



CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO APLICÁVEIS AOS SETORES-CHAVE DO BRASIL

INDÚSTRIA

Larissa P. P. Nogueira

Maio de 2015



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



Conteúdo

- Objetivos da construção de cenários
- Classificação de Cenários
- Metodologias Disponíveis
 - Análises de Decomposição
 - Modelos Econométricos
 - Modelos *Top-Down*
 - Modelos *Bottom-up*
 - Análise Microeconômica
 - Comparação *Top-Down* e *Bottom-up*
 - Cenários em estudos BC
- Construção de Cenários
 - Variáveis-chave
 - Premissas
 - Resultados
- Exemplos de Cenários:
 - Schaeffer *et al.* (2012)
 - Napp *et al.* (2014)
- Consideração Final
 - Cenários Integrados vs. Integração de Cenários
- Fontes de Informação



Objetivos da Construção de Cenários

➤ Objetivos:

➤ Historicamente:

- ❖ Estratégias militares (anos 1950);
- ❖ Planejamento: cenários Shell (anos 1970);

➤ Atualmente (Hughes, 2012):

- ❖ Papel defensivo;
- ❖ Papel proativo;
- ❖ Construção de consenso.

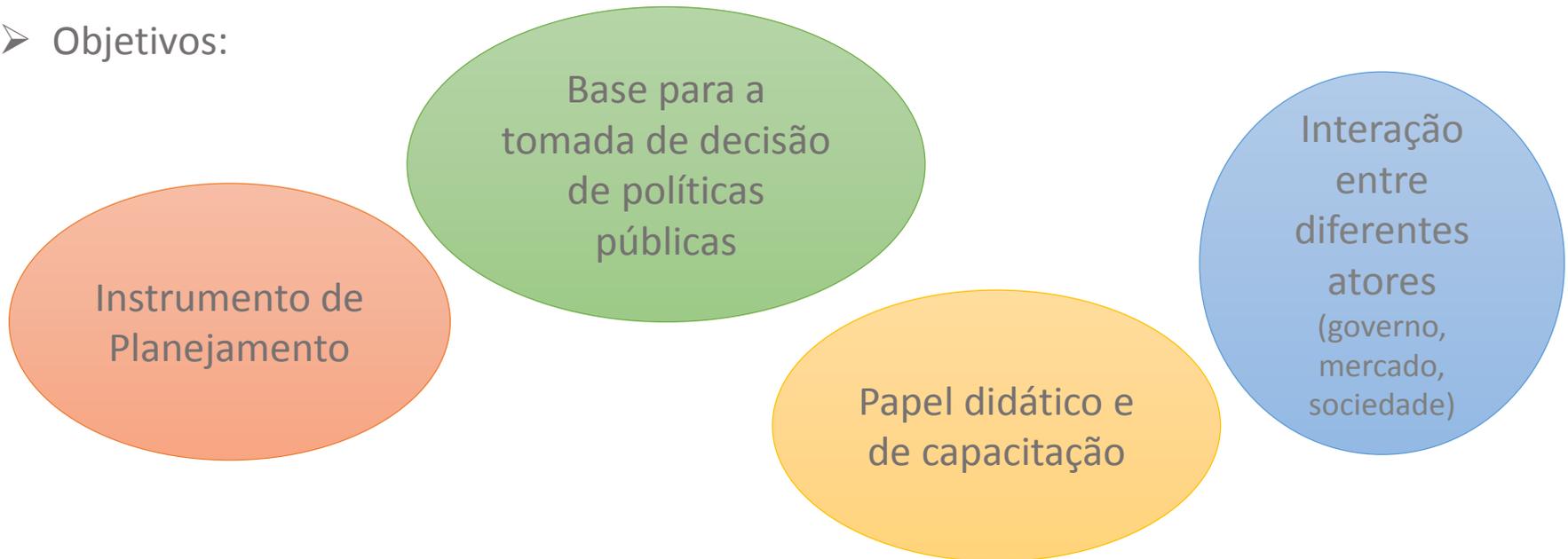
➤ Análises:

Positiva x Normativa
Cenários Exploratórios x Cenários *Backcasting*
What if?

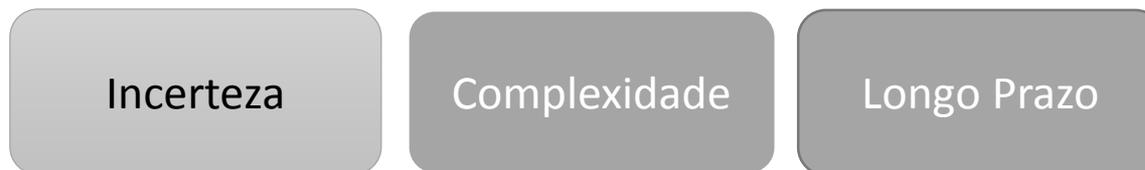


Objetivos da Construção de Cenários

➤ Objetivos:



➤ Características:



Classificação de Cenários

➤ Como classificar cenários?

Base	Cenário em relação a qual os cenários alternativos serão confrontados.
Tendencial	<i>Business-as-usual</i> . Considera que as projeções seguirão as tendências técnicas, econômicas e de mercado atuais., incluindo políticas já em andamento.
Alternativo	Cenário gerado a partir de perturbações impostas pelo analista (expl.: subsídio a determinada fonte/tecnologia, taxa de carbono, forçamento tecnológico, etc).
Baixo Carbono	Cenário em que se efetua o potencial de redução de emissão a um determinado nível (US\$/tCO ₂ e), reduzindo as emissões em relação ao cenário base. O potencial é obtido com base em BAT.
Baixo Carbono com Inovação	Idem anterior, porém, para a obtenção do potencial, são consideradas também tecnologias ainda não disponíveis e/ou em desenvolvimento.



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

- Desenvolvimento de cenários de longo prazo:
 - Necessidade de metodologia adequada → Adoção de modelos:
 - *Por Lucena (2011) e Szklo (2008)*
 - ❖ *Econométricos*
 - ❖ *Técnico-paramétricos*
 - ❖ *Otimização – equilíbrio parcial*
 - ❖ *Simulação*
 - *Por Greening et al. (2007)*
 - ❖ *Análise de decomposição*
 - ❖ *Econométricos*
 - ❖ **Top-Down**
 - ❖ **Bottom-up**
 - ❖ *Análise microeconômica específica*
 - Definição da fronteira de análise: relação com o *scenario-maker*
 - ❖ *Global*
 - ❖ *Nacional*
 - ❖ *Pequenas Regiões*
 - ❖ *Empresas*
 - ❖ *Planta Industrial*



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Desenvolvimento de cenários de longo prazo:

Técnica	Perguntas	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Análise de Decomposição	Qual impacto da eficiência energética sobre a tendência energética ou de emissão de um país?	Técnicas de decomposição.	Provê medidas agregadas que atribuem mudanças no consumo energético a premissas fundamentais.	Não possui método padrão amplamente aceito.
	Os fatores de atribuição são os mesmos em diferentes países ou espaços de tempo?	Análise de decomposição insumo-produto.	Complementa análises <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> .	Depende da qualidade de informação disponível.



