



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

## GESTÃO DE RESÍDUOS

Luiz Gustavo S. de Oliveira

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.*



# SUMÁRIO

1. Construção de Cenários de Longo Prazo
  - 1.1 O Que são Cenários?
  - 1.2 Objetivos da Análise de Cenários
  - 1.3 Tipos de Cenários
  - 1.4 Técnicas de Construção de Cenários
  - 1.5 Referências
2. Construção de Cenários para a Gestão de Resíduos no Brasil
  - 2.1 Escolha das trajetórias e construção do discurso
  - 2.2 Projeção dos Resíduos
  - 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento
  - 2.4 Projeção do Consumo Energético
  - 2.5 Projeção das Emissões
  - 2.6 Quantificação dos Cenários
  - 2.7 Exemplos de Cenários de Longo Prazo para Gestão de Resíduos
  - 2.8 Referências

# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.1 O que são cenários?

Peter Schwartz (1991)	A tool for ordering one's perceptions about future environments in which one's decision might be played out ... Scenario planning is about making choices today with an understanding of how they might turn out
Diana Scearce, Katherine Fulton and GBN (2004)	Scenarios are designed to stretch our thinking about the opportunities and threats the future might hold, and to weigh those opportunities and threats carefully when making both short-term and long-term strategic decisions
Pierre Wack (1985b)	Do they lead to action? If scenarios do not push managers to do something other than that indicated by past experience, they are nothing more than interesting speculation
Michel Godet (1987)	The future is an emerging landscape with unknown contours; the constraint is that, despite the unknown horizons, we have to take decisions today that commit us for the future. Even if the information is degraded we have to place our bets now, to create the future rather than submit to it.
Herman Kahn and Anthony Wiener (1967)	Scenarios are attempts to describe in some detail a hypothetical sequence of events that could lead plausibly to the situation envisaged... By the use of a fairly extensive scenario, the analyst may be able to get a feeling for events and the branching points dependent upon critical choices.

Fonte: Hughes, 2009

**Table 1:** Definitions and discussions of scenarios- the link to near term action



# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.1 O que são cenários?

Peter Schwartz (1991)	A tool for ordering one's perceptions about future environments in which one's decision might be played out ... Scenario planning is about making choices today with an understanding of how they might turn out
Diana Scearce, Katherine Fulton and GBN (2004)	Scenarios are designed to stretch our thinking about the opportunities and threats the future might hold, and to weigh those opportunities and threats carefully when making both short-term and long-term strategic

*Scenario thinking is the use of the imagination to consider possible alternative future situations, as they may evolve from the present, with a view to improving immediate and near-term decision making.*

(1987)	constraint is that, despite the unknown horizons, we have to take decisions today that commit us for the future. Even if the information is degraded we have to place our bets now, to create the future rather than submit to it.
Herman Kahn and Anthony Wiener (1967)	Scenarios are attempts to describe in some detail a hypothetical sequence of events that could lead plausibly to the situation envisaged... By the use of a fairly extensive scenario, the analyst may be able to get a feeling for events and the branching points dependent upon critical choices.

Fonte: Hughes, 2009

**Table 1:** Definitions and discussions of scenarios- the link to near term action



# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.2 Objetivos da Análise de Cenários

### □ Objetivos da utilização de cenários

- Avaliar alternativas de situações futuras, desde como elas podem evoluir da condição presente de maneira a melhorar a toma de decisões de acordo com um determinado objetivo (ou linha estratégica).
- Analisar o futuro para avaliação de oportunidades e ameaças.

### □ Usos

- A utilização dos cenários tem sua origem em ações militares, em seguida para planejamento estratégico de organizações. Recentemente, muito utilizado para políticas públicas de desenvolvimento sustentável.
  - *Protective decision making*—To improve robustness to future external events.
  - *Proactive decision making*—To improve the ability to see opportunities to actively shape future events in a beneficial way.
  - *Consensus building*—To improve understanding between multiple actors in identifying a mutually desirable path forward.



# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.3 Tipos de Cenários

Fonte: Bojerson et al, 2006

### □ Premissas gerais e narrativas

Scenario category/type	Quantitative/qualitative	Time-frame	System structure	Focus on internal or external factors
<i>PREDICTIVE—what will happen?</i>				
Forecasts	Typically quantitative, sometimes qualitative	Often short	Typically one	Typically external
What-if	Typically quantitative, sometimes qualitative	Often short	One to several	External and, possibly, internal
<i>EXPLORATIVE—what can happen?</i>				
External	Typically qualitative, quantitatively possible	Often long	Often several	External
Strategic	Qualitative and quantitative	Often long	Often several	Internal under influence of the external
<i>NORMATIVE—how can a certain target be reached?</i>				
Preserving	Typically quantitative	Often long	One	Both external and internal
Transforming	Typically qualitative with quantitative elements	Often very long	Changing, can be several	Not applicable



# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.3 Tipos de Cenários

### Referência

- Cenário no qual as condições atuais são mantidas e extrapoladas para o horizonte de análise.
  - Não quer dizer não evolução das condições iniciais, mas sim que há manutenção das tendências atuais.

