



PHA 3203

Engenharia Civil e  
Meio Ambiente

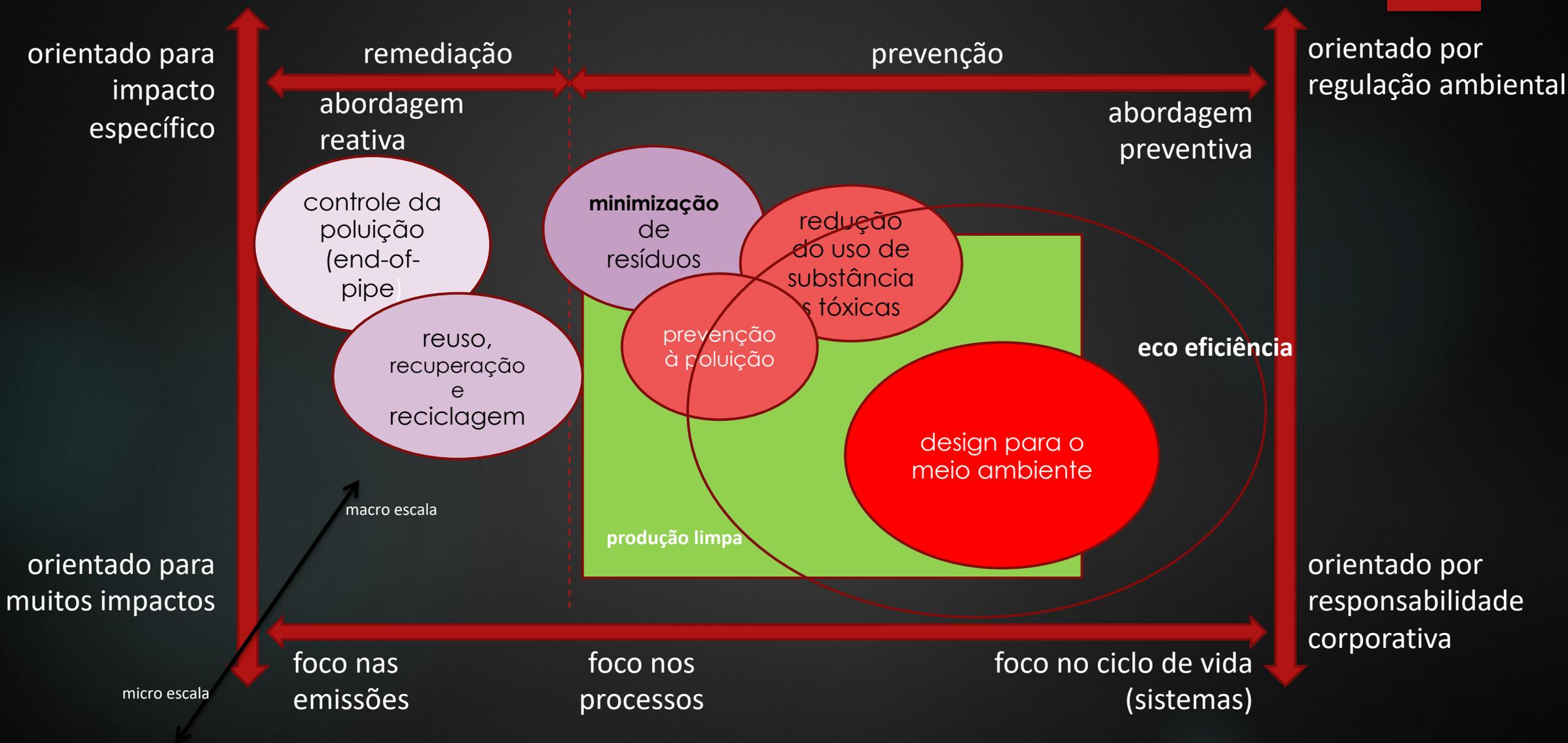
AULA

GESTÃO AMBIENTAL

# Instrumentos de Planejamento e Gestão Ambiental

Fase do empreendimento	Instrumentos de planejamento e gestão	Relação com o governo	Relação com a sociedade/partes interessadas
Planejamento e projeto	Avaliação de impacto ambiental Análise de risco Investigação e avaliação do passivo ambiental Análise de ciclo de vida	Licença prévia Outras licenças exigíveis (i.e. remoção de vegetação, uso de água, alvará municipal, etc.)	Audiência pública Reuniões públicas Programas de comunicação
Implantação/construção	Monitoramento ambiental Programas de gestão ambiental Sistema de gestão ambiental Auditoria ambiental	Licença de instalação Relatórios de monitoramento Relatórios de andamento Vistorias e fiscalização	Comitês de acompanhamento Relatórios de atividades Programas de comunicação
Operação/funcionamento	Monitoramento ambiental Programas de gestão ambiental Sistema de gestão ambiental Auditoria ambiental Avaliação de desempenho ambiental Contabilidade ambiental e provisão financeira	Licença de operação Normas e padrões ambientais Relatórios de monitoramento e de desempenho	Comitês de acompanhamento Relatório de desempenho ambiental Balanço social Relatório de sustentabilidade
Desativação/fechamento	Investigação e avaliação do passivo ambiental Plano de fechamento ou de desativação + avaliação de impacto ambiental <sup>29</sup> Plano de recuperação de áreas degradadas ou plano de remediação de solos contaminados <sup>30</sup> Monitoramento ambiental <sup>31</sup> Auditoria ambiental	Normas e padrões ambientais Valores de referência (solos e águas subterrâneas) Futura autorização de fechamento	Relatório de desempenho ambiental Audiência pública Reuniões públicas

# Conceitos em gestão ambiental



Fonte: adaptado de Van Berkel, R., E. Willems and M. Lafleur (1997)



# Gestão Ambiental na Engenharia Civil



# Gestão Ambiental na Engenharia Civil:

Caso 1 – aproveitamento de resíduos da  
construção civil





# Exemplo de valorização de resíduos sólidos urbanos (entulho de demolição)

- ▶ **Do total de 20 mil tons/dia – 4,3 tons/dia entulho (fonte: Plano municipal de gestão de resíduos sólidos)**
- ▶ **Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália (Paschoalini Filho et al. 2013)**

Exemplo do Resíduo de Construção & Demolição  
(RCD)

# Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália

## 2011/2012:

- ▶ Resíduos britados in loco em unidade móvel de britagem com capacidade de 400 m<sup>3</sup>/hora;
- ▶ Utilização como base de pavimento;
- ▶ Agregado para argamassa e concreto não-estrutural;
- ▶ Aterro;
- ▶ Obras de drenagem superficial e profunda.

# Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália (Paschoalini Filho et al. 2013)

▶ 75.200 m<sup>3</sup> de resíduo, só 28% foram descartados

resíduo	Volume total (m3)	Volume reutilizado na obra	% de volume reutilizado	Volume descartado	% volume descartado
papel	210	0	0	210	100
madeira	130	0	0	130	100
metal	478	0	0	478	100
solo	70.880	51.415,4	72,6	19.464,6	27,4*
Cimentícios (argamassa e concreto)	3.495	2.920,8	83,6	574,2	16,4*

○ \*Foram reutilizados em outras obras localizadas na proximidade

Fonte: Paschoalini Filho et al. (2013)

# Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália

## ► Economia gerada pelo reaproveitamento de solo

resíduo	Massa total gerada (ton)	Massa de resíduo reutilizado (ton)	Massa de resíduo descartado (ton)	Redução de custo com destinação final	Economia devido ao reuso (R\$/ton)
solo	85.056,0	61.698,5	23.357,5	27%	55,0

# Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália

- ▶ Redução de custo da caçamba pela segregação de material cimentícios

resíduo	Volume total de material descartado (m3)	Quantidade de caçambas de material descartado	Economia com segregação de material em caçamba (R\$/m3)
cimentícios	574,2	115	44,00

# Manejo de resíduos de demolição gerados durante obras da arena de futebol Palestra Itália

## ► Redução de custo com reciclagem e reutilização em obra

resíduo	Volume total de material reutilizado (m3)	Quantidade de caçambas de material descartado	Economia com reciclagem e reutilização em obra(R\$/m3)
cimentícios	2920,8	584	55,00



Quais impactos ambientais foram  
reduzidos com a gestão ambiental  
nesse caso?