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Desenvolvimento de cenários de longo prazo:

Técnica	Perguntas	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Modelos Econométricos	Qual será a demanda agregada de um combustível na indústria?	Modelo de equação única.	Conexões causais podem ser identificadas.	Falta de detalhamento técnico.
	Qual será o impacto de variação de preços da demanda industrial e no <i>mix</i> de combustíveis?	Modelo de equações simultâneas.	Resultados podem servir de <i>inputs</i> para modelos TD e BU.	Análise de comportamento <i>ex-post</i> .
		Séries temporais.	Pode ser simples ou sofisticado.	Resultados sensíveis ao método adotado.
				De difícil transferência.



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Desenvolvimento de cenários de longo prazo:

Técnica	Perguntas	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Abordagem Top-Down	Quais são as implicações econômicas de políticas setoriais no consumo energético e emissões?	Modelos macroeconômicos.	Caracterização das interações na economia (emprego, consumo, investimento, etc).	Apenas preço e algumas políticas econômicas podem ser modeladas.
	O crescimento econômico geral pode ser afetado por políticas industriais?	Modelo de equilíbrio geral computável.	Possível incorporação de parâmetros econométricos.	Serviços energéticos não são modelados diretamente.
	Quais são os <i>rebound effects</i> de uma política de eficiência energética?	Modelagem insumo-produto estática ou dinâmica + parâmetros econométricos.	Reflete estruturas de mercado mais realistas.	<i>Feedback</i> entre efeitos macroeconômicos e economia energética.
			Sem dupla contagem de consumo e emissões.	De difícil transferência.



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Desenvolvimento de cenários de longo prazo:

Técnica	Perguntas	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Abordagem Bottom-up	Quais são as consequências para o consumo industrial de uma política de baixo carbono?	Modelos híbridos.	Identificação de tecnologias e processos específicos.	Necessita informação de qualidade.
	Quais são as trajetórias tecnológicas custo-efetivas para o cumprimento de <i>caps</i> de emissão?	Simulação.	Modelos híbridos podem adicionar elementos TD (comportamento realista e <i>feedbacks</i> de equilíbrio).	Analista deve ter bom senso para selecionar portfólio tecnológico.
	Quais são as tendências energéticas dadas pela penetração de uma tecnologia específica?	Otimização.	Sucateamento de tecnologias antigas e penetração de novas são modeladas.	Links incompletos com efeitos econômicos podem gerar <i>loops</i> .
	Quais políticas levariam a maior redução de emissões?		Mudanças na demanda e preço são explícitas.	A estrutura de mercado é de concorrência perfeita (<i>perfect foresight</i>).



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Desenvolvimento de cenários de longo prazo:

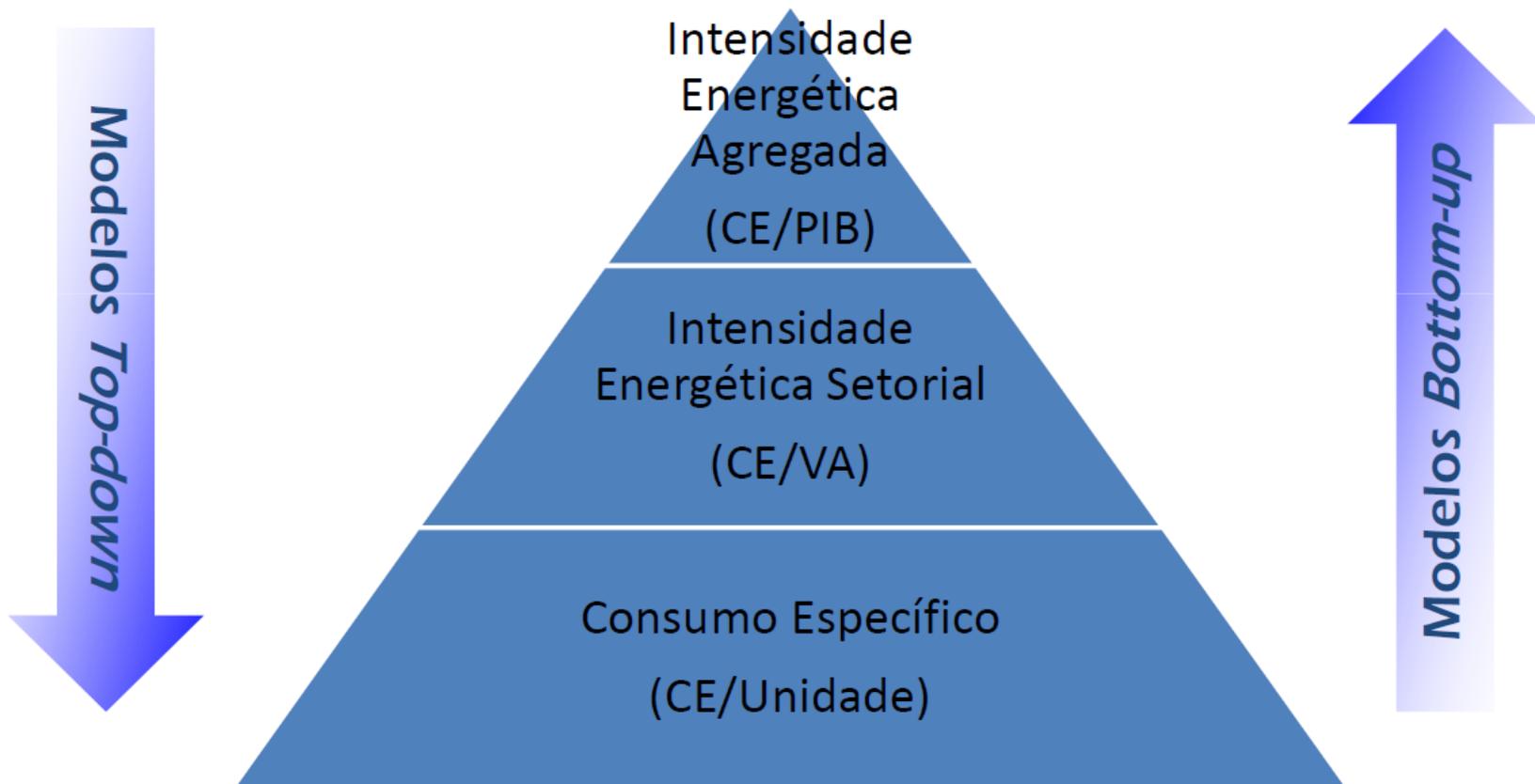
Técnica	Perguntas	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Análise Microeconômica específica	Qual é o impacto do risco econômico e tecnológico sobre a decisão de investimento?	Modelagem financeira.	Tem-se o detalhamento de um setor ou parte de um setor.	Pouca ou nenhuma interação com outros setores da economia.
	Quais tecnologias industriais satisfazem critérios econômicos e ambientais?	Simulação.	Provê <i>insights</i> que podem ser imputados a outros modelos maiores.	Escopo de estudo limitado e não transferível.
	Como alocar emissões em um processo multiproduto?	Otimização.	Incorpora fatores de difícil inclusão em abordagens mais abrangentes.	



Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

- Técnicas de Construção de Cenários: *Top-Down* vs. *Bottom-up*
 - Aplicação em sistemas energéticos:





Construção de Cenários

Metodologias Disponíveis

➤ Técnicas de Construção de Cenários: *Top-Down* vs. *Bottom-up*

Puramente <i>Top-down</i> (TD)	Puramente <i>Bottom-up</i> (BU)
Utiliza dados agregados (consistência macro)	Utiliza dados detalhados de tecnologias (não busca consistência macro)
Avaliação do planejamento através dos seus impactos na produção, na renda, no PIB	Avaliação do planejamento a partir dos seus impactos no desenvolvimento e aplicação de tecnologias (eficiência produtiva)
Assume que os mercados são eficientes (eficiência alocativa)	Não parte da hipótese de eficiência do mercado
Permite a avaliação dos efeitos intersetoriais	Não permite avaliação de efeitos intersetoriais
Progresso técnico agregado	Progresso técnico tende a ser superestimado: existência de "hidden costs" para inovações tecnológicas (custos de transação, barreiras de mercado, "otimismo da bancada", "trancamentos").
Tecnologias analisadas por parâmetros de equações	Technology explicitamente tratada no modelo
Adequado para avaliação de políticas fiscais, monetárias	Adequado para avaliação de políticas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)
Não permite avaliação detalhada dos impactos ambientais	Adequado para avaliação de políticas ambientais setoriais



Construção de Cenários

Cenários em Estudos de Baixo Carbono

➤ Abordagens *Top-Down* vs. *Bottom-up* em cenários de baixo carbono:

Redução c

Potencial de redução de emissões setorial:



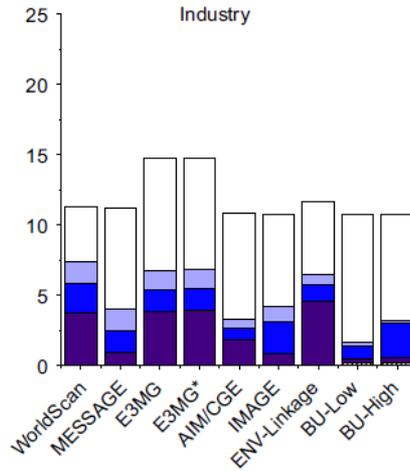
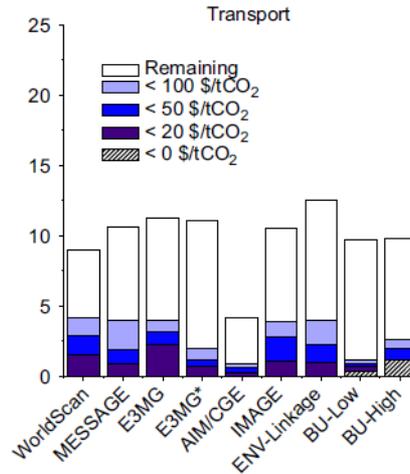
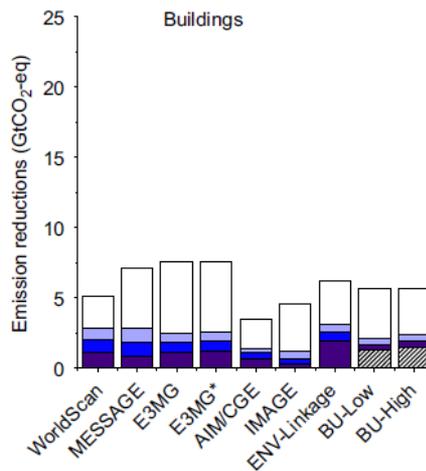
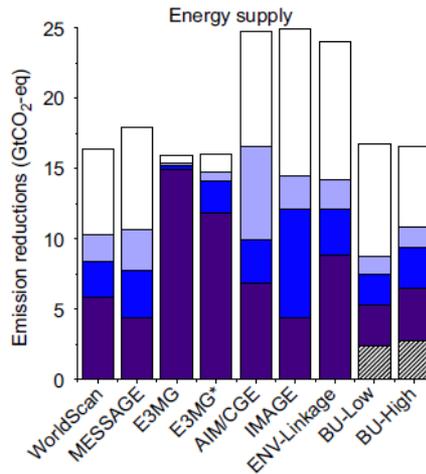
Comparação greenh

Detlef P. Jean Chat Eliane Blo

- ^a Netherlands E
- ^b ECOFYS Nerhe
- ^c Cambridge Uni
- ^d IIASA, Austria
- ^e Netherlands B
- ^f Organisation fo
- ^g National Instit

Emission reduction (fraction)

WorldScan
Message



Use gases

Linkage
BU-Low
BU-high
IPCC-low
IPCC-high



nal



Construção de Cenários

Cenários em Estudos de Baixo Carbono

➤ Cenários de Baixo Carbono:

Assim como os métodos de análise, os métodos de construção de cenários também podem ser combinados e integrados para diferentes propósitos.

Expls:

CMA + MIP: Schaeffer *et al.* (2012)

Otimização (MESSAGE, TIMES, etc) + Simulação (MAGICC):
Schaeffer *et al.* (2015).

Paramétrico (MAED) + Otimização (MESSAGE): Lucena *et al.*
(2010)

Modelo de simulação
Expl.: MAGICC6 de
Schaeffer *et al.* (2015).