### Linha de Base

- Cenário no qual são definidas as condições futuras a partir de premissas.
  - Pode ser igual ao cenário de referência, mas não necessariamente.

### Baixo Carbono

- Cenário alternativo em que o objetivo é analisar quais são as decisões, e seus impactos (principalmente custos e barreiras) de maneira a minimizar as emissões de GEE

### Baixo Carbono com Inovação

- Cenário em que são analisadas determinadas condições não estabelecidas no cenário de referência ou linha de base.
  - Neste cenário são definidas condições outras àquelas estabelecidas na linha de base ou referência para que seja realizada a análise de decisões específicas. Em geral, avaliando questões de difusão tecnológica e transição para desenvolvimento sustentável.



# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.4 Técnicas de Construção de Cenários

□ A utilização de cenários evoluiu utilizando diversas técnicas quantitativas (regressões lineares, modelos de otimização, séries temporais, modelos fuzzy, simulação estocástica, etc) e qualitativas (storytelling, surveys, Delphi, etc)

- Identify the scenario user and the range of other actors. Identify the motivations and agency of the various system actors, and the networks between them.
- Ground the scenarios in the present and demonstrate a plausible link from the present to the future.
- Challenge existing 'world-views' or 'mind-maps'.
- Integrated use of both quantitative and qualitative tools and information.
- Communicate scenarios to potential users by providing a new language with which to understand the future.

# 1. Construção de Cenários de Longo Prazo

## 1.5 Referências

- Bojerson et al, 2006. Scenario types and techniques: Towards a user's guide. Futures 38, 723-39.
- Hughes, 2009. TRANSITION PATHWAYS TO A LOW CARBON ECONOMY - A Historical Overview of Strategic Scenario Planning. Disponível em: < <http://www.lowcarbonpathways.org.uk>>
- Hughes e Strachan, 2010. Methodological review of UK and international low carbon scenarios. Energy Policy 38, p. 6056-65.
- Hughes et al, 2013. The structure of uncertainty in future low carbon pathways. Energy Policy 52, pg. 45-54.
- Hughes, 2013. Towards improving the relevance of scenarios for public policy questions: A proposed methodological framework for policy relevant low carbon scenarios.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.1 Escolha das Trajetórias e Construção do Discurso

#### □ Premissas gerais e narrativas

- Após a caracterização do setor -> Definição de fronteiras e escopos de análise - É preciso definir outras premissas fundamentais para as análises de projeção de longo prazo
- Horizonte de análise -> definir o prazo da análise, 2030, 2035, 2050.
  - Quanto maior o horizonte de análise maior a incerteza nos resultados, devido a maior árvore de decisões (implica nas metodologias e ferramentas de construção do cenário)
- Regionalização -> definir o qual o nível regional da análise, local, municipal, estadual, regional, nacional, internacional.
  - Quanto mais especificado maior a necessidade de dados, com qualidade (também implica em quais metodologias são as mais adequadas).
- Identificação dos dados de interação com outros setores -> levantamento de quais são as informações necessárias de outros setores: PIB, população, renda, produção agropecuária, industrial, etc.
- Definição do quadro legal e regulatório -> estabelecer situação atual e perspectivas futuras de evolução.
- Identificação dos principais atores e instituições -> fundamental para entender a dinâmica futura e estimar premissas como: taxas de retorno, perfil de decisões, resistência a entrada de novas tecnologias, etc.



## 2.2 Projeção de Resíduos

### □ Pode ser realizada por diversos métodos

- Regressão (linear e não linear) -> infere a partir de uma variável independente
  - Vantagem caso haja a projeção da variável independente e esta apresenta forte correlação com a variável dependente.
- Tendência -> reproduz comportamento histórico
  - Vantagem quando há pouca disponibilidade de dados, ou quando não é esperada uma mudança significativa na evolução da variável analisada
- Análise de alvo -> atinge situação pré-estabelecida ou a partir de atividade determinada
  - Vantagem quando há a intenção de testar determinado comportamento, ou quando determinado resultado é esperado.

### □ Resíduos Sólidos Urbanos

- Produção de RSU
  - A decisão depende do nível de regionalização e do horizonte analisado.
  - Projeções por tendência podem subestimar questões de mudanças de hábitos.
  - Na análise por regressão, há necessidade de projeção também da variável independente, que para determinados casos pode não estar disponível.
  - Análises alvo podem sobre ou subestimar determinada condição.



