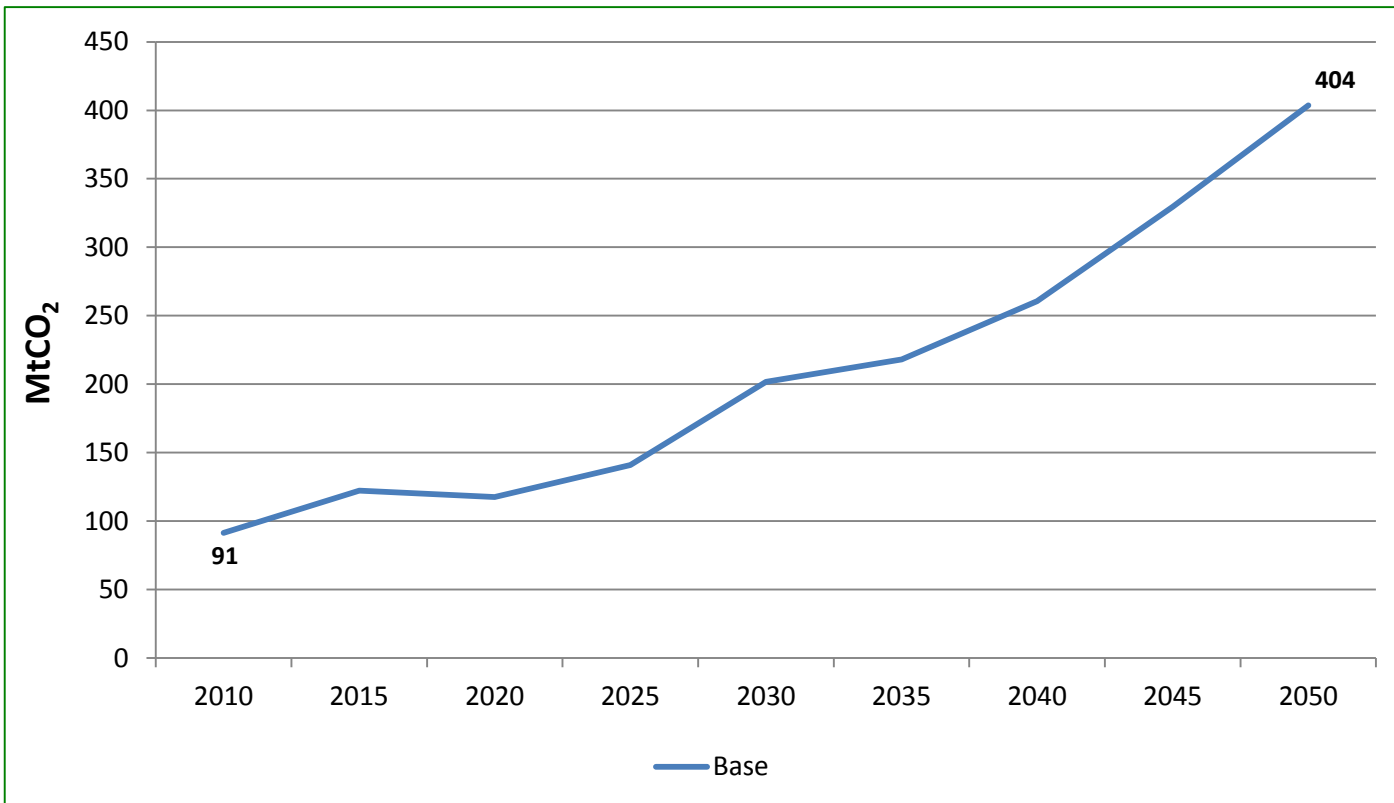
/// Cenário de Baixo Carbono com Inovação

- /// Abrange inovações dentro de instalações do setor energético com objetivo sistêmico de reduzir emissões de GEE.
- /// Avaliação exclusiva de perspectivas de evolução dos custos segundo aprendizado tecnológico.
- /// Centra-se nas perspectivas de inovação tecnológica e potencial aprendizado para sistemas elétricos avançados:
 - /// Conversão de biomassa
 - /// Energia solar fotovoltaica em plantas centralizadas
 - /// Geração heliotérmica
 - /// Energia eólica *offshore*
 - /// Instalações centralizadas de armazenamento de energia elétrica
 - /// Biocombustíveis de 3ª geração