Modelos paramétrico
Expl.: MIP de Rathmann
(2012)

para o sistema (consumo
energético, emissões,
etc.)

Modelo de otimização
Expl: MESSAGE de
Nogueira *et al.* (2014)

Construção de Cenários

Variáveis-chave

- Construção de cenários para a indústria: variáveis chave

As variáveis-chave são aquelas decisivas na escolha tecnológica e na mensuração do potencial de abatimento do setor:

- ❖ Atividade: prod/cap \uparrow - potencial \uparrow
- ❖ Consumo específico do setor: SEC \uparrow - potencial \uparrow
- ❖ Eficiência de conversão: η \uparrow - potencial \downarrow
- ❖ Emissões de GEEs: prod/cap \uparrow - potencial \uparrow
- ❖ Custos (investimento, O&M, etc): custo \uparrow - potencial \downarrow



Construção de Cenários

Premissas

- Construção de cenários para a indústria: premissas

Após definição do ano base, período e escala de análise:

- ❖ Evolução da demanda → premissa de crescimento econômico

A partir de dados macroeconômicos como PIB, VA, etc.

Expl: Dados IBGE, PNE (EPE, 2014).

- ❖ Evolução tecnológica → caracterização do portfólio tecnológico.

Definição do *start-up* de novas tecnologias, sucateamento de tecnologias antigas, ganhos de escala e de eficiência, restrições de atividade (*lock-in* tecnológico, inflexibilidade industrial), portfólio de insumos e combustíveis disponíveis, etc.

Expl: estudos EPE, estudos IEA, informações de associações e empresas.

- ❖ Evolução do preço dos insumos utilizados → preços de combustíveis e matéria-prima.

Gás natural (insumo e MP), eletricidade, etc.

Expl: estudos IEA.

Construção de Cenários

Premissas

- Construção de cenários para a indústria: premissas

Após definição do ano base, período e escala de análise:

- ❖ Evolução de custos → curva de aprendizagem tecnológica

Definição da evolução da viabilidade econômica de tecnologias ainda em desenvolvimento, dada pela queda gradual de custos.

Expl: Rochedo & Szklo (2013), Schoots *et al.* (2008), etc

- ❖ Evolução de políticas → preço de carbono, limites de emissões

Nível de restrição/rigor da política pública e forma de implementação.

Expl: estudos IPCC.





Construção de Cenários

Resultados

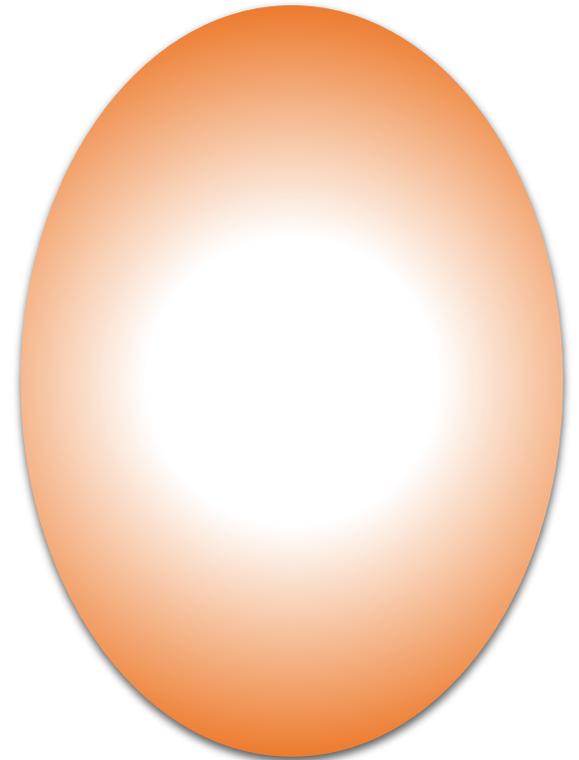
- Construção de cenários para a indústria: resultados

Análise setorial

- ✓ Perfil e evolução do consumo energético
- ✓ Perfil e evolução de emissões
 - **Potencial de abatimento**
- ✓ Custos de abatimento por opção de mitigação
 - **Curva de custo marginal de abatimento**
- ✓ Potencial de abatimento por faixa de custo de abatimento

Análise integrada

- ✓ Perfil e evolução do consumo energético
- ✓ Perfil e evolução de emissões
- ✓ Recursos, insumos e portfólio tecnológico necessário
 - **Potencial de abatimento**
- ✓ Custo global do sistema energético



Construção de Cenários

Exemplos

- ✓ Construção de cenários via CMA: Schaeffer *et al.* (2012)
- ✓ Construção de cenários via modelagem integrada: Napp *et al.* (2014)



Construção de Cenários

Exemplos

- Schaeffer *et al.* (2012): Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro.

- Segmentos analisados
 - ❖ Extração e produção de petróleo e gás natural
 - ❖ Refino de petróleo
 - ❖ Geração elétrica
 - ❖ **Siderurgia**
 - ❖ **Cimento**
 - ❖ **Cerâmico**
 - ❖ **Químico e Petroquímico**
 - ❖ **Outros setores industriais**

- Etapas do trabalho
 - ❖ Caracterização + Potencial Técnico + Custos setoriais
 - ❖ Potencial Econômico e de Mercado
 - ❖ Impactos sobre a Competitividade

Ano base: 2008

Período de análise: 2010-2030



Construção de Cenários Exemplos

➤ Schaeffer *et al.* (2012): Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro.

➤ Siderurgia

Custo de Abatimento, Abatimento e TIR

Consumo de Energia (mil tep)	Empresa/Grupo	TIR (%)	Custo de Abatimento (US\$/tCO ₂) (taxa 8%)	Custo de Abatimento (US\$/tCO ₂) (taxa 15%)	Abatimento (tCO ₂)	
Gás natural						30
Gases siderúrgicos	Empresa A	Não há	-78,2	-78,2	2.591.750	51
Coque carvão mineral	Empresa B	11,2%	-67,8	26,0	15.338.348	59
Moinha de carvão	Empresa C	5,4%	-84,8	17,3	293.050	1
Energia elétrica	TOTAL SETOR		-69,5	11,1 (média)	18.223.147	5
Total Energia (mil tep)						131
Emissões (tCO ₂)						1.753
						21

Obs.: algumas premissas adotadas:

1. Redução das emissões específicas de CO₂ em função no aumento da produção até atingir plena capacidade em 2015 (considerando a retomada do crescimento econômico e fim da crise internacional). Redução do consumo específico atual de 22,9 GJ/t para 20,2 GJ/t (11,8% de redução). Crescimento da produção de 4,13% ao ano até 2015 quando a capacidade nominal seria atingida.
2. Implementação de medidas de eficiência energética, reduzindo o consumo específico de energia de 24,9 GJ/t para 21,7 GJ/t (13% de redução). Crescimento da produção de 0,5% ao ano.
3. Economia de energia – 2% de economia de energia elétrica e de gás natural. Crescimento da produção de 1% ao ano.
4. Entrada em operação das novas usinas em 2016. Crescimento da produção de 0,5% ao ano.