## 2.2 Projeção das Produções de Resíduos

### ☐ Resíduos Sólidos Urbanos

#### ➤ Composição dos RSU

- A decisão depende do nível de regionalização e do horizonte analisado.
- Projeções por tendência podem subestimar questões de mudanças de hábitos e dependem da disponibilidade de dados, que para composição podem ser difíceis de encontrar.
- Análise por regressão há necessidade de projeção também da variável independente, o que para determinados casos pode não estar disponível.
- Análises alvo mesmo podendo sobre ou subestimar determinada condição podem ser a melhor opção quando não há disponibilidade de dados.

### ☐ Efluentes

#### ➤ Carga Orgânica e Conteúdo de Nitrogênio

- A decisão depende do nível de regionalização e do horizonte analisado.
- Projeções por tendência podem subestimar questões de mudanças de hábitos e dependem de disponibilidade de dados.
- Na análise por regressão há dificuldade de determinação e projeção das variáveis de independentes
- Análises alvo mesmo podendo sobre ou subestimar determinada condição podem ser a melhor opção quando não há disponibilidade de dados.

## 2.2 Projeção das Produções de Resíduos

### □ Efluentes

#### ➤ Efluentes Industriais

- A decisão depende do nível de regionalização, horizonte analisado e segmentação industrial.
- Projeções por tendência podem subestimar questões de mudanças de atividade e estrutura industrial de dependem de disponibilidade de dados.
- Na análise por regressão há dificuldade de determinação e projeção das variáveis de independentes
- Análises alvo mesmo podendo sobre ou subestimar determinada condição podem ser a melhor opção quando não há disponibilidade de dados.

### □ Resíduos da Agropecuária

#### ➤ Resíduos Agrícolas

- A decisão depende do nível de regionalização, horizonte analisado e culturas analisadas.
- Projeção destes resíduos podem ser enquadradas dentro das análises alvo, uma vez que é dada pela a produção de determinada cultura e o fator de produção de resíduos ( $t$  de resíduos/  $t$  de produto) e fatores de disponibilidade. Também dependem de informações que fogem ao escopo do setor de gestão de resíduos (como questões de produtividade e agrodinâmica)
- Outras análises não cabem, pois a produção destes resíduos depende totalmente da atividade agrícola.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.2 Projeção das Produções de Resíduos

#### ☐ Resíduos da Agropecuária

##### ➤ Resíduos da Pecuária

- A decisão depende do nível de regionalização, horizonte analisado e culturas analisadas.
- Da mesma maneira que os resíduos da agricultura, estes dependem da atividade da pecuária, ou do rebanho, tendo sua produção expressa também através de fatores de produção de resíduos (t de resíduos/ cabeça)

## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.2 Projeção das Produções de Resíduos

#### □ Abordagem por tipos de cenários

##### ➤ Produção e Composição de RSU

- Linha de Base ou referência -> Como não são esperadas grandes mudanças nesse cenários, os métodos de tendência histórica e regressão são bastantes utilizados. O horizonte temporal é fator importante
- Baixo Carbono -> em geral segue a mesma produção do cenário de linha de base ou referência, sendo testadas alternativas de tratamento. Porém alguns cenários de baixo carbono podem já considerar mudança no perfil.
- Baixo Carbono com Inovação -> podem ser feitos testes de acordo com o objetivo do cenário, incluindo questões de dinâmica tecnológica, por exemplo (análise de alvo e reprodução de trajetória são interessantes, modelos de regressão também podem ser utilizados utilizando variáveis independentes diferentes)

##### ➤ Efluentes

- A dinâmica de produção do efluentes pode ser compreendida da mesma maneira que a produção de RSU
- Vale destacar que alguns cenários de linha de base podem trabalhar com valores constantes para esse setor (principalmente em dados de composição) devido a maior inércia de mudança. Cenários de baixo carbono e alternativos também são mais focados nas opções de tratamentos do que em questões de composição

## 2.2 Projeção das Produções de Resíduos

### □ Abordagem por tipos de cenários

#### ➤ Resíduos das Agropecuária

- Dado que os resíduos da agropecuária são estimados baseados em uma atividade (agrícola ou pecuária) e em fatores de produção de resíduos e de disponibilidade, as principais premissas são em relação a esses últimos fatores.
- Linha de Base ou referência -> Segue a mesma lógica dos resíduos anteriores.
- Baixo Carbono -> em geral segue a mesma produção do cenário de linha de base ou referência, sendo testadas alternativas de tratamento. Porém, alguns cenários de baixo carbono podem já considerar mudança no perfil, nesse caso a mudança seria exógena através dos fatores de produção de resíduos e disponibilidade (depende da análise setorial da agropecuária).
- Alternativo -> podem ser feitos testes de acordo com o objetivo do cenário, principalmente no fator de disponibilidade.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

