

PHA 3513
Sustentabilidade
no setor
produtivo
Aula 4

**Professora: Amarilis Lucia
Casteli Figueiredo Gallardo**

PHA
1º semestre 2020



Aula 4

Ecologia industrial

Artigo apresentação

- Ecologia industrial: prática e desafios futuros.
- Artigo: Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. (2019). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 119113.
- Grupo 2 – Victor e Caio

Metas da ecologia industrial

- ✓ o uso sustentável de recursos;
- ✓ a preservação ambiental;
- ✓ e a promoção de equidade inter-gerações.

O que é ecologia industrial?

“Um ecossistema industrial é a transformação do modelo tradicional de atividade industrial, no qual cada fábrica, individualmente, demanda matérias-primas e gera produtos a serem vendidos e resíduos a serem dispostos, para um sistema mais integrado, no qual o consumo de energia e materiais é otimizado e os efluentes de um processo servem como matéria-prima de outro” (Frosch e Gallopoulos, 1989).

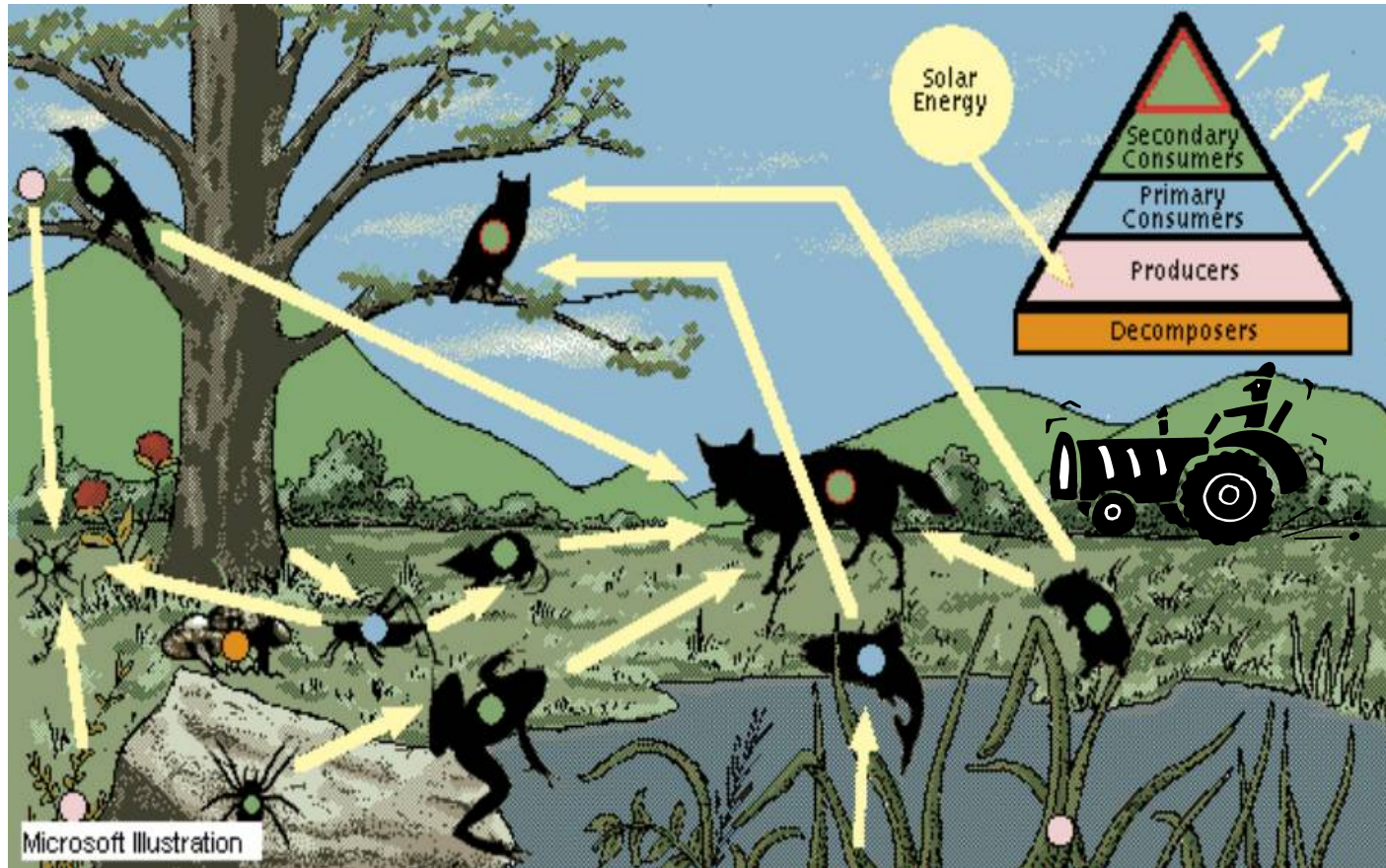
Ecologia industrial

A ecologia industrial se opõe ao tradicional modelo de processo industrial – caracterizado por fluxos industriais de sentido único - nos quais matéria e energia de baixa entropia são transformadas continuamente em formas com alta entropia, não integradas aos ciclos naturais.

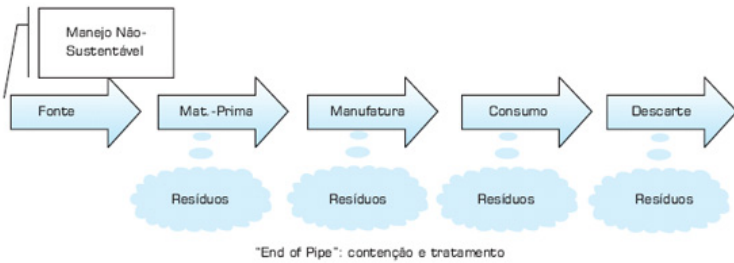
A Ecologia Industrial apresenta-se geralmente por meio de iniciativas isoladas e as abordagens são as mais variadas.

O conceito de **Simbiose Industrial** é uma das abordagens produtivas para a ecologia industrial, que é baseado na **sinergia entre diferentes atividades produtivas** que apresentam maior eficiência de recursos resultando em benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Simbiose no meio ambiente



Processos lineares



Simbiose industrial

A ecologia industrial se opõe ao tradicional modelo de processo industrial – caracterizada por fluxos industriais de sentido único (**lineares**) – nos quais matéria e energia de baixa entropia são transformadas continuamente em formas com alta entropia, não integradas aos ciclos naturais.

