



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

INTEGRANDO A MODELAGEM ENERGÉTICA E ECONÔMICA

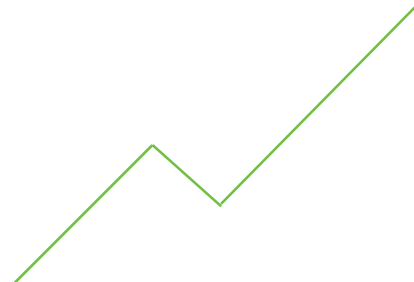
MESSAGE

Pedro Rochedo

Abril 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.





Índice

- ///* Aspectos conceituais
- ///* Caracterização de Modelos
- ///* A ferramenta MESSAGE
- ///* Exemplos
- ///* Integração de Modelos
- ///* Referências



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

Aspectos Conceituais



Conceitos: Cenários

/// Com relação ao futuro:

/// Projeção: descrição ou “caminho” para o futuro

/// Previsão: projeção mais provável

/// Inferência estatística, nível de confiança, risco, incerteza

/// Predição: processo subjetivo

/// Experiência



Conceitos: Cenários

/// Cenário:

/// Lugar onde se passa algum fato

/// Conjuntura, panorama, plano de ação

/// Scenario:

/// Resumo do enredo

/// Desenvolvimento previsto de possíveis eventos



Conceitos: Cenários

/// Cenário:

~~/// Lugar onde se passa algum fato~~

~~/// Conjuntura, panorama, plano de ação~~

/// Scenario:

~~/// Resumo do enredo~~

~~/// **DESENVOLVIMENTO PREVISTO DE POSSÍVEIS
EVENTOS**~~



Conceitos: Cenários

/// Dentro do nosso contexto:

/// Cenário: análise dos efeitos de estados futuros possíveis

/// Estado: Consumo energético, emissões, perfil de consumo

/// Inerentemente relacionado à conjunto de premissas

/// “Futuros possíveis”

/// Conjunto de cenários podem avaliar incertezas no presente

/// Exemplo: novas políticas, novas tecnologias

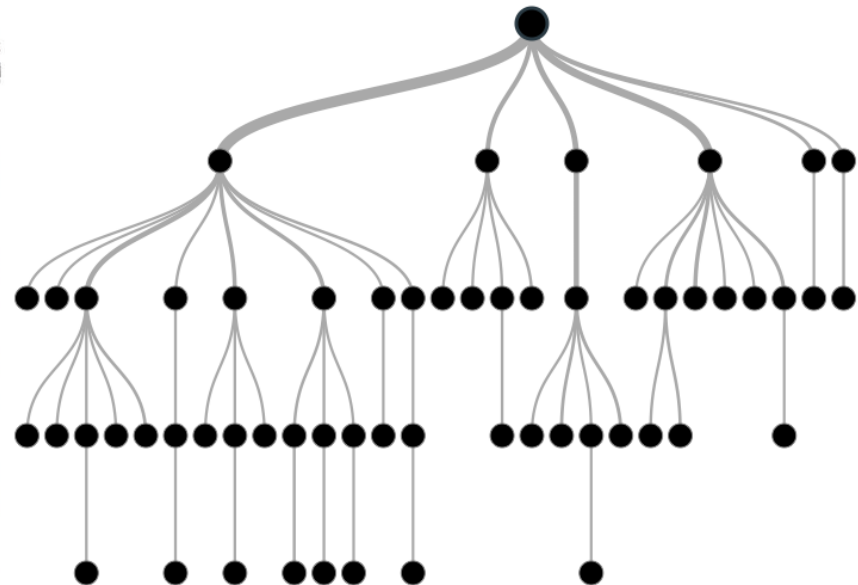
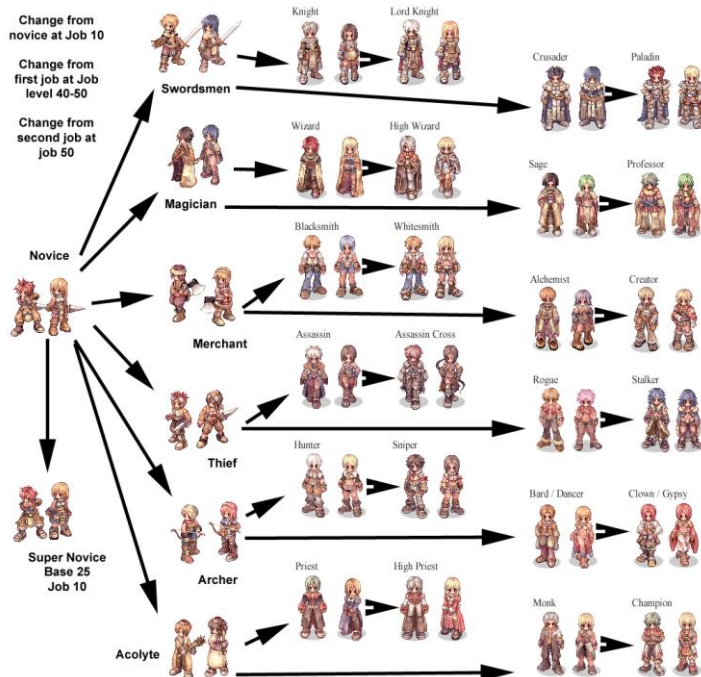


Conceitos: Cenários

/// Como gostaríamos de ver o futuro:



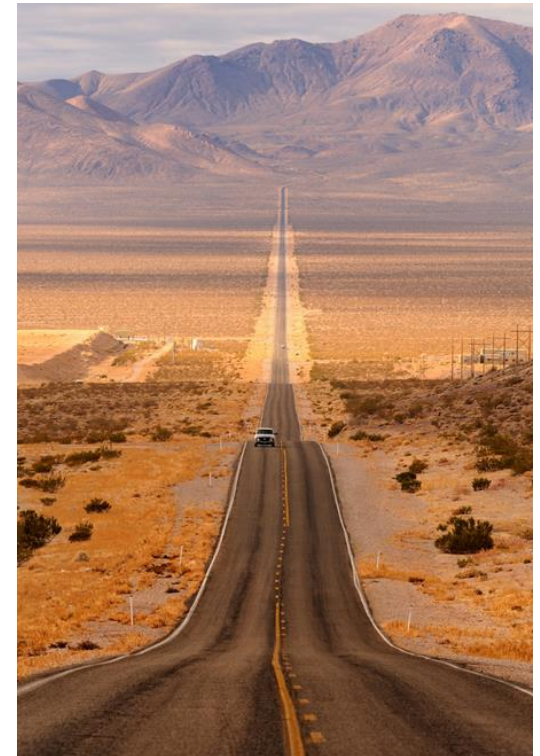
/// Como avaliar o futuro com cenários:





Conceitos: Cenários

/// Como o futuro é de verdade:



"It's a dangerous business, going out your door. You step onto the road, and if you don't keep your feet, there's no knowing where you might be swept off to." – J. R. R. Tolkien

Conceitos: Objetivo dos Cenários

- /// Fundamental: criar conjunto de informações sobre estados futuros
- /// Utilidade:
 - /// Auxiliar o planejamento
 - /// Avaliar robustez e/ou vulnerabilidades estruturais
 - /// Verificar efeitos de possíveis atividades atuais e/ou futuras (CP ou LP)
 - /// Auxiliar elaboração de instrumentos (política, mercado, ambiental, etc.)



Conceitos: Aplicação dos Cenários

- /// Objetivo: criar conjunto de informações sobre estados futuros
- /// Aplicação: utilizado de forma relativa, não de forma absoluta
 - /// Resultados são comparados dentro de um mesmo referencial
- /// Importante definir a base de comparação (referencial)



Conceitos: termos

- /// Cenário Referencial: base de comparação dos cenários alternativos
- /// Cenários Alternativos: demais visões de futuro
 - /// Diferenciam-se do referencial (ex: premissas)
- /// Linha de Base: ponto de partida da análise
 - /// Maior consenso ou aceitação sobre premissas básicas
 - /// Geralmente conservador
 - /// Pode ser o Referencial
 - /// IEA: Current Policies Scenario



Conceitos: termos

- /// Business-as-usual (BAU): “passado explica o futuro”
- /// Menor influência das premissas
- /// Menor esforço técnico para elaboração
- /// Em certos casos, pode não fazer sentido algum
- /// Mitigação/Baixo Carbono: cenários com esforços de redução de emissões de GEE
- /// Representam os cenários alternativos
- /// Através de políticas (mercado, ambientais)



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

Caracterização de Modelos



Tipologias de Modelos

/// Como caracterizar modelos?

/// Estocástico ou Determinístico?

/// Linear ou não-linear?

/// Estático ou Dinâmico?

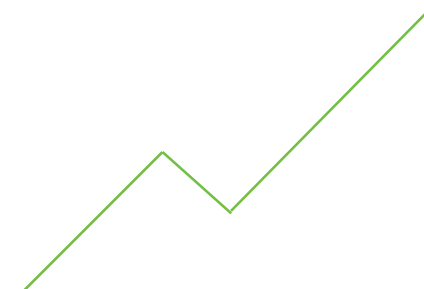
/// Otimização ou Simulação?

/// Oferta ou Demanda?

/// Bottom-up ou Top-down?

/// Eq. Parcial ou Eq. Geral?

Não serão discutidos





Tipologias de Modelos

/// Como decidir qual modelo utilizar?

/// Objetivo da análise

/// Escopo de avaliações

/// Nível de complexidade e detalhamento

/// Nível de esforço computacional

/// Custo

/// Etc



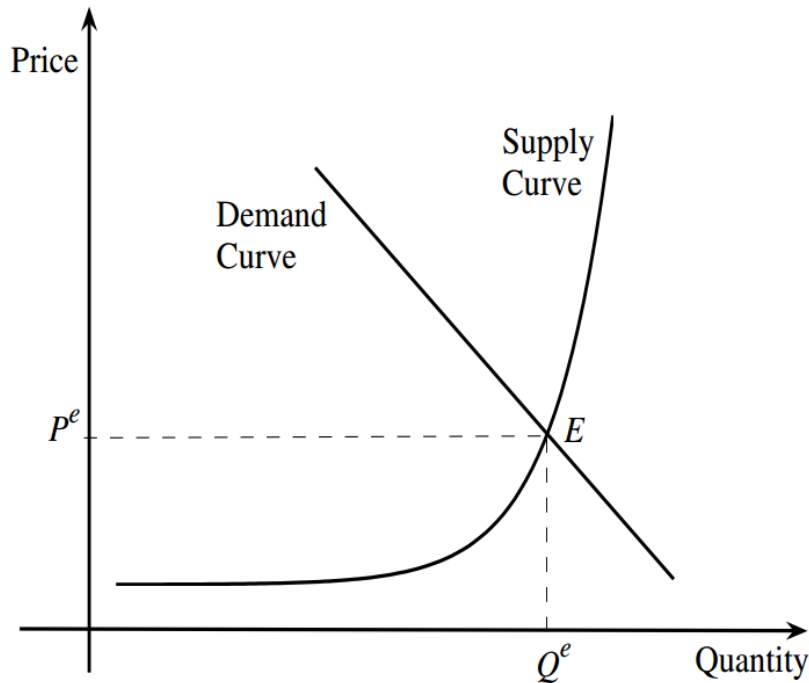
Modelos: Oferta x Demanda

- /// Demanda: projetam a demanda de serviço energético e/ou energia
 - /// Utilizam drivers (PIB, População, HHE, Demografia, Idade, etc)
 - /// Oferta é exógena
 - /// Ex: Econométricos, Paramétricos, Mistos
- /// Oferta: projetam o atendimento de um conjunto de demandas
 - /// Competição
 - /// Demanda é exógena
 - /// Ex: Otimização, Simulação



Modelos: Oferta x Demanda

/// Curva típica de oferta e demanda





Modelos: Otimização x Simulação

/// Otimização: encontrar “melhor” solução

/// Identificar soluções que maximizem ou minimizem uma função objetivo, sujeito à restrições

/// Palavras Chaves: Max/Min, Função Objetivo, Restrições

/// Simulação: “imitar” o mundo real

/// Representa um processo baseado em conjunto de regras, cujo objetivo é representar o comportamento dos agentes

/// Palavras Chave: Imitar, comportamento



Modelos Energéticos: Otimização

- /// Soluções de mínimo custo/maior lucro de sistema energéticos
 - /// Competição por custo/lucro
- /// Restrição principal: atender demanda
- /// Restrições adicionais podem representar limitações físicas, tecnológicas, econômicas ou de mercado
- /// A solução de menor custo também apresenta o preço (dual)
- /// As restrições também servem para tornar o espaço de soluções possíveis mais realista



Modelos Energéticos: Otimização

/// Vantagens:

/// Alocação eficiente dos recursos

/// Abordagem mais conveniente

/// Desvantagens:

/// Soluções de canto → representatividade da solução

/// Desconsidera outros efeitos no sistema

/// Geralmente não detecta falhas de mercado



Modelos Energéticos: Simulação

- /// Representação do comportamento dos agentes
 - /// Variações de preço, renda, tecnologia
- /// Complexidade
- /// Representação “verídica” do sistema
- /// Não conduz o sistema de forma “ótima”
- /// Requer abordagem iterativa



Modelos Energéticos: Simulação

/// Vantagens:

/// Resultados derivam de comportamentos realista dos agentes

/// Desvantagens:

/// Não apresenta o caminho “ótimo”

/// Comportamento depende de conjunto de hipóteses

/// Incertezas para o futuro

/// Pode possuir maior complexidade matemática



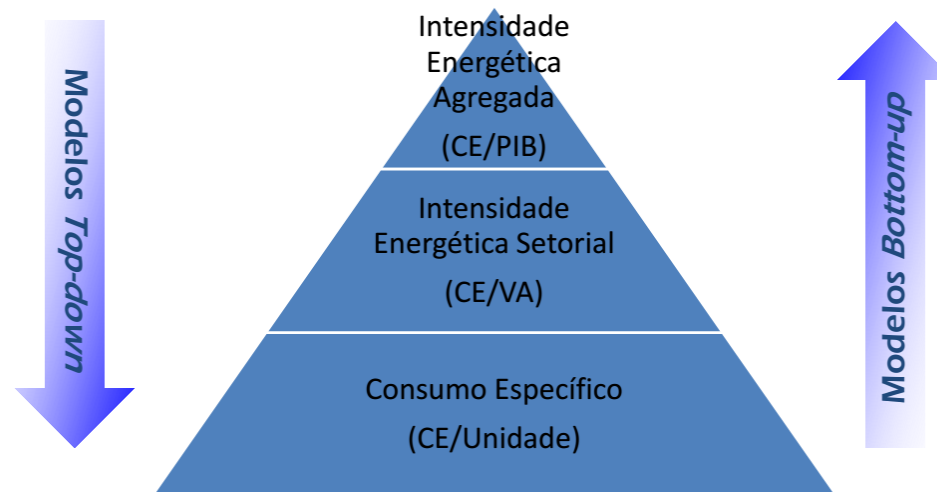
Modelos: Bottom-up e Top-Down

/// Bottom-up: maior desagregação

/// Exemplos típicos: Eq. Parcial (Otim e Sim)