#### □ Principais Métodos

- Técnicas de Tomadas de Decisão -> Determina a partir de metodologia específica (Multicritério, Analytic Hierachy Process, Fuzzy, Delphi, Árvore de decisões, etc )
  - A grande variedade de possibilidades depende da disponibilidade de dados, expertise, dinâmica setorial, entre outros. Apresentam vantagem de estruturar argumentos e lógica de decisão.
- Modelos de Otimização -> utiliza modelo matemático para definir participação de cada tratamento, maximizando ou minimizando determinada variável (custo, produção de energia, emissões, etc) com restrições definidas.
- Modelos de simulação paramétricos -> determinada a composição da matriz a partir da definição dos parâmetros.
  - Em geral essa definição de parâmetros é realizada de maneira externa
- Tendência -> reproduz comportamento histórico da evolução dos tratamentos
  - Vantagem quando há pouca disponibilidade de dados, ou quando não é esperada uma mudança significativa na evolução da variável analisada

## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### □ Dados, informações, premissas e principais pontos de decisão

- Informações iniciais necessárias
  - Estrutura histórica e atual -> entender a evolução da matriz de tratamento na determinada fronteira de análise
  - Portfólio de projetos em desenvolvimento e investimentos anunciados -> Entender a perspectiva de evolução já definida para os próximos períodos
  - Entender as restrições legais-regulatórias -> verificar condições básicas do desenvolvimento de mercado de cada alternativa
  - Entender capacidades de oferta e atendimento de cada uma das alternativas
  - Mapear evolução dos custos
  - Mapear barreiras e conhecimentos necessários para cada alternativa
- Decisões Importantes
  - Definição da base e perspectiva de curto prazo -> matriz atual e projetos já em desenvolvimento
  - Definições das restrições -> estabelecer as restrições para evolução e escolha de cada alternativa (capacidades máximas, restrições legais, emissões máximas, etc)
  - Definição da evolução de custos (de tecnologias, logísticos e quaisquer outros envolvidos como taxa de tratamento de RSU, remuneração ao produtor de resíduos agropecuário, entre outros)



## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### □ Resíduos Sólidos Urbanos

- Extinção dos “Lixões” -> Quando e quais práticas de tratamento da área
- Política de Aterros -> Limites, regulações.
- Análises de Tecnologias Alternativas
  - Incineração -> permissões e restrições, modelos de negócios, custos.
  - Biodigestão Anaeróbica e Compostagem -> Incentivos, custos, destino do composto, modelos de negócios, usos do biogás, etc
- Taxa de atendimento da coleta
- Entender o papel da coleta seletiva e triagem -> custos, decisões e investimentos necessários, impactos e possibilidades
- Definir premissas para reciclagem -> entender a evolução da reciclagem a partir das premissas anteriores e os modelos adotados (catadores, cooperativas, centro de triagem e transbordo)
- Custo do tratamento dos Resíduos -> evolução e premissas
- Possibilidade de consórcios e arranjos comerciais-regulatórios -> definir a difusão de consórcios intermunicipais e entender modelos como PPP e concessão.
- Condições de financiamento
- Definição de arcabouço regulatório do setor de outros setores -> definir evolução de políticas e regulamentações do setor e de outros setores que afetam a dinâmica de decisões.



## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### □ Efluentes

- Taxa de atendimento da coleta e de tratamento -> tipos de tratamentos e perfil de emissões, definir qual evolução adotar.
- O setor de saneamento apresenta grande inercia e elevado lock-in, assim, o levantamento dos investimentos e projetos em andamento são essenciais.
- Análises de Tecnologias Alternativas
  - Tratamento Anaeróbico -> difusão, número de etapas, tratamento do lodo, custos, etc.
  - Tratamento Químico -> Incentivos, custos, tratamento do lodo, modelos de negócios, degradação ou usos do biogás, etc
- Quadro regulatório e arranjos comerciais -> difusão de novas práticas e investimentos, dinâmica de mercado.
- Condições de financiamento -> principalmente para práticas alternativas.

## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### □ Resíduos da Agropecuária

- Custo de oportunidade dos resíduos -> determinados usos influenciam na decisão por determinado tipo de tratamento
- Mapeamento dos resíduos -> A existência ou não do mapeamento (georreferenciado) dos resíduos tem como consequência maior disponibilidade com qualidade impactando nas formas de decisão das matrizes de tratamento
- Análise de alternativas
  - Coleta de resíduos agrícola -> disponibilidade tecnológica, custos logísticos e de investimento,
  - Biodigestão Anaeróbica, Combustão, Gasificação de resíduos -> estado e disponibilidade da tecnologia, evolução dos custos, usos dos energéticos, modelos de negócios,
- Quadro regulatório e arranjos comerciais -> determinados instrumentos regulatório e arranjos comerciais afetam diretamente a dinâmica do mercado.
- Condições de financiamento
- Estrutura de difusão de conhecimento e incentivo -> dada a natureza mais descentralizada que os outros segmentos esse ponto se torna mais importante

## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### □ Abordagem por tipos de cenários

#### ➤ Resíduos Sólidos Urbanos

- Linha de Base -> Deve compreender a situação atual, investimentos e decisões já tomadas em médio e curto prazo e seguir restrições legais e regulatórias
- Baixo Carbono -> Privilegia tratamentos com menores emissões, podem ser utilizados modelos de otimização minimizando emissões. Devem ser destacadas as restrições de cada tecnologia/medida
- Baixo Carbono com Inovação -> Teste de alguma tecnologia, inclusão de curvas de aprendizado tecnológico, mudanças de taxas de desconto, maior interação Inter setorial, modelos de otimização, etc. depende do objetivo traçado.