Processos simbióticos



Ecologia Industrial

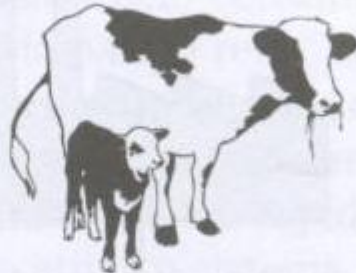
a Ecologia Industrial (EI) fundamenta-se na aspiração em integrar os sistemas artificiais criados pelo homem aos sistemas pertencentes à natureza.

A Ecologia Industrial possui sua origem vinculada à metáfora entre os ecossistemas naturais e industriais.

Ecologia Industrial: a Metáfora Biológica



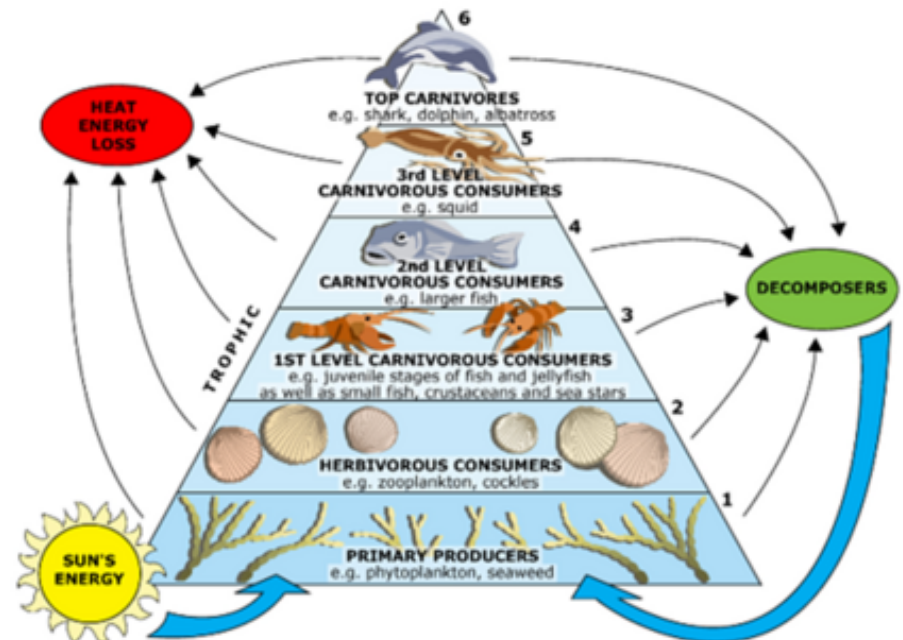
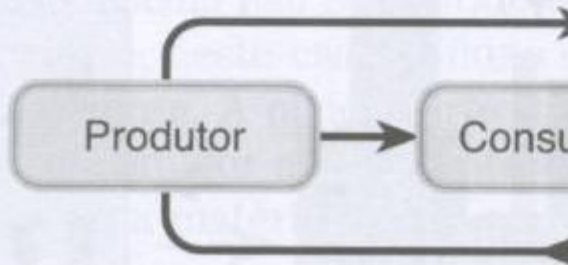
Plantas



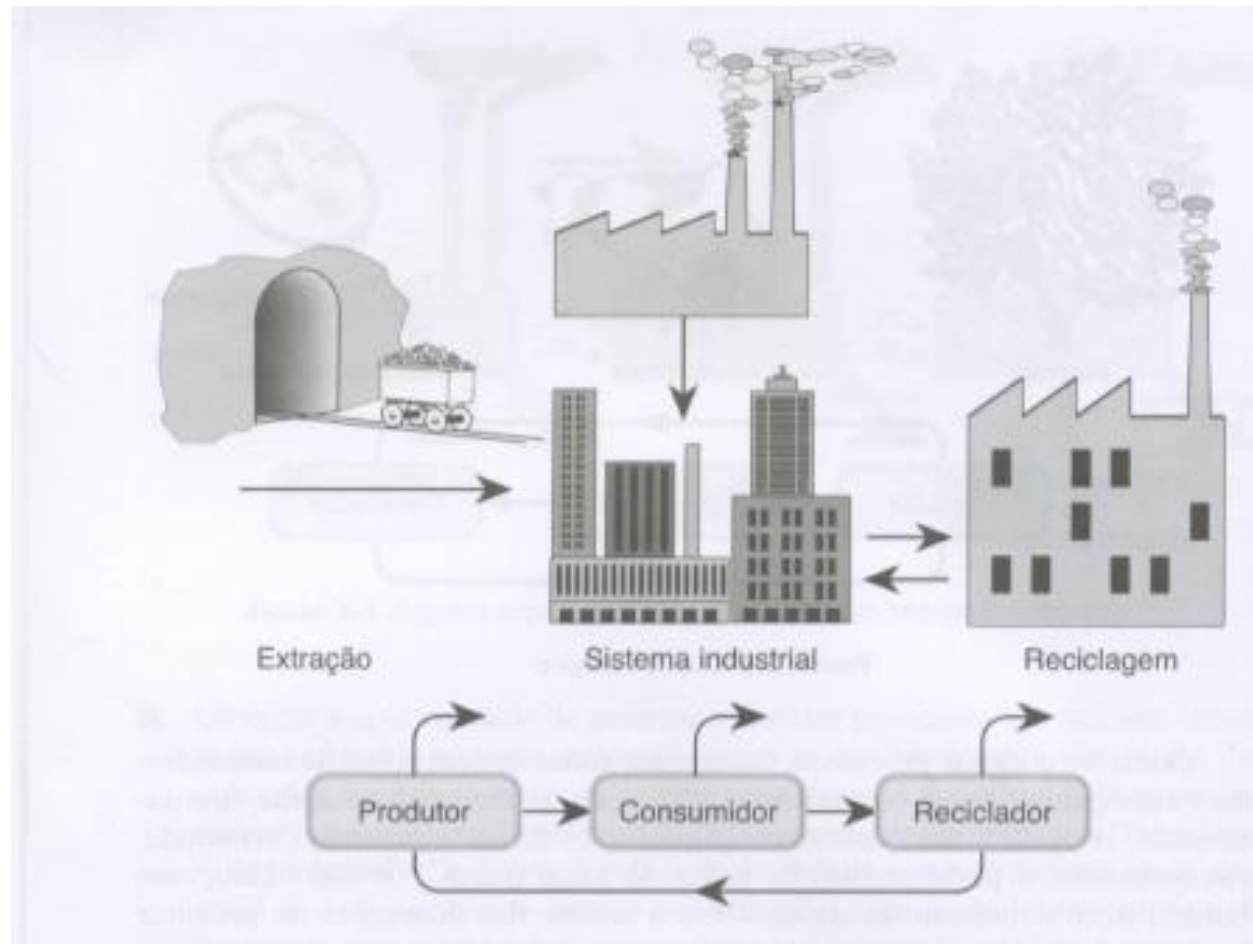
Animais



Microrganismos



Ecologia Industrial: a Metáfora Biológica



De acordo com Isenmann (2003), a EI pode ser compreendida em termos gerais por meio de suas cinco características, quais sejam:

- i) sua perspectiva fundamental: ter a natureza como modelo;
- ii) seu objetivo primordial: buscar a harmonia, o equilíbrio, a integração entre os sistemas ecológico e industriais;
- iii) sua definição de trabalho: uma ciência da sustentabilidade;
- iv) seus objetos principais de trabalho: produtos, processos, serviços e resíduos;
- v) sua ideia central: a busca pelo entrelaçamento de sistemas.