/// Top-Down: menor desagregação

/// Exemplos típicos: Eq. Geral, Econométricos





Modelos: Bottom-up e Top-Down

/// Comparativo

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	Technologie 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



Modelos Energéticos: Econométricos

- /// Conjunto de relações empíricas para realizar projeções
- /// Baseado na análise de dados históricos
- /// Uso de variáveis de controle
- /// Uso de elasticidades de curto e longo prazo
- /// Geralmente utilizados para estimar demanda



Modelos Energéticos: Econométricos

/// Vantagens:

- /// Fácil aplicação e menor demanda de dados
- /// Formalização através de testes estatísticos
- /// Boas estimativas de curto prazo

/// Desvantagens:

- /// Não possui relação causal
- /// Não consideram mudanças de perfil e quebras estruturais
- /// Resultados agregados

Modelos Energéticos

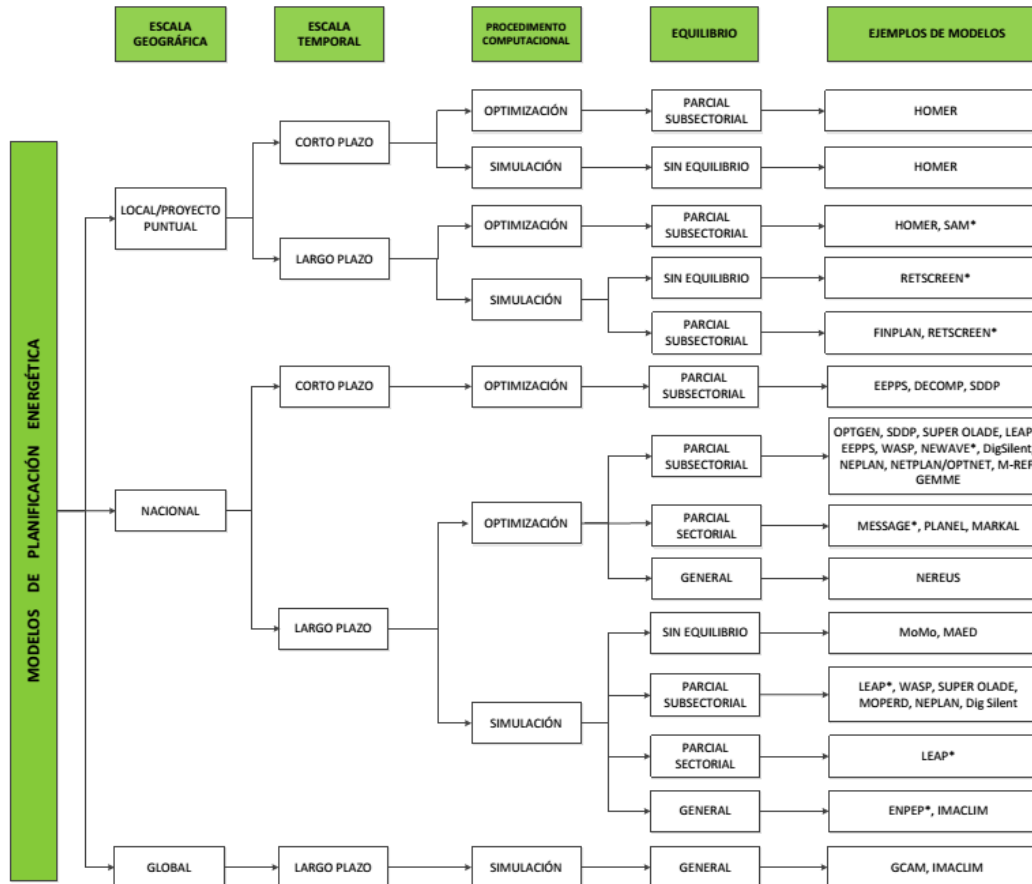
/// Ejemplos:

Instrumento	Tipo							Area Geográfica	Plazo
	Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial ^b	Integrado/ Multisectorial ^a	Equilibrio		
AEOLIUS	-	Si	Si	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	1 año ^c
BALMOREL	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Internacional	Max 50 años
BCHP	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Solo proyecto	1 año ^c
COMPOSE	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Solo proyecto	Sin limite
DECOMP	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año ^c
DigSilent	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin limite
E4cast	-	Si	-	Si	Si	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
EEPPS	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional	1 año ^c
EMCAS	-	Si	Si	-	Si	-	-	Nacional/estado/regional	Sin limite
EMINENT	-	Si	-	-	Si	-	-	Nacional/estado/regional	1 año ^c
EMPS	Si	-	-	Si	-	Si	Parcial	Internacional	25 años
EnergyPLAN	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año ^c
energyPRO	-	-	Si	Si	Si	-	Parcial	Solo proyecto	Max 40 años
ENPEP	Si	-	Si	-	-	Si	General	Nacional/estado/regional	75 años
ENVISAGE	Si	-	Si	-	-	Si	General	Global	Sin limite
EPPA	Si	-	Si	-	-	Si	General	Global	Hasta 2100
FINPLAN	-	Si	Si	-	Si	-	Parcial	Solo proyecto	Sin limite
GCAM	Si	-	Si	-	-	Si	General	Global	50+ años
GEMME	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional	Sin limite
GTMx	-	-	Si	Si	-	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin limite
H2RES	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Isla	Sin limite
HOMER	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Solo proyecto	1 año ^c
HYDROGEMS	-	-	-	-	-	-	-	Solo proyecto	1 año ^c
IKARUS	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
IMACLIM	Si	Si	Si	-	-	Si	General	Nacional/estado/regional	Sin limite
INFORSE	-	-	-	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	50+ años
Invert	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
LEAP	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin limite
M-REF	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional	Sin limite
MAED	-	Si	Si	-	Si	-	-	Nacional/estado/regional	25 años
MARKAL	-	Si	-	Si	Si	Si	Parcial	Nacional/estado/regional	Max 50 años
MEDEE-2	-	Si	Si	-	Si	-	-	Nacional/estado/regional	Max 60 años
Mesap	-	Si	-	-	Si	-	-	Nacional/estado/regional	Sin limite
MESSAGE	-	Si	-	Si	Si	Si	Parcial	Global/nacional/regional	50+ años
MiniCAM	-	Si	Si	-	Si	-	Parcial	Global y regional	50+ años
MoMo	-	Si	Si	-	Si	-	-	Nacional	50+ años
MOPERD	-	Si	Si	-	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin limite
NEMS	-	-	-	-	Si	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
NEPLAN	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional	Sin limite
NEREUS	Si	Si	-	Si	-	-	General	Nacional	Sin limite
NETPLAN	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin limite
NEWAVE	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	1 año
OPTGEN	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin limite
ORCED	-	Si	Si	Si	Si	-	General	Nacional/estado/regional	1 año ^c
PERSEO	Si	Si	-	Si	Si	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
PLANET	-	Si	-	Si	Si	Si	Parcial	Nacional	Sin limite
PRIMES	-	-	-	-	Si	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
ProdRISK	-	-	Si	Si	-	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Multiplos años
RAMSES	-	Si	Si	Si	-	-	Parcial	Internacional	30 años
RETScreen	-	Si	Si	-	Si	-	Parcial	Solo proyecto	Max 50 años
SAM	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Solo proyecto	Sin limite
SDDP	-	Si	-	Si	Si	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	1 año ^c
SimREN	-	Si	-	Si	Si	-	-	Nacional/estado/regional	Sin limite
SIVAEL	Si	-	Si	-	-	Si	-	Nacional/estado/regional	1 año ^c
STREAM	-	-	Si	-	-	-	-	Nacional/estado/regional	1 año ^c
SUPER OLADE	Si	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional/Estado/Región	Sin limite
TRNSYS16	-	Si	Si	Si	Si	-	Parcial	Local/comunidad	Multiplos años
UniSyD3.0	-	Si	-	-	Si	-	General	Nacional/estado/regional	Max 50 años
WASP	-	-	Si	Si	Si	-	Parcial	Nacional/estado/regional	Sin limite
WILMAR	-	-	Si	Si	-	-	Parcial	Internacional	1 año ^c



Modelos Energéticos

/// Árvore de Decisão (Schaeffer et al, 2014).



Nota:

* : El camino seguido para llegar a la selección de estos modelos será detallado a continuación:



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

A ferramenta MESSAGE



MESSAGE

Model for Energy Supply Strategy Alternatives
and their General Environmental Impacts

- /// Ambiente de otimização por programação linear
- /// Originalmente desenvolvido pelo IIASA
- /// Aplicado para setores energéticos nacionais e global há décadas
- /// Aplicável para balanços de energia e/ou massa



MESSAGE

- /// Pode ser aplicado ao setor elétrico e/ou setor energético
- /// Estruturação por Cadeias Energéticas e Formas Energéticas

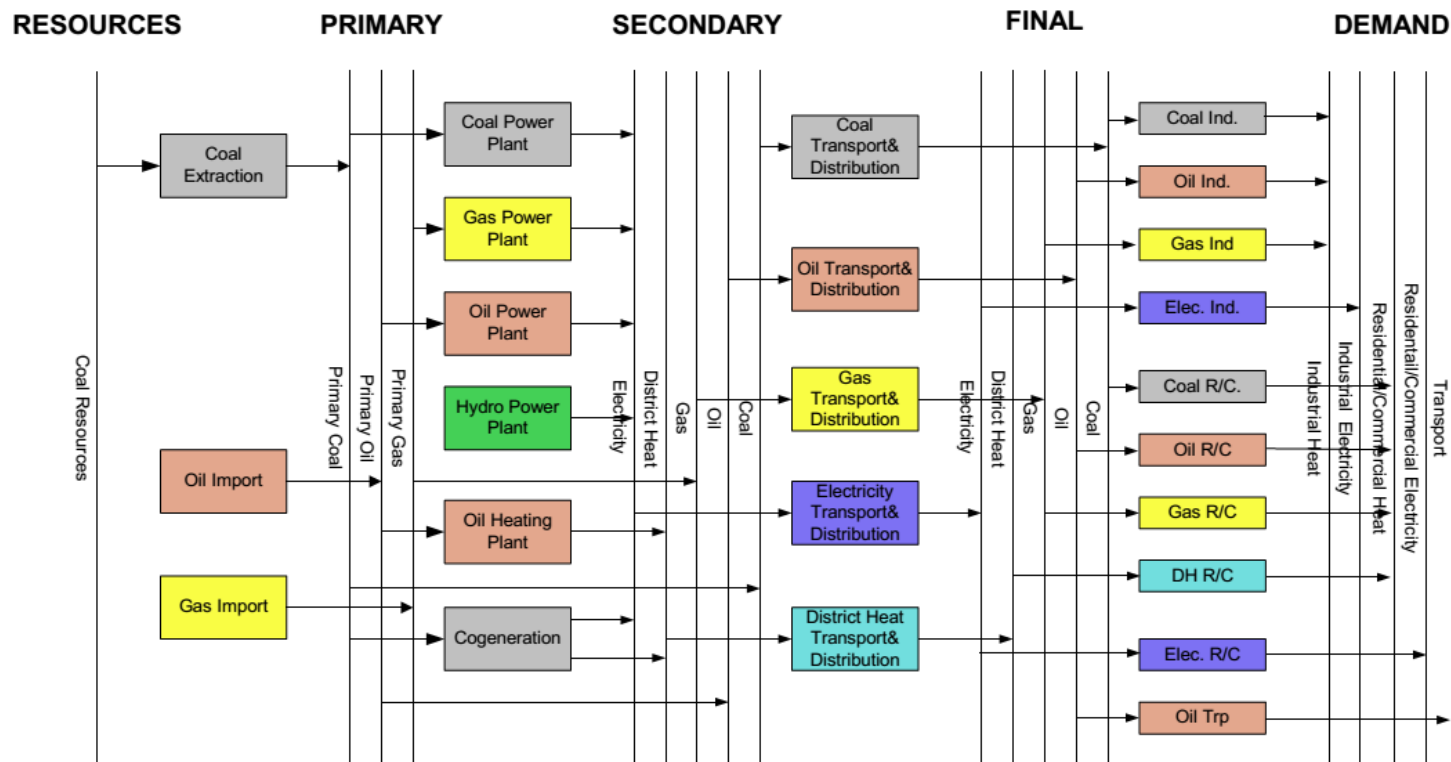


FIG. 1.1. Schematic Presentation of Some Energy Chains



MESSAGE: características

- /// Horizonte de tempo: definida pelo usuário
- /// Complexidade estrutural: definida pelo usuário
- /// Taxa de desconto: única para todos os setores
- /// Modelo de otimização intertemporal (perfect foresight)
- /// Restrições:
 - /// Atender demanda;
 - /// Limitações físicas (fluxo/estoque);
 - /// Limitações tecnológicas (potencial técnico, econômico, comercial)



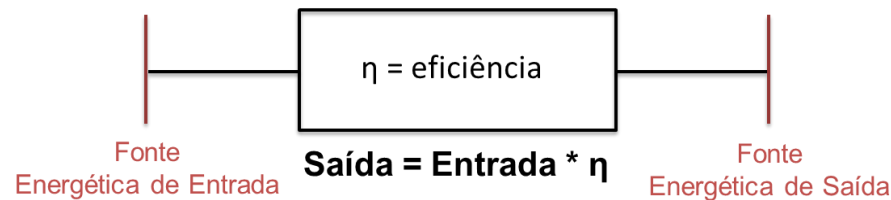
*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

MESSAGE: estrutura



MESSAGE: estrutura

/// Tecnologias:



/// Representação dos elementos

/// Eficiência

/// Capacidade instalada

/// Custos (investimento, fixo e variável de O&M)

/// Fator de capacidade

/// Tempo de vida útil

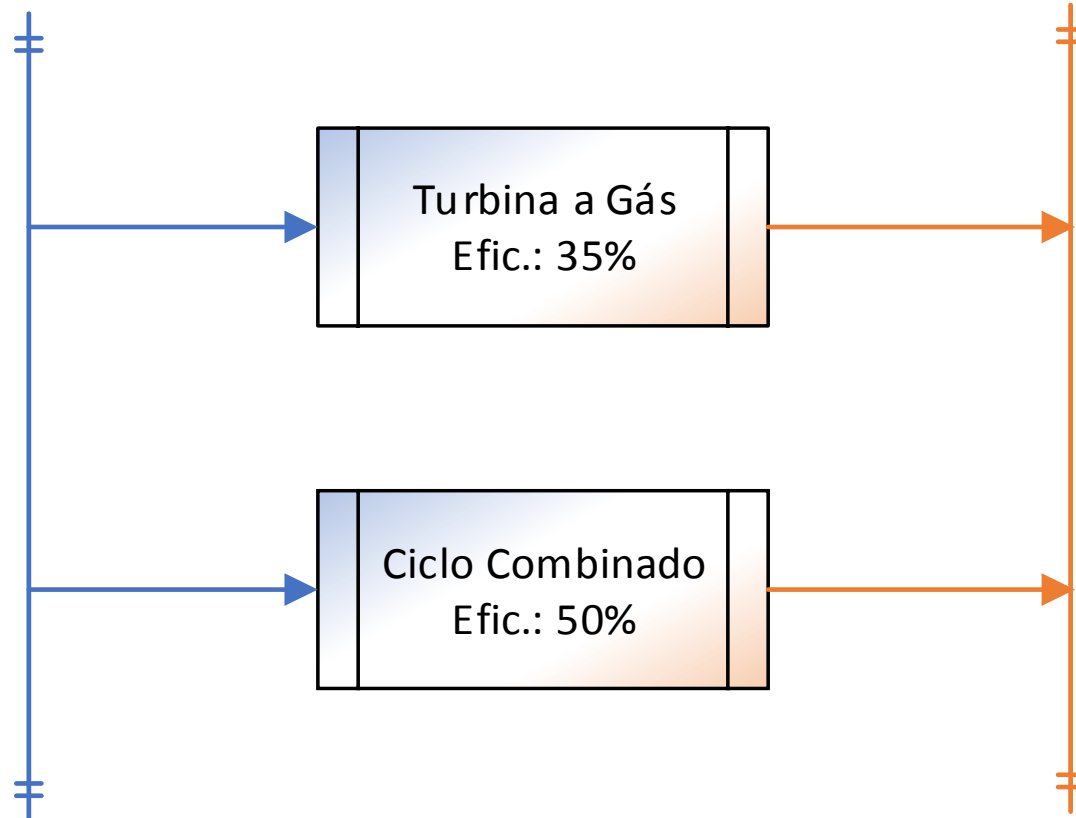


MESSAGE: estrutura

- /// Exemplo: duas tecnologias que disputam para atender a mesma demanda (output)

Gás Natural

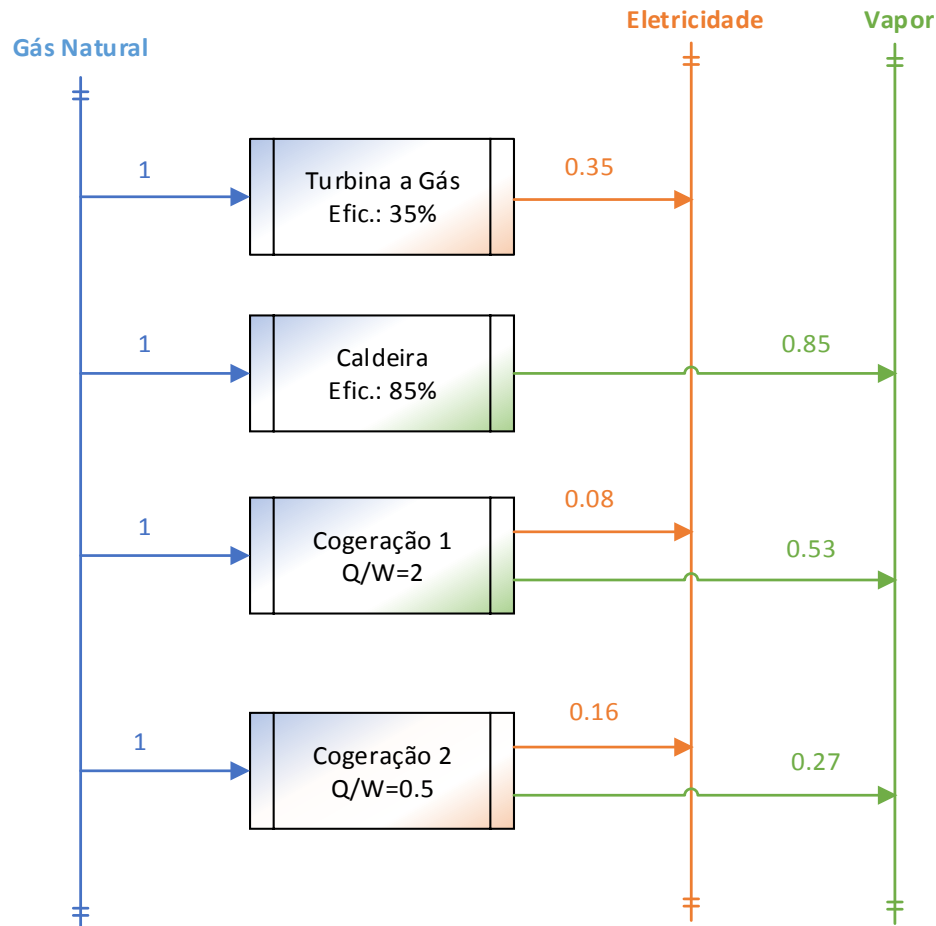
Eletricidade





MESSAGE: estrutura

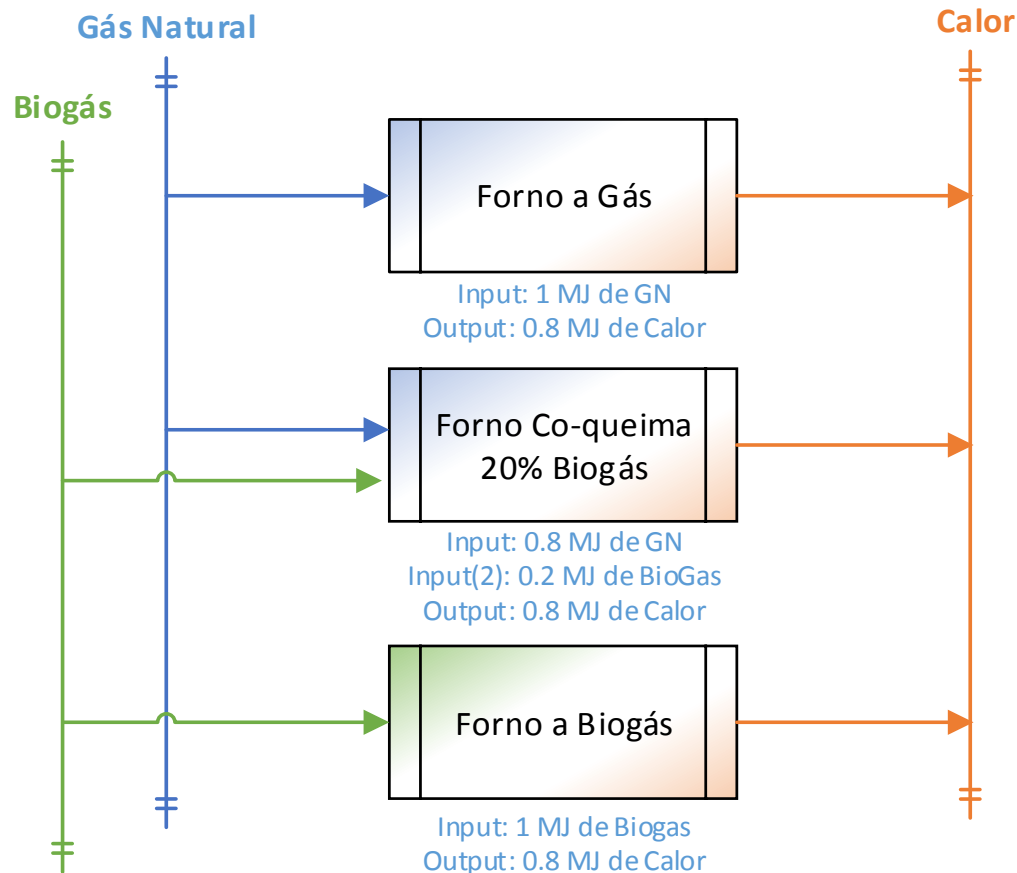
/// Exemplo: um input atendendo a mais de uma demanda (output) simultaneamente





MESSAGE: estrutura

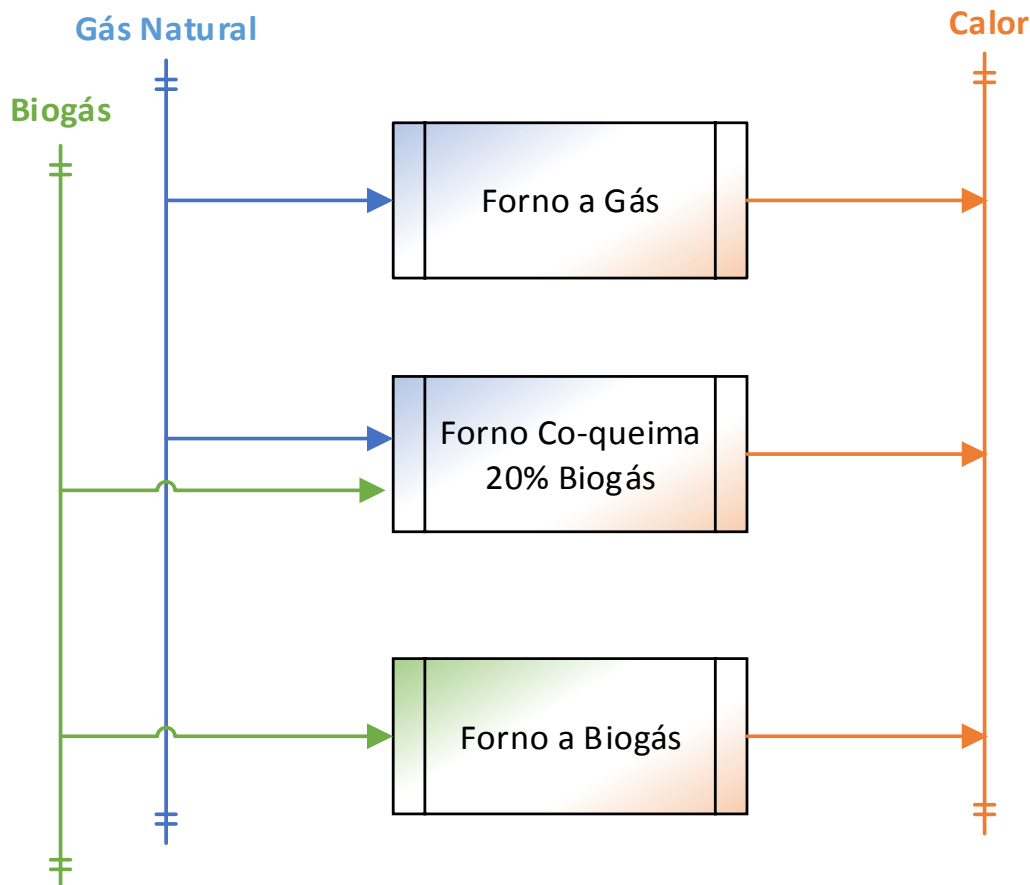
- /// Exemplo: dois inputs atendendo a uma demanda (output) simultaneamente





MESSAGE: estrutura

/// Exemplo: dois inputs atendendo a uma demanda (output) simultaneamente



Caso: Restrição

Suponha que o setor “X” utilize:

- 2010: 80% GN e 20% de Biogás;
- 2020: 55% GN e 45% de Biogás;
- Co-queima não existe no 2010.

Solução mais simples:

Se eficiência e custo da tecnologia “Co-queima” não é diferente, ela pode ser substituída pelos fornos individuais.