## 2.3 Projeção da Matriz de Tratamento

### ☐ Abordagem por tipos de cenários

#### ➤ Efluentes

- Linha de Base -> Representação atual, mapeamento de investimentos realizados, definição do atendimento de metas estabelecidas.
- Baixo Carbono -> Priorizar investimento em tratamentos menos intensivos em carbono, porém dadas as restrições estabelecidas de investimentos.
- Baixo Carbono com Inovação -> Depende do objetivo do cenário, testes de tecnologias, otimização, etc.

#### ➤ Resíduos da Agropecuária

- Linha de Base -> Dada a natureza de maior diversidade de agentes, a linha de base do setor possui maior grau de liberdade
- Baixo Carbono e Alternativo -> ambos os cenários podem ser entendidos como cenários de testes de acordo com os objetivos específicos

## 2.4 Projeção do Consumo Energético

### ☐ Modelos bottom-up

- Modelos que levam em consideração detalhes técnicos dos sistemas de consumo energético.
- Principalmente de otimização e simulação paramétrica
- São muito intensivo em dados técnicos como: consumos específicos, eficiências, tempos de operação, entre outros.
- Alguns exemplos são: LEAP, MAED, MIPE

### ☐ Modelos top-down

- Utilizam informações agregadas para estimar o consumo energético
- Em geral são indicadores econômicos como intensidades energéticas (Energia/Unidade monetária), elasticidades, e atividades setoriais.
- Apresentam a desvantagem da não inclusão da evolução tecnológica.
- São válidos para grupos homogêneos de consumidores de energia em que não é esperada grande mudança tecnológica e menores horizontes temporais
- Alguns exemplos: modelos econométricos, modelos de equilíbrio geral

### ☐ Modelos híbridos

- Modelam o consumo energética com variáveis bottom-up e informações top-down
- Apresentam a vantagem de serem menos intensivos em dados que os modelos bottom-up e considerarem a questão tecnológica, diferente dos modelos top-down
- Exemplo: POLES



## 2.4 Projeção do Consumo Energético

### ☐ Resíduos Sólidos Urbanos

- Como o principal insumo energético é o diesel na coleta e no transporte dos resíduos, algumas variáveis são importantes
  - Composição e tamanho da frota.
  - Consumo específico (l/km).
  - Operação anual (km/ano).
- Caso haja disponibilidade de dados (novamente depende das fronteiras de análise) a abordagem bottom-up é a mais precisa. Contudo, a abordagem híbrida é preferida quando não há disponibilidade total de dados e uma análise mais agregada é realizada. Nesse caso, a composição da frota e tamanho da frota seria definidos através de indicadores top-down e o consumo específico e a operação anual como variáveis bottom-up.

### ☐ Efluentes

- O principal consumo energético do tratamento de efluentes reside no consumo de eletricidade para os sistemas de bombeamento
- Segue a mesma lógica dos setor de RSU, dependendo da disponibilidade de dados (e fronteira de análise) para definição da metodologia.
  - Variáveis bottom-up -> quantidade de bombas, potências, horas de operação, eficiências, etc.
  - Variáveis top-down -> consumo de energia elétrica por m<sup>3</sup> efluente tratado, para uma determinada região ou sistema de tratamento.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.4 Projeção do Consumo Energético

#### ☐ Resíduos da Agropecuária

- O consumo de energia no tratamento dos resíduos da agropecuária é bastante inferior aos demais segmentos, contudo os principais sistemas são:
  - Coleta mecanizada de resíduos agrícolas -> consumo de óleo diesel - variáveis bottom-up (quantidades de máquinas, consumos específicos, horas de operação), indicadores top-down (consumo de óleo diesel por tonelada de resíduo tratado)
  - Sistemas de bombeamento de resíduos da pecuária -> consumo de eletricidade - variáveis bottom-up (quantidades de bombas, horas de operação e potências), indicadores top-down (consumo de eletricidade por tonelada de resíduo tratado)
- Novamente, a definição de qual metodologia adotar depende fronteira de análise e da disponibilidade de dados.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.4 Projeção do Consumo Energético

#### Abordagem por tipo de cenários

- O consumo de energia em geral não é o foco da análise de cenários de emissões no setor de gestão de resíduos
- Considerações intersetoriais podem ser feitas, ou seja, análise de eficiência energética ou substituição de tecnologias junto a outros setores, como energia e transporte. No caso da substituição tecnológica, podem haver questões de interação que implicam na necessidade de definição de alocação de custos e benefícios (Ex.: uso de biogás em frota de coleta).