Cenários de longo prazo

/// Emissões de GEE por cenário

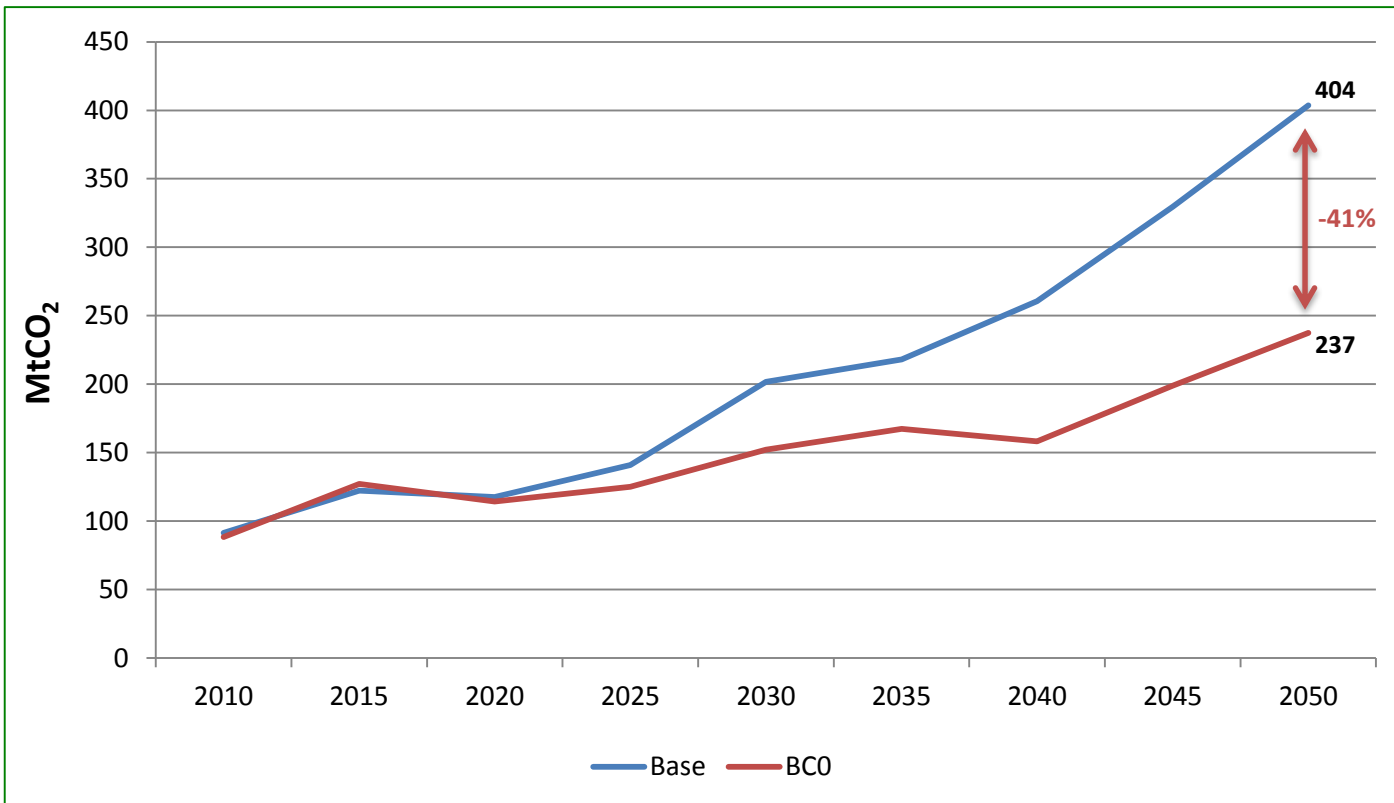


Linha de Base



Cenários de longo prazo

/// Emissões de GEE por cenário



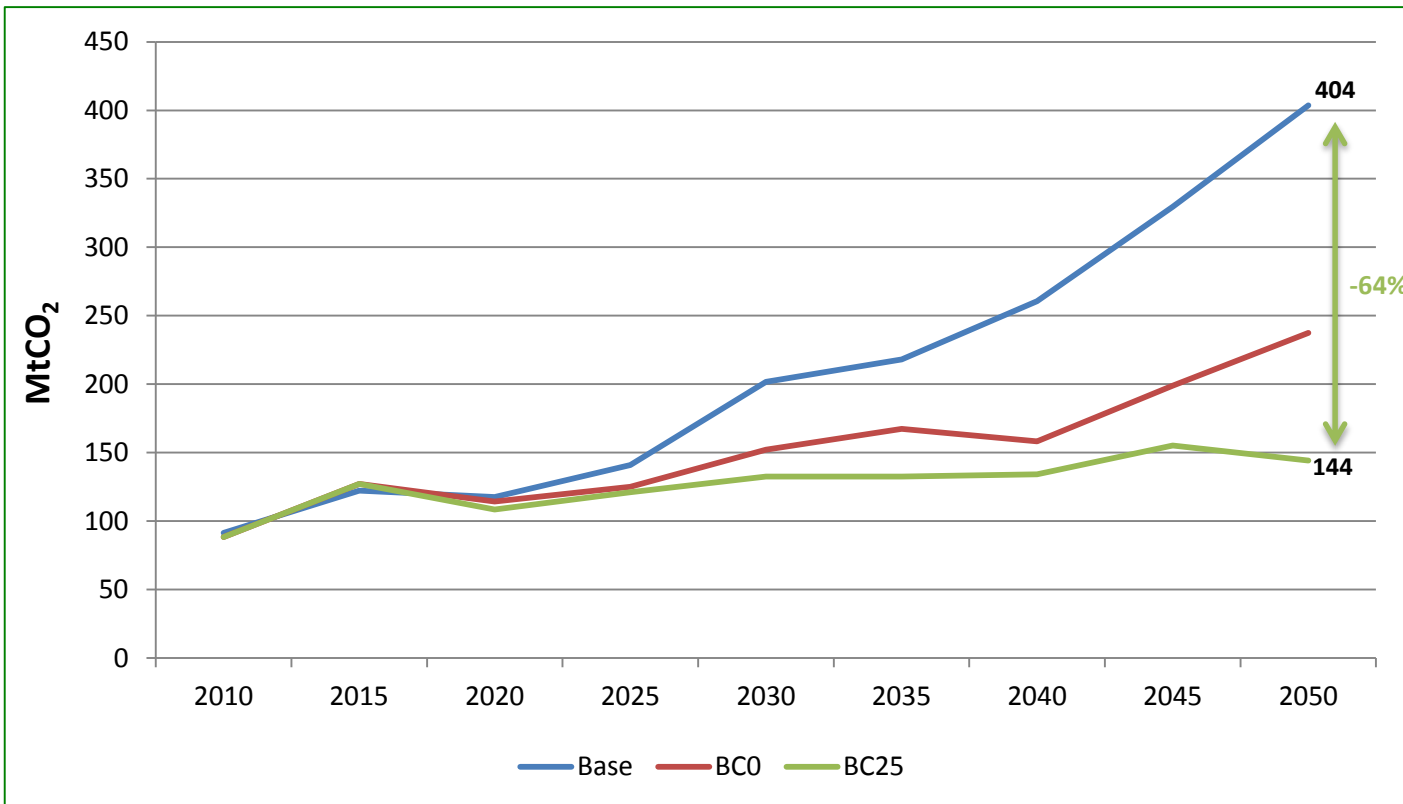
BCO (Principais medidas):