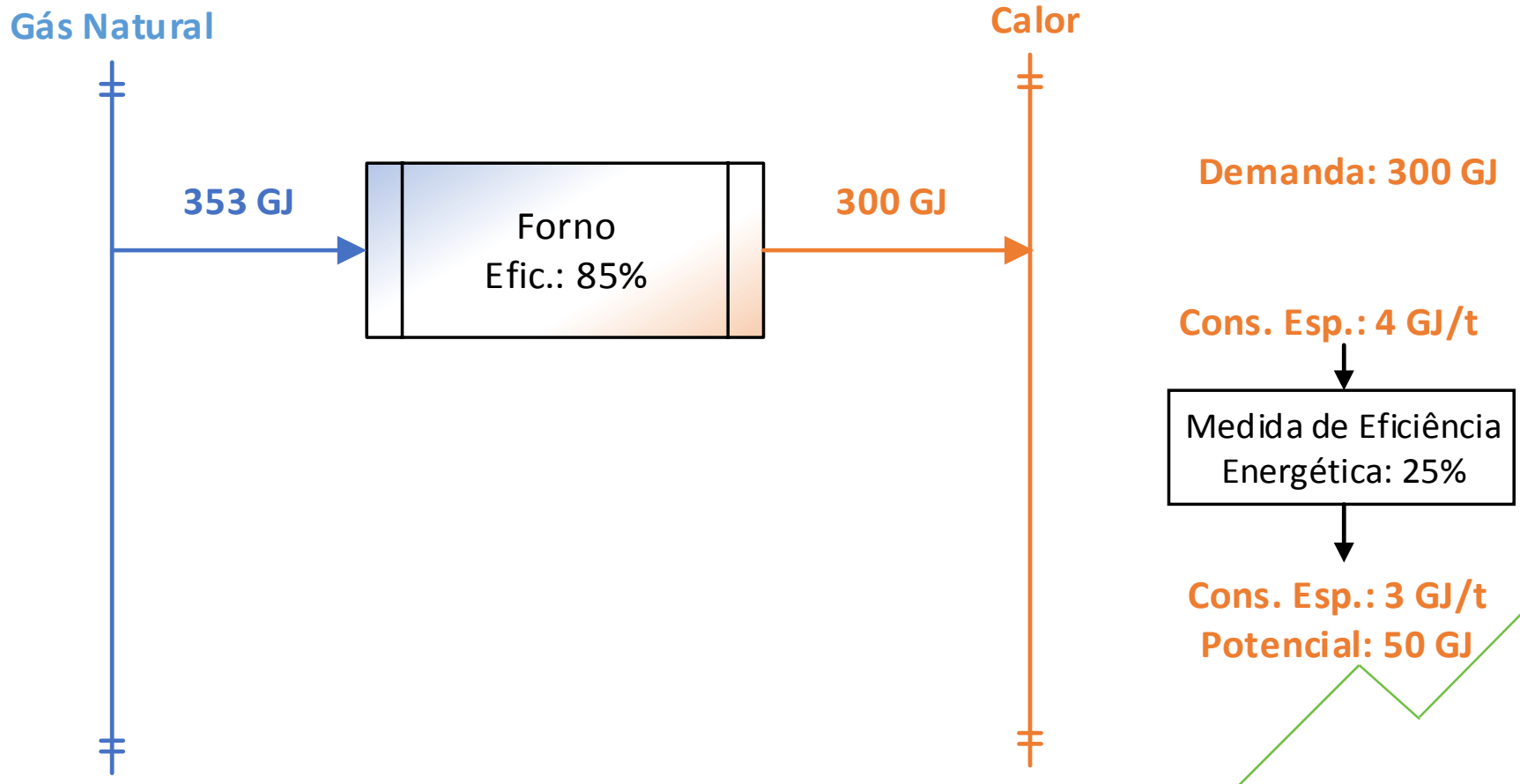


MESSAGE: medidas de abatimento



MESSAGE: medidas

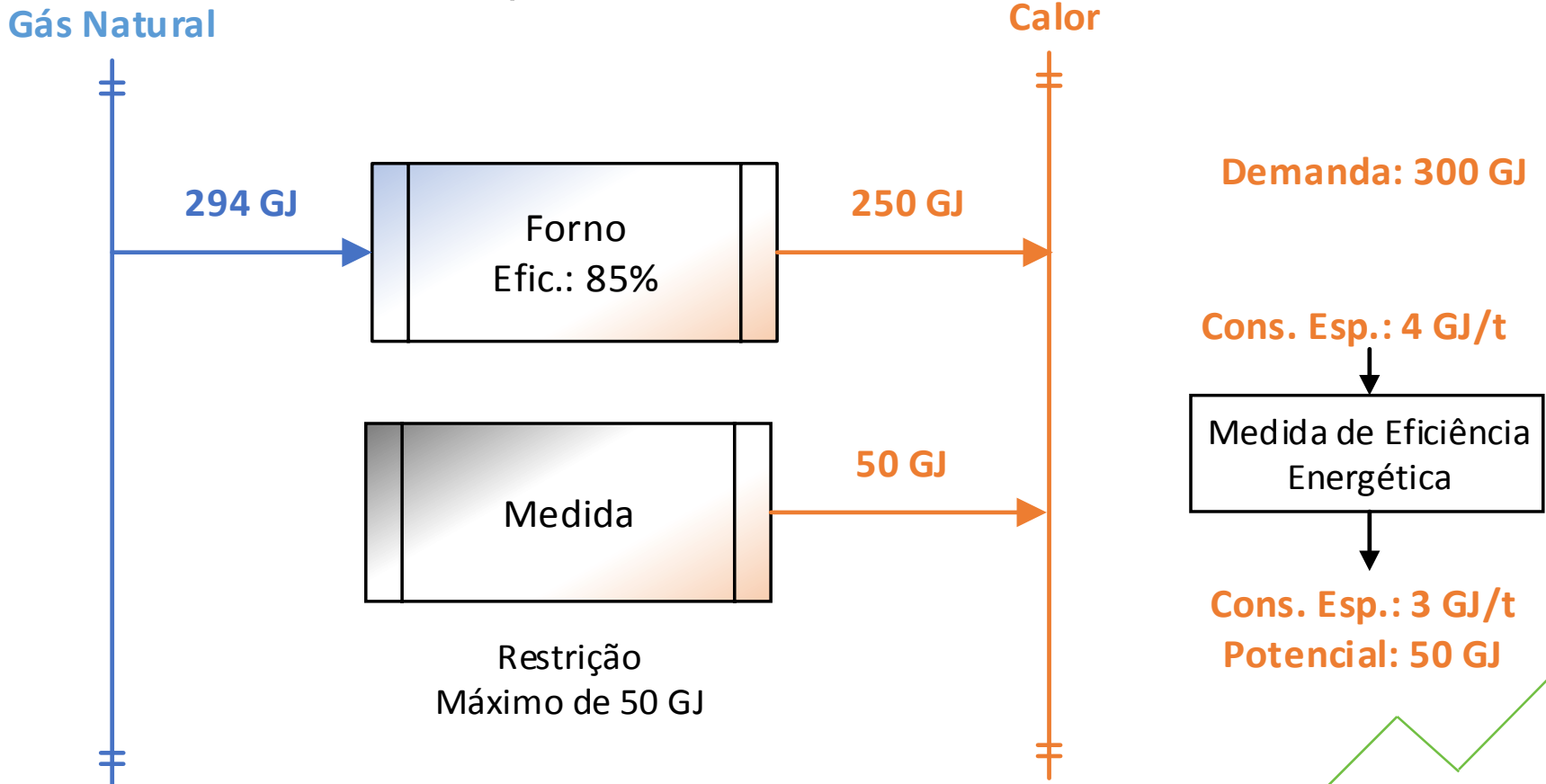
/// Exemplo: medida de redução do consumo específico (reduz demanda de calor)





MESSAGE: medidas

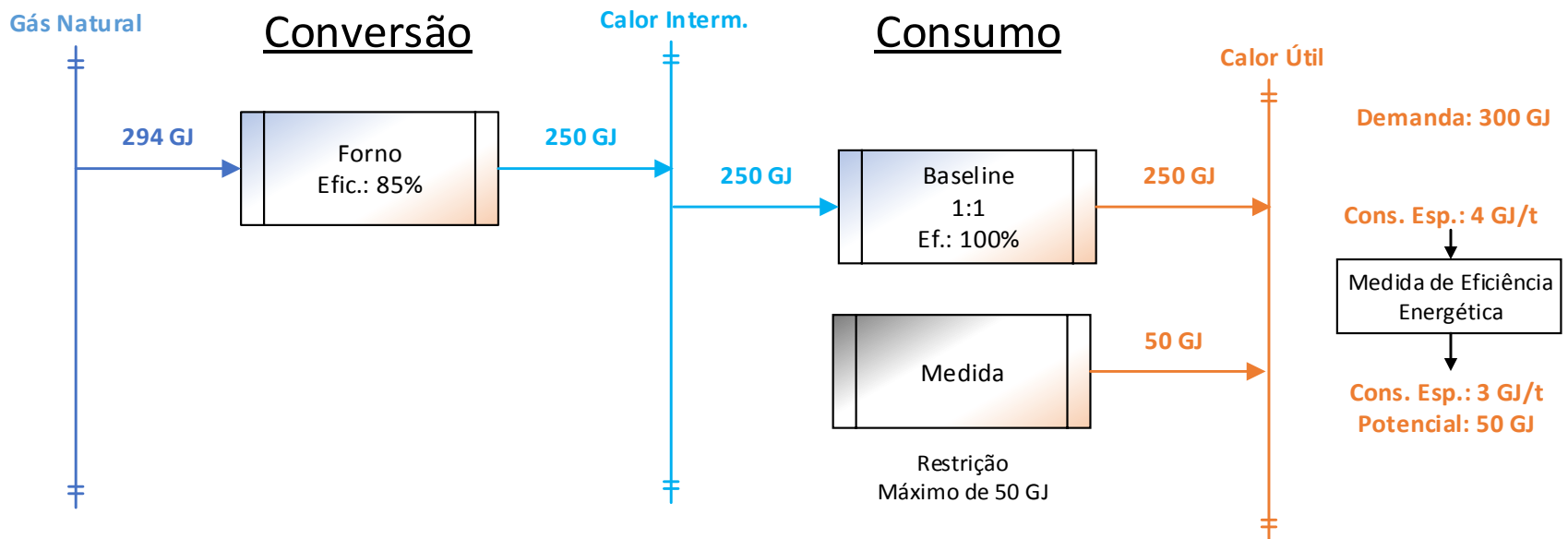
/// Exemplo: medida de redução do consumo específico (reduz demanda de calor)





MESSAGE: medidas

/// Exemplo: medida de redução do consumo específico (reduz demanda de calor)





MESSAGE: medidas de abatimento

/// Proposta de divisão:

/// Conversão: substituição de combustível, aumento de eficiência (fornos, caldeiras)

/// Conversão de um energético em uma utilidade (calor, vapor, eletricidade)

/// Consumo: redução do consumo (ex: integração energética, isolamento de linhas, substituição de motores/equipamentos elétricos)

/// Não possui input

/// Output é limitado pelo potencial, determinado pela aplicação da medida (ano a ano)

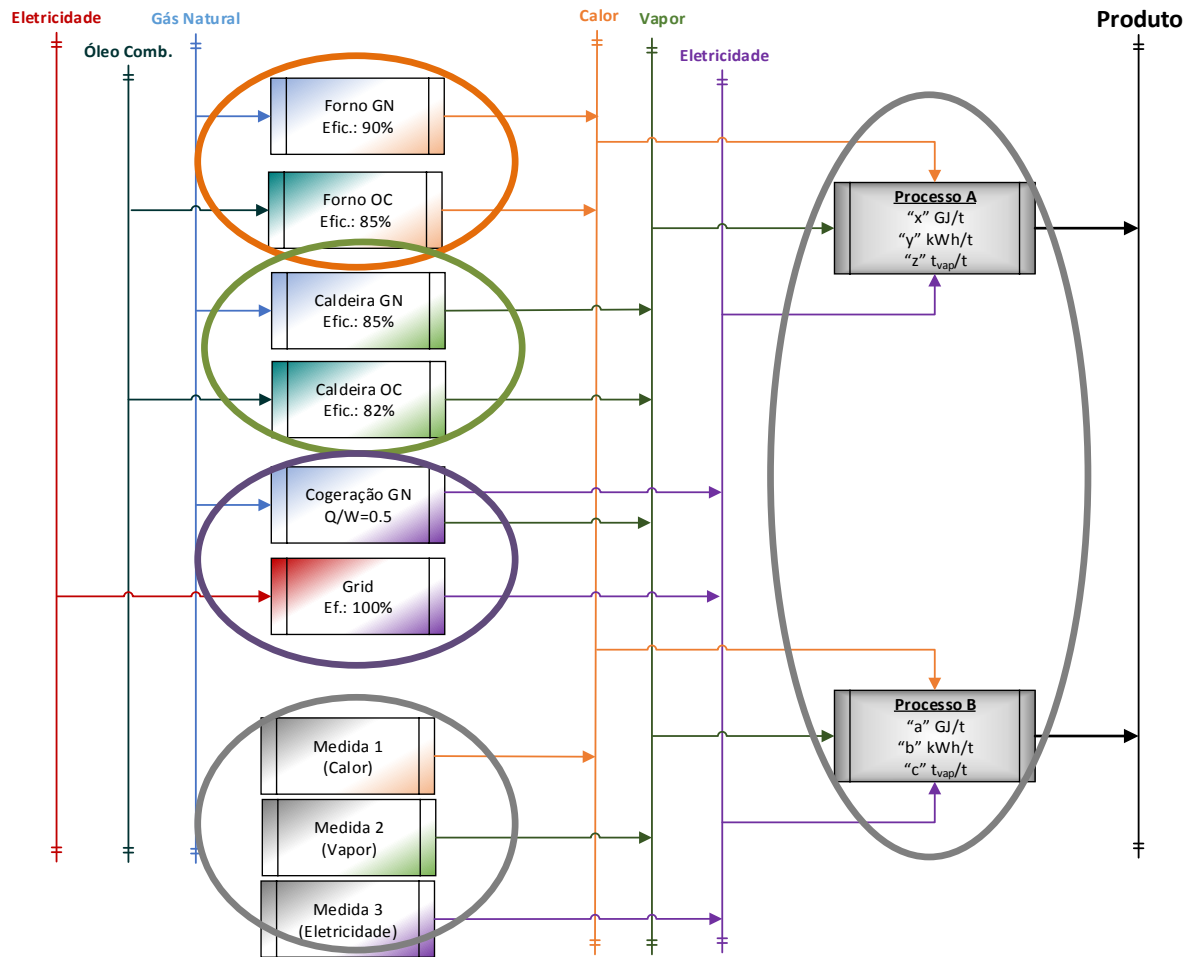
/// Processo: substituição de processos

/// Competição para atender demanda de produto.