## 2.5 Projeção das Emissões

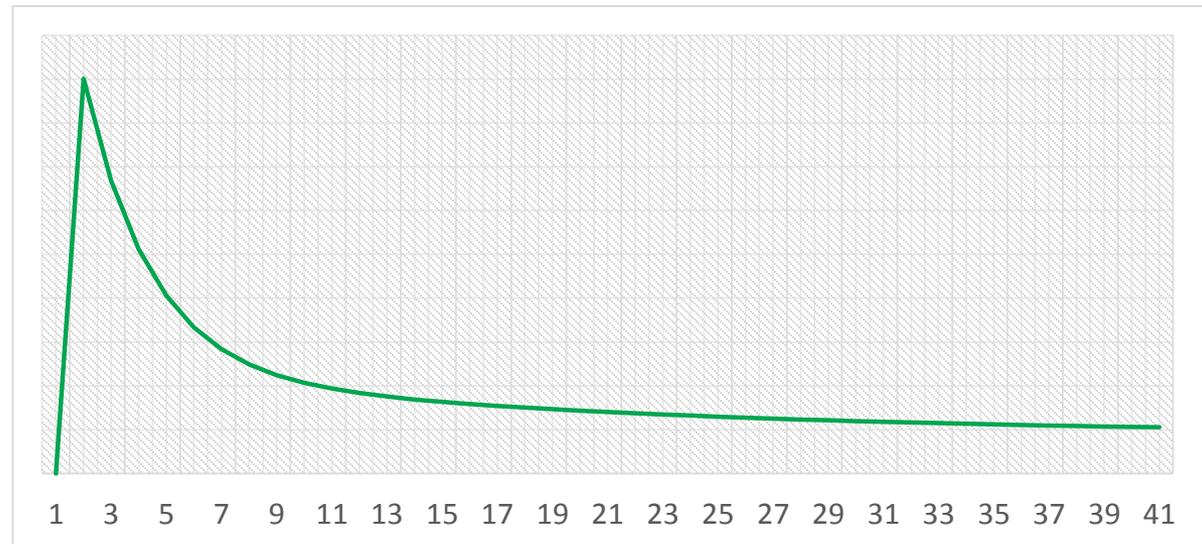
### □ Definição de metodologia de trabalho

- Uma vez que os dados anteriores tenham sido modelados, deve-se:
  - Definir quais emissões serão tratadas -> depende dos dados modelados anteriormente e do objetivo da análise.
  - Definir qual o escopo e metodologia de cálculo para essas emissões -> basicamente seguir os manuais de contabilização de emissões de acordo com a disponibilidade de dados da análise - Guidelines do IPCC e Inventários Nacionais

## 2.5 Projeção das Emissões

### ☐ Resíduos Sólidos Urbanos

- Disposição no solo - emissões de metano
  - Definição da composição do material disposto
  - Definição de ano base -> dado que as emissões de metano da disposição em solo de matéria orgânica tem grande impacto nos 10 primeiros anos, é fundamental que haja dados anteriores ao ano base modelado.
  - Clima -> a decomposição da matéria orgânica ocorre de maneira diferente de acordo com a temperatura e umidade local





## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.5 Projeção das Emissões

#### ☐ Resíduos Sólidos Urbanos

- Disposição no solo
  - Fator de Correção de Metano -> Corrige o valor de produção teórica de acordo com a especificidade do site em que ocorre as emissões, devido a não decomposição anaeróbica de toda matéria orgânica. Os principais casos são: aterros sanitários (1), aterros controlados (0,5 a 1), “lixões” (0,4)
  - Fator de Oxidação -> considera uma determinada oxidação do metano devido a camada de cobertura dos resíduos.
- Incineração - Emissões de metano, óxido nitroso e dióxido de carbono
  - Definição da composição do resíduo incinerado -> principalmente o conteúdo de carbono fóssil
  - Definição da tecnologia e esquema de combustão -> de acordo com o esquema tecnológico (queima aberta, com ou sem recuperação energética, grelha fixa, leito fluidizado, regime contínuo, batelada, etc.) diferentes fatores de emissões são empregados



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.5 Projeção das Emissões

#### ☐ Resíduos Sólidos Urbanos

- Biodigestão - emissões de metano
  - Quantidade de matéria seca e úmida -> fatores diferentes
  - Degradação do biogás -> queima em flare
  - Uso do biogás - Caso haja uso energético do biogás, definir mitigação de emissões (verificar quantidade e interações Inter setoriais)
- Compostagem - emissões de metano e de óxido nitroso
  - Bastante similar a biodigestão, porém sem a produção de biogás



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.5 Projeção das Emissões

#### ☐ Efluentes

- Efluentes domésticos e industriais- emissões de metano e óxido nitroso
  - Matriz de tratamento muito importante (% tratado e não tratado, tipos de tratamento, centralizado, fossas, aeróbico, anaeróbico)
  - Recuperação e degradação do biogás -> quanto do biogás produzido é recuperado e degradado
  - Usos do biogás -> quanto do biogás é recuperado e utilizado energeticamente, quantificar mitigação de emissões e possíveis interações Inter setoriais
  - Definição do fator de correção de metano -> quando não há uma matriz de tratamento muito especificada, ou quando há caso com dados específicos, a definição desse fator pode não ser trivial. Pode haver necessidade de trabalhar com dados médios agregados.