Simbiose Industrial

“segundo Chertow (2000), os elementos-chave para a Simbiose Industrial (SI) são a colaboração e as possibilidades sinérgicas proporcionadas pela proximidade geográfica entre as organizações interessadas.”

“Assim, a SI oferece contribuições relevantes para a EI, na medida em que adota e implementa características dos ecossistemas naturais, tais como conectividade, comunidade e cooperação (Costa et Ferrão, 2010).”

Ecoparque Industrial

“Chertow (2000) e Sakr et al. (2011) afirmam que é em ambientes como os dos ecoparques industriais (EPI) – lugares nos quais as empresas cooperam entre si e com as respectivas comunidades locais, compartilhando diversos recursos e obtendo retornos em termos econômicos, ambientais e humanos (Chertow, 2007)”

“uso dos conceitos de EI e de SI na forma de um ecoparque industrial visa revitalizar áreas urbanas e rurais, bem como promover o crescimento e a retenção de empregos.”

Fonte: Trevisan et al. 2016



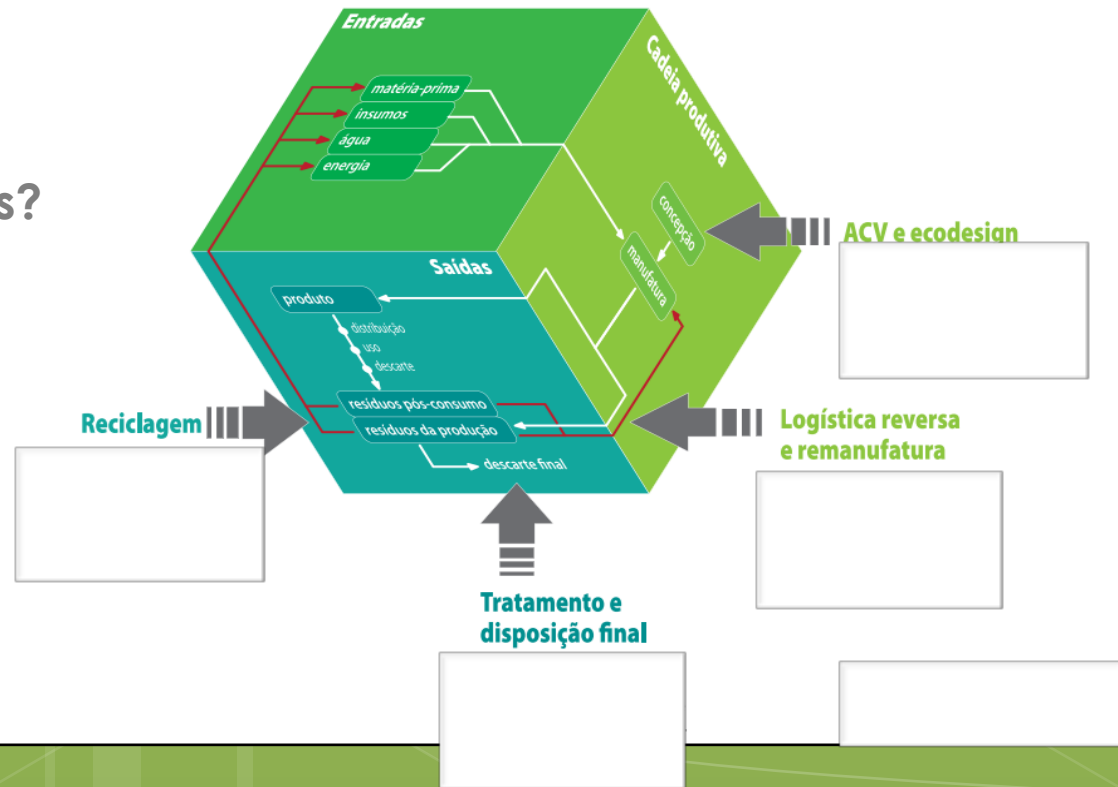
Figura 01 - Escalas de atuação da Ecologia Industrial

Fonte: elaborado a partir de Chertow (2000, p. 315)

Ecologia Industrial

- ▶ Objeto é a interação entre sistema industrial e suas interações com o ambiente.
- ▶ Ponto crítico da Ecologia Industrial: necessidade de cooperação entre empresas, pela troca de material, energia e, principalmente, informação.
- ▶

Incentivo de Políticas públicas?



Ecologia Industrial

Métodos e ferramentas:

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



Fonte: JESWIET, 2003.