MESSAGE: medidas

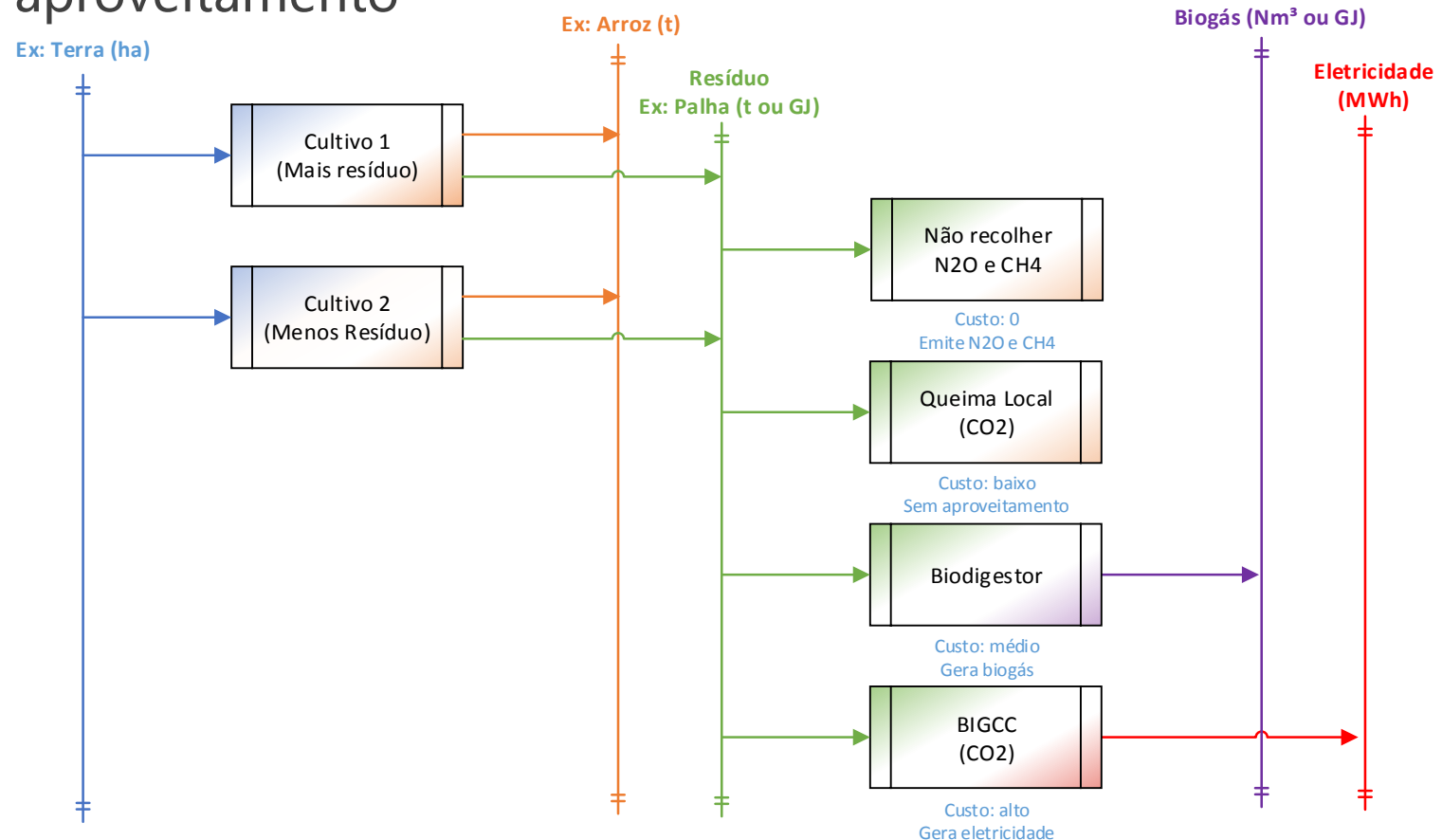
/// Proposta geral para o setor industrial





MESSAGE: medidas

/// Exemplo: geração de resíduo na agricultura (ex: arroz) e seu aproveitamento





Otimização: programação linear

- /// Considerações importantes sobre PL
- /// Importante para compreensão das “Restrições Tecnológicas”
- /// Método: Minimização da função objetivo (custo total)
- /// Restrições:
 - /// Atender demanda;
 - /// Limitações de físicas (fluxo/estoque);
 - /// Limitações tecnológicas (potencial técnico, econômico,

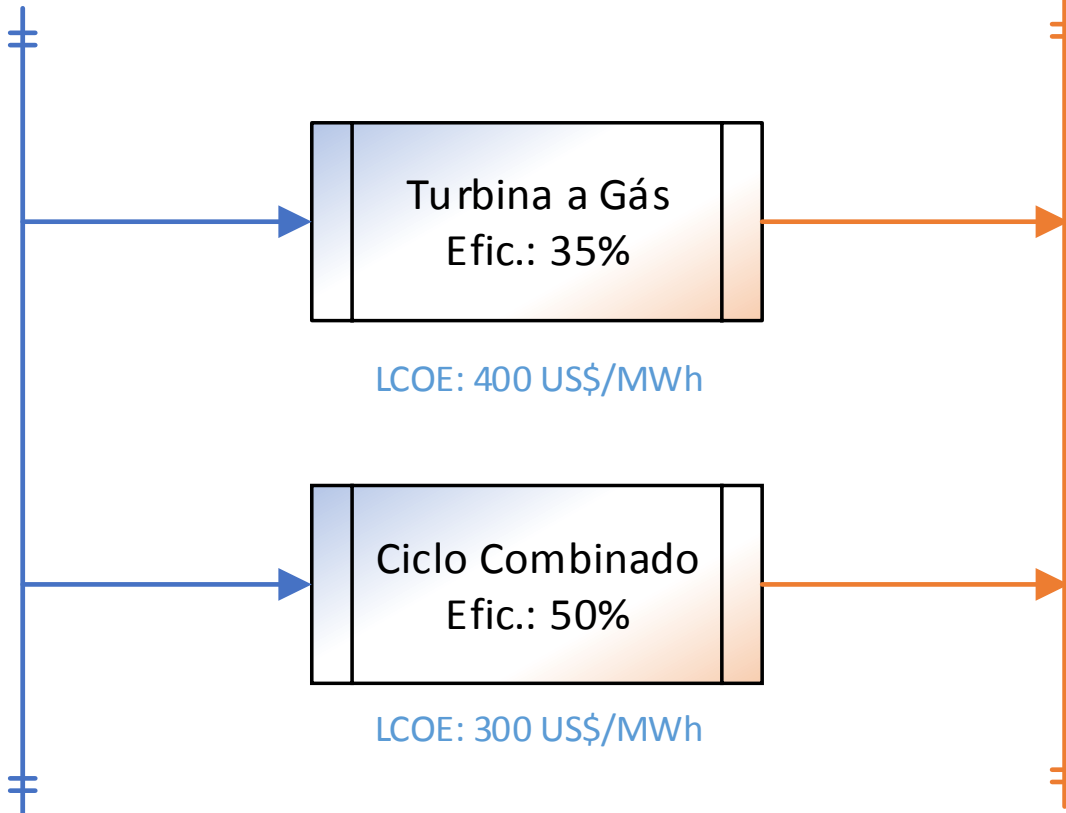


Otimização: programação linear

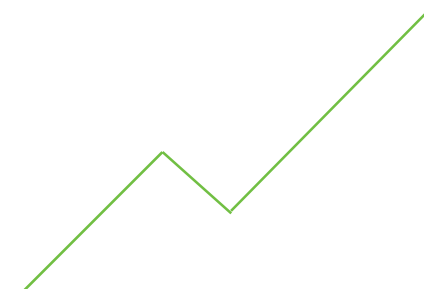
/// Exemplo: sem restrições

Gás Natural

Eletricidade



Demanda: 500 GWh



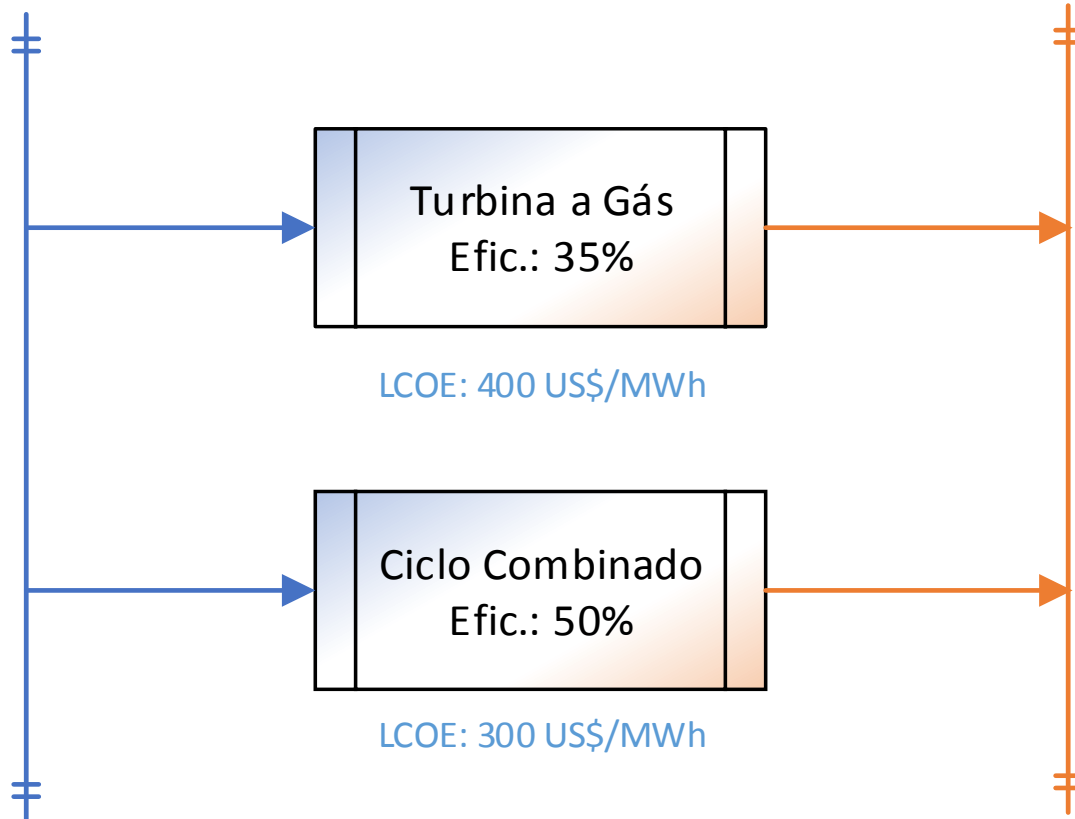


Otimização: programação linear

/// Exemplo: sem restrições

Gás Natural

Eletricidade



Demanda: 500 GWh

Min.:

$$f(x, y) = 300 \cdot x + 400 \cdot y$$

s.a.:

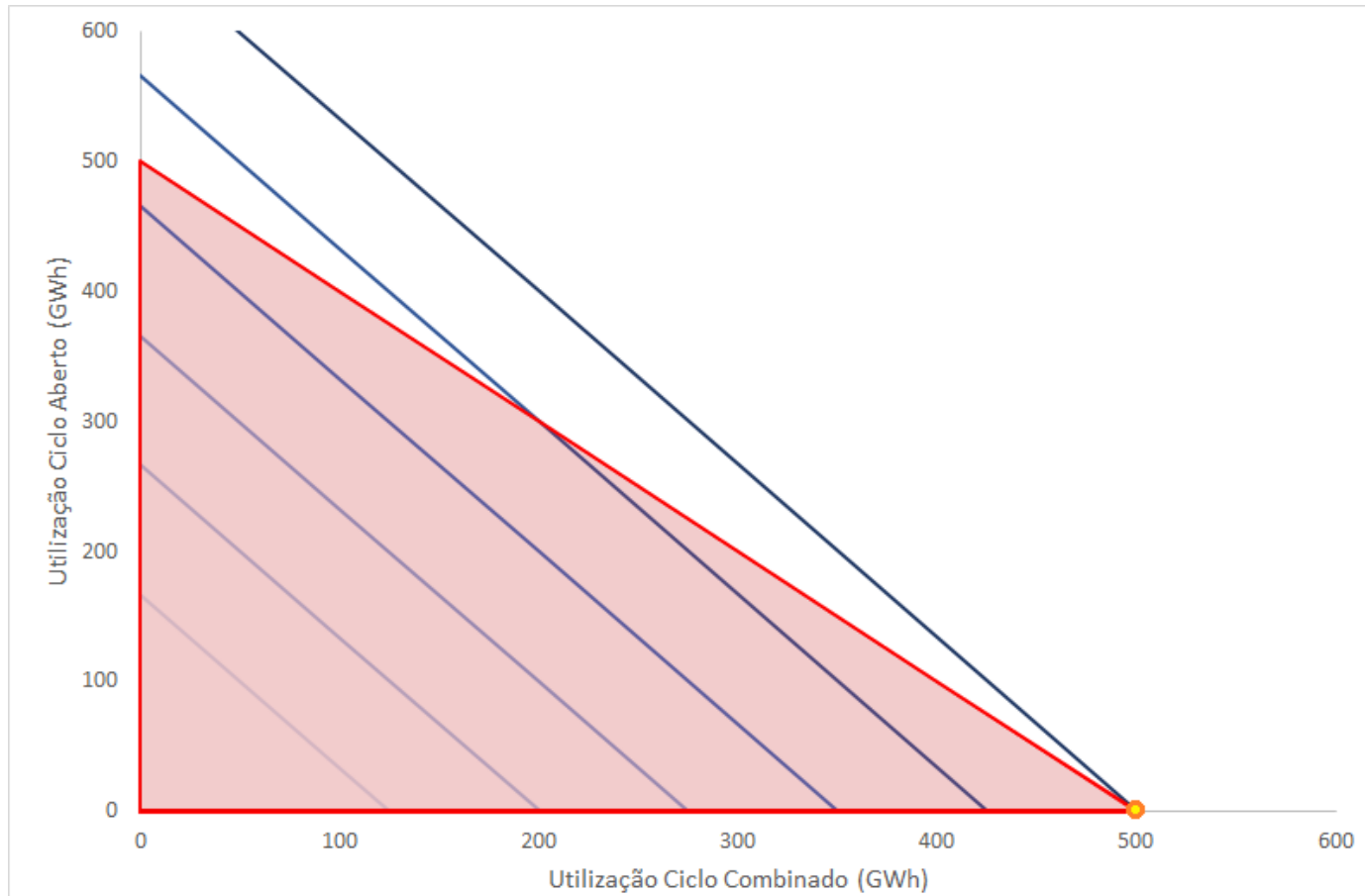
$$x + y \geq 500$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$