# ABORDAGEM CONVENCIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL - FIM DE TUBO

- \* Resíduo é gerado!
- \* Como tratar e dispor?

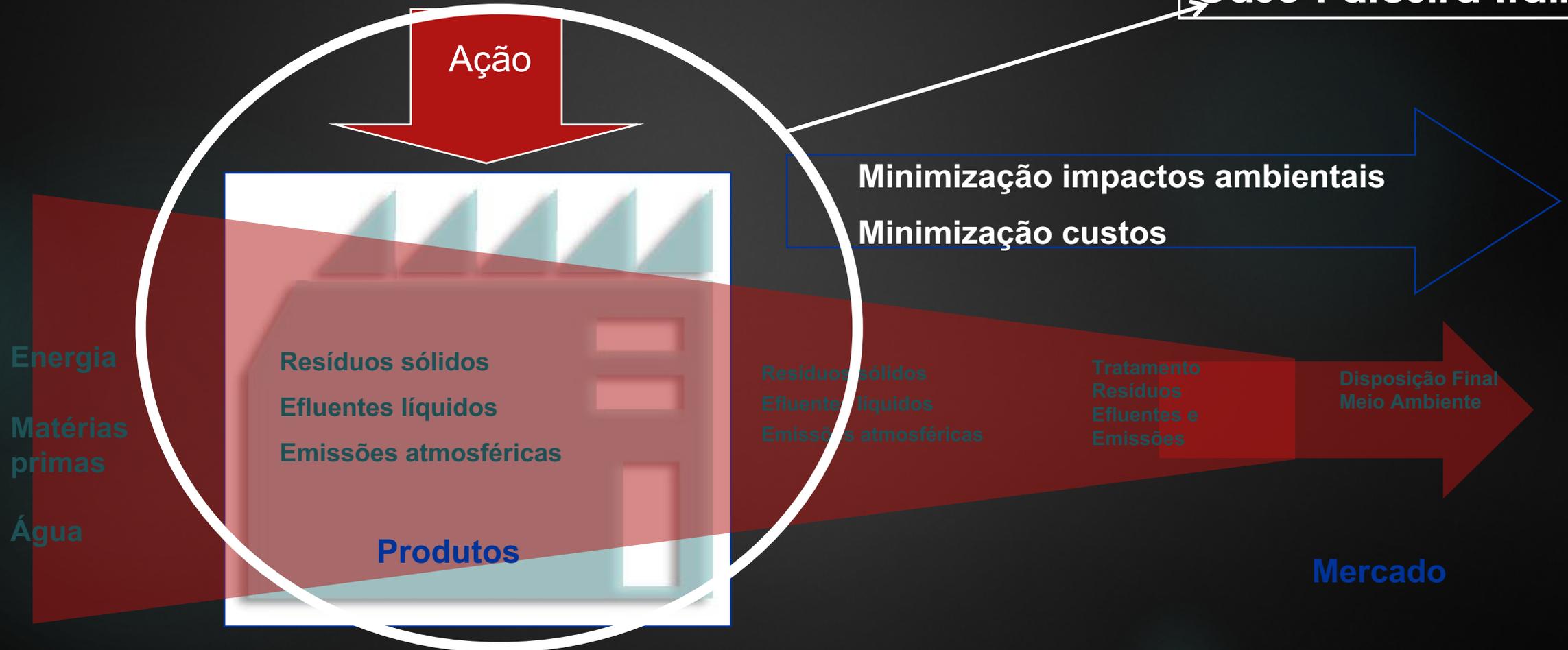


# ABORDAGEM PRODUÇÃO MAIS LIMPA

\* Resíduo é gerado!

\* Porque? Onde? Como? Quanto? e Quando?

Caso Palestra Itália



# DIFERENÇAS DE ABORDAGEM

## ABORDAGEM CONVENCIONAL: FIM DE TUBO

- ➔ RESÍDUO É GERADO!
- ➔ ONDE DEVO DISPOR O RESÍDUO?

## ABORDAGEM DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA:

- ➔ RESÍDUO É GERADO!
- ➔ COMO O RESÍDUO É GERADO?
- ➔ ESSE RESÍDUO PODE SER UTILIZADO?
- ➔ COMO REDUZIR O RESÍDUO A DISPOR?



O que eu faço com o meu resíduo?



Lógica em gestão ambiental

# Resíduos da construção civil

- ▶ Resíduos de construção e demolição (RCD)
  - ▶ Geração depende do gerenciamento e eficiência das obras civis
  - ▶ 41 a 70% da massa dos RSU em cidades de médio e grande porte (John e Agopyan, 2001)
  - ▶ 510 kg/hab.ano no Brasil (John e Agopyan, 2001)
  - ▶ Podem ser reciclados, com uso atualmente preponderante na produção de pavimentação

## Leitura complementar:

“Reciclagem de resíduos da construção”  
(John e Agopyan, 2001)

[http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais\\_tecnicos/2010/reciclagem\\_residuos/CETESB.pdf](http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf)

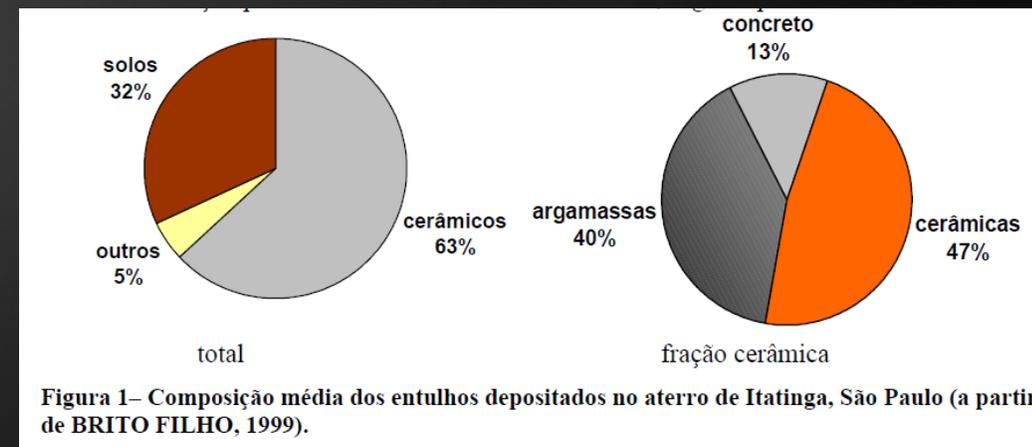


Figura 1– Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

# Caso 2 - Exemplo de valorização de resíduos sólidos industriais

- ▶ **Resíduos como material geotécnico (Valorização de Resíduo da Reciclagem do Papel como material geotécnico)**
- ▶ **fonte: Sergio Angulo e Claudia E. Teixeira (2012)**

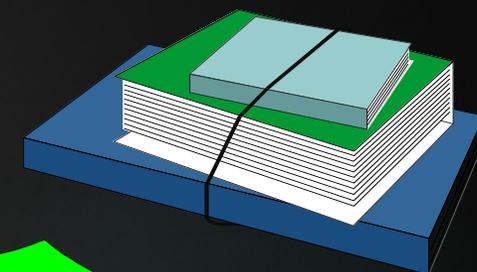
# Geração do Resíduo da Reciclagem do Papel



Papel Velho



Emulsão  
Depuração  
Remoção de tinta  
Lavagem



Papel Novo



Resíduo de papel

# Objetivos

- Possibilitar a valorização do resíduo de reciclagem de papel como material geotécnico (substituto de materiais tradicionais de impermeabilização – argilas e mantas).
- Avaliar suas propriedades hidráulicas e mecânicas, com definição de procedimentos de aplicação.
- Avaliar o seu comportamento ambiental – degradação.