- /// Eficiência em E&P
- /// Repotenciação Hidrelétricas



Cenários de longo prazo

/// Emissões de GEE por cenário



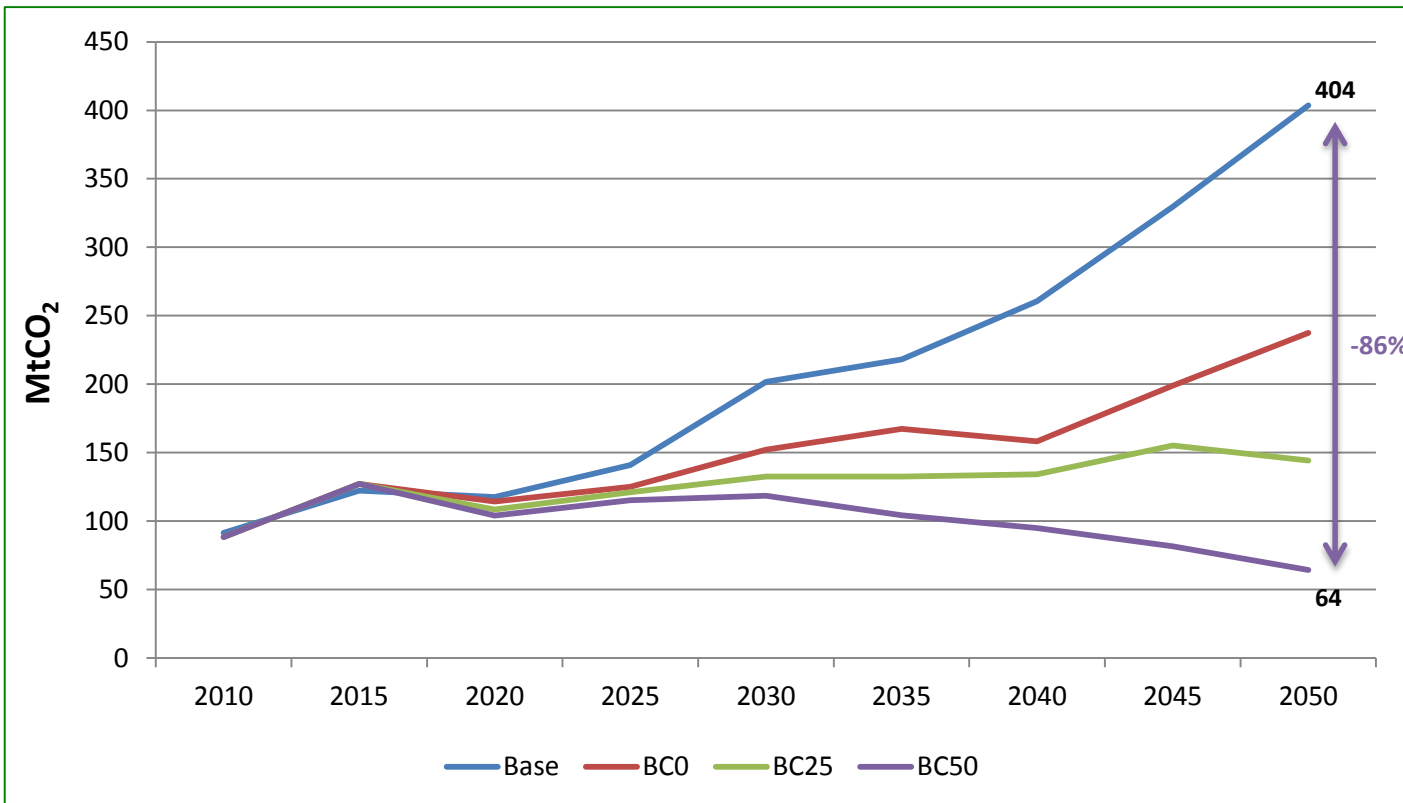
BC25 (Principais medidas):

- /// CCS nas UGH
- /// Bio-CCS em destilarias
- /// Turbinas hidrocinéticas
- /// Usinas reversíveis



Cenários de longo prazo

/// Emissões de GEE por cenário



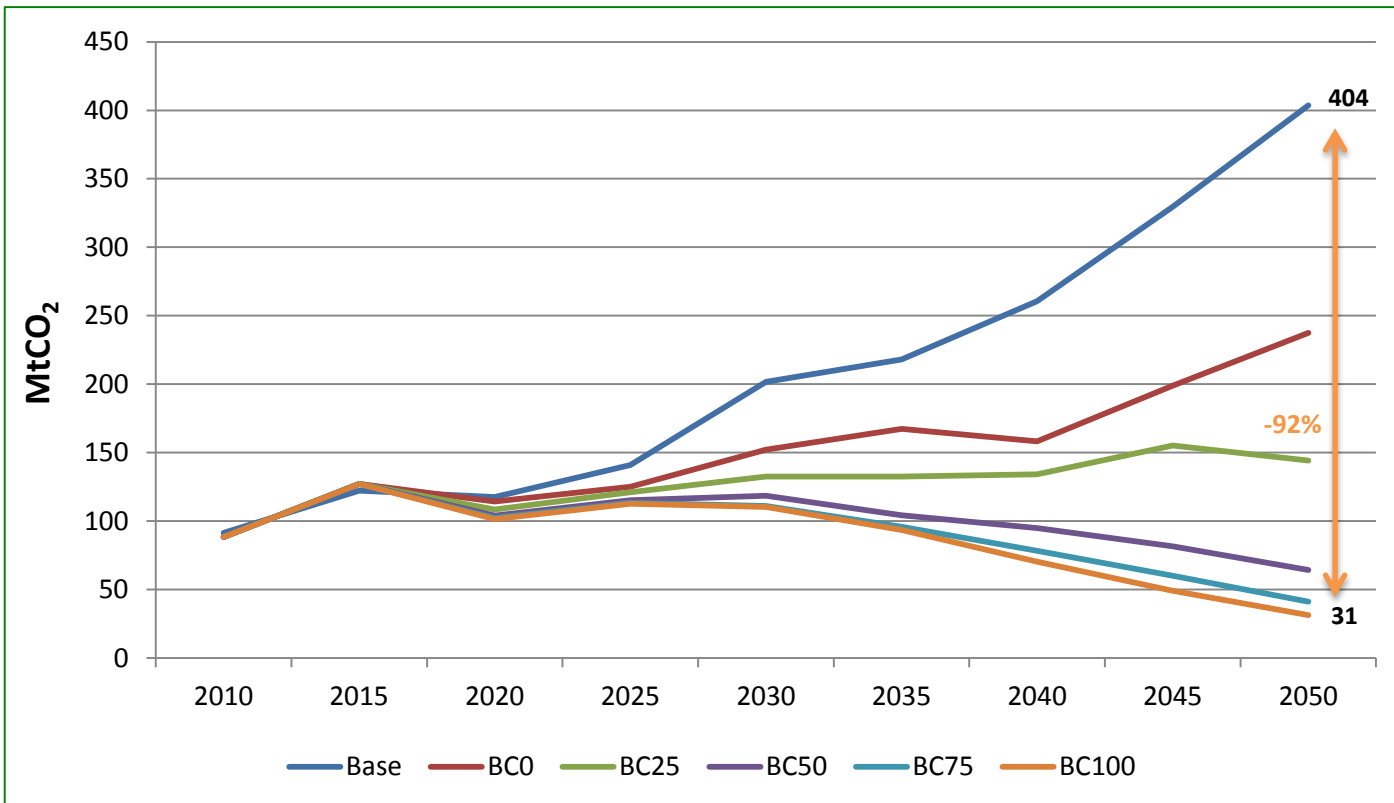
BC50 (Principais medidas):

- /// Solar FV
- /// Geração de EE em usinas sucroalcooleiras remotas
- /// CCS em UTEs a carvão