Fonte: Schaeffer *et al.* (2012).



Construção de Cenários

Exemplos

➤ Schaeffer *et al.* (2012): Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro.

➤ Cimento

Custo de Abatimento, Abatimento e TIR

Lir	CON	- B	Emissões Evitadas (tCO ₂)					Total acumulado 2011-2030	
			2011	2015	2020	2025	2030		
Co			Combustíveis	0	250.103	448.943	553.078	663.254	8.131.425
			Eleticidade	0	427	449	461	281	7.120
Ou			Total	0	250.530	449.392	553.539	663.535	8.138.544
Ó									
Outras			Medidas de mitigação	TIR (%)	Custo de Abatimento (US\$/tCO₂) (Taxa 8%)	Custo de Abatimento (US\$/tCO₂) (Taxa 15%)	Abatimento (tCO₂)		
			Otimização da combustão	28,9%	-86,7	-63,1	234.514		
			Recuperação calor fornos	7,8%	-23,5	44,4	1.761.411		
			Co-processamento	21,5%	-38,8	-26,0	6.135.499		
Emissões			Economia energia elétrica	11,6%	-420,8	163,8	7.120		
Emissões da combustive			Total				8.138.544		
Emissões grid e			CCS	ND	> 100	> 100	> 2.500.000/ano a partir de 2030		
Emissões desc			Emissões descarbonatação		703.749	813.828	975.948	1.170.362	1.403.505
Tot			Total		1.297.953	1.250.922	1.344.879	1.590.397	1.880.236

- Sistemas de controle e otimização da combustão em fornos;
- Pré-calcinadores e pré-aquecedores de 4 a 6 estágios;
- Substituição de motores (alto rendimento);
- Ampliação do coprocessamento de resíduos.



Construção de Cenários Exemplos

- Schaeffer *et al.* (2012): Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro.
- Químico e Petroquímico

Indústria química consolidada:

Linha de base – Petroquímico

Emissões Agregadas	2012	2015	2020	2025	2030
Cenário Base	832.841	828.114	1.330.232	1.332.088	1.333.944
Cenário BC Convencional	832.841	792.411	1.294.563	1.296.406	1.298.249
Cenário BC Incerteza*	832.841	792.411	660.734	662.578	664.421

Emissões de CO ₂ (tCO ₂ e)	2012	2015	2020	Total
Energia Elétrica	23,9	20,7	17	Emissões de C
Gás Natural	576.364	573.873	573	Energia Elétrica
Total	576.388	573.894	573	Gás Natural
				Diesel
				Total

Baixo Carbono – Petroquímicos básicos

Potencial de Abatimento (tCO ₂ e)	2012	2015	2020	2025	2030
Queimadores Low Nox	0	3.105	3.105	3.105	3.105
Otimização de Caldeira	0	14.347	14.347	14.347	14.347
Captura de Carbono	0	0	500.000	500.000	500.000
Inovação de Processo	0	0	65.16	65.16	65.16
Total BC Convencional	0	17.451	17.44	17.44	17.44
Total BC c/Captura	0	17.451	517.4	517.4	517.4
Total BC c/Inovação	0	17.451	82.614	82.614	82.613

Baixo Carbono

Potencial de Aba

Integração Energé

Queimadores Low

Otimização de Caldeira

Total BC Convencional

Medida	Custo Marginal de Abatimento Médio		Potencial de Abatimento Acumulado (tCO ₂ e)
	8%	15%	
Integração Energética	-115	7	169.987
Queimadores Low No _x	-88	35	77.792
VSD	-260	26	2.728
Otimização de Caldeira	-66	84	320.045
Captura de Carbono	101	122	5.500.000
Inovação de Processo*	>100	>100	409.248
Cenário BC Convencional	-529	151	570.552
Cenário BC Incerteza**	-228	473	6.070.652

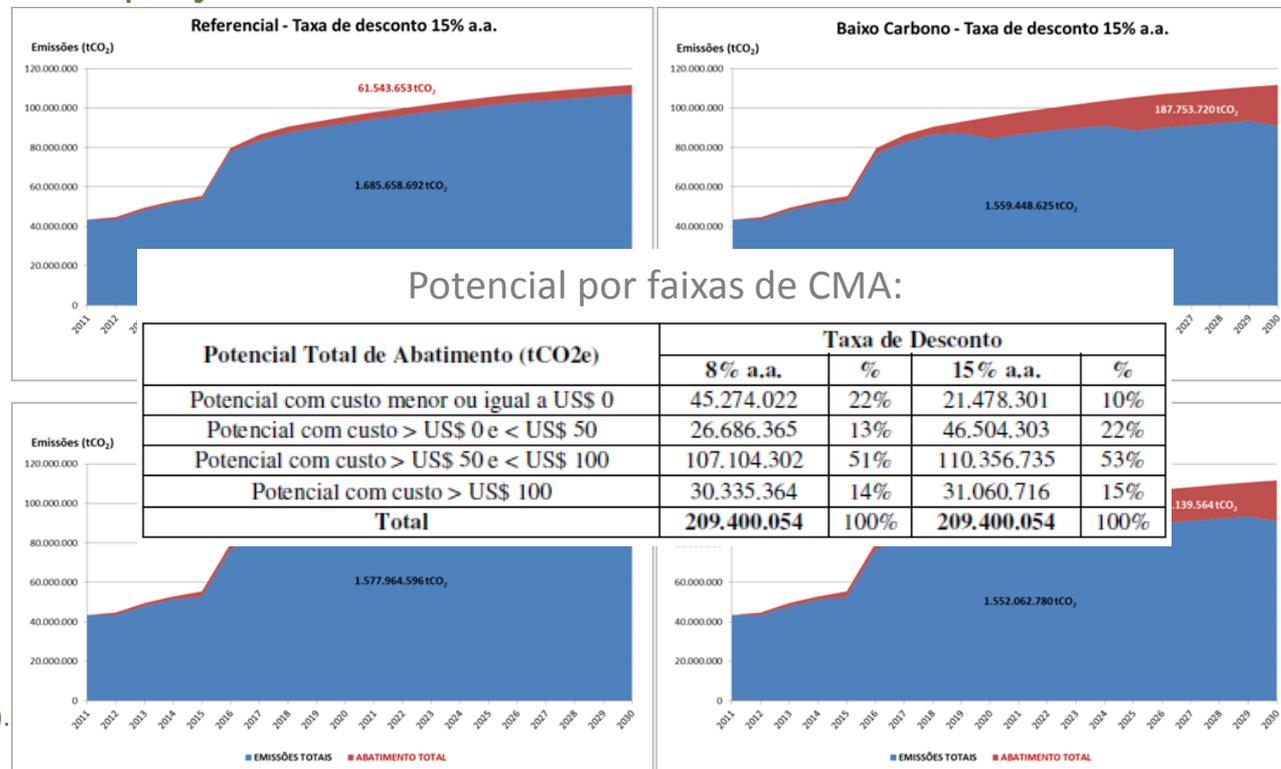
	0	1.053	1.053	1.053	1.053
Total BC Convencional	0	3.671	3.671	3.671	3.671