# A valorização de RRP como material geotécnico

- Cobertura final de aterros sanitários – barreiras passivas de oxidação do metano

# APLICAÇÃO DO RESÍDUO COMO COBERTURA EM ATERRO SANITÁRIO

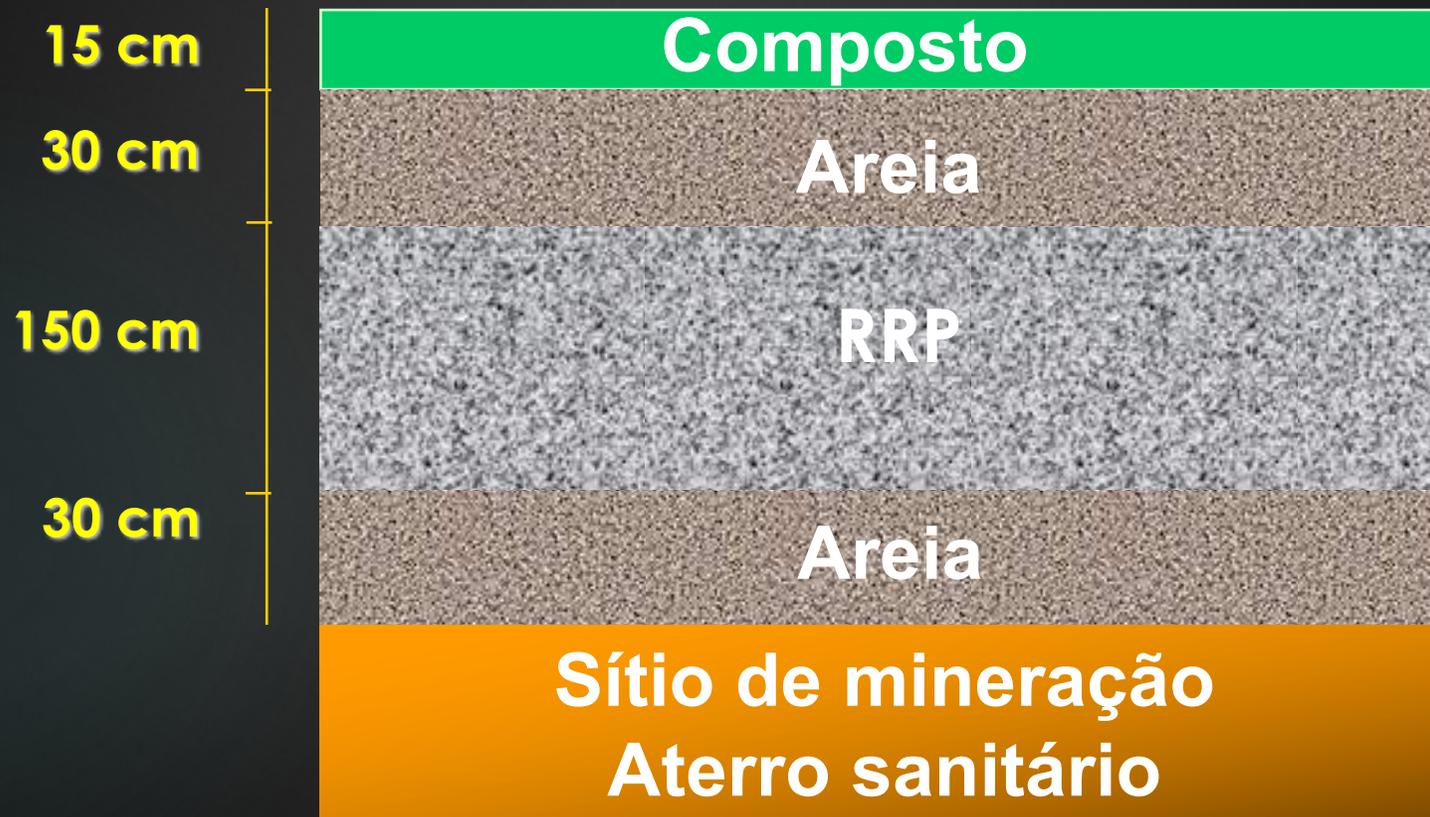


# Parâmetros Geotécnicos



- Condutividade hidráulica ( $1 \times 10^{-6}$  to  $1 \times 10^{-7}$  cm/s)
- Compressibilidade
- Características de compactação
- Sucção

# Perfil típico de uma barreira de Resíduo de P



# programa de valorização de resíduos

1. Avaliação da viabilidade técnica e econômica

2. Avaliação da viabilidade ambiental do resíduo e/ou do produto

- ▶ Caracterização do resíduo e do produto (antes e depois da aplicação).
- ▶ Estudar diferentes variáveis ambientais em laboratório e escala piloto.

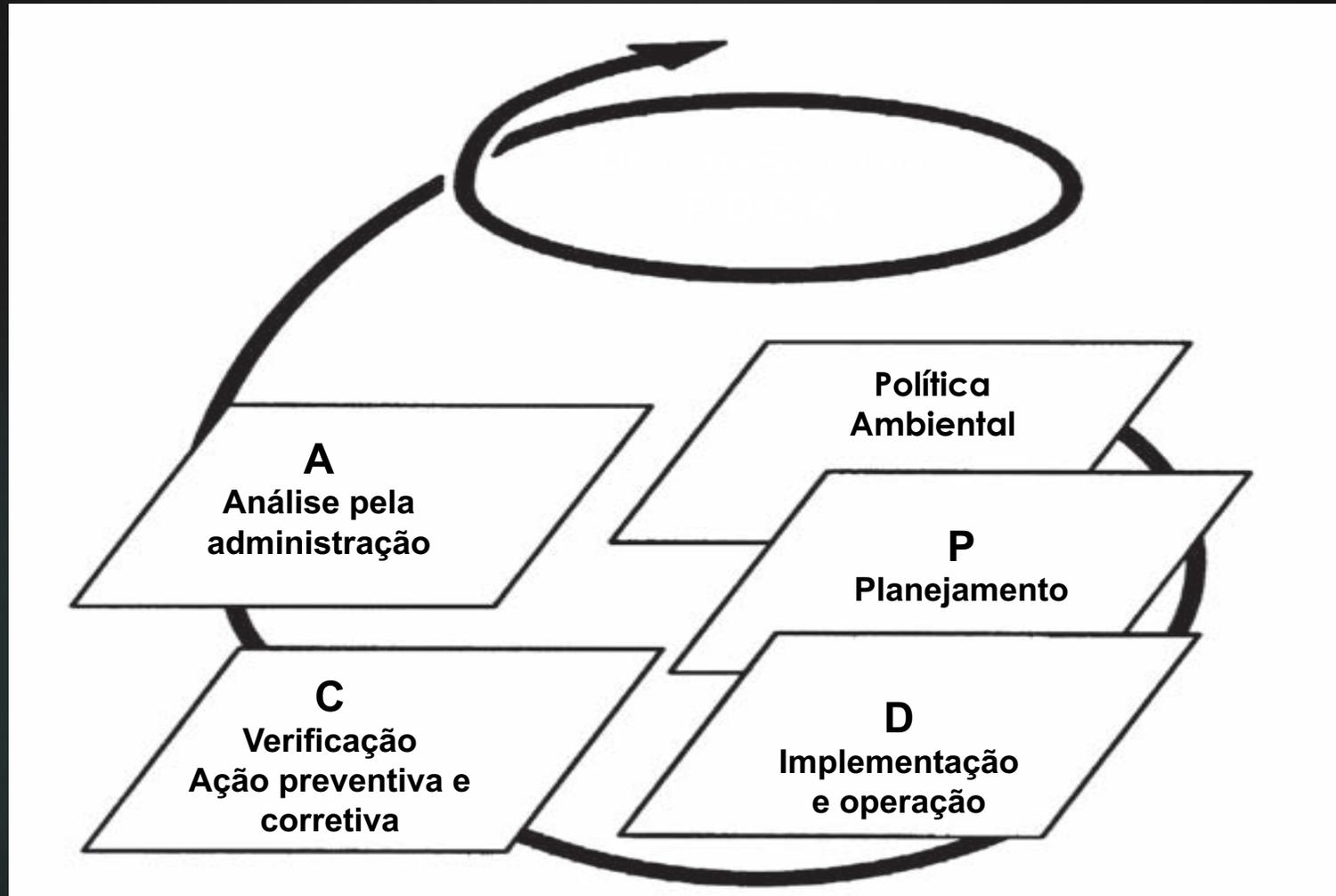
3. Transferência de tecnologia e avaliação global

# SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

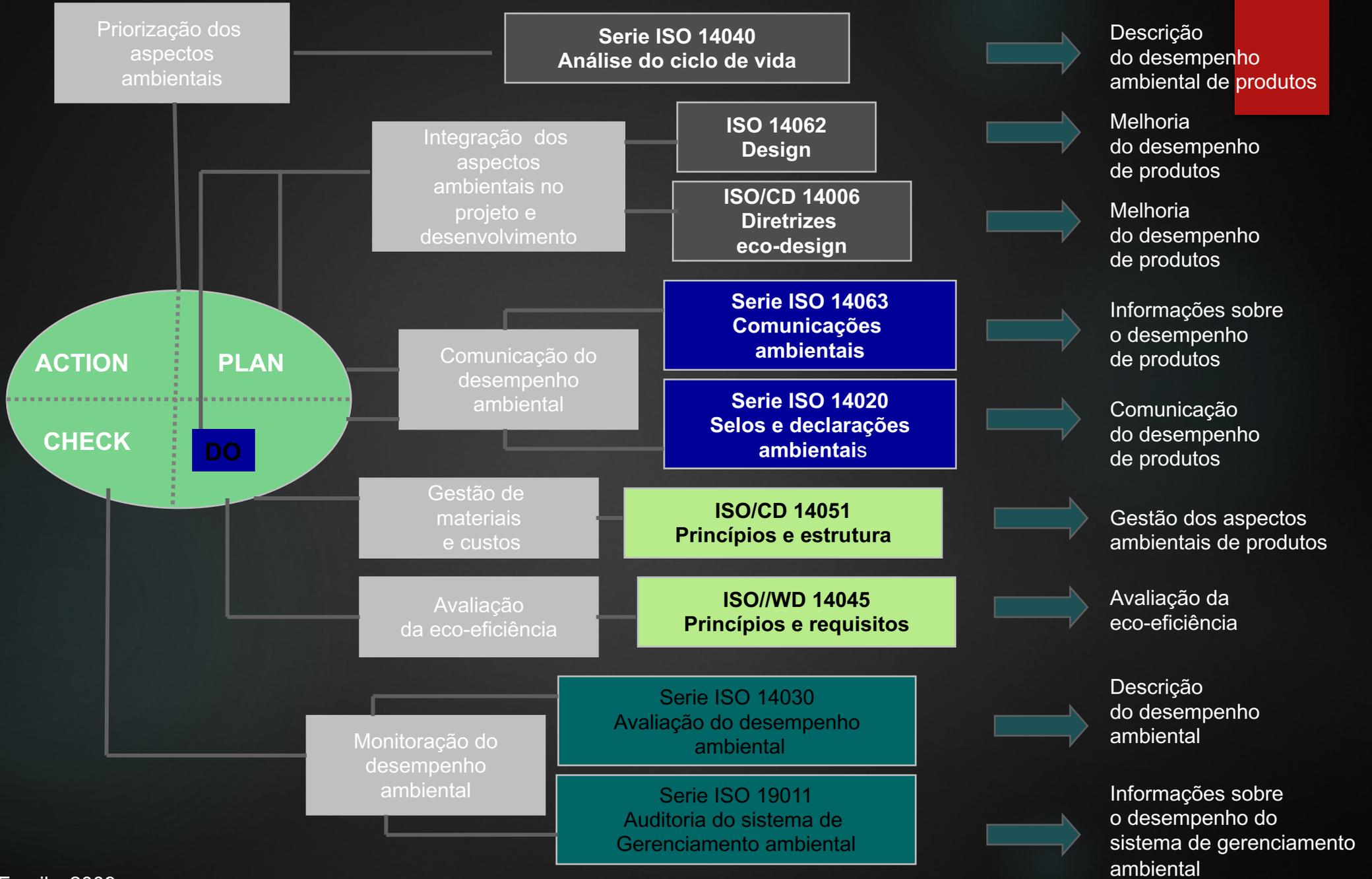
## Marcos regulatórios do sistema de gestão ambiental

- Inglaterra, 1994: BS-7750
- Série ISO 14.000:1994

# Modelo de Gestão Ambiental pelas normas ISO 14.001 e 14.004



**ISO 14001 e ISO 14004**  
Sistema de gerenciamento ambiental



# Série de Normas de Gestão Ambiental

## Família ISO 14000 de Normas



ISO 14.001; ISO 14. 031; ISO 19.011  
Várias outras.....

ISO 14.040; ISO 14. 062; ISO 14.006  
Várias outras.....



Caso 3 - Sistema de gestão  
ambiental certificado para o setor  
da construção civil

Certificação Leed



# GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL

CONSTRUINDO UM  
FUTURO SUSTENTÁVEL

- É uma **ONG**, membro da **World Green Building Council**, que opera no Brasil desde Junho de 2007.
- Representante no Brasil o sistema LEED, ferramenta de avaliação de edifícios verdes





## **LEADERSHIP** in **ENERGY** and **ENVIRONMENTAL** **DESIGN**

Sistema desenvolvido  
para orientação e  
certificação de  
construções  
sustentáveis

Dimensões avaliadas:

1. Localização
2. Uso Racional da Água
3. Eficiência Energética
4. Qualidade Ambiental Interna
5. Materiais e Recursos
6. Inovação & Processo
7. Créditos Regionais

Fonte: Maria Carolina Fujihara - GBC Brasil



# Sistema LEED NC 2009

CATEGORIA	PRÉ REQUISITOS	PONTOS POSSÍVEIS
SUSTENTABILIDADE DO ESPAÇO	1	26
RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA	1	10
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	3	35
QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA	2	15
MATERIAIS E RECURSOS	1	14
INOVAÇÃO E PROCESSOS DE PROJETO	0	6
CREDITOS REGIONAIS	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>110</b>



Certified – Certificado  
(40 – 49 pontos)



Silver – Prata  
(50 – 59 pontos)



Gold – Ouro  
(60 – 79 pontos)



Platinum – Platina  
(80 – 110 pontos)



# ESTÁDIOS DA COPA 2014 (12)



**Estádio Castelão – Fortaleza/CE**  
LEED NC v.3 – Maio/11



**Estádio Maracanã – Rio/RJ**  
LEED NC v.3 – Fev/11



**Estádio da Copa - Recife /PE**  
LEED NC v.3 - Mar/11



**Estádio CAP – Curitiba/PR**  
LEED NC v.3 – Dez/11



**Arena Grêmio –Porto Alegre/RS**  
LEED NC v.3 - Jan/11



**Estádio Palmeiras – SP**  
LEED NC v.3 - Out/10

# Ecoeficiência

- ▶ O que é?