Cenários de longo prazo

/// Emissões de GEE por cenário



Custo carbono



Emissões



Cenários de E&P

/// Premissas Gerais

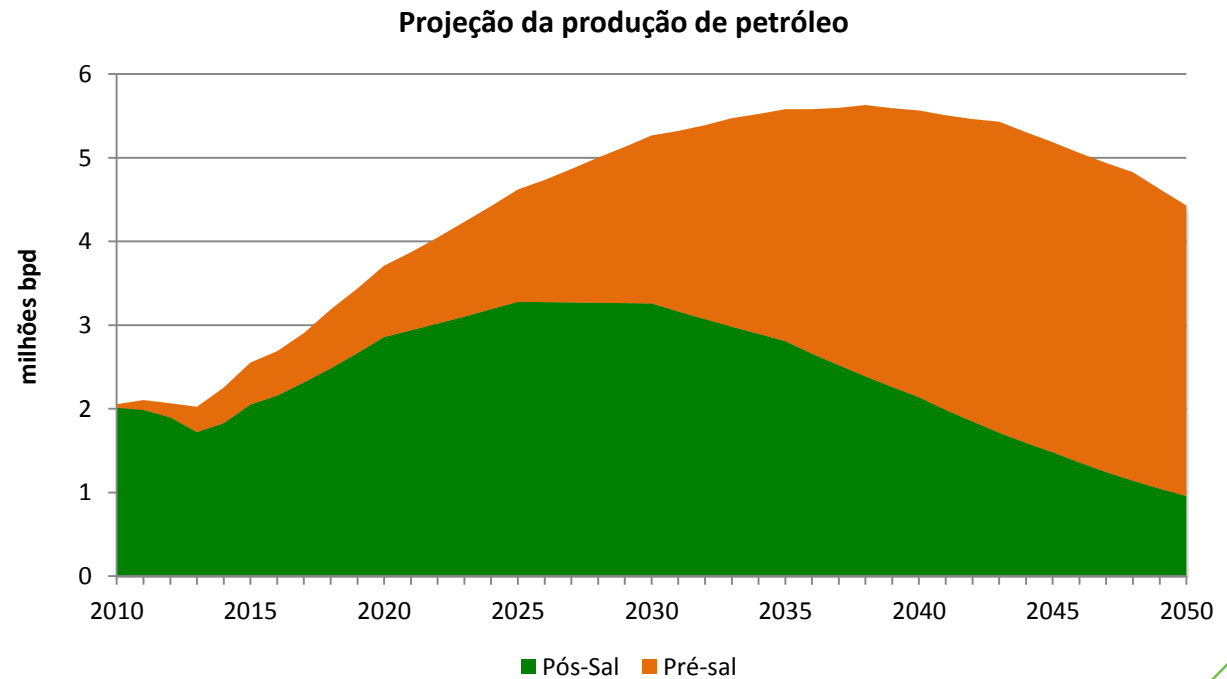
- /// Produção de óleo: pós-sal e pré-sal
- /// Produção de gás natural: gás associado e não associado do pós-sal, gás associado do pré-sal e gás de folhelho (*shale gas*).
 - /// Gás natural do pré-sal: faixa de teor de CO₂ de 10% a 45% mol. CO₂.
- /// Projeção de plataformas
 - /// Pós-sal: todas as plataformas com capacidade média de 100 mil barris por dia;
 - /// Pré-sal:
 - /// Até 2019: capacidade média de 100 mil barris por dia;
 - /// 2020 – 2035: capacidade média de 150 mil barris por dia;
 - /// 2035 em diante: capacidade média de 200 mil barris por dia.
- /// Todas as plataformas consideradas são do tipo FPSO



Cenários de E&P

/// Projeção óleo

Ano	Pós-Sal	Pré-sal	Total (Mbpd)
2010	2.0	0.0	2.1
2015	2.1	0.5	2.6
2020	2.9	0.8	3.7
2025	3.3	1.3	4.6
2030	3.3	2.0	5.3
2035	2.8	2.8	5.6
2040	2.1	3.4	5.6
2045	1.5	3.7	5.2
2050	1.0	3.5	4.4

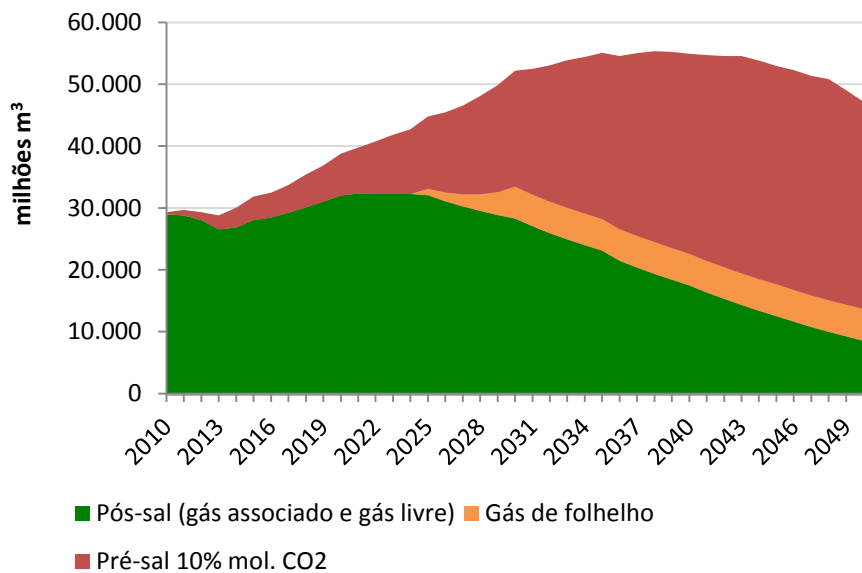


Cenários de E&P

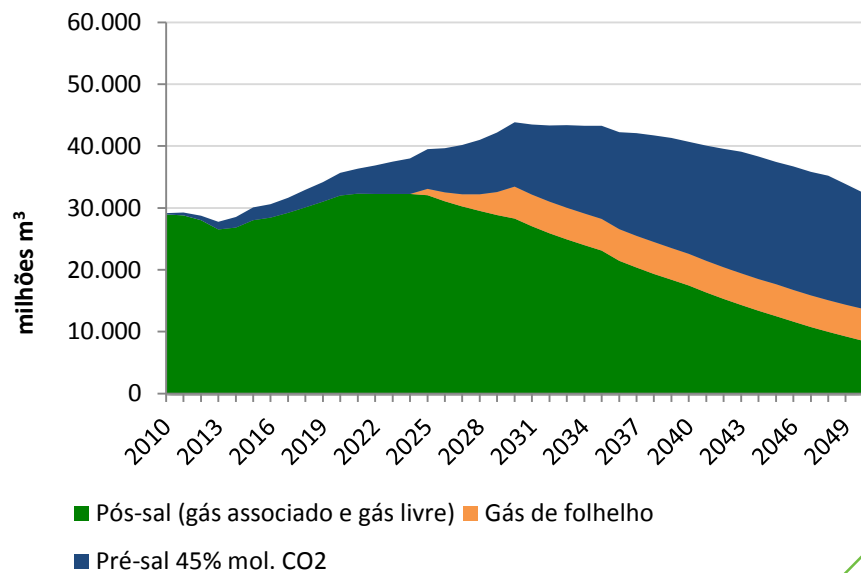
/// Projeção gás natural (Mm³/ano)