Ecologia industrial

**Filme 1 – A simbiose industrial em
Kalundborg – Dinamarca**

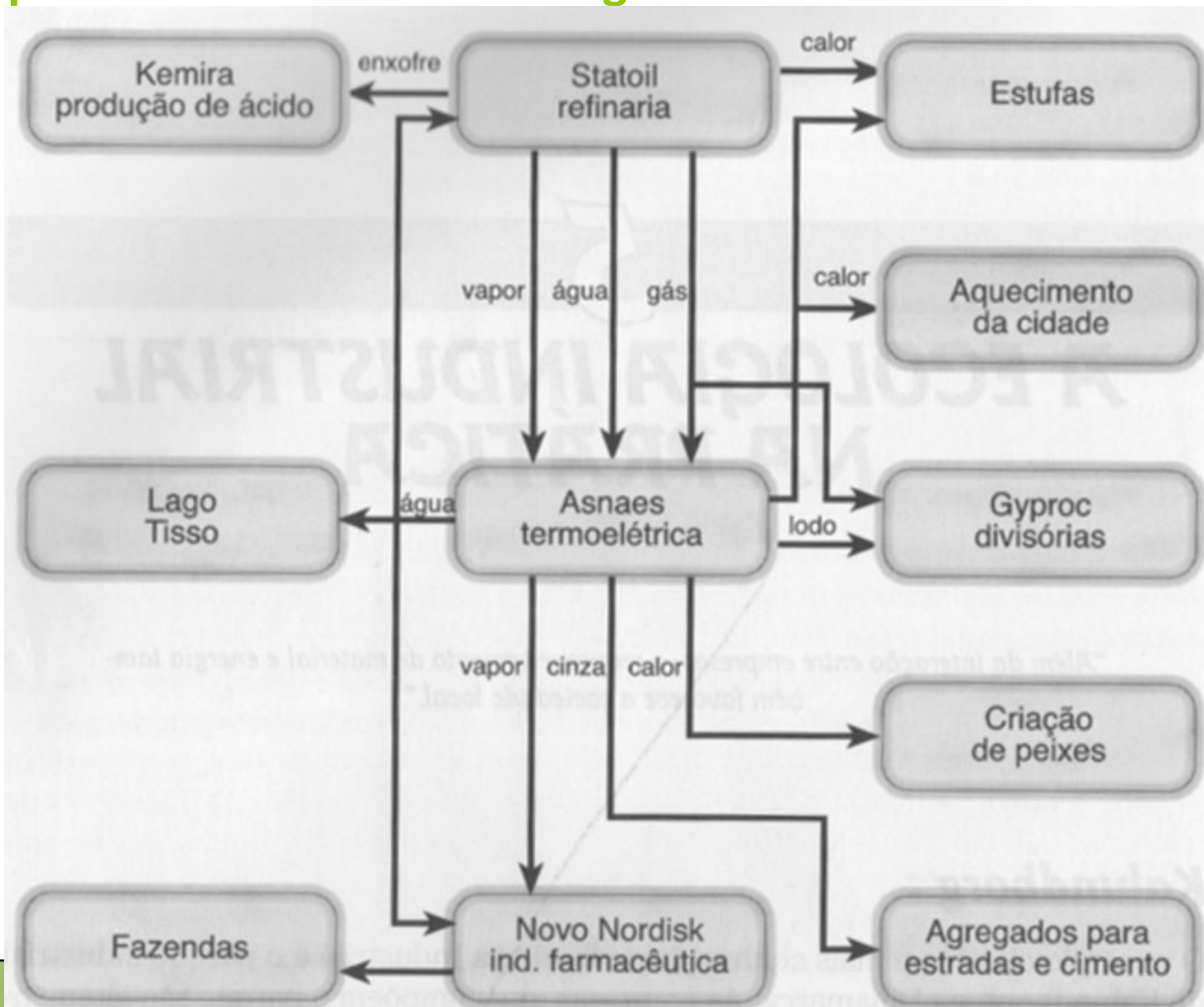
**Filme 2 – experiência brasileira em
cadeias produtivas**

**Filme 3 – proposta ecologia industrial
para biorrefinarias**

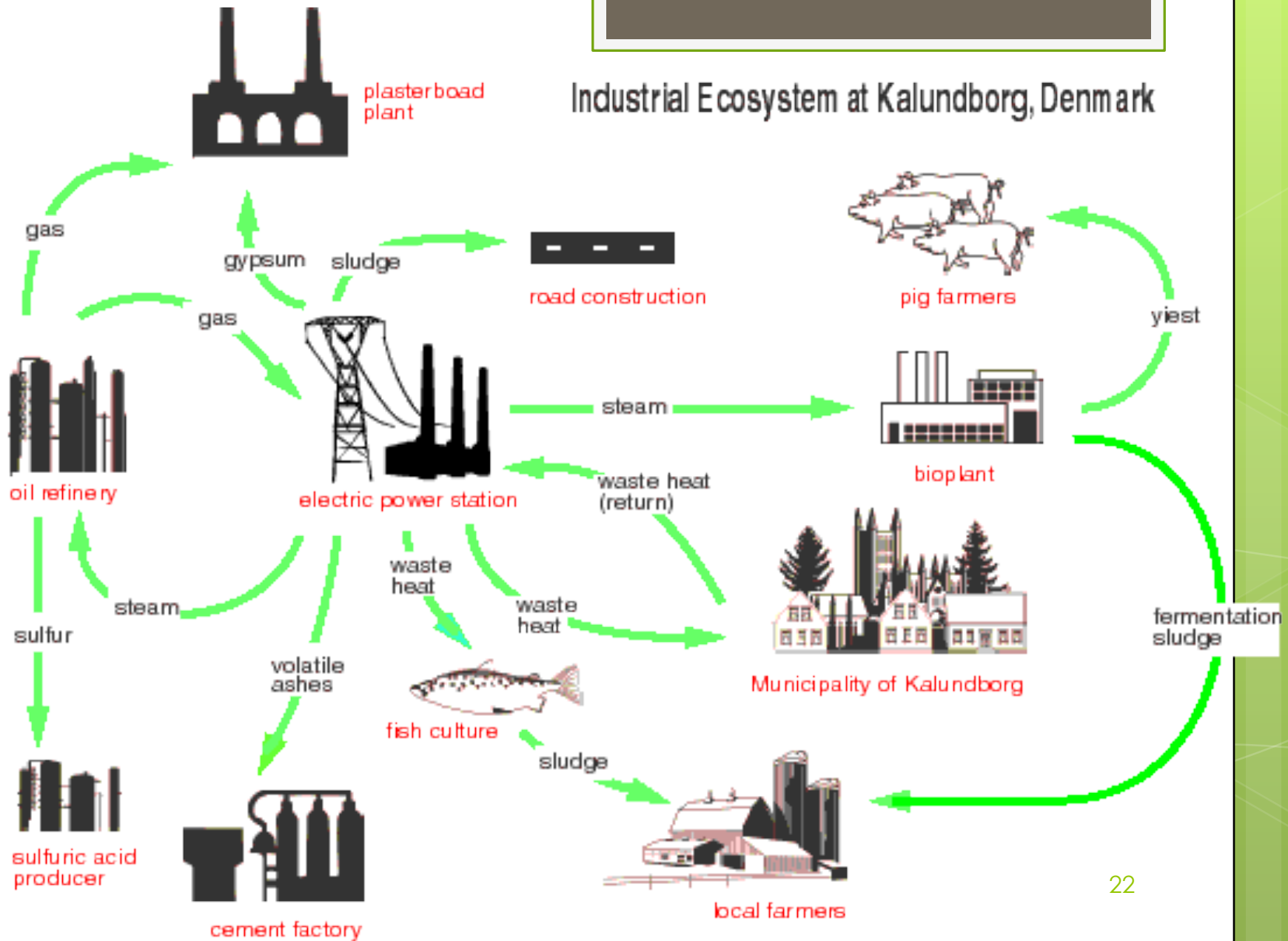
Exemplo clássico de ecologia industrial: Parque industrial de Kalundborg na Dinamarca

- 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



Industrial Ecosystem at Kalundborg, Denmark



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

- Empresas altamente integradas;
- Utilizam fontes de resíduos umas das outras como fonte de energia e matéria-prima;
- **Lodo** gerado é usado como **fertilizantes** e na **psicultura**;
- **Cinzas** na **pavimentação** de estradas;
- **Fluxos de calor** na **manutenção de estufas e aquecimento urbano**.