# Ecoeficiência

Definido pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 1992):

- ▶ **“Ecoeficiência é obtida pela produção de produtos e serviços competitivos; de modo a satisfazer as necessidades humanas com aumento da qualidade de vida; enquanto se reduz os impactos ambientais adversos e o uso dos recursos naturais durante todo o ciclo de vida do produto, em consonância com a capacidade da terra”.**

# Sete dimensões da ecoeficiência

- ▶ 1- Reduzir a intensidade do uso de materiais em produtos e serviços;
- ▶ 2- Reduzir a intensidade do uso de energia em produtos e serviços;
- ▶ 3- Reduzir a dispersão de produtos tóxicos;
- ▶ 4- Permitir/estimular a reciclabilidade dos produtos;
- ▶ 5- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis;
- ▶ 6- Estender a durabilidade dos produtos;
- ▶ 7- Aumentar a intensidade dos serviços

# Impactos socioambientais na indústria civil

▶ Quais????

# Impactos socioambientais na indústria civil



Dimensão da ecoeficiência: 1 - Reduzir a intensidade do uso de materiais em produtos e serviços;

# Impactos socioambientais na indústria civil



Dimensão da ecoeficiência: 2- Reduzir a intensidade do uso de energia em produtos e serviços

# Impactos socioambientais na indústria civil



<http://www.engenhariacompartilhada.com.br/Noticia.aspx?id=340843>

**Dimensão da ecoeficiência: 3- Reduzir a dispersão de produtos tóxicos**

# Impactos socioambientais na indústria civil



Dimensão da ecoeficiência: 4- Permitir/estimular a reciclabilidade dos produtos;

# Impactos socioambientais na indústria civil



Dimensão da ecoeficiência: 5- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis

# Impactos socioambientais na indústria civil



Principais tipos de plásticos usados nos produtos e sistemas construtivos

<http://cobec.com.br/principais-tipos-de-plasticos-usados-nos-produtos-e-sistemas-construtivos/>



<http://cobec.com.br/principais-tipos-de-plasticos-usados-nos-produtos-e-sistemas-construtivos/>

**Dimensão da ecoeficiência: 6- Estender a durabilidade dos produtos;**

# Impactos socioambientais na indústria civil



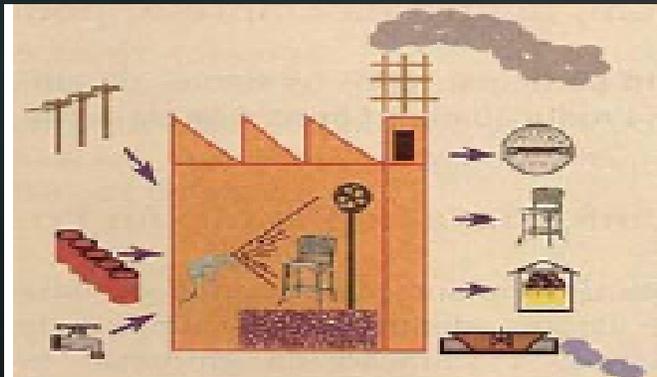
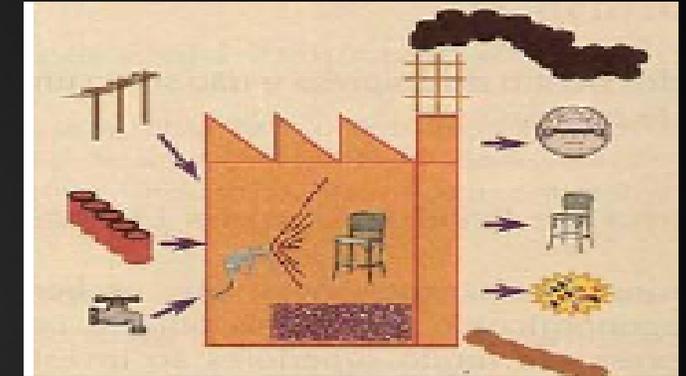
<http://www.g37.com.br/index.asp?c=padrao&modulo=conteudo&url=037212&ss=5>

Dimensão da ecoeficiência: 7- Aumentar a intensidade dos serviços

# Evolução do pensamento em gestão ambiental

## ▶ Décadas de 1950 e 1960

- ▶ Início do desenvolvimento de padrões de qualidade e de emissão;
- ▶ Diluição de resíduos e emissões nas água e no ar;
- ▶ Inexistência quase total de responsabilidade empresarial com seu impacto ambiental.



## ▶ Década de 1970 e 1980

- ▶ Sistema de licenciamento e impacto ambiental;
- ▶ Atitude reativa: cumprimento de normas ambientais;
- ▶ Surge o conceito de impacto ambiental, porém as empresas ainda buscavam mitigar e compensar impactos – tratamentos de fim de tubo;
- ▶ Responsabilidade empresarial isolada;

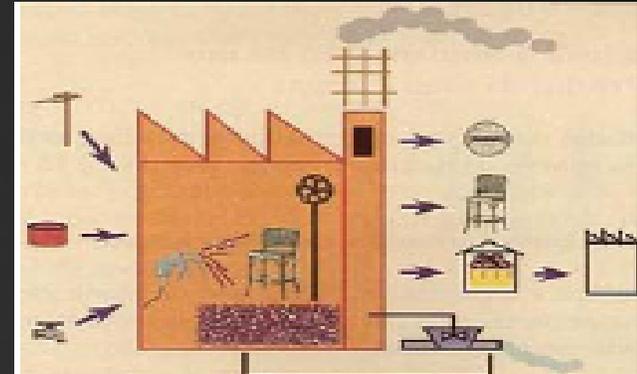
# Evolução do pensamento em gestão ambiental

## ▶ Década de 1990

- ▶ Atitude pró ativa: além do cumprimento de normas;

- ▶ Controle ambiental deixa de ser o fim dos processos, que passam a ser considerados produtos com valor econômico negativo.

- ▶ Novas abordagens: ecodesign, P+L, prevenção à poluição, tecnologias limpas.



# Evolução do pensamento em gestão ambiental

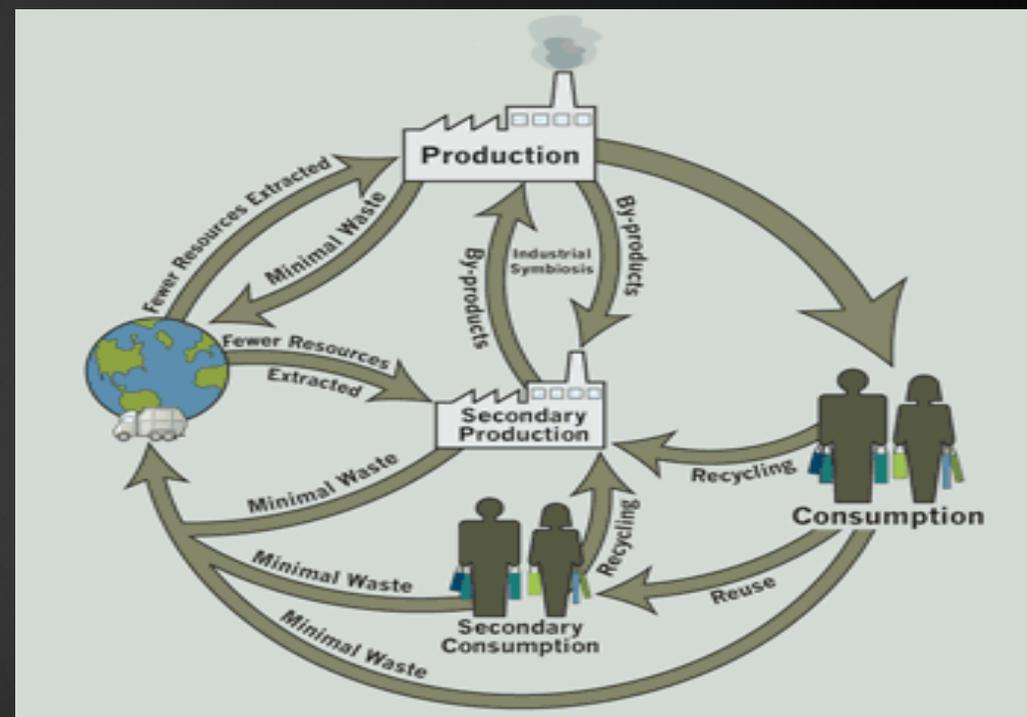
## ▶ A partir de 2000

- ▶ Gestão do ciclo de vida.
- ▶ Ciclo de vida X gestão compartilhada
- ▶ Políticas públicas

## Ciclo de Vida

Série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final .