/// Oferta líquida = Bruta – reinjeção – perdas – autoconsumo – bypass

Projeção de produção líquida total de gás natural no Brasil (gás pré-sal com 10% mol. CO₂)



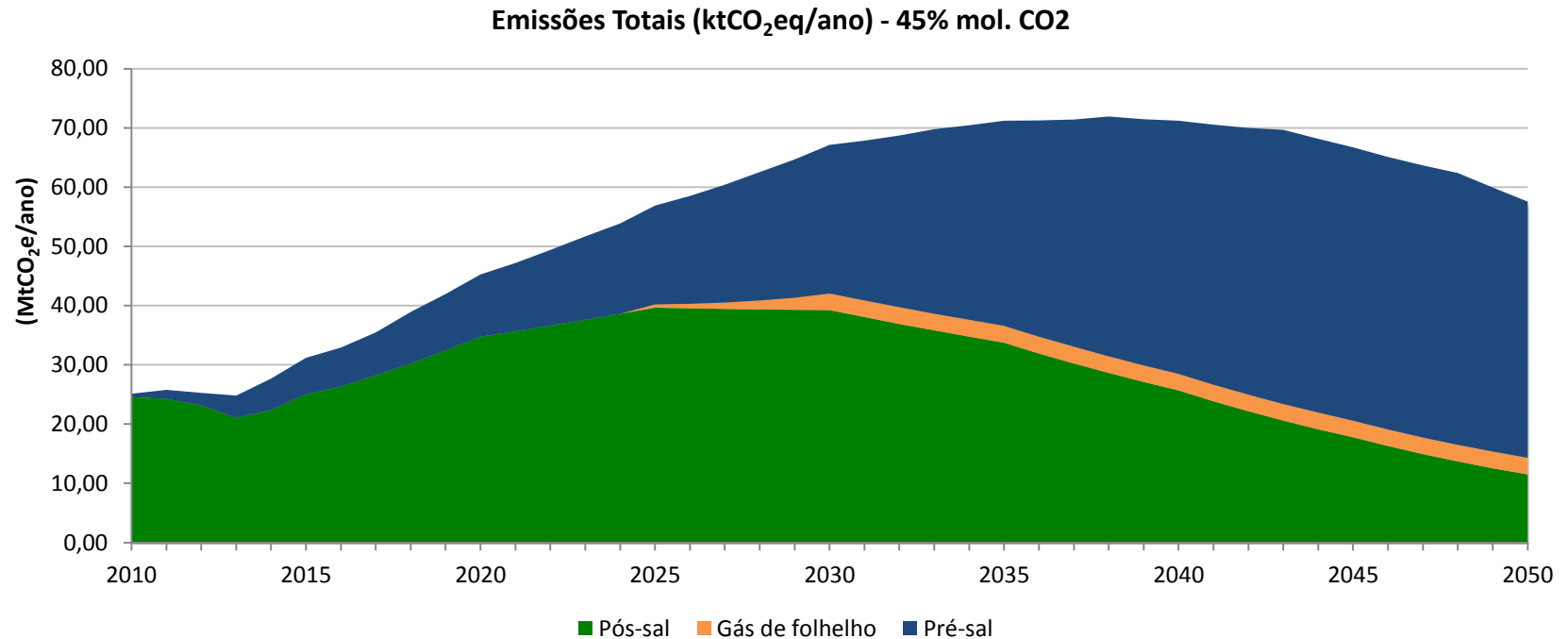
Projeção de produção líquida total de gás natural no Brasil (gás pré-sal com 45% mol. CO₂)





Cenários de E&P

/// Emissões Cenário Linha de Base





Cenários de E&P

/// Atividade de baixo carbono

- /// **Instalação de Unidades de Recuperação de Vapor em tanques de armazenamento (URV):** substituição do gás natural utilizado pra gerar energia elétrica nas plataformas (pré-sal e pós-sal) pelo vapor recuperado (concentrado em CH₄)
- /// **Substituição da selagem a óleo pela selagem a gás:** redução de emissões fugitivas
- /// **Invólucro no compressor recíproco:** redução de emissões fugitivas
- /// **Implementação de um programa de inspeção e manutenção:** redução de emissões fugitivas
- /// **Redução de queima em flare**
- /// **GTL (*Gas to liquids*):** produção de combustíveis sintéticos e óleo lubrificante



Cenários de E&P

Total: 106,38 MtCO₂e

/// Potenciais e Custos de Abatimento

Medidas	Potenciais de abatimento e Custo de Abatimento Médio Anual, por plataforma											
	Pós-sal			Pré-sal								
	100 bpd			100 bpd			150 bpd			200 bpd		
	EE	Bruto	Líquido	EE	Bruto	Líquido	EE	Bruto	Líquido	EE	Bruto	Líquido
Instalação de uma Unidade de Recuperação de Vapor (URV)	61,9	4,5	-35,0	80,4	4,1	-35,4	120,6	4,1	-35,4	160,8	4,1	-35,4
Substituição da selagem a óleo pela selagem a gás	21,9	74,6	58,8	43,8	74,6	58,8	65,7	49,7	33,9	87,6	37,3	21,5
Invólucro no compressor recíproco	0,11	45,72	29,07	0,11	45,72	29,07	0,16	30,48	13,83	0,21	22,86	6,21
Programa de Inspeção e Manutenção	8,4	43,1	26,4	8,4	43,1	26,4	12,6	29,8	13,2	16,8	23,2	6,6
Implementação do Piloto de Flare	130,5	50,3	-59,7	125,4	50,3	-59,7	188,1	50,3	-59,7	250,8	50,3	-59,7
GTL	N/A ¹	217,9	-382,8	Não aplicável ao pré-sal (por hipótese)								

¹ As emissões evitadas pelo GTL não foram calculadas por plataforma, mas pelo potencial nacional de 4,4MtCO₂e até 2050.

Legenda: EE: Emissões evitadas (ktCO₂e/ano);
 Bruto: Custo sem receita (US\$/tCO₂e);
 Líquido: Custo com receita (US\$/tCO₂e).