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

Lições:

- empresas diferentes que podem compartilhar fluxos;
- acordo comercial entre empresas;
- benefícios ambientais e econômicos (e sociais) associados;
- cooperação é voluntária, apesar da participação do poder público local;
- as empresas estão situadas fisicamente próximas.

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

Resultados:

- Redução de **consumo de energia**;
- Redução das **emissões** de CO₂ e de SO₂;
- Redução do volume de **efluentes líquidos**;
- Reaproveitamento de **resíduos tradicionais, como enxofre, cinzas e lodo**;
- **ARRANJO PODE SER APLICADO A OUTROS SETORES.**

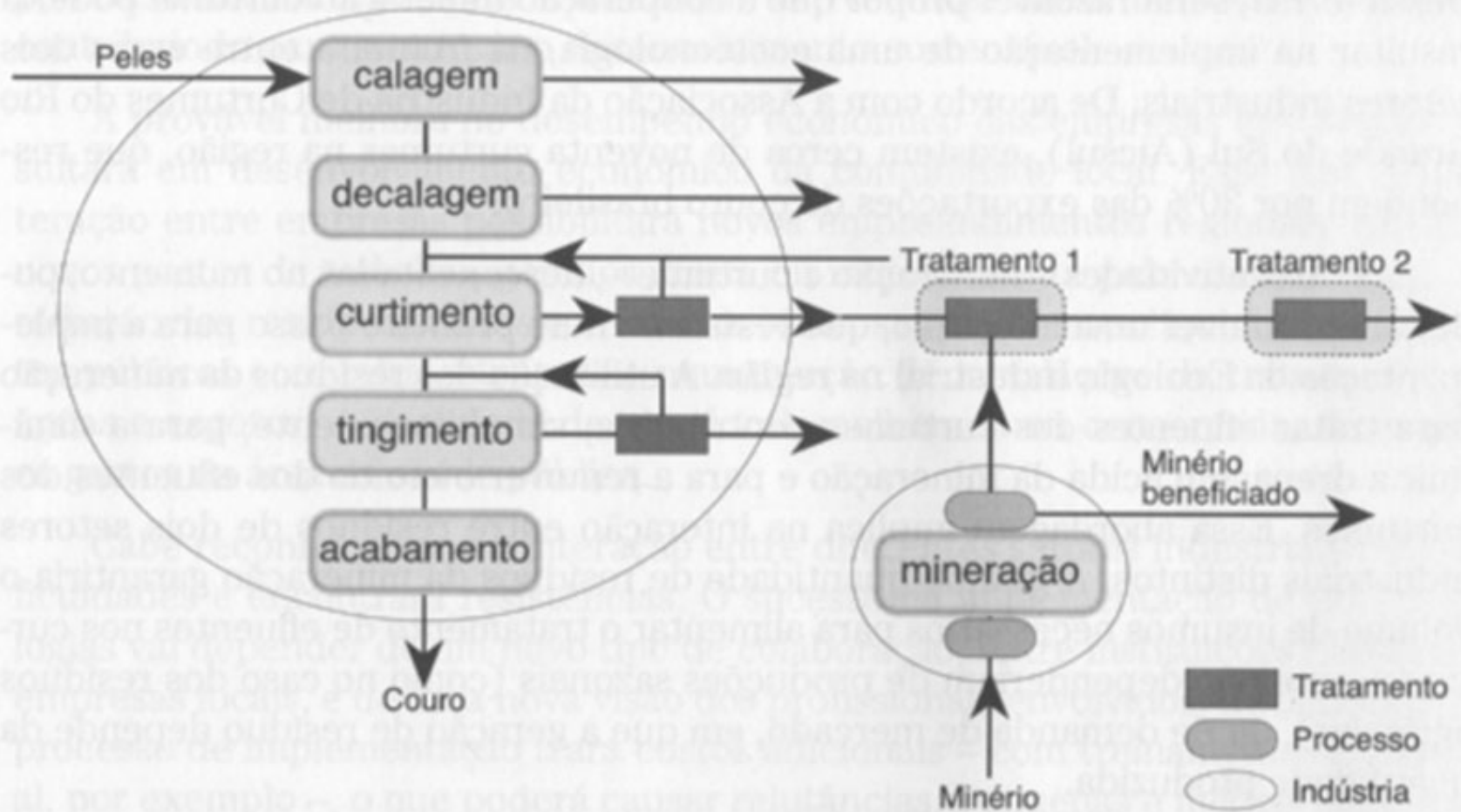
Outros exemplos....