Construção de Cenários

Exemplos

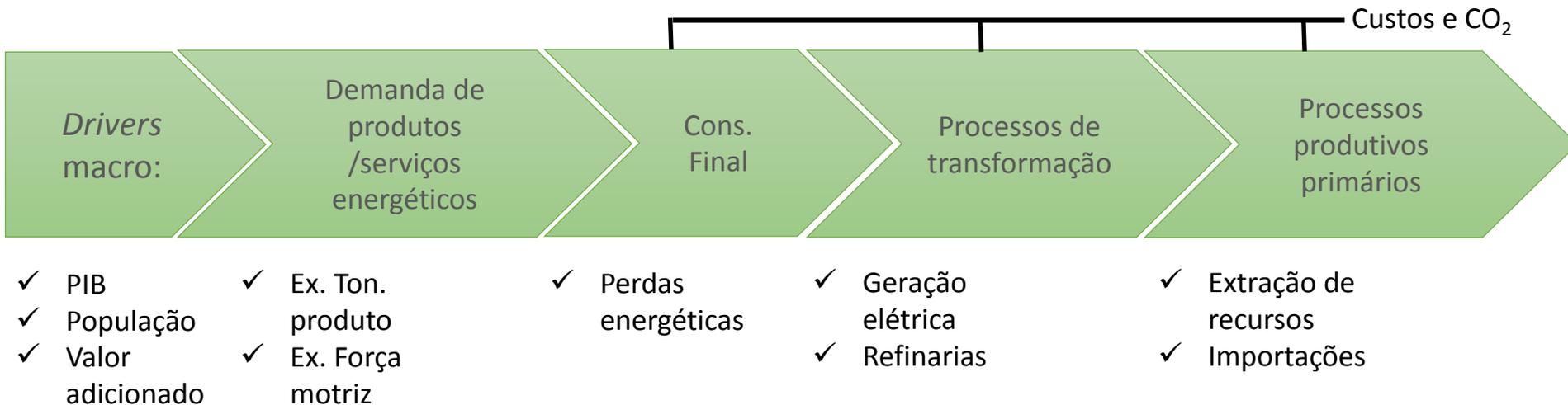
- Schaeffer *et al.* (2012): Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro.
- Emissões da linha de base e potencial efetivo de abatimento nos diferentes cenários de preços de carbono e de taxas de desconto.



Construção de Cenários

Exemplos

- Napp *et al.* (2014): Modelling of energy consumption and CO₂ emissions in the South African industry sector to 2050 using the TIMES energy systems modelling platform.



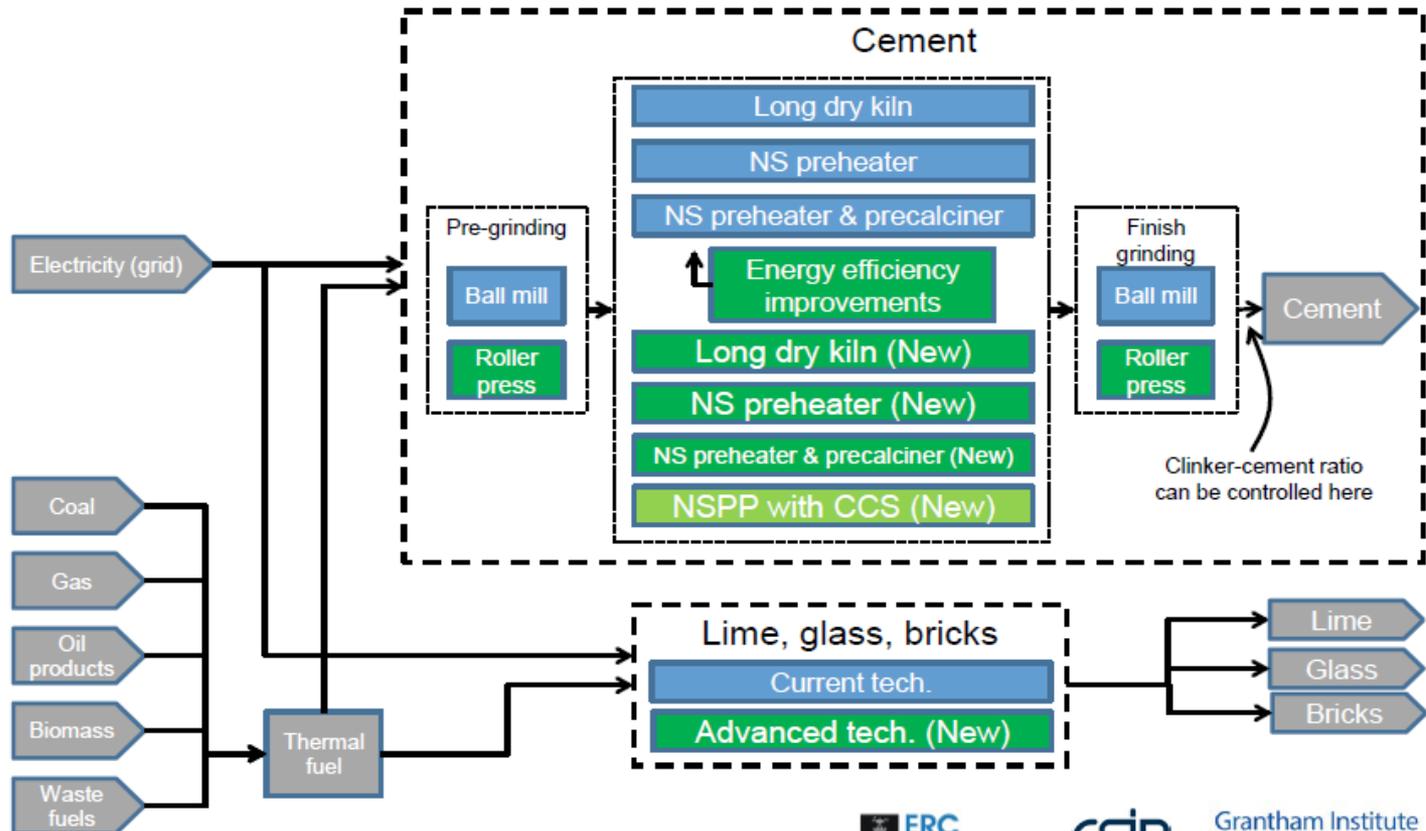
	Name	Growth	CO2 constraint	CCS?
Referência	BASELINE_HG	High growth	None	No
	BASELINE_LG	Low growth	None	No
Alternativos	LOWC_HG	High growth	19 Gt (Cumulative) by 2050	No
	LOWC_LG	Low growth	19 Gt (Cumulative) by 2050	No
	LOWC_CTax	High growth	R200/t CO ₂ (~ 30\$/t CO ₂ based on 2010 exch rate)	No
	LOWC_CTax	High growth	R500/t CO ₂ (~ 70\$/t CO ₂ based on 2010 exch rate)	No