Otimização: programação linear

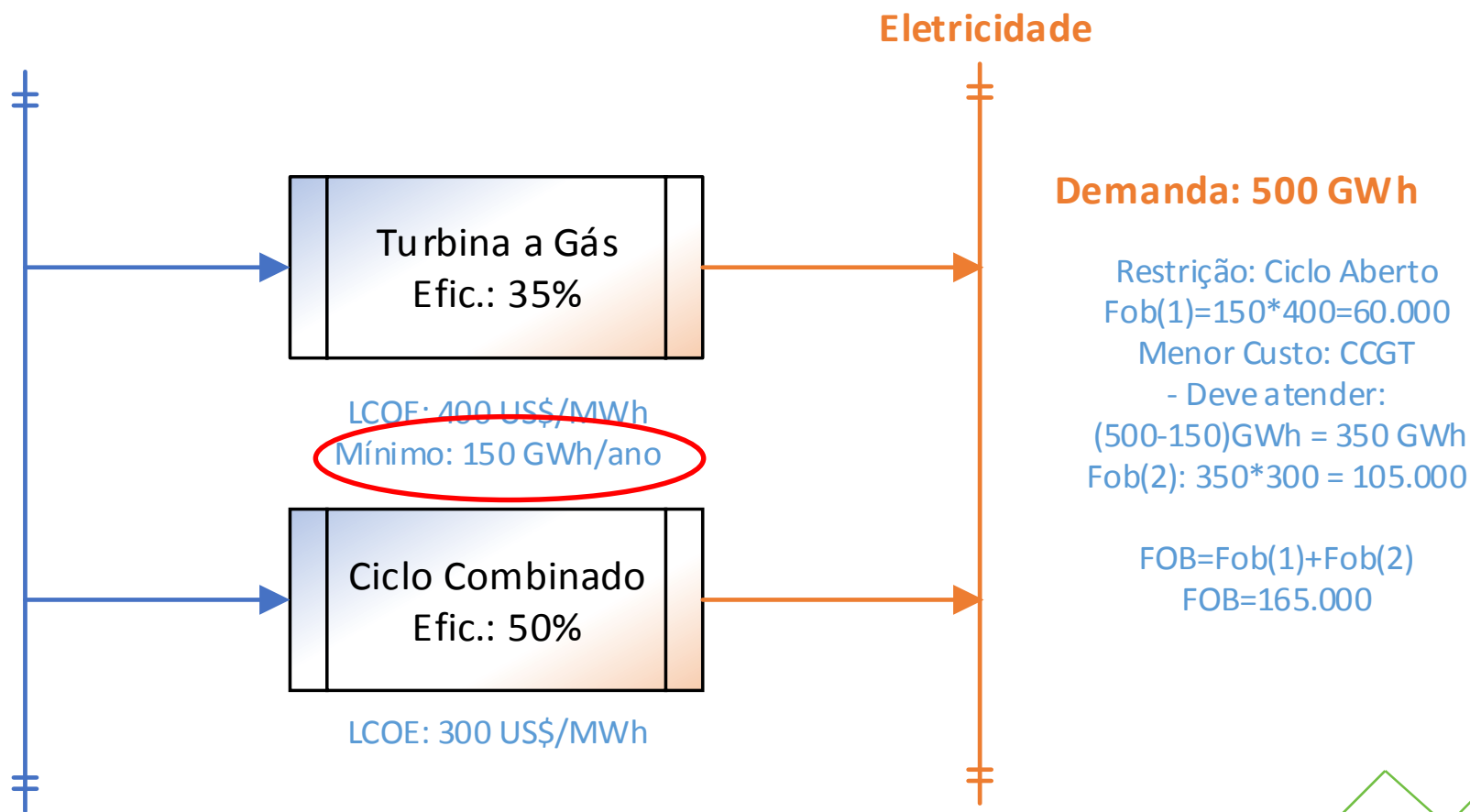
/// Exemplo: sem restrições





Otimização: programação linear

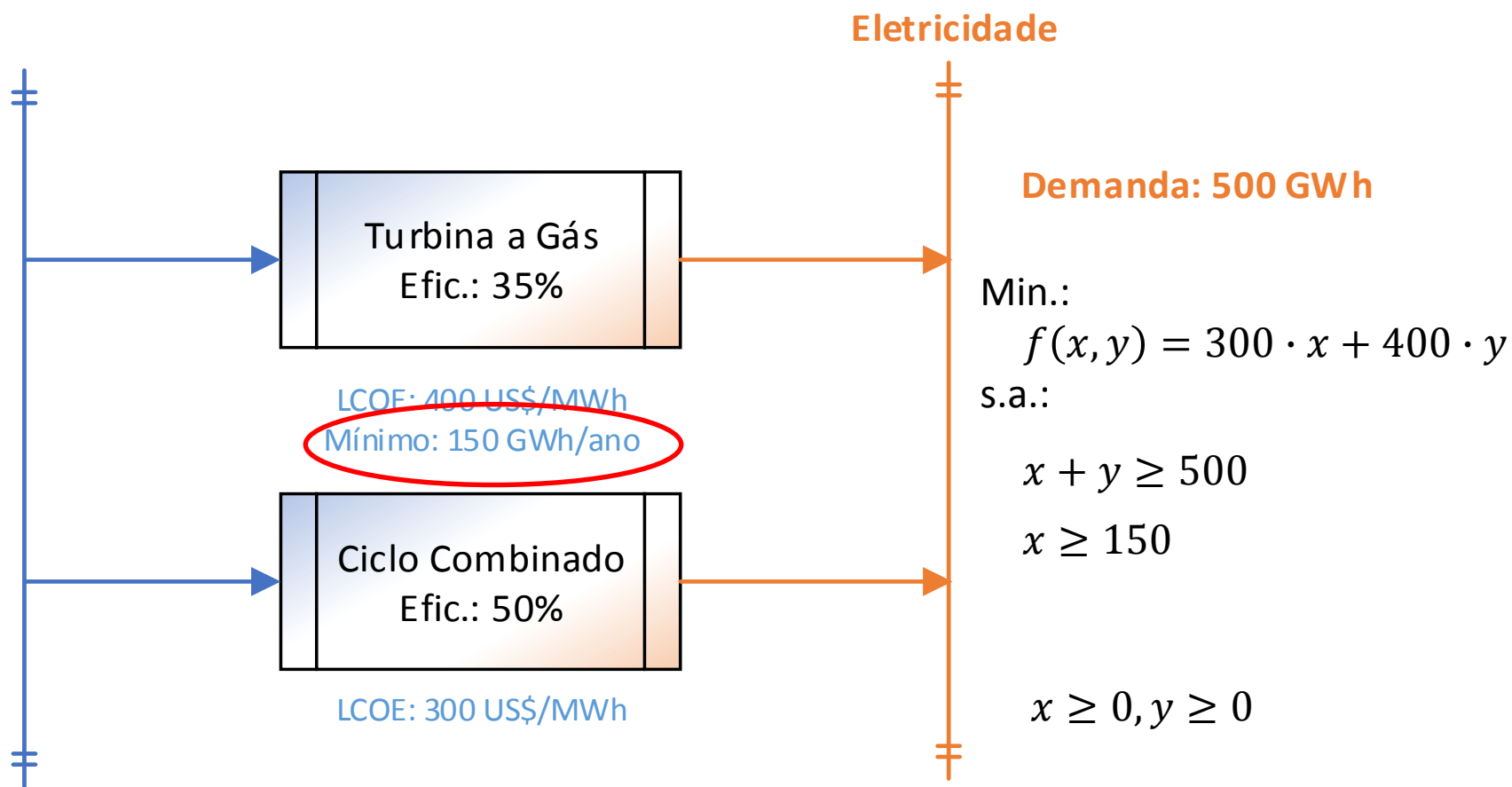
/// Exemplo: sem restrições





Otimização: programação linear

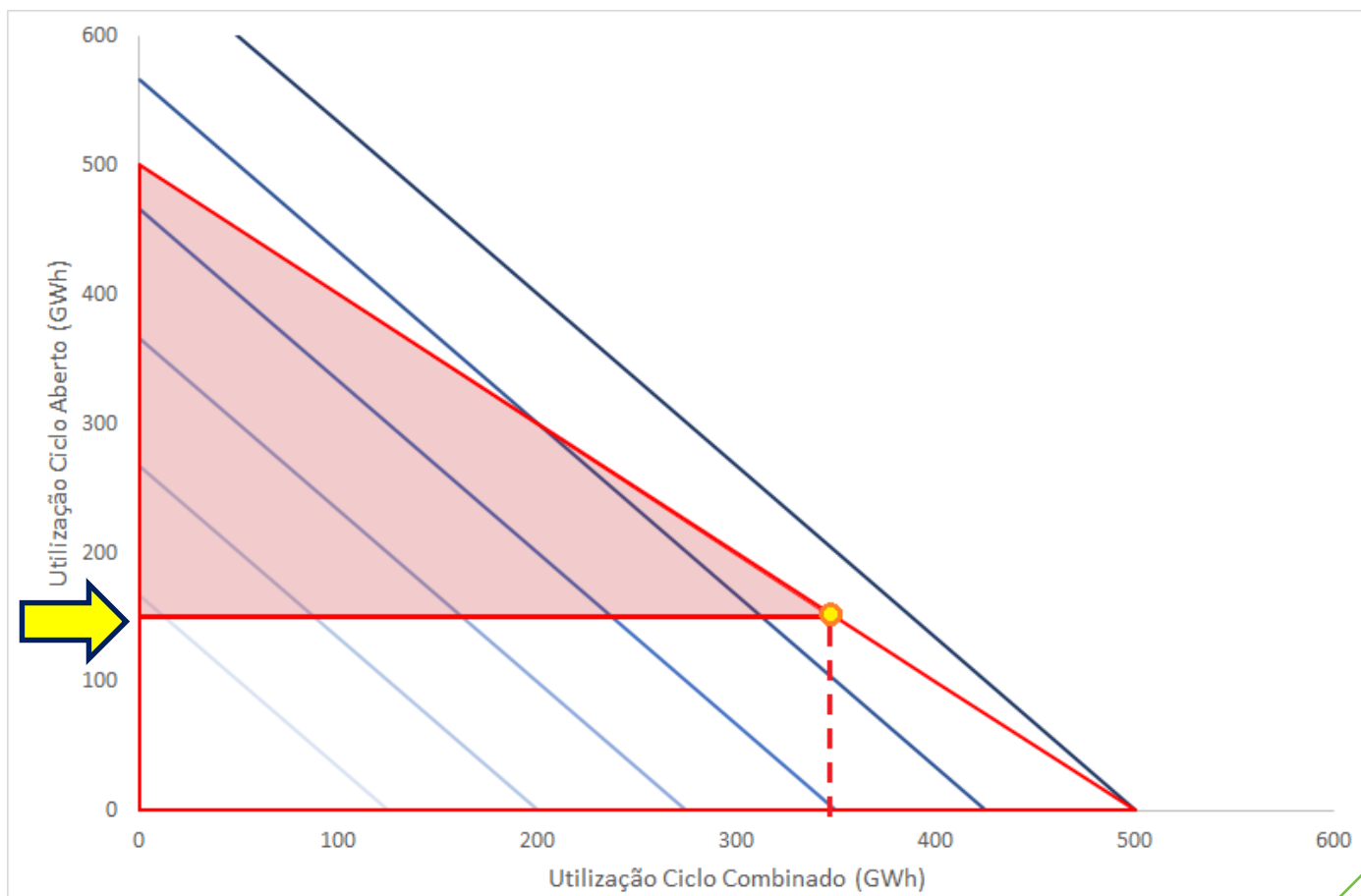
/// Exemplo: sem restrições





Otimização: programação linear

/// Exemplo: sem restrições

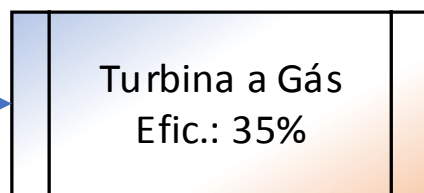




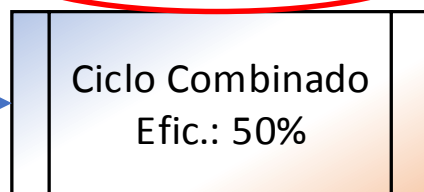
Otimização: programação linear

/// Exemplo: sem restrições

Gás Natural



LCOE: 400 US\$/MWh
Mínimo: 150 GWh/ano



LCOE: 300 US\$/MWh
Máximo: 250 GWh/ano

Eletricidade



Demanda: 500 GWh

Restrição 1: Ciclo Aberto
 $Fob(1) = 150 \cdot 400 = 60.000$

Restrição 2: Ciclo Fechado
 $Fob(2) = 250 \cdot 300 = 100.000$

Deve atender:
 $(500 - 150 - 250) \text{ GWh} = 100 \text{ GWh}$
Menor Custo: CCGT
Atingiu o máximo anual.
Menor Custo (2): Ciclo Aberto
 $Fob(3) = 100 \cdot 400 = 40.000$