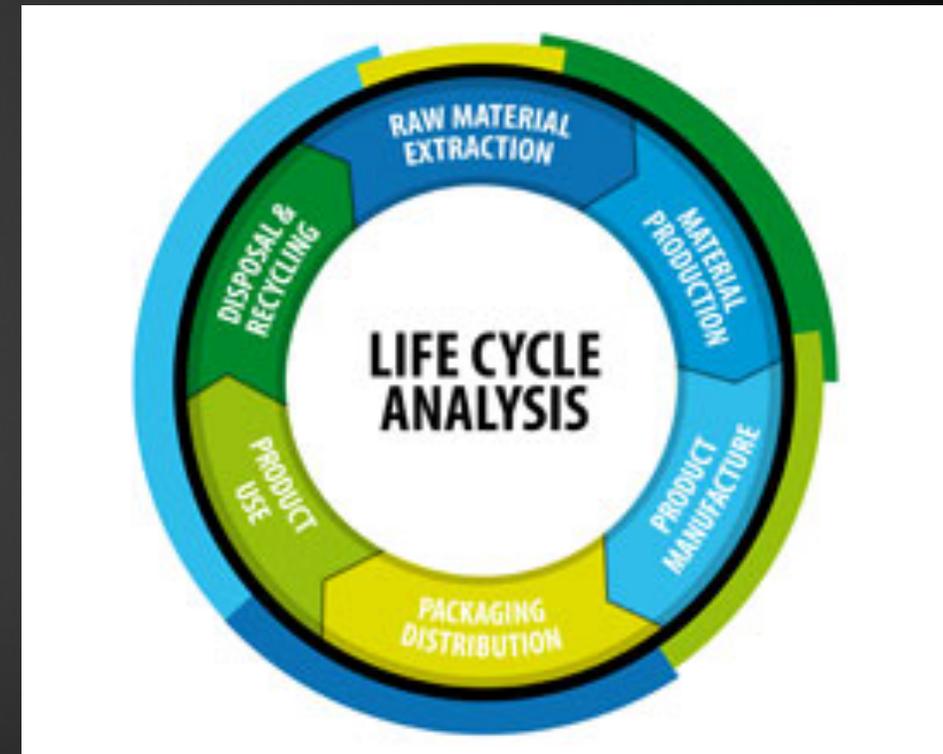
Fonte: Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010.



Fonte: ISIE, 2011

# Análise de Ciclo de Vida

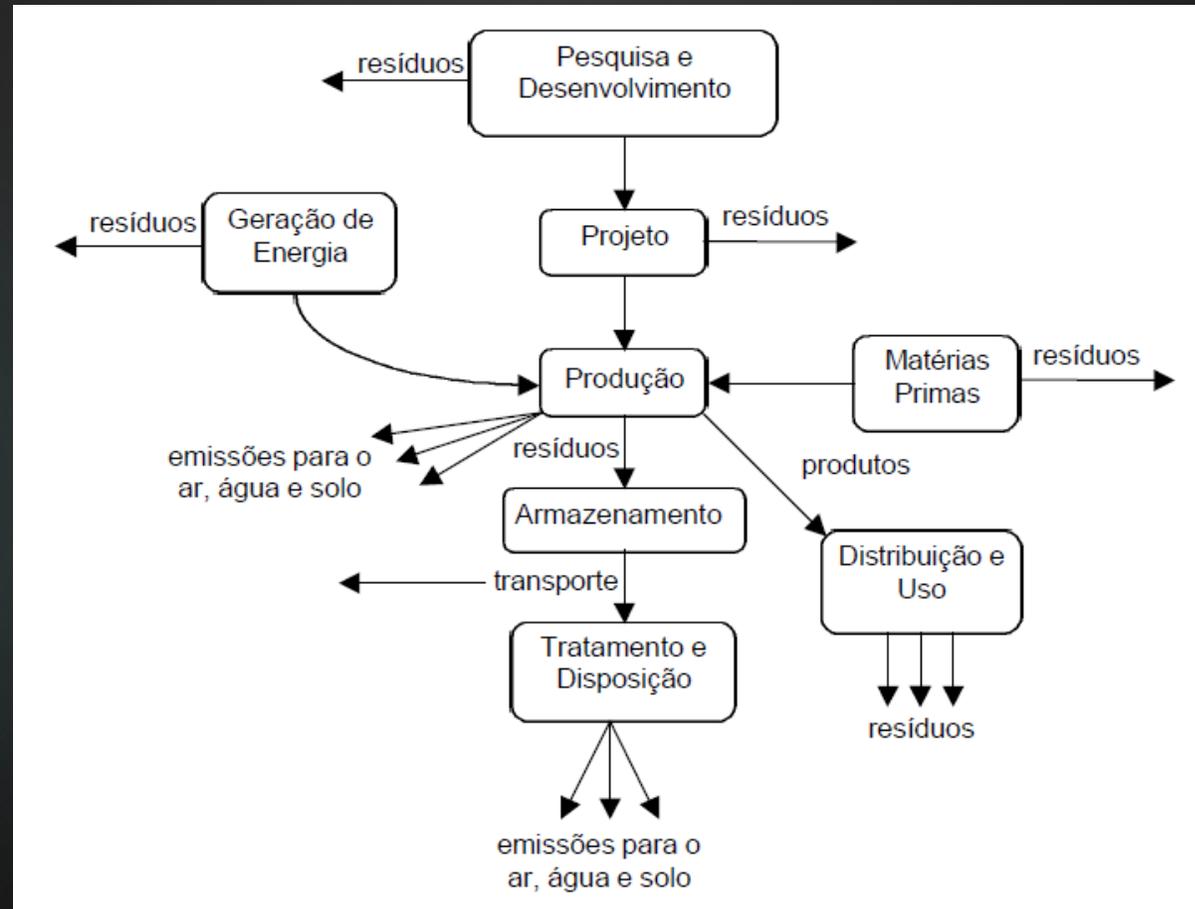
- ▶ A preocupação atual em relação aos resíduos industriais se estende ao longo de **todo o ciclo de vida de um produto**, desde a extração das matérias-primas, passando pela produção de energia que sustenta o processo, a produção, o transporte, a distribuição, a utilização e a manutenção do produto, até que este, **após o término de sua vida útil**, transforme-se em **resíduo**, que precisa ser tratado e/ou disposto de maneira adequada.