#### ☐ Resíduos da Agropecuária

- Resíduos Agrícolas - emissões de metano e óxido nitroso
  - Definir % queimado e tipo de queima -> principais emissões de resíduos agrícolas dizem respeito a queima não controlada destes resíduos



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.5 Projeção das Emissões

#### ☐ Resíduos da Agropecuária

- Resíduos da Pecuária - emissões de metano e óxido nitroso
  - % dos resíduos com tratamento ou decomposição anaeróbica -> emissões de metano diretamente relacionadas, também muito ligado ao tipos de criação dos rebanhos
  - Emissões dependentes do clima -> condições da decomposição anaeróbica
  - Tipos de rebanho/resíduos -> os fatores e a forma de degradação variam de acordo com cada rebanho
  - % de nitrogênio nos resíduos e tipos de tratamentos
  - Interação com as emissões de nitrogênio de solo.



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.6 Quantificação dos Cenários

#### Quantificar total de emissões de cada cenário de acordo com a fronteira estabelecida

- Quantificar de acordo com o objetivo estabelecido.
- Atentar para casos de interação com outros setores: consumo energético, transporte, agropecuária.

#### Análise de Comparação

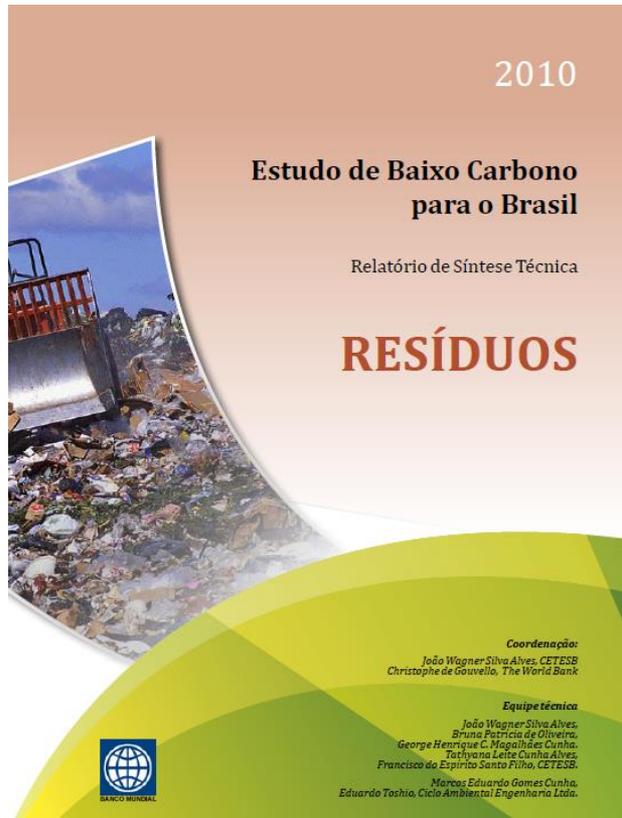
- Verificar emissões abatidas e custo adicional dos diferentes cenários analisado em relação a linha de base ou referência
- Identificação de recursos extras

#### Parâmetros de saída e resultados

- Parâmetros em linha com os objetivos e resultados esperados, em geral são:
- Cálculo dos custos marginais de abatimento
- Identificação das principais decisões
- Identificação das medidas mais impactantes
- Identificação das possíveis barreiras e pontos de atuação

## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

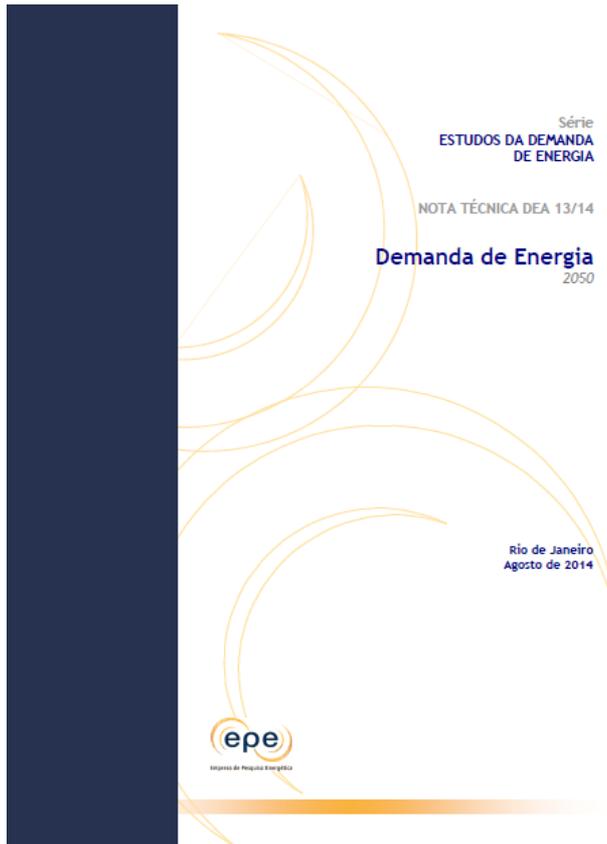
### 2.7 Exemplos de Cenários de Longo Prazo para Gestão de Resíduos



- Análise de cenário de referência e baixo carbono
- Análise de Gestão de RSU e Efluentes
- 2030 como horizonte de análise
- Produção de RSU e efluentes por tendência histórica
- Desagregação Municipal e apresentação agregada
- Baixo Carbono como cenário teste
- Resultados: Custos de abatimento, MACC, Barreiras e Investimento necessários

## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.7 Exemplos de Cenários de Longo Prazo para Gestão de Resíduos



- Análise de cenário para resíduos incluído em cenário energético (como oferta)
- Não trabalha emissões
- Único cenário até 2050 de resíduos (até o projeto “Opções de mitigação de emissões de GEE em setores-chave do Brasil”)
- RSU e Resíduos da agropecuária
- Agregação Nacional
- Resultados: Oferta de biogás e eletricidade



# 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

## 2.7 Exemplos de Cenários de Longo Prazo para Gestão de Resíduos



available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



[www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



### An integrated two-stage optimization model for the development of long-term waste-management strategies

Y.P. Li<sup>a,b,\*</sup>, G.H. Huang<sup>b,c,\*</sup>, Z.F. Yang<sup>a</sup>, S.L. Nie<sup>d</sup>

<sup>a</sup>School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

<sup>b</sup>Environmental Systems Engineering Program, University of Regina, Regina, SK S4S 0A2, Canada

<sup>c</sup>Chinese Research Academy of Environmental Science, North China Electric Power University, Beijing 100012-102206, China

<sup>d</sup>School of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China



Contents lists available at [ScienceDirect](http://ScienceDirect)

### Resources, Conservation and Recycling

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec)



### Environmental evaluation of plastic waste management scenarios

L. Rigamonti<sup>a,\*</sup>, M. Grosso<sup>a</sup>, J. Møller<sup>b</sup>, V. Martinez Sanchez<sup>b</sup>, S. Magnani<sup>a</sup>, T.H. Christensen<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department DICA, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci, 32, Milano, Italy

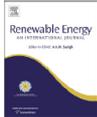
<sup>b</sup> Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark




Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](http://SciVerse ScienceDirect)

### Renewable Energy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/renene](http://www.elsevier.com/locate/renene)



### Integrated waste management as a mean to promote renewable energy

Ola Eriksson<sup>a,b,\*</sup>, Mattias Bisaillon<sup>b</sup>, Märten Haraldsson<sup>b</sup>, Johan Sundberg<sup>b</sup>

<sup>a</sup> University of Gävle, Gävle, Sweden

<sup>b</sup> Profu AB, Mölndal, Sweden



Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](http://SciVerse ScienceDirect)

### Resources, Conservation and Recycling

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec)



### Transitions of municipal solid waste management. Part I: Scenarios of Swiss waste glass-packaging disposal

Grégoire Meylan<sup>\*</sup>, Roman Seidl, Andy Spoerri

Institute for Environmental Decisions, Natural and Social Science Interface, ETH Zurich, 8092 Zurich, Switzerland



## 2. Construção de Cenários para gestão de resíduos no Brasil

### 2.8 Referências

- Alves et al, 2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil – Resíduos. Banco mundial.
- EPE, 2014. Demanda de Energia 2050. Disponível em: < [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br) >
- Eriksson et al, 2014. Integrated waste management as a mean to promote renewable energy. Renewable Energy 61, pg. 38-42.
- Li et al, 2009. Na integrted two-stage optimization model for the development of long-term waste management stratgies. Science of Total Environment 392, pg. 175-186.
- Meylan, et al 2013. Transitions of Municipal Solid Waste Management. Part I: Scenarios os Swiss glass-packing disposal. Resource Conservation and Recycling 74, pg. 8-19.
- Rigamonti et al, 2014. Environmental evaluation ofplastic waste management scenarios. Conservation and Recycling 85, pg. 42-53.



*OBRIGADO  
LUIZ GUSTAVO S. DE OLIVEIRA  
lugu.siloli@gmail.com*