$FOB = Fob(1) + Fob(2) + Fob(3)$
 $FOB = 200.000$

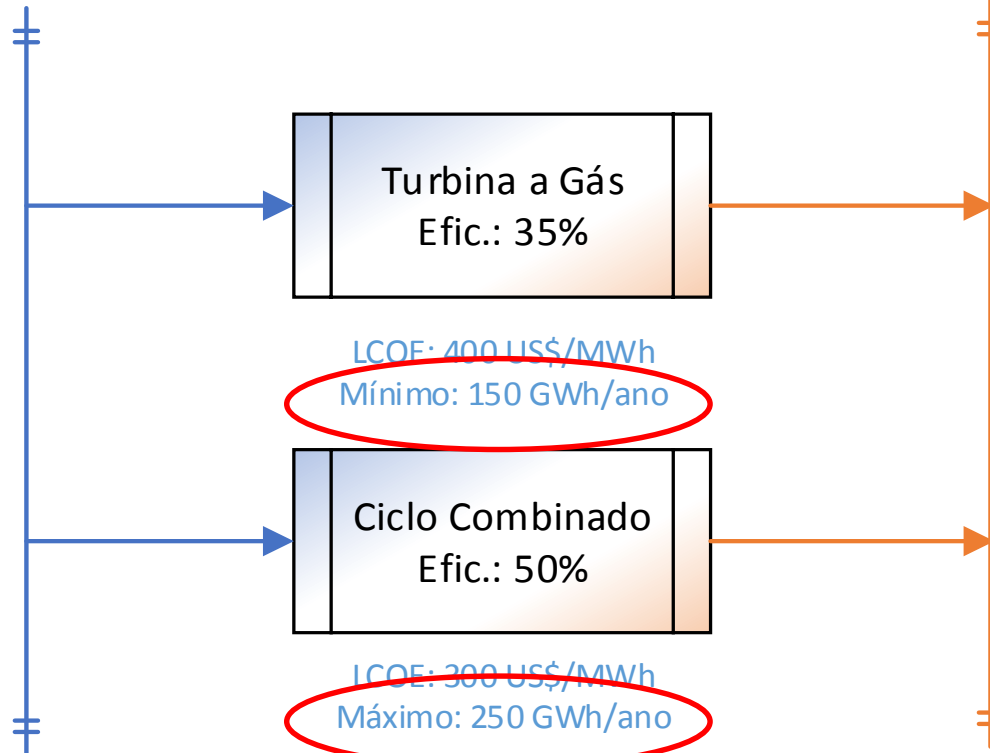


Otimização: programação linear

/// Exemplo: sem restrições

Gás Natural

Eletricidade



Demanda: 500 GWh

Min.:

$$f(x, y) = 300 \cdot x + 400 \cdot y$$

s.a.:

$$x + y \geq 500$$

$$x \geq 150$$

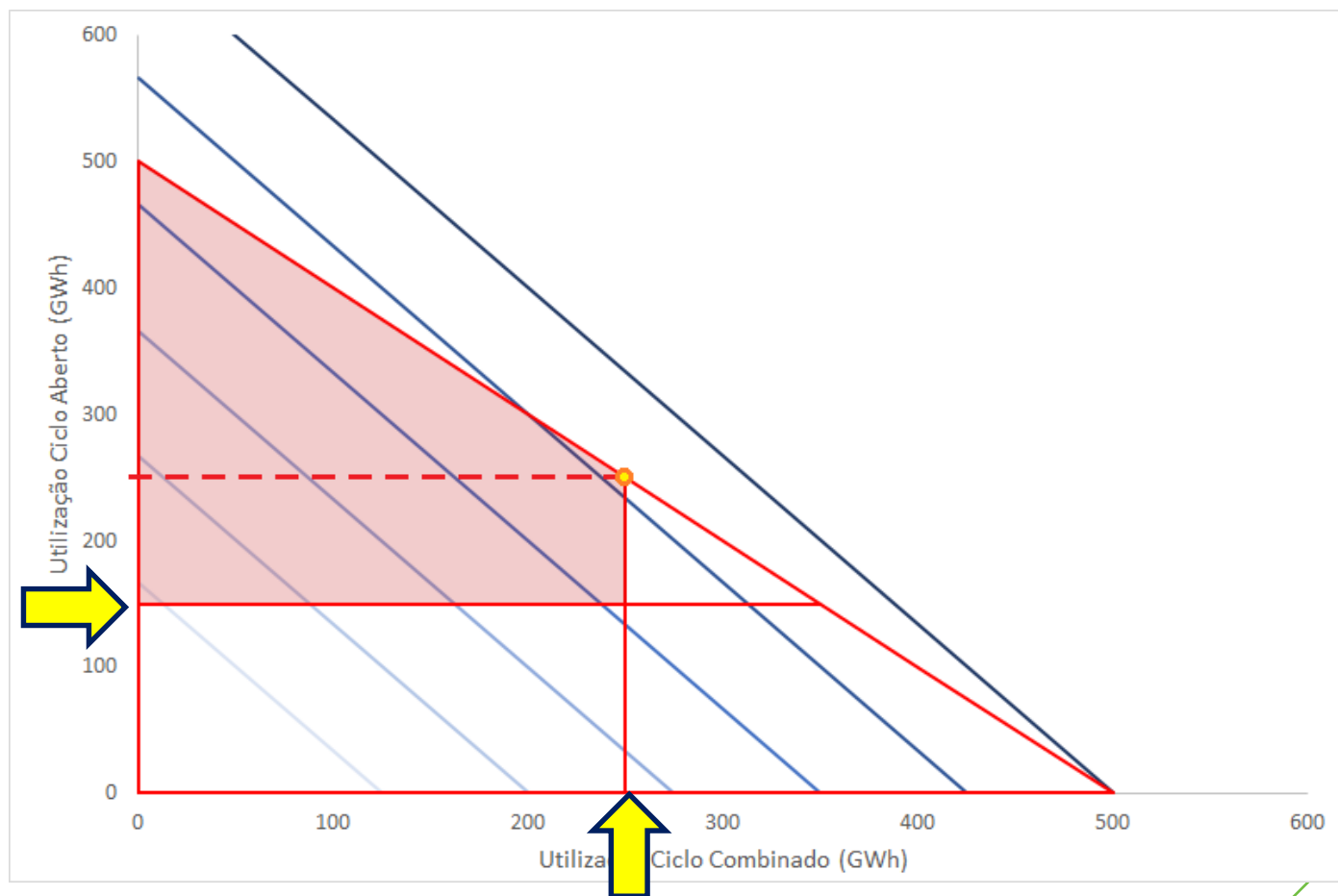
$$y \leq 250$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$



Otimização: programação linear

/// Exemplo: sem restrições





MESSAGE: restrições



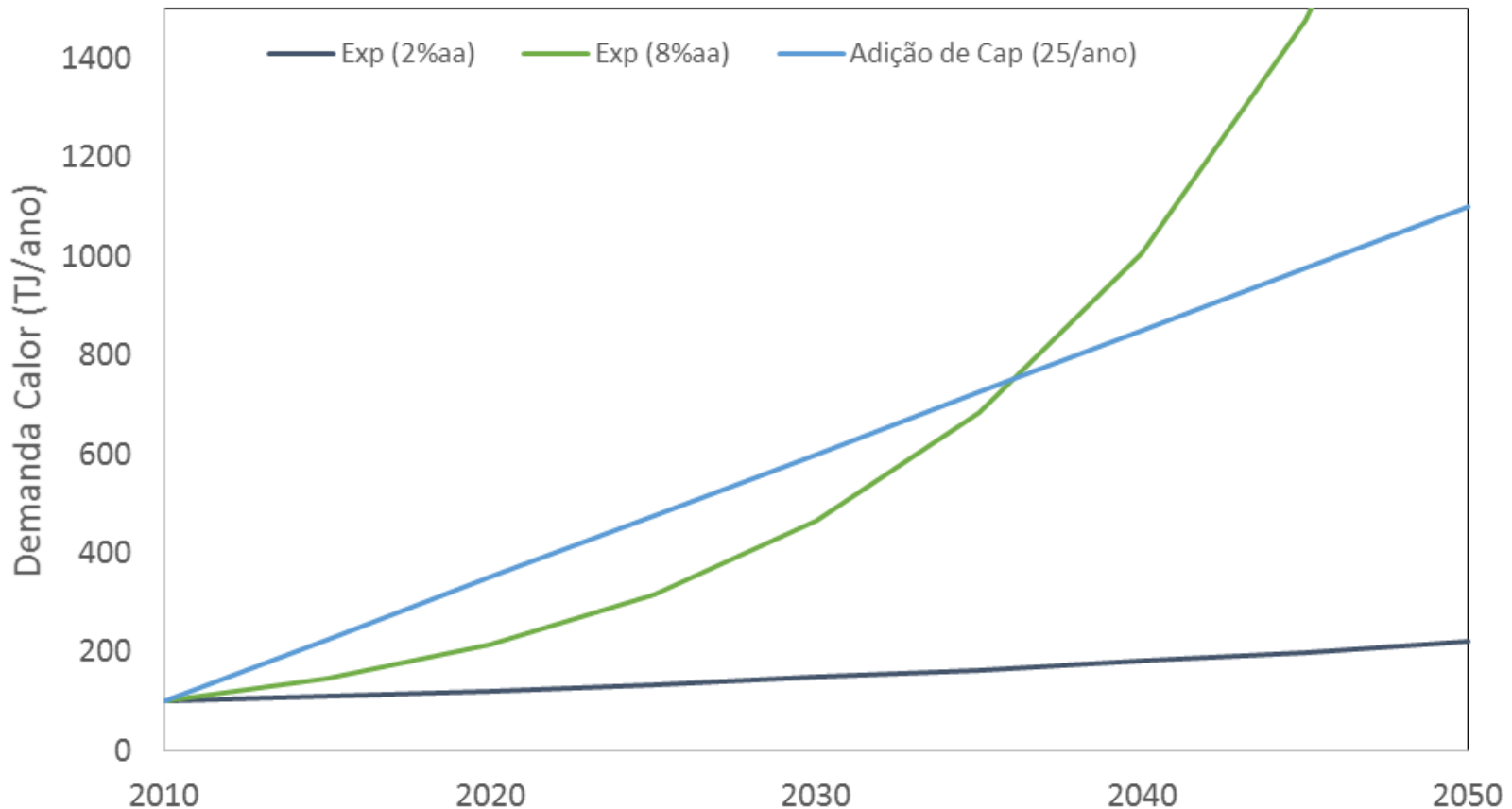
Otimização: restrições

- /// Efeito sobre função objetivo:
 - /// Podem não alterar
 - /// Aumentam a fob (minimização) / Diminuem a fob (maximização)
- /// Objetivo: tornar o modelo mais realista e coerente
 - /// Limitar a seleção do modelo
 - /// Representar falhas de mercado
- /// Complicações: quantificação e sobreposição



Otimização: restrições

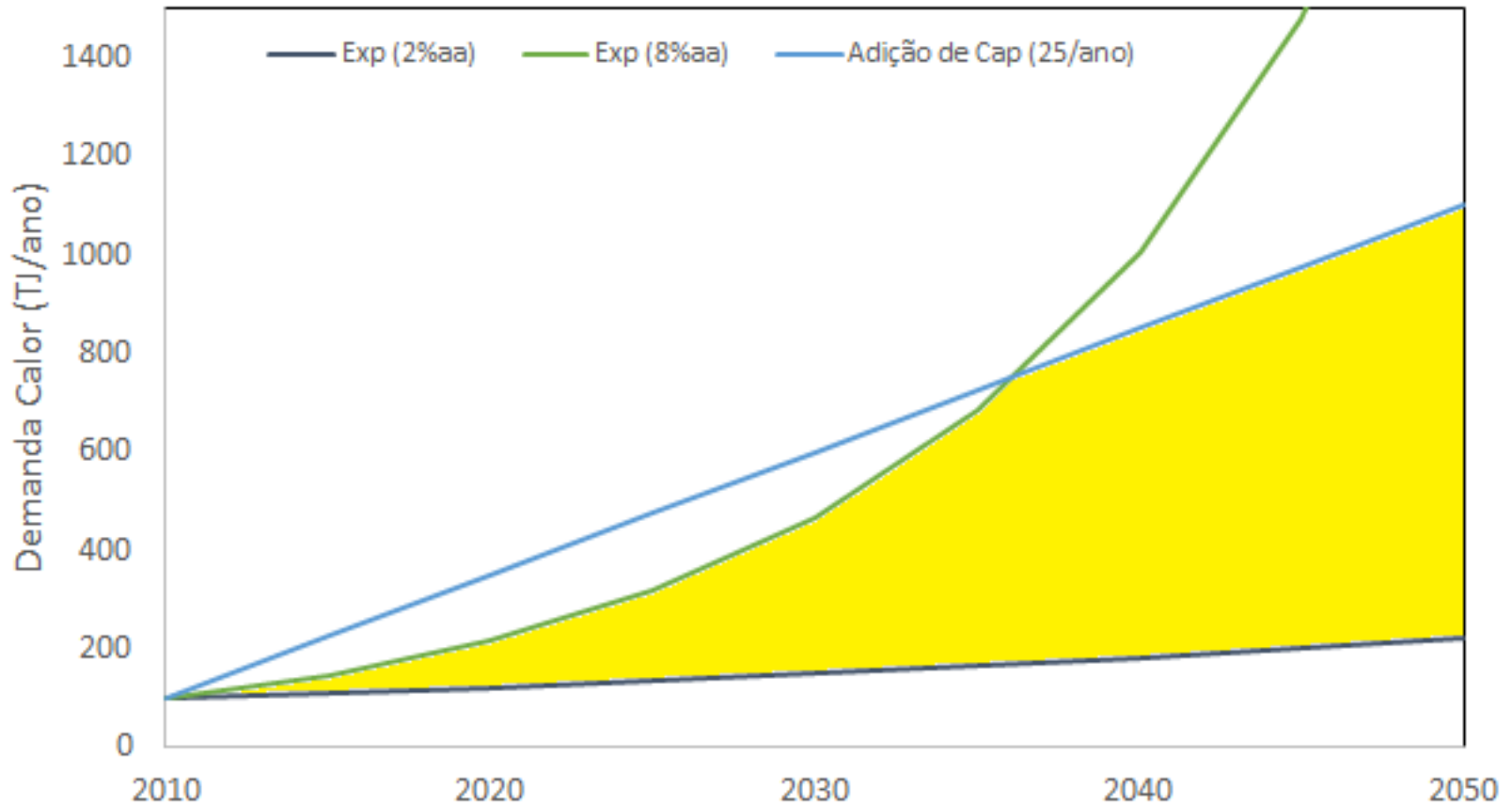
/// Exemplo 1: Múltiplas restrições na mesma tecnologia