Construção de Cenários

Exemplos

- Napp *et al.* (2014): Modelling of energy consumption and CO₂ emissions in the South African industry sector to 2050 using the TIMES energy systems modelling platform.

Non-metallic minerals



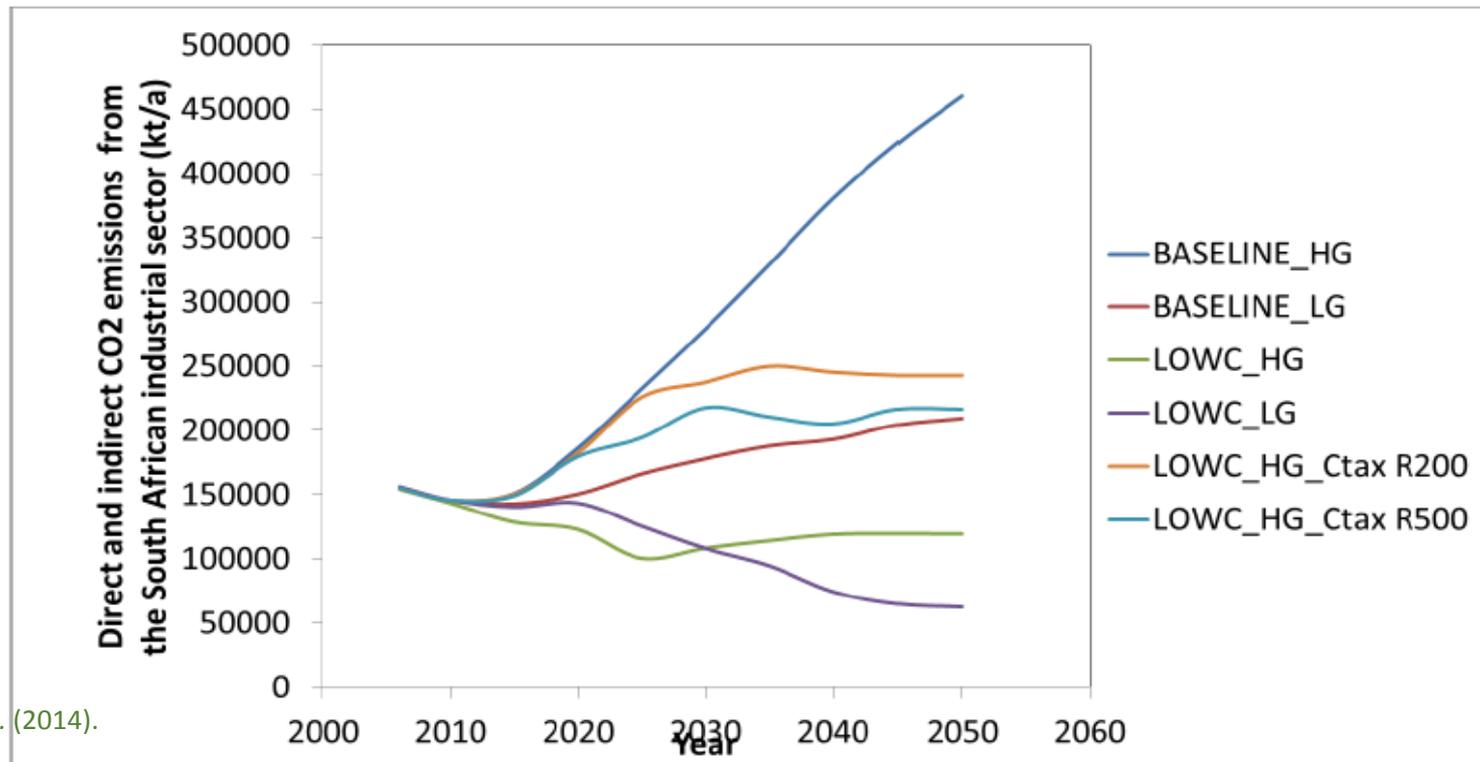
Fonte: Napp et al. (2014).

Construção de Cenários

Exemplos

- Napp *et al.* (2014): Modelling of energy consumption and CO₂ emissions in the South African industry sector to 2050 using the TIMES energy systems modelling platform.