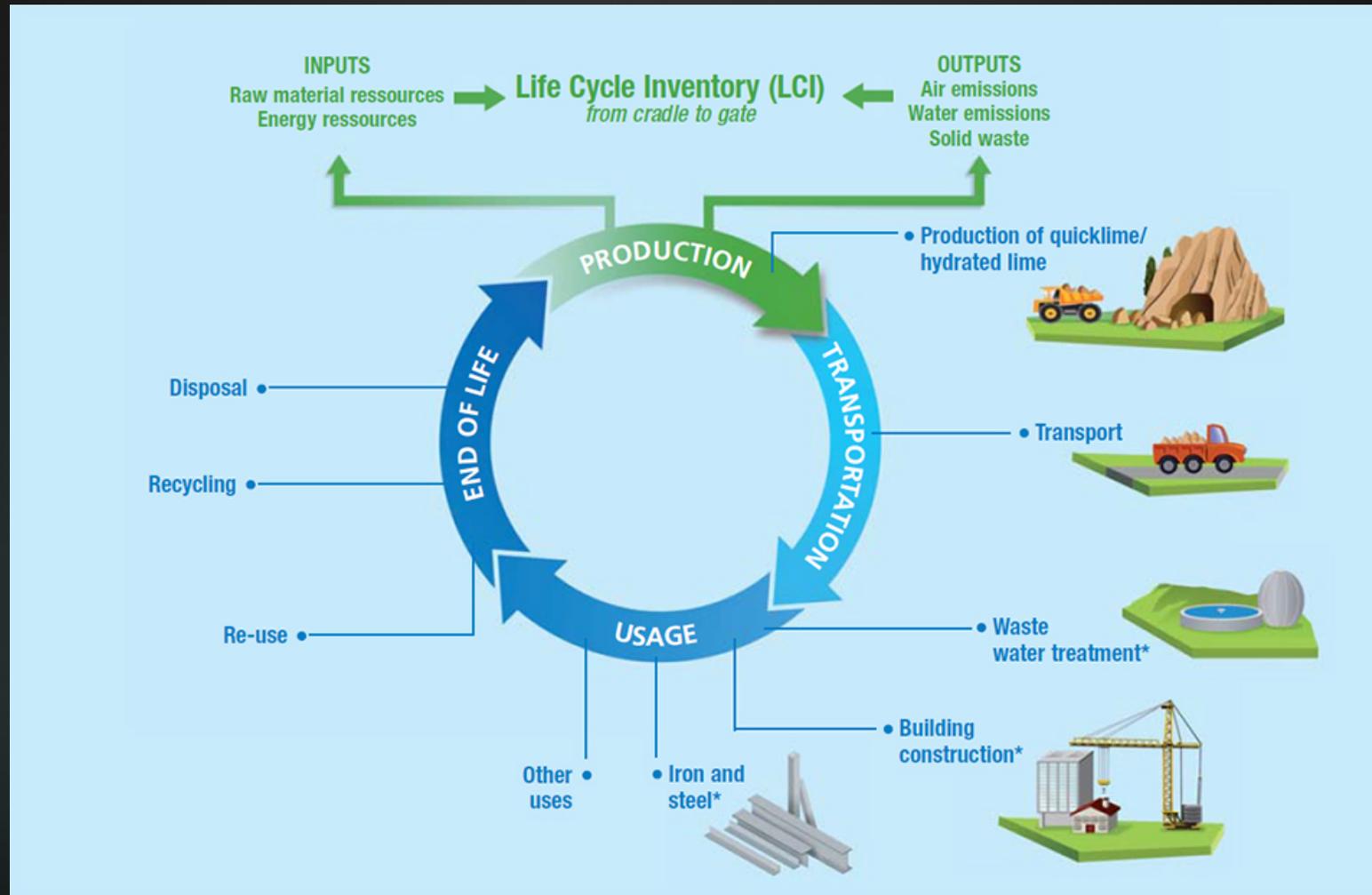
<http://www.nibe.org/assets/images/content/user/images/LifeCycleAssessment.jpg>

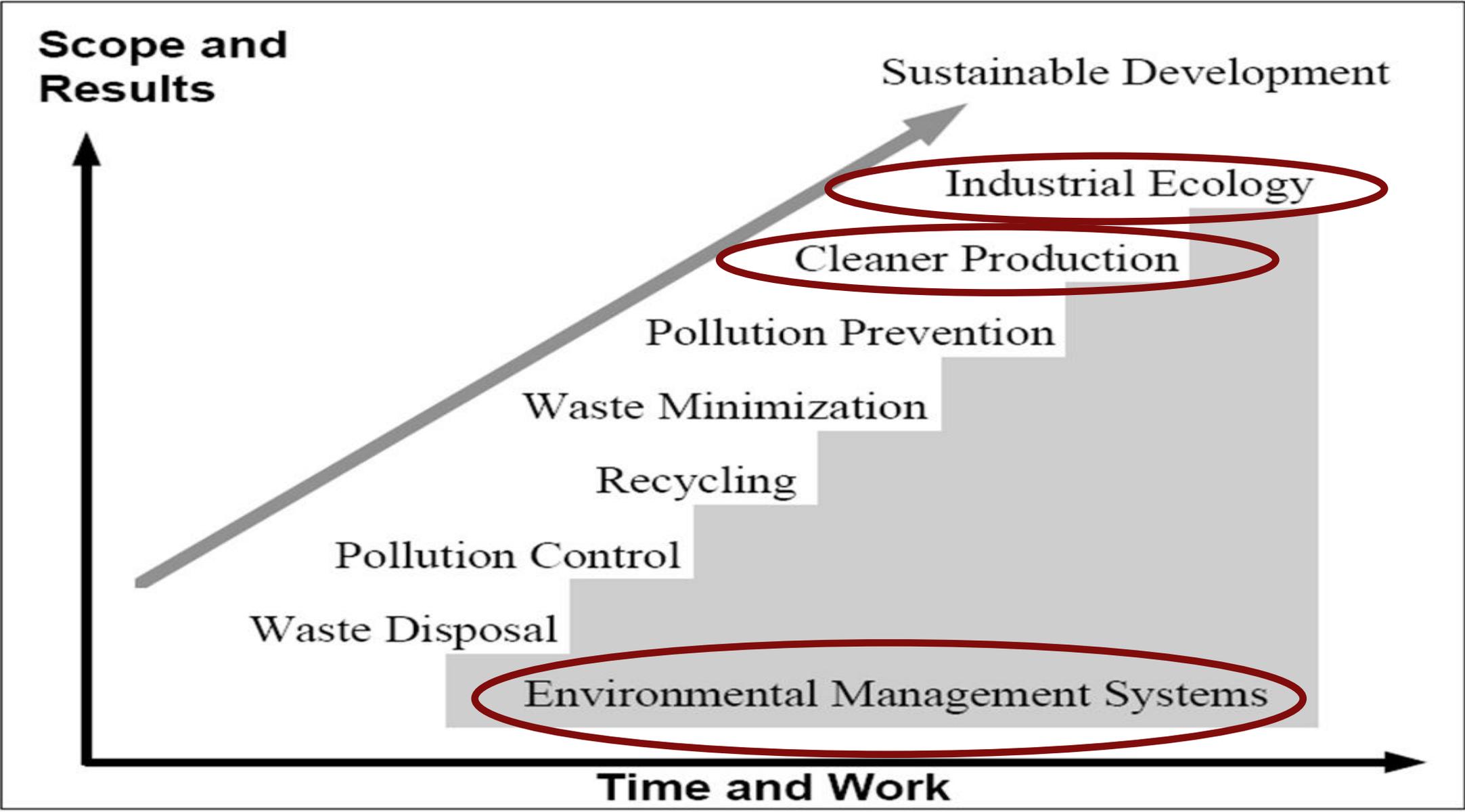
# Análise de Ciclo de Vida

- ▶ Geração de resíduos no ciclo de vida de um produto



# Análise de Ciclo de Vida





What is the Relationship Among Cleaner Production, Pollution Prevention, Waste Minimization and ISO 14000? W. Burton Hamner

**Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia preventiva, econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, com a finalidade de aumentar a eficiência no uso das matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.**

# Produção mais Limpa

- ▶ Para **processos produtivos**, a P+L resulta em medidas de:
  - ▶ Conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de substâncias tóxicas e matérias-primas perigosas; redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte geradora durante o processo produtivo, de modo isolado ou combinadas.
- ▶ Para **produtos**, a P+L visa:
  - ▶ Reduzir os impactos ambientais e de saúde, além da segurança dos produtos em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas, manufatura e uso até a disposição final do produto.
- ▶ Para **serviços**, a P+L implica em:
  - ▶ Incorporar a preocupação ambiental no projeto e na realização dos serviços

# Ecologia Industrial



- ▶ Objeto de estudo é a interação entre sistema industrial e ecológico, e conseqüentemente seus efeitos ambientais.
- ▶ Ponto crítico da Ecologia Industrial: necessidade de cooperação entre empresas, pela troca de material, energia e, principalmente, informação.

Políticas públicas.