Otimização: restrições

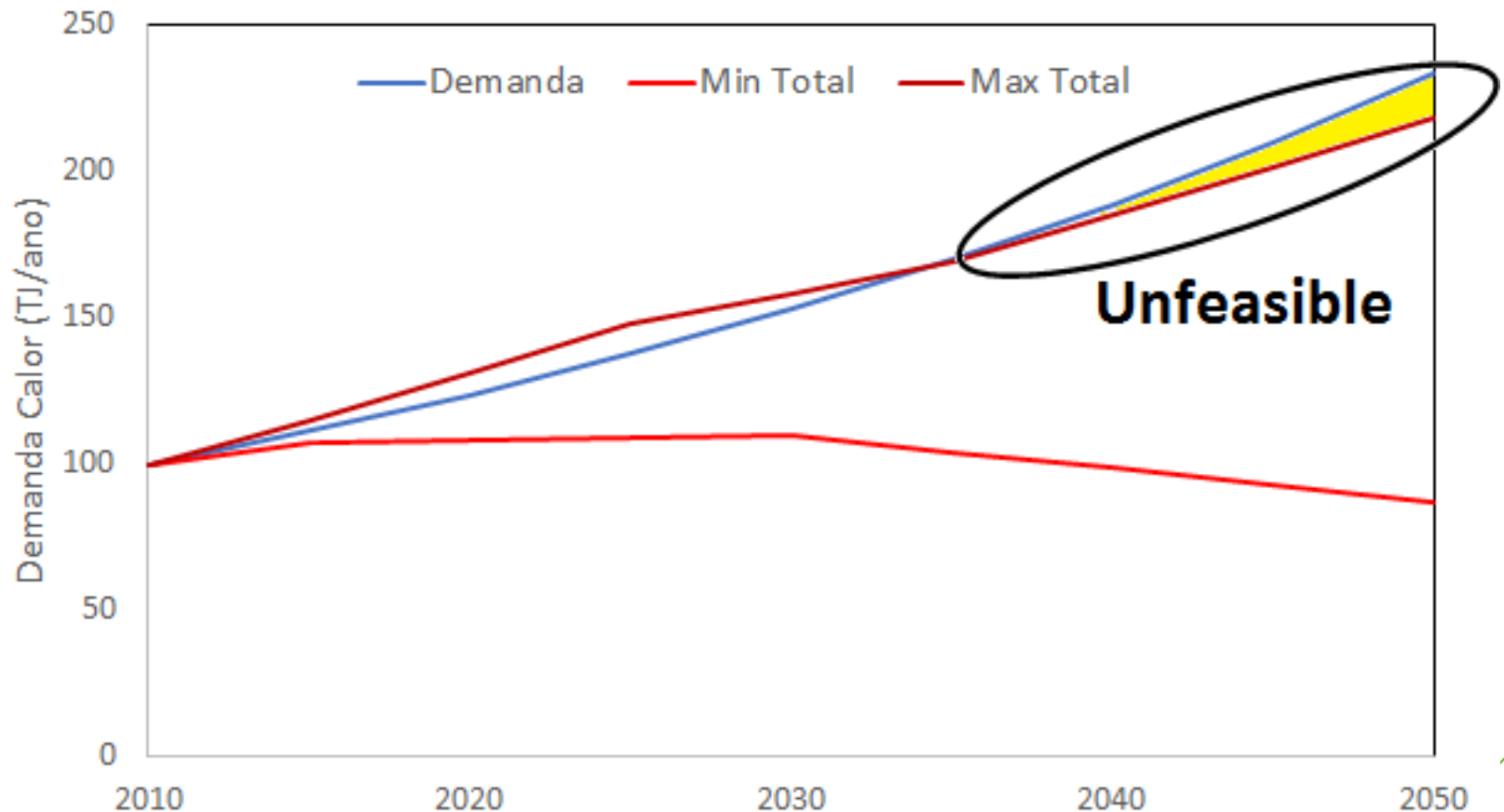
/// Exemplo 1: Múltiplas restrições na mesma tecnologia cria uma zona acessível





Otimização: restrições

- /// Exemplo 2: sobreposição apresenta uma zona de impossibilidade matemática.





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

Integração de Modelos



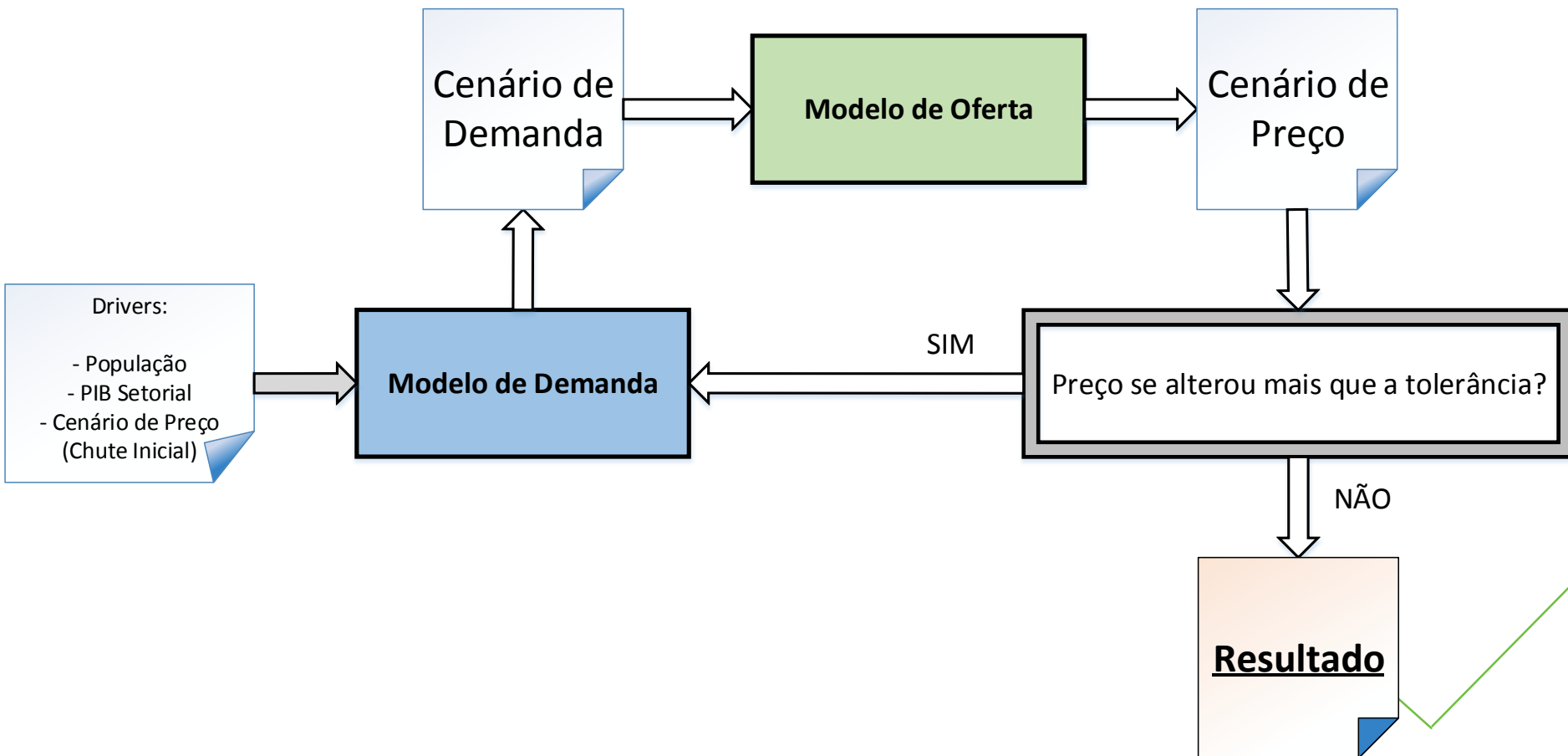
Integração de Modelos

- /// Objetivo: Garantir consistência macroeconômica
- /// Oferta e demanda / Eq. Parcial e Eq. Geral
- /// Formas de integração
 - /// Hard-link: união virtual direta dos modelos sob mesma plataforma
 - /// Soft-link: transposição de resultados entre modelos
- /// Requer recurso iterativo para convergência



Integração de Modelos

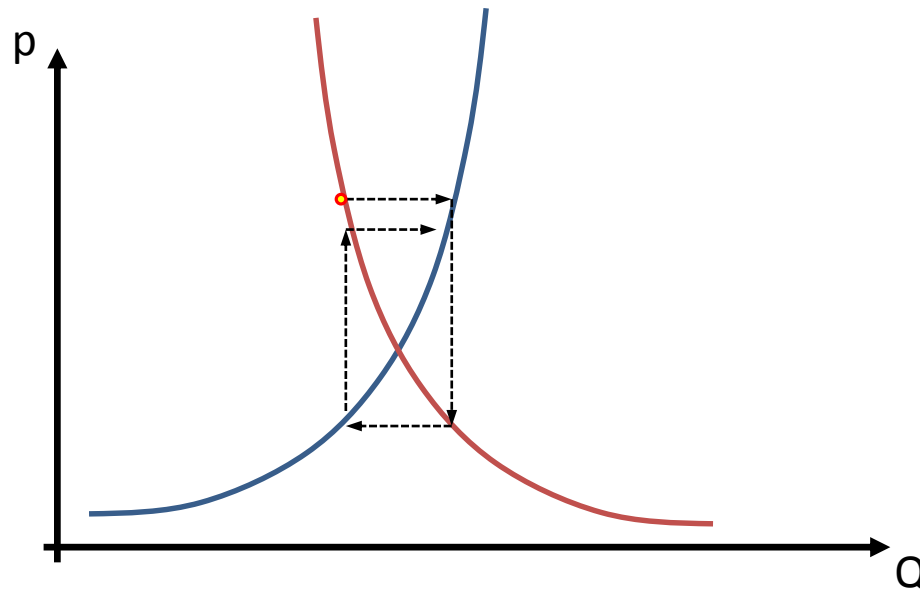
/// Exemplo: Oferta e Demanda





Integração de Modelos

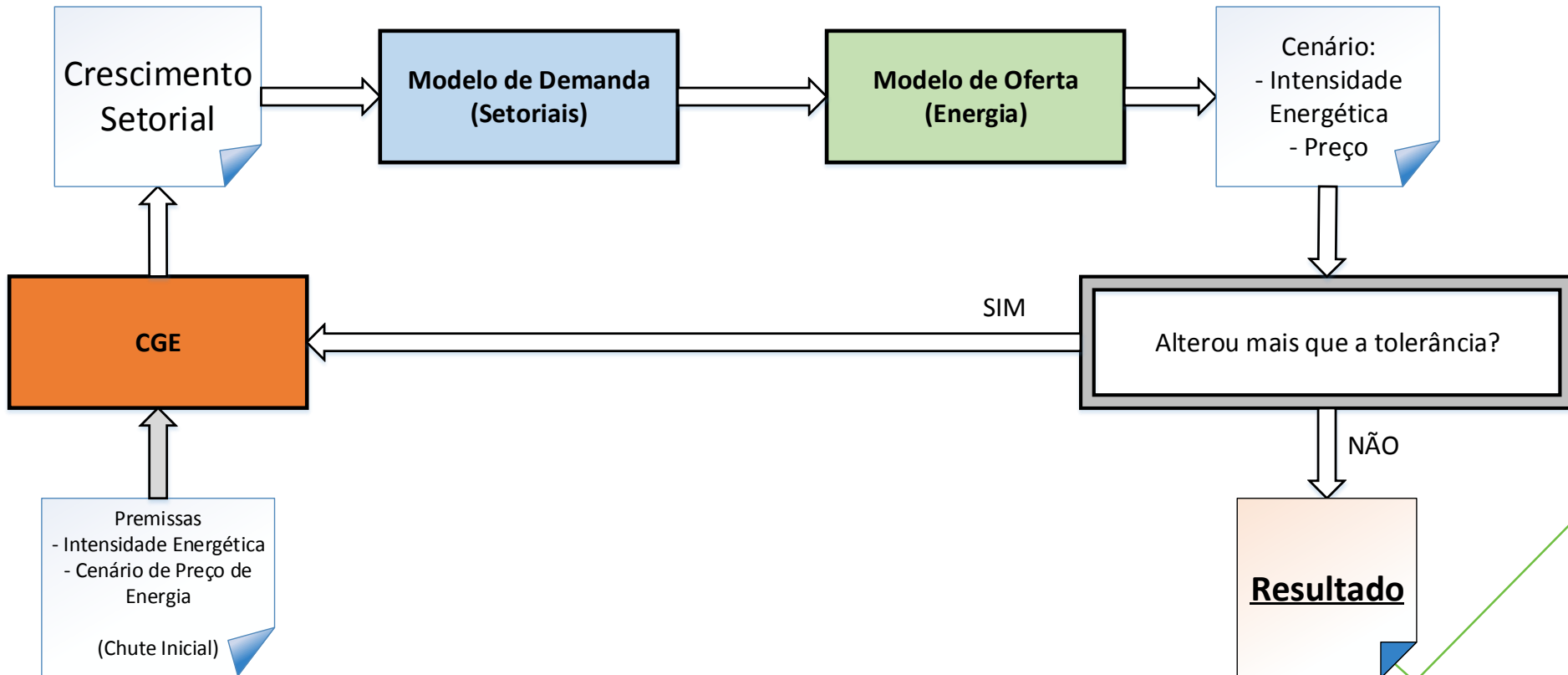
/// Exemplo: Oferta e Demanda





Integração de Modelos

/// Procedimento Iterativo teórico: CGE e Energético





Integração de Modelos

- /// Desta forma, são capturado efeitos:
 - /// Elasticidade-preço: alteração da demanda pelo custo da energia
 - /// Intensidade: redução do PIB
 - /// Estruturais: setores são afetados diferenciadamente
 - /// Eficiência Energética
 - /// Tecnológicos: curva de oferta com maior detalhe
 - /// Especialmente para o setor elétrico



Referências



Referências

- /// IIASA, MESSAGE – Manual.
- /// MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Reports. And Technical Notes.
- /// Alcamo, J., van Vuuren, D., Ringler, C., Methodology for Developing the MA Scenarios, Ecosystems and Human Well-being: Scenarios.
- /// Zachary, S., Haurie, A., Bahn, O., 2004. Mathematical Modeling and Simulation Methods in Energy Systems. Les Cahiers du GERAD.
- /// 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 (2013) 687–698
- /// Rutherford, T., 2000. Getting started with CGE Modeling. University of Colorado. Lecture Notes.
- /// Schaeffer, R., Et Al, 2014. Los Instrumentos De Planificación Energética. Presetación. Quito, Ecuador.
- /// Lucena, et al. 2015. Climate policy scenarios in Brazil: A multi-model comparison for energy. Energy Economics. In press.
- /// Kiekkola. A., et al, 200X. Challenges in Top-down and Bottom-up Soft Linking: The Case of EMEC and TIMES-Sweden. Project Report.
- /// Hughes, N. et al, 2013, The structure of uncertainty in future low carbon pathways, Energy Policy 52 (2013) 45–54.
- /// Pereira, A., et al, Modelos Energéticos: Uma Proposta de Planejamento Integrado .
- /// Zhang, X., 2013. A simple structure for CGE models. Australian Productivity Comission, Melbourne, Australia.
- /// MIT, 2014. Modeling Intermittent Renewable Energy: Can We Trust Top-Down Equilibrium Approaches? CEEPR WP 2014-004.
- /// Aubyn, S., 2009. A hybrid Top-down/Bottom-up model for energy policy analysis in a small open economy - the Portuguese case. Discussion Paper 52.
- /// Van Vuuren, D., et al, 2012. A proposal for a new scenario framework to support research and assessment in different climate research communities. Global Environmental Change 22 (2012) 21–35.
- /// Eurostat, 2009. The Role of Bottom-up Modelling to Support Climate Policy. Commission of the European Communities.



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

OBRIGADO

Pedro R. R. Rochedo

pedrorochedo@ppe.ufrj.br