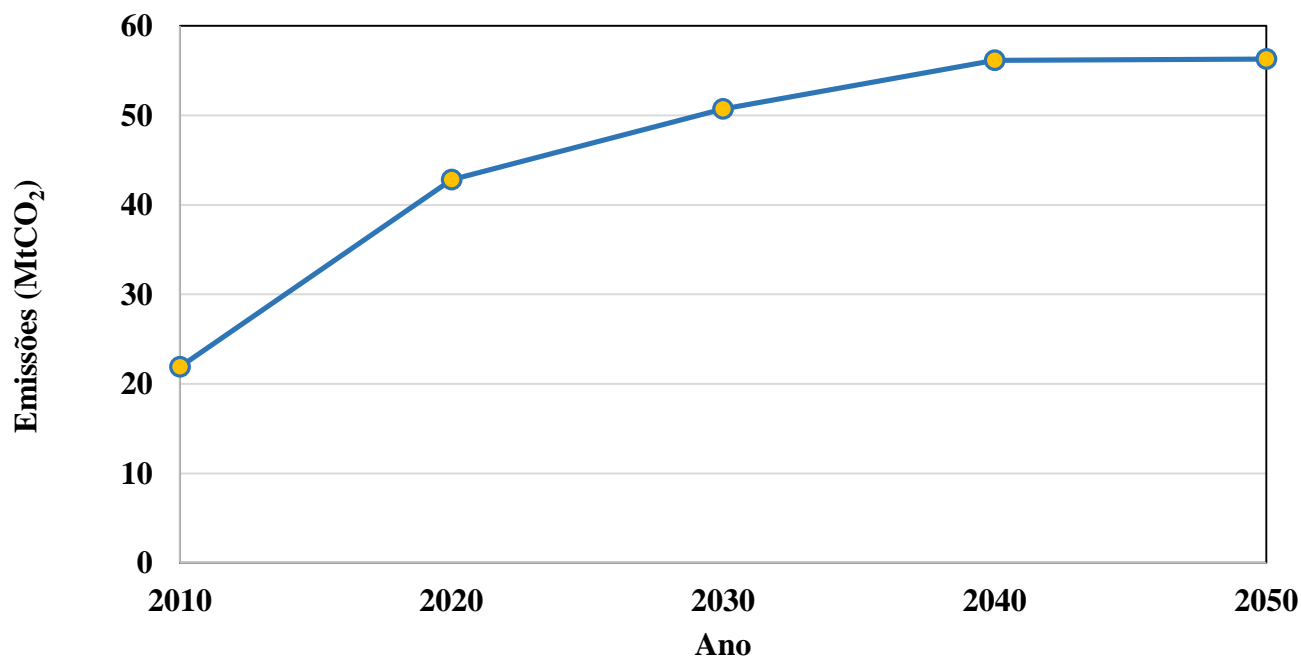


Cenários de Refino

/// Emissões do Cenário de Linha de Base

/// Emissões totais do setor de refino em 2010: 21,9 MtCO₂

/// Emissões totais do setor de refino em 2050: 56,3 MtCO₂





Cenários de Refino

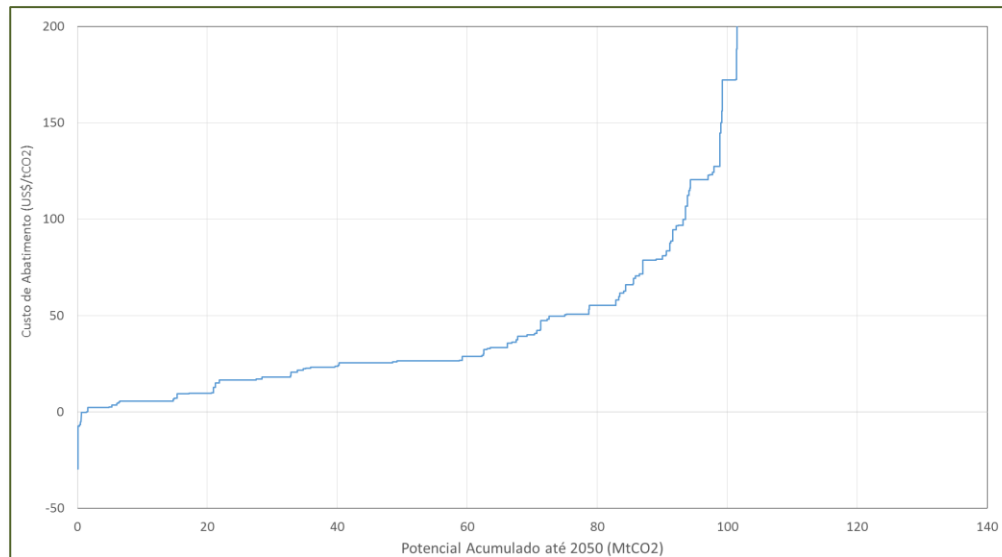
/// Potencial acumulado de abatimento do Refino

Critério (C = US\$/tCO ₂)	Número de Medidas em 2020	Potencial Bruto de Abatimento 2020 (MtCO ₂)	Número de Medidas em 2030	Potencial Bruto de Abatimento 2030 (MtCO ₂)	Número de Medidas em 2040	Potencial Bruto de Abatimento 2040 (MtCO ₂)	Número de Medidas em 2050	Potencial Bruto de Abatimento 2050 (MtCO ₂)
$C \leq 0$	29	4,35	29	21,65	29	49,78	28	11,91
$0 < C \leq 10$	36	3,63	36	17,58	37	33,50	39	60,17
$10 < C \leq 50$	74	24,76	77	74,36	79	138,96	82	198,43
$50 < C \leq 100$	33	3,17	31	9,80	32	20,98	29	33,49
$C > 100$	28	7,67	27	19,78	23	29,44	22	37,55
Total	200	43,58	200	126,22	200	272,66	200	341,55

Potenciais e custos de abatimento (refino e CCS)

/// Refino

- /// Principais medidas: Substituição de líquidos por gasosos; modernização de fornos; integração energética; controle de incrustação; modernização do sistema de flare; ...



75% do potencial de
acumulado de
redução de emissões
(78 MtCO₂) na faixa
de US\$ 1 a US\$
50/tCO₂

/// CCS (custo em US\$/tCO₂)

- /// E&P (5 a 19); Refino (30 e 74); UTE a gás (50 a 60); UTE a carvão (40 a 65); Destilarias (10 a 30); Cimento; siderurgia e produção de amônia (> 85).