Integração entre mineração de carvão e curtumes

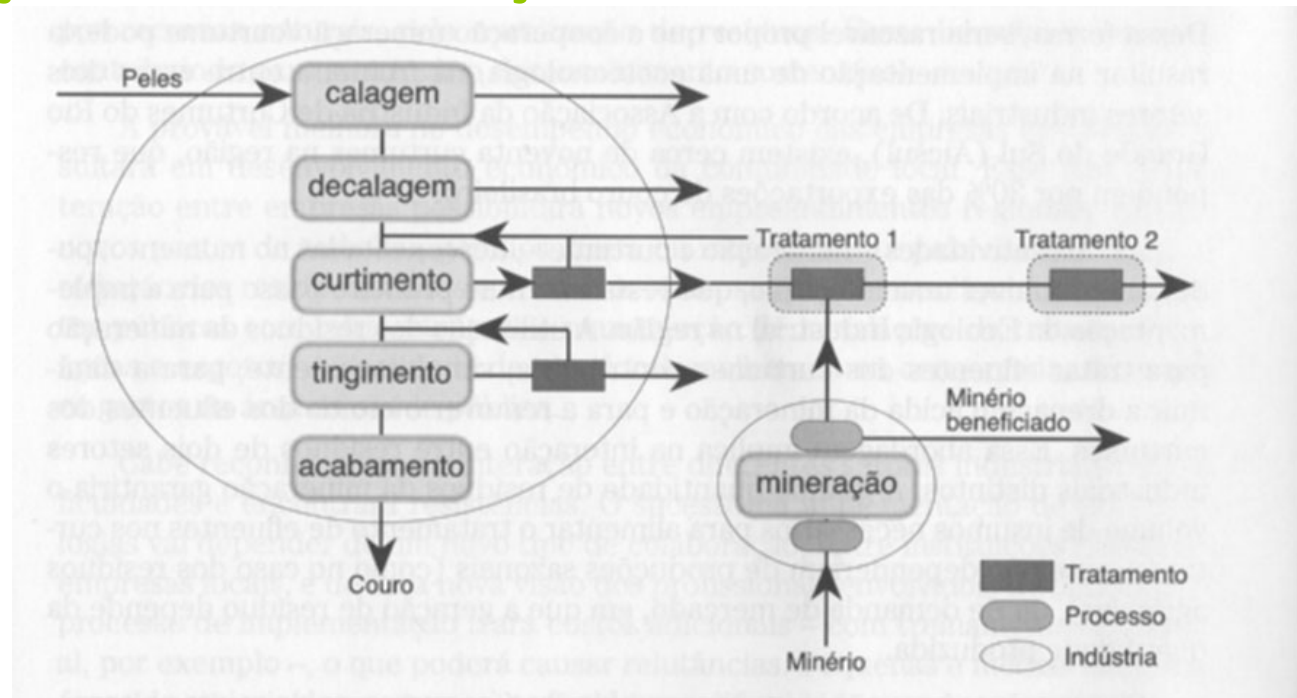
Impactos ambientais:

- Rejeitos da mineração de carvão: pirita e argilominerais;
- Quais problemas? **Drenagem ácida**
- Resíduos de curtume: sólidos e líquidos com sais de cromo;
- Quais os problemas? **Toxicidade, risco à saúde humana**

Integração entre mineração de carvão e curtumes



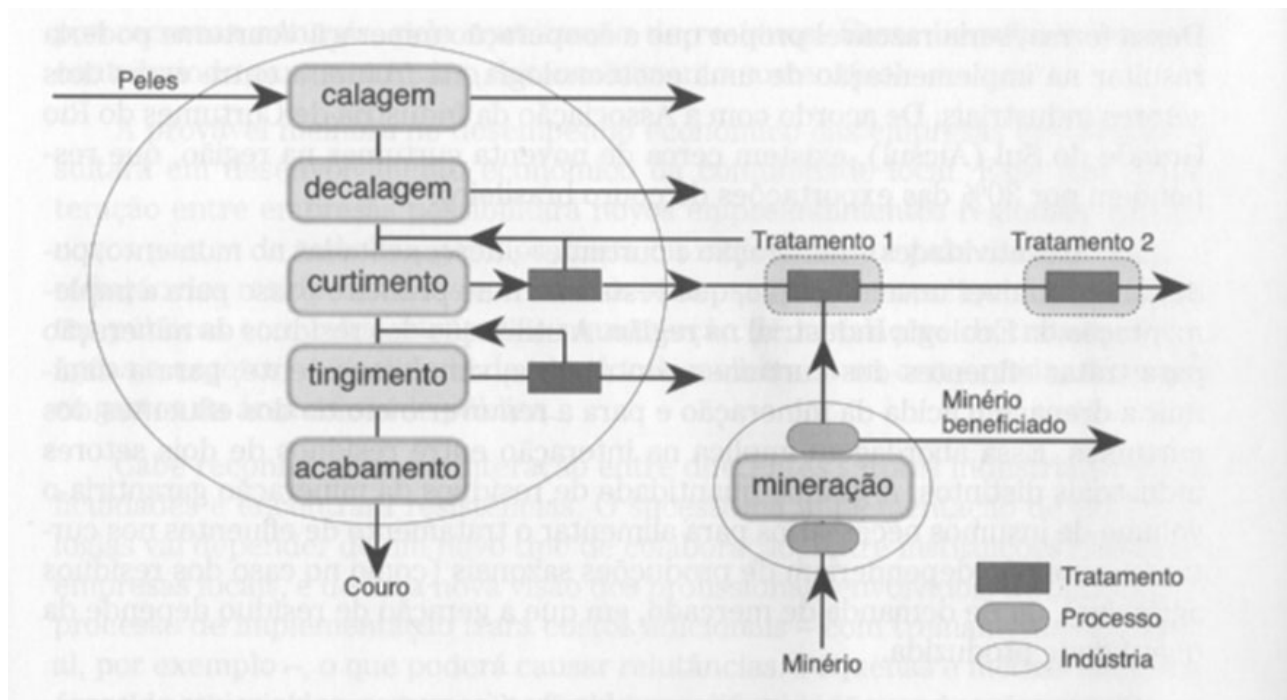
Integração entre mineração de carvão e curtumes



Soluções por ecologia industrial:

- Rejeitos da mineração para tratar efluentes do curtume pode atenuar efeitos da drenagem ácida pelo descarte de sulfetos, enquanto auxilia na remoção do cromo de efluentes do curtume