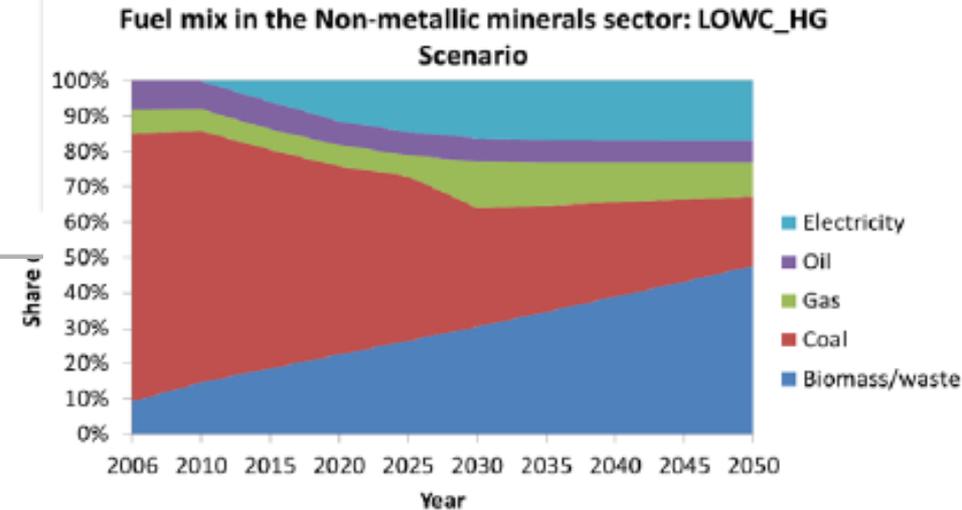
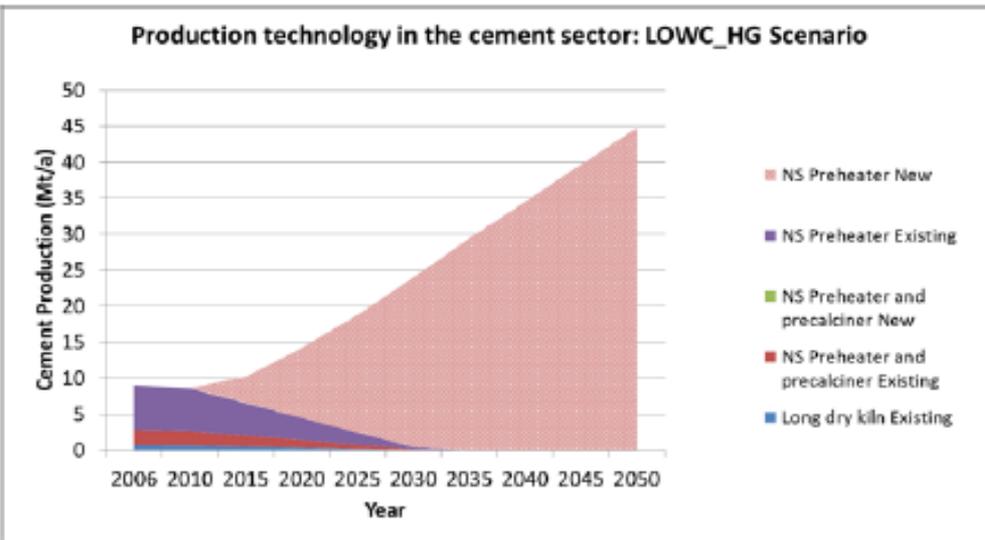
Emissões de CO₂ em diferentes cenários



Construção de Cenários Exemplos

- Napp *et al.* (2014): Modelling of energy consumption and CO₂ emissions in the South African industry sector to 2050 using the TIMES energy systems modelling platform.

Cimento e outros minerais não metálicos



Consideração Final

➤ Integração de Cenários vs. Cenários Integrados

Modelos Integrados	Integração de Cenários
<ul style="list-style-type: none"> • Todas as cadeias; 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma cadeia ou parte (ex. eletricidade, refino, etc);
<ul style="list-style-type: none"> • Integração automática entre cadeias; 	<ul style="list-style-type: none"> • Integração iterativa entre cadeias (ou não integração);
<ul style="list-style-type: none"> • Livre escolha entre setores, priorização pode ser feita por restrições; 	<ul style="list-style-type: none"> • Prioritização entre setores feita <i>a priori</i>. Iteração necessária para garantir consistência macro;
<ul style="list-style-type: none"> • Descrição menos detalhada de cada setor específico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor descrição do setor;
<ul style="list-style-type: none"> • Maior complexidade e demanda de dados; 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor complexidade e demanda de dados;
<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de alcançar resultados factíveis; 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior facilidade de encontrar resultados factíveis;

Fontes de Informação

▪ Discussão teórica

Bohringer, C., 1998. The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. *Energy Economics* 20 pp. 233-248.

Fortes *et al.*, 2015. Long-term energy scenarios: Bridging the gap between socioeconomic storylines and energy modeling. *Technological Forecasting & Social Change* 91 pp. 161–178.

Greening *et al.*, 2007. Modeling of industrial energy consumption: An introduction and context. *Energy Economics* 29 pp. 599–608.

Hughes, N., 2013. Towards improving the relevance of scenarios for public policy questions: A proposed methodological framework for policy relevant low carbon scenarios. *Technological Forecasting & Social Change* 80 pp. 687–698.

Hughes & Strachan, 2010. Methodological review of UK and international low carbon scenarios. *Energy Policy* 38 pp. 6056–6065.

Kok *et al.*, 2011. Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project. *Technological Forecasting & Social Change* 78 pp. 835–851.

Koopmans *et al.*, 2001. Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model. *Energy Economics* 23 pp. 57-75.

McFarland *et al.*, 2004. Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information. *Energy Economics* 26 pp. 685– 707.

Fontes de Informação

- Estudos a partir de cenários

Borba *et al.*, 2012. Energy-related climate change mitigation in Brazil: Potential, abatement costs and associated policies. *Energy Policy* 49 pp. 430–441.

EPE, 2014. Cenário Econômico 2050. Nota Técnica DEA 12/14. Rio de Janeiro, Brasil.

De Gouvello, C., 2010. Brazil Low-carbon Country Case Study. World Bank, Sustainable Development Department of the Latin America and Caribbean Region.

IEA, 20___. World Energy Outlook. Final Report. Paris, França.

IEA, 20___. Energy Technology Strategies. Final Report. Paris, França.

IEA, 20___. Energy Technology Perspectives. Final Report. Paris, França.

Napp *et al.*, 2014. Modelling of energy consumption and CO2 emissions in the South African industry sector to 2050 using the TIMES energy systems modelling platform. Lecture at Energy Systems Conference 2014. London, UK.

Schaeffer *et al.*, 2012. Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre setores energointensivos do estado do Rio de Janeiro. Relatório Técnico. Contratante: Secretaria de Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.

Simões *et al.*, 2014. Assessing effects of exogenous assumptions in GHG emissions forecasts – a 2020 scenario study for Portugal using the Times energy technology model. *Technological Forecasting & Social Change*. Article in Press.

Van Vuuren *et al.*, 2009. Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials. *Energy Policy* 37 pp. 5125–5139.



Obrigada!

larissa@ppe.ufrj.br