Cenários de longo prazo

- /// Por que as melhores tecnologias não são implementadas?
- /// Elas enfrentam barreiras (inclusive as medidas custo efetivas!)
 - /// Econômicas:
 - /// Alto custos de capital
 - /// Dificuldade de acesso a crédito
 - /// Taxas de desconto
 - /// Tecnológicas:
 - /// Adaptação da tecnologia à realidade nacional
 - /// Falta de conteúdo local
 - /// *Lock-in* tecnológico
 - /// Informacionais:
 - /// Desconhecimento sobre o potencial, custos e benefícios de uma nova tecnologia;
 - /// Falta de pessoal técnico capacitado para avaliar e implementar medidas de baixo carbono



Cenários de longo prazo

- /// Por outro lado, devem ser avaliados os co-benefícios, que impactam a viabilidade do cenário de baixo carbono!
 - /// Redução de importação de combustíveis fósseis, que impactam a lucratividade de empresas, entre outros aspectos
 - /// Diversificação da matriz energética
 - /// Desenvolvimento de regiões rurais
 - /// Geração de emprego e renda
 - /// Redução de custos com tratamento de resíduos
 - /// Redução da emissão de poluentes locais, e seu impacto sobre custos com a saúde pública
 - /// ...



Portanto, barreiras e co-benefícios devem ser considerados na formulação de instrumentos de políticas públicas para viabilizar a adoção de cenários de baixo carbono pelo setor!



*Instrumentos de política públicas aplicáveis
para a adoção das principais atividades de
baixo carbono*



Instrumentos de Políticas Públicas



/// Óleo e gás natural – Eliminação do *flare*

- /// Principal barreira: preocupação com a segurança/falta de informação
- /// Instrumentos de pesquisa, desenvolvimento e implementação
 - /// Investimento em projetos piloto de plataforma sem *flare*
 - /// Cláusula de investimento em P&D – 0,5% receita bruta de produção (ANP, 2012)
 - /// Agentes: Cooperação entre empresas petrolíferas, para-petrolíferas e Universidades
- /// Instrumentos de informação e educação
 - /// Demonstração dos novos procedimentos de *flare* para aumentar a confiabilidade dos gestores
 - /// Agentes: Empresas petrolíferas e para-petrolíferas
- /// Instrumentos regulatórios
 - /// Maior restrição à permissão de emissão de gás de *flare* (ANP – regulação e fiscalização)
- /// Horizonte de implementação: A partir de 2020



Instrumentos de Políticas Públicas



/// Óleo e gás natural – Eficiência energética

/// Principais barreiras: informação, operação, vida útil da tecnologia

/// Informação e educação

/// Elaboração de estudos para o parque de refino salientando os potenciais, custos e benefícios das medidas de eficiência energética

/// Treinamentos de funcionários das refinarias e plataformas sobre a operação e importância de implementação das medidas: treinamentos especializados, cursos com certificação

/// Agentes: Empresas do setor de óleo e gás natural, IBP, MCTI, Universidades, entre outros

/// Horizonte de implementação: A partir de 2017



Instrumentos de Políticas Públicas

/// Óleo e gás natural – Eficiência energética

/// Instrumentos regulatórios

/// Definição de padrões mínimos de eficiência e padrões máximos de emissões de GEE

/// Criação de selos de qualidade para os equipamentos; e etiquetagem de refinarias considerando a sua complexidade

/// Agentes: CONAMA e INMETRO

/// Horizonte de implementação: A partir de 2020





Instrumentos de Políticas Públicas



- /// Óleo e gás natural – CCS em plataformas e no parque de refino
- /// Principais barreiras: Altos custos, escala da captura e espaço requerido.
 - /// E&P: Petrobras contratou módulos de membrana UOP Separex para o pré-sal e para a Bacia de Santos (UOP, 2013)
 - /// Refino: Parque de refino brasileiro é muito antigo
- /// Instrumentos econômicos
 - /// Investimentos em P&D e deduções de impostos de importação
 - /// Criação de um fundo para financiar P&D em tecnologias-chave de baixo carbono.
 - /// Potenciais fundos de alavancagem: Green Climate Fund (GCF) e Global Environmental Facility (GEF)
 - /// Atores a serem mobilizados: Ministérios, UNFCCC, empresas de petróleo, entre outras
 - /// Horizonte de implementação: Elaboração de projetos a partir de 2017.



Instrumentos de Políticas Públicas



/// Óleo e gás natural – CCS em plataformas e no parque de refino

/// Instrumentos regulatórios

/// Regulamentar a captura, coleta, transporte e armazenamento de CO₂

/// Agentes: ANP – regulação; EPE – estudos de expansão da malha de transportes; Ministérios responsáveis – chamada pública (COSTA, 2014).

/// Horizonte de implementação: Constituição de Grupo de Trabalho (GT-CCS), em 2017, para estudar modelos regulatórios com vistas à adoção a partir de 2020.



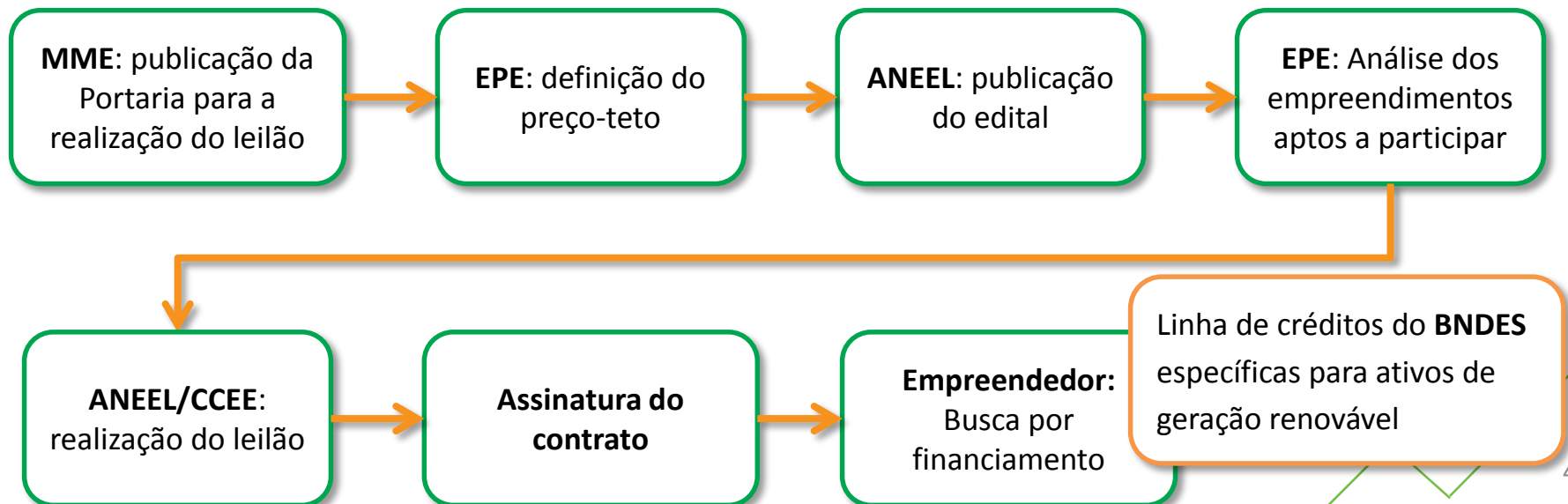
Instrumentos de Políticas Públicas

/// Setor Elétrico – Difusão das usinas heliotérmicas (CSP)