# Ecologia Industrial

Métodos e ferramentas:

- ▶ Produção mais limpa (P+L)
- ▶ Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)
- ▶ Ecodesign
- ▶ Reciclagem
- ▶ Reuso
- ▶ Remanufatura
- ▶ Logística reversa, etc

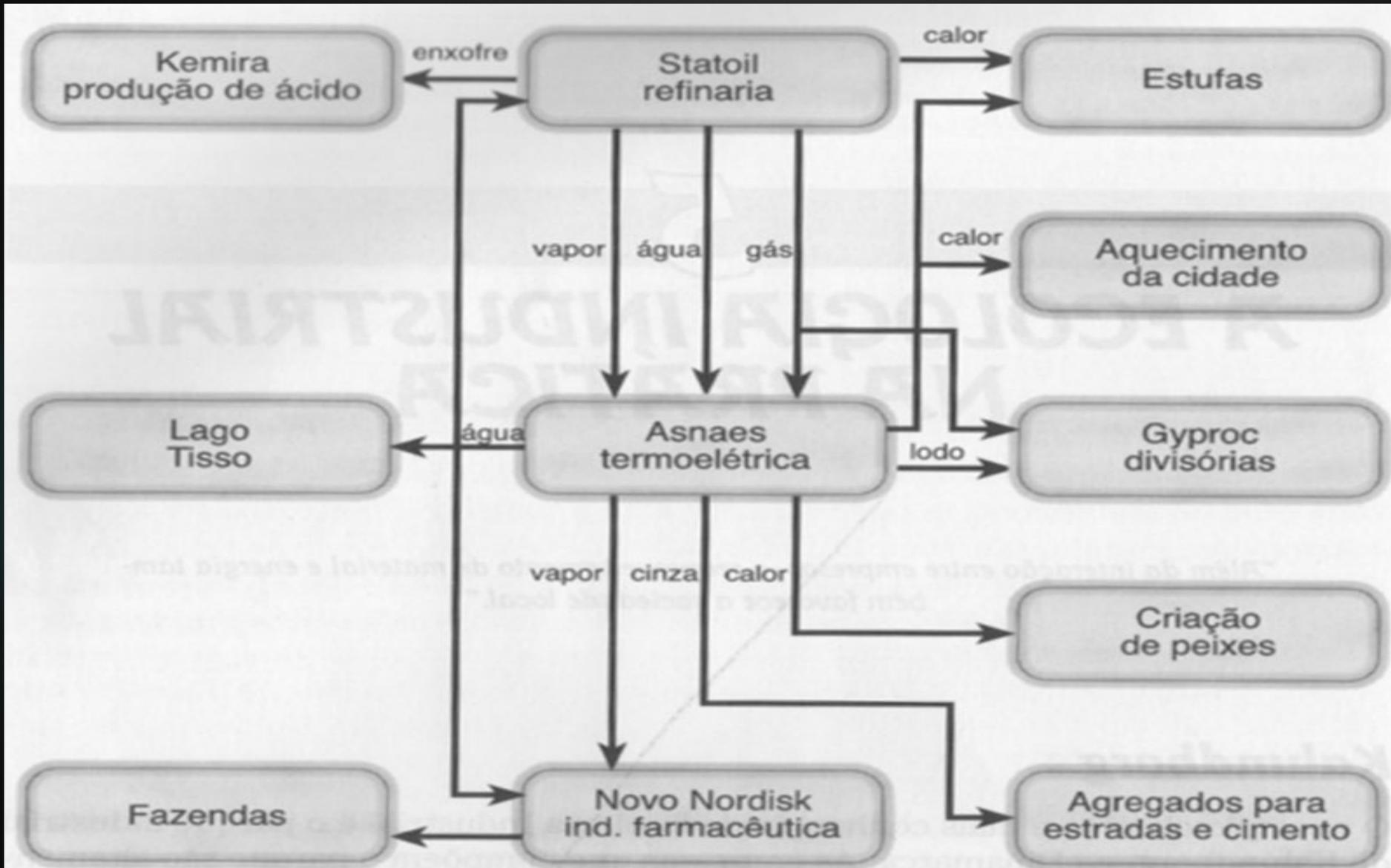


Fonte: JESWIET, 2003.

## Exemplo clássico de ecologia industrial: Parque industrial de Kalundborg na Dinamarca

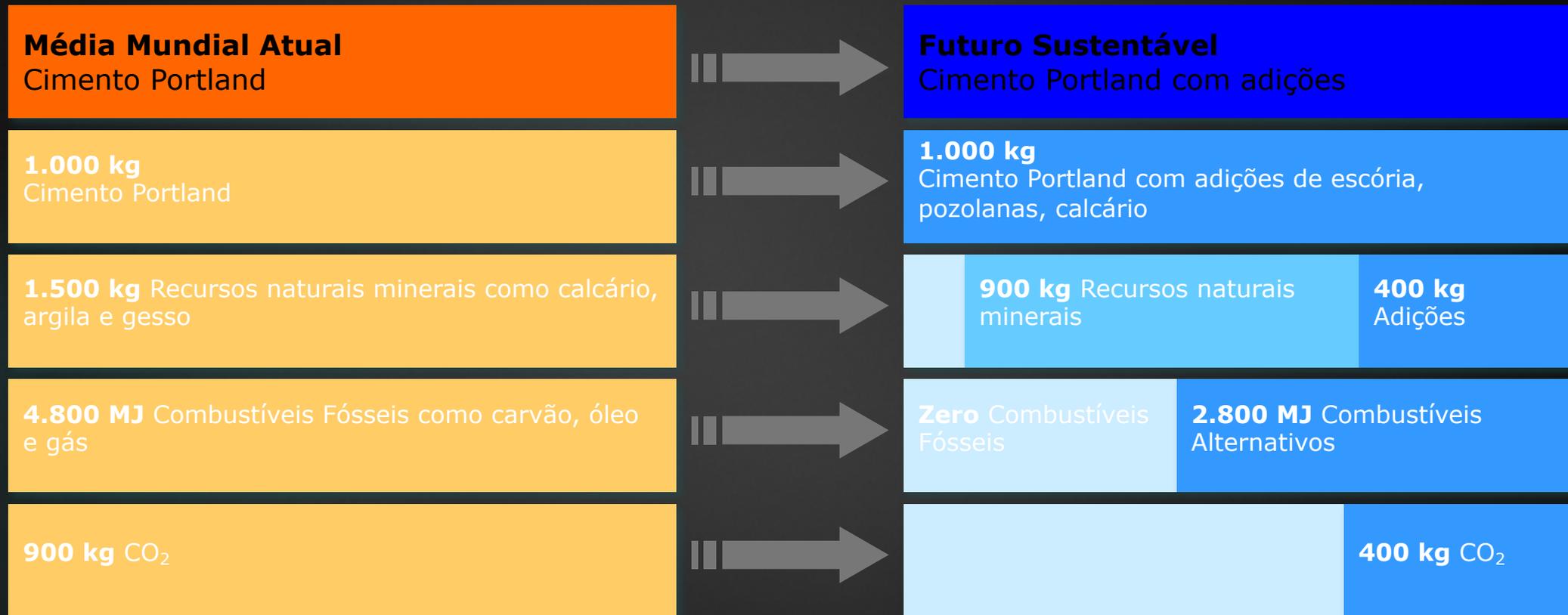
- ▶ Empresas altamente integradas;
- ▶ Resultante de um gradual desenvolvimento de cooperação entre as empresas e as cidades;
- ▶ Participantes: desde grandes empresas – Novo Nordisk (indústria de biotecnologia com 45% do mercado mundial de insulina e 50% de enzimas) a médias – Gyproc – (fabricante de divisórias)

# Exemplo clássico de ecologia industrial: Parque industrial de Kalundborg na Dinamarca



# • Exemplo Votorantim - Cimentos

## Futuro da Indústria Cimenteira



Fonte: apresentação insitucional:  
Schalka e Andrade (2007)

•Diretor Técnico da Votorantim Cimentos

# Ecologia Industrial