Integração entre mineração de carvão e curtumes



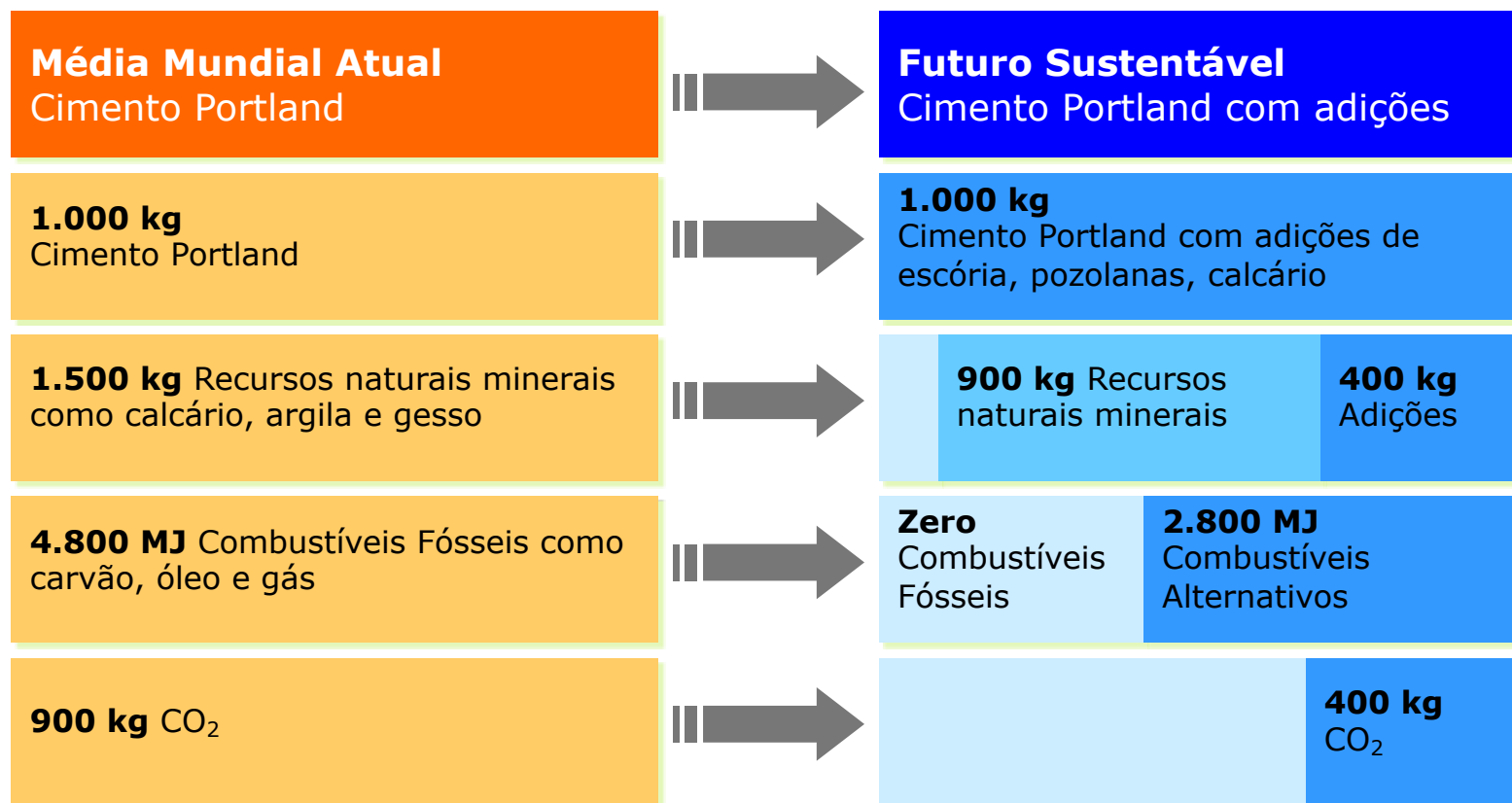
Soluções por ecologia industrial:

- Pode-se desenvolver outras formas de recuperar o cromo para reutilização dos sais de cromo no curtume;
- Complementar o tratamento com fitorremediação
- Desenvolve materiais para garantir a qualidade final da água residualia.

Exemplo Votorantim

• Exemplo Votorantim - Cimentos

Futuro da Indústria Cimenteira



Fonte: apresentação insitucional:
Schalka e Andrade (2007)

• Diretor Técnico da Votorantim Cimentos

Ecologia Industrial



Fonte: apresentação insitucional:
Schalka e Andrade (2007)

• Diretor Técnico da Votorantim Cimentos

• Exemplo Votorantim - Cimentos

REGIÃO SUL

- Maximização da utilização de **cinzas de termoelétricas**.
- Maximização da utilização de **biomassas como casca de arroz**.
- Maximização da substituição de combustíveis **fósseis tradicionais** por combustíveis **fósseis alternativos** (menor fator de emissão).
- Rápida atualização tecnológica.

REGIÃO SUDESTE

- Maximização da utilização de **escórias de alto forno**.
- Maximização da substituição de combustíveis **fósseis tradicionais** por combustíveis **fósseis alternativos** (menor fator de emissão).
- Rápida atualização tecnológica.

Fonte: apresentação insitucional:
Schalka e Andrade (2007)

• Diretor Técnico da Votorantim Cimentos

• Exemplo Votorantim - Cimentos

REGIÃO CENTRO-OESTE

- Maximização da utilização de **pozolanas artificiais**.
- Maximização da utilização de **biomassas como casca de arroz**.
- Maximização da substituição de combustíveis **fósseis tradicionais** por combustíveis **fósseis alternativos** (menor fator de emissão).
- Rápida atualização tecnológica.