/// Principal Barreira: Custo da tecnologia

/// Instrumentos econômicos: Leilões específicos

/// Agentes envolvidos





Instrumentos de Políticas Públicas

/// Setor Elétrico – Difusão das usinas heliotérmicas (CSP)

/// Investimentos em P&D

/// Sistemas de armazenamento e fluidos térmicos adaptados ao clima brasileiro

/// Desenvolvimento de tecnologia nacional

/// Hibridização com biomassa (Soria et al., 2015)

/// Projeto piloto



/// Agentes

/// Universidades em parceria com empresas do setor (Espanha e EUA)

/// Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação



Instrumentos de Políticas Públicas

/// Setor Elétrico – Difusão das usinas heliotérmicas (CSP)

/// Instrumentos econômicos

/// Redução da alíquota de importação sobre máquinas e equipamentos

/// Agente: Câmara de Comércio Exterior (CAMEX)

/// Recursos

/// Utilização de recursos destinados a P&D

/// Fundo Clima, através do BNDES

Investimentos (% Receita Operacional Líquida)		
	P&D	Eficiência Energética
Geração e Transmissão	1,00	-
Distribuição	0,75	0,25

Fonte: ANEEL (2012)

Fundo Clima

Energias renováveis



Instrumentos de Políticas Públicas

/// Setor Elétrico – Difusão das usinas heliotérmicas (CSP)

/// Médio/Longo Prazo

/// Estudos sobre a capacidade industrial de produção de insumos para o CSP e identificação de nível de conteúdo local que possa ser exigido

/// Agentes: EPE, BNDES, parcerias com universidades, GT Conteúdo Local no Setor de Energia Elétrica (MME)

/// Realização de leilões com exigência de conteúdo local

/// Agente: MME, EPE, ANEEL, CCEE



Instrumentos de Políticas Públicas

- /// Setor Elétrico – Difusão das usinas heliotérmicas (CSP)
- /// Co-benefícios
 - /// Maior confiabilidade no SIN (armazenamento térmico)
 - /// Criação de conhecimento e expertise sobre CSP no Brasil
 - /// Desenvolvimento de uma indústria nacional
 - /// Geração de emprego e renda



Instrumentos de Políticas Públicas



/// Implementação do Bio-CCS

/// Principais barreiras: Altos custos e imagem negativa do CCS

/// Instrumentos econômicos

/// Linha de créditos do BNDES específicas para ativos de Bio-CCS.

/// Isenção de imposto de importação para equipamentos e redução da alíquota do ICMS para destilarias com Bio-CCS.

/// Redução do Imposto de Renda para empresas do setor que invistam em projetos de P&D para o Bio-CCS.

/// Atores a serem mobilizados: Ministérios e bancos de fomento.

/// Horizonte de implementação: A partir de 2020.



Instrumentos de Políticas Públicas



/// Implementação do Bio-CCS

/// Instrumentos regulatórios

- /// Regular a captura, coleta, transporte e armazenamento de CO₂
- /// Atores a serem mobilizados: ANP – regulação; EPE – estudos de expansão da malha de transportes; Ministérios responsáveis – chamada pública (COSTA, 2014).
- /// Horizonte de implementação: A partir de 2020.

/// Instrumentos tecnológicos

- /// Investimentos em P&D
- /// Implantação de unidades piloto em destilarias de etanol e centrais de bioeletricidade a fim de adequar a planta às principais matérias-primas disponíveis no Brasil
- /// Análise dos efeitos do CO₂ em equipamentos das unidades
- /// Atores a serem mobilizados: Ministérios, FINEP, EMBRAPA, CNPq, setor sucroenergético.
- /// Horizonte de implementação: A partir de 2017.



Instrumentos de Políticas Públicas

/// Implementação do Bio-CCS

/// Instrumentos de informação e educação

- /// Fórum para discussão sobre a segurança do processo, potenciais riscos e benefícios
- /// Atores a serem mobilizados: Destilarias, biorrefinarias, ANP, universidades, ONGs, agentes do setor sucroalcooleiro.
- /// Horizonte de implementação: A partir de 2017.





Considerações finais



Considerações Finais

- /// Projeta-se que as emissões do setor crescerão mais de 300% no período de 2015 a 2050, em particular devido ao deplecionamento do potencial hidroelétrico.
- /// Esse perfil enfatiza a importância da formulação de uma estratégia de baixo carbono para o setor, visando:
 - /// Reduzir emissões entre 41% e 92% em 2050.
- /// Em particular no longo prazo, portanto, o setor será extremamente relevante para o cumprimento de metas de redução de emissões de GEE.
- /// Emissões setoriais são diferentes das emissões contabilizadas por meio da modelagem integrada das opções de baixo carbono.



Fontes de informação



- /// ABEEólica. Associação Brasileira de Energia Eólica. www.portalabeeolica.org.br
- /// ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar. www.absolar.org.br
- /// ANP. Agência Nacional de do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. www.anp.gov.br
- /// ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. www.aneel.gov.br
- /// Banco Mundial, 2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil.
- /// CCEE. Câmara de Comércio de Energia Elétrica. www.ccee.org.br
- /// COSTA, I. V. L., 2014. Proposta de Estrutura Regulatória para Sequestro Geológico de CO₂ no Brasil e uma Aplicação para o Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, PPE/COPPE/UFRJ.
- /// EIA. Energy Information Agency. www.eia.gov
- /// EPE, 2015. Balanço Energético Nacional 2015. Empresa de Pesquisa Energética. www.epe.gov.br
- /// Global CCS Institute. <https://www.globalccsinstitute.com/>
- /// Hoffmann, B. S., 2013. O potencial termelétrico a carvão no Rio Grande do Sul diante restrições de disponibilidade de água e objetivos de redução de emissões de CO₂, aplicando a queima em leito fluidizado. Tese de Doutorado, PPE/COPPE/UFRJ.
- /// IEA. International Energy Agency. www.iea.org
- /// IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. www.ipcc.ch
- /// MCTI, 2015. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Sirene – Sistema de Registro Nacional de Emissões <http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>
- /// Petrobras. www.petrobras.com.br



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

OBRIGADA

marianaimperio@ppe.ufrj.br

CENERGIA/PPE/UFRJ