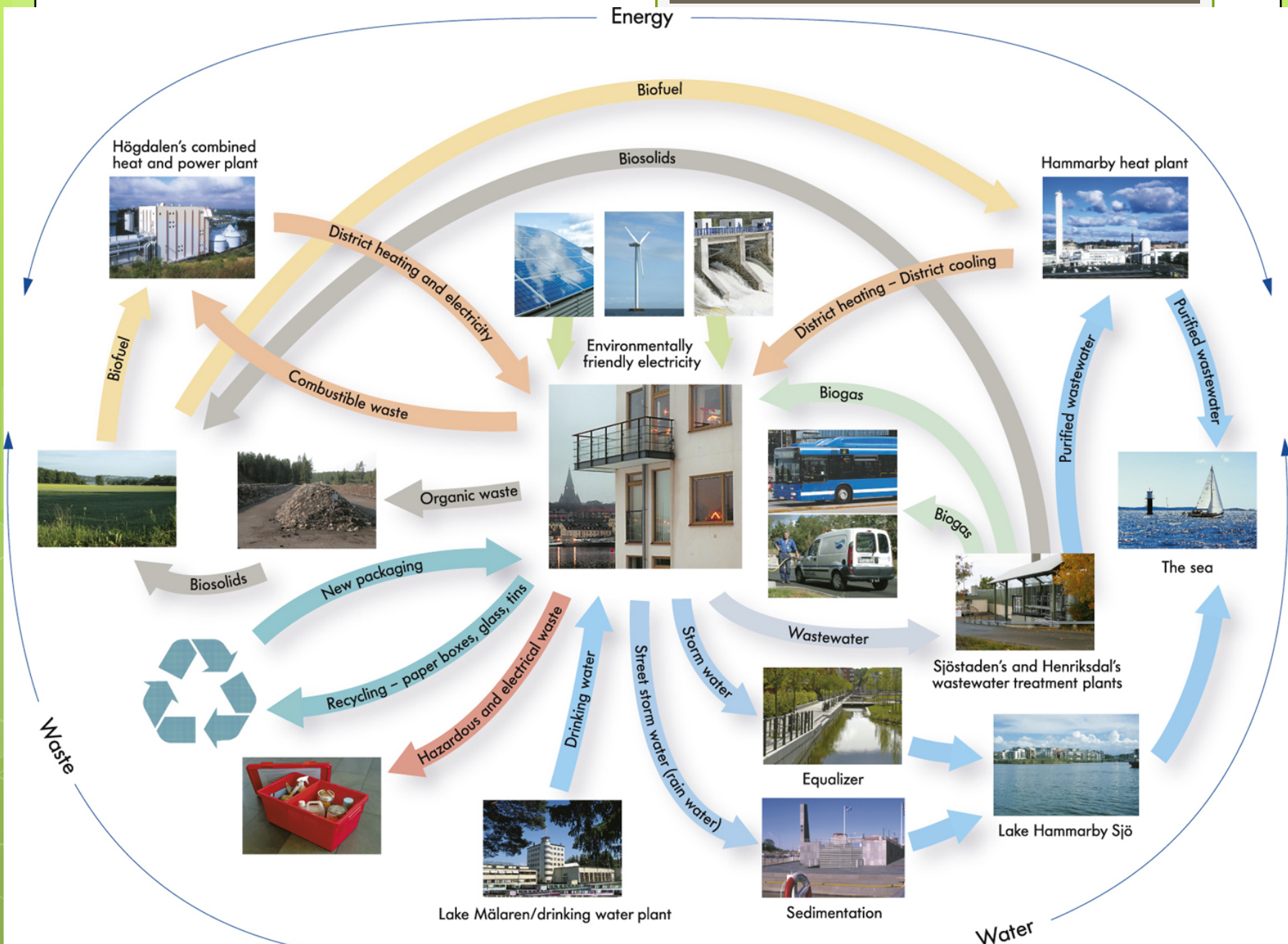
REGIÃO NORDESTE

- Maximização da utilização de **biomassas como castanha de caju**.
- Maximização da substituição de combustíveis **fósseis tradicionais** por combustíveis **fósseis alternativos** (menor fator de emissão).
- Rápida atualização tecnológica.

Fonte: apresentação insitucional:
Schalka e Andrade (2007)

• Diretor Técnico da Votorantim Cimentos

Pensar em ecologia industrial





A ecologia industrial: sintetizando....

A ecologia industrial pauta-se:

- i) visão sistêmica das interações entre sistemas industriais e o meio;
- ii) estudo do fluxo e transformação da matéria e energia;**
- iii) abordagem multidisciplinar;
- iv) reorientação do processo industrial;
- v) mudanças dos processos lineares de produção para processos cíclicos;
- vi) eficiência industrial; e
- vii) promoção de sinergias

Ecologia industrial: 3 níveis de escala de atuação:

- i) Dentro da empresa, por exemplo: prevenção à poluição (aula que vem!) e design para o ambiente (aula passada);
- ii) Entre empresas, por exemplo: simbiose industrial e análise do ciclo de vida do produto (aulas com Professor Kulay);
- iii) Escala regional, por exemplo: estudos dos fluxos dos materiais e energia (aulas com professor Mierzwa) ou metabolismo industrial.

Ecologia Industrial

- Exercício 1:
- Analisando potenciais simbioses...
- Análise de uma matriz de subprodutos e resíduos
- Folha anexa

Complexo Industrial Portuário Açu

Ecologia industrial Complexo Açú

- Antever o **tecido industrial e urbano** (o Projeto Açú, por exemplo), como um caso especial de ecossistema, operando como tal.
- **Otimizar e “fechar” esse sistema** para que ele recupere ao máximo seus gastos de energia, minimize seus desperdícios, reutilize seus descartes e reduza seu impacto ambiental, **como um ecossistema natural** (há milhões de anos os ecossistemas se perpetuam e se renovam).
- Implementar **tecnologias adequadas** e provocar **simbioses que permitam a reintegração dos produtos, serviços e materiais** no interior das suas próprias cadeias de valor e das cadeias de reciclagem da biosfera.

Ecologia industrial Complexo Açú: para as empresas participantes:

- ❑ Operação em direção a um **sistema fechado**;
- ❑ **Produção de sua própria demanda** de utilidades: Energia e Água;
- ❑ **Tratamento de seu próprio esgoto**;
- ❑ **Absorção de resíduos** e utilidades com consumo em complementaridade de processo;
- ❑ Contempla regras de **complementaridade e quantificações**, que se incorporarão ao condomínio, sobre como usar/reciclar água, destinar resíduos, padrões exigidos de emissões, tratar e destinar efluentes, entre outras variáveis ambientais;
- ❑ Demanda produtos com consumo em complementaridade do mercado;
- ❑ Estrutura da cadeia produtiva com ligações técnicas e de mercado para frente e para trás, atendendo demandas intermediárias combinadas com logística portuária.

Brasil - Complexo Industrial Portuário Aço



Fonte: Associação dos Geógrafos Brasileiros (2011)

Consultem o site para saber o que está previsto para o Complexo Industrial Portuário do Açu

- <http://wwwo.metlica.com.br/o-complexo-industrial-do-superporto-de-acu>

Atividade 2 B

- Escolham, no mínimo 3, empreendimentos que estão dentro do Complexo Portuário do Açú e estabeleçam uma matriz preliminar de possíveis sinergias considerando, no mínimo 4 subprodutos ou resíduos, conforme visto na Atividade 2A.
- Discutam as sinergias verificadas entre subprodutos e resíduos e os empreendimentos;
- Discutam alternativas para a gestão da água, gestão de efluentes e eficiência energética
- Recomendada leitura de Veiga & Magrini (2009)

Ecologia Industrial Economic circular

Table 2
Contribution of IE to CE.

Contribution of IE	CE Principles based on Ellen McArthur Foundation
<ul style="list-style-type: none"> - Study the material and energy flows and their application. - Introduce the principles of the biological ecosystem in the industrial ecosystem - Transform the linear and semi-circular flows to circular or close flows. - Eliminate the dependence on the finite stocks and reuse the waste generated into the system. - Provide material flow analysis in a complex system. - Use IS and EIPs. - Use waste as by-products. - Use strategies such as: reuse, recycling, repair and remanufacturing. - Extended the life cycle of products. - Do more with less (dematerialization) - Develop more services than products (PSS). - Use the Design for Environment or Ecodesign. - Implement Cleaner Production in the companies. - Use the indicators to monitor the system effectiveness. - Research aimed at developing new ways for CE transition. - Implement national and international economic development policies. 	<p>Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resources flows.</p> <p>Optimize resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all time in both technical and biological cycles.</p> <p>Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities.</p>