



**1<sup>st</sup>**  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

**IV** SEMANA PAULISTA DE P+L  
CONFERÊNCIA PAULISTA DE P+L

# O REÚSO DA ÁGUA NO CONTEXTO DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

Fabíola Maria Gonçalves Ribeiro  
Alcir Vilela Junior

GEIA | Grupo de Ecologia Industrial Aplicada

FLUXUS | Laboratório de Estudos em Sustentabilidade Socioambiental e Redes  
Técnicas

FEC/Unicamp | Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo



# Apresentação

- O Grupo de Ecologia Industrial Aplicada (GEIA) surgiu no programa de pós-graduação do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo em março de 2007.
- A origem do grupo está ligada ao Laboratório FLUXUS e tem como meta discutir Ecologia Industrial como estratégia de desenvolvimento e sua aplicação prática.

# Introdução

- História do homem na Terra - marca principal
  - a alteração do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas
  - processo crescente de degradação ambiental
- Descoberta e o domínio de novas fontes primárias de energia - bases para um rápido desenvolvimento tecnológico e crescimento populacional
- Demanda por recursos naturais e capacidade humana de alteração do ambiente - crescimento desproporcional.

# Introdução

- necessidade de gerar respostas compatíveis
- estratégias, abordagens e ferramentas
  - prevenção à poluição
  - produção mais limpa
  - ecodesign
  - avaliação ambiental estratégica
  - química verde
  - análise do ciclo de vida dos produtos
  - sistemas de gestão ambiental
  - auditorias ambientais
  - rotulagem ambiental
  - ecologia industrial.

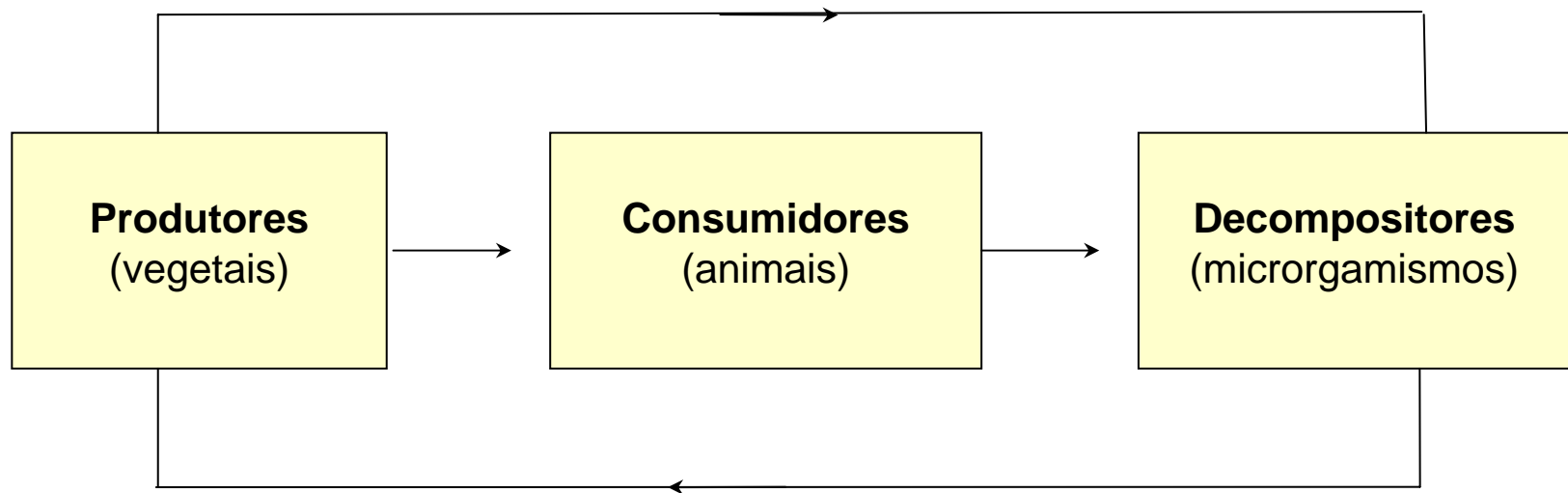
# Ecologia Industrial - conceito

- a visão tríplice de White
  - técnicas de sistemas de análise - “fluxos de material e energia nas atividades industriais e dos consumidores”.
  - análise qualitativa e quantitativa - mede “os efeitos desses fluxos no meio ambiente”
  - conexões com a política – “as influências da economia, política, aspectos legais e fatores sociais”.

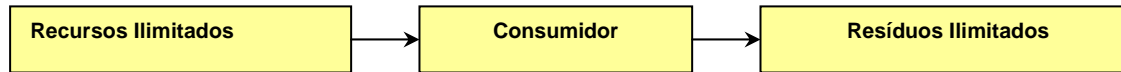
# Ecologia Industrial

- Pontos chave:
  - análise sistêmica
  - fluxo e transformação de materiais e energia
  - abordagem multidisciplinar,
  - analogia com os sistemas naturais,
  - sistemas lineares *versus* sistemas cíclicos

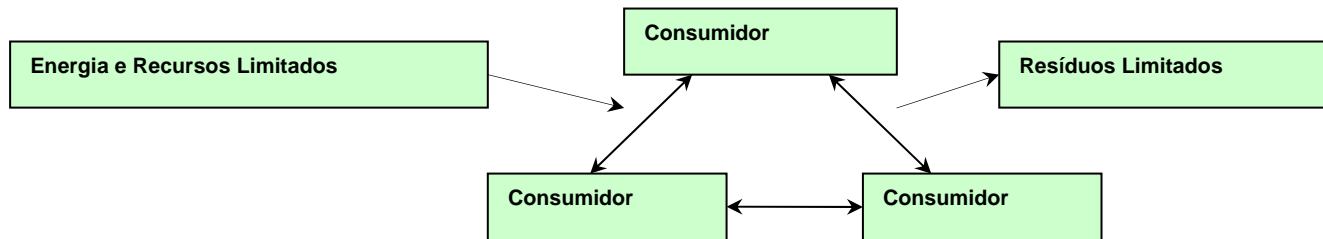
# Dinâmica simplificada dos ecossistemas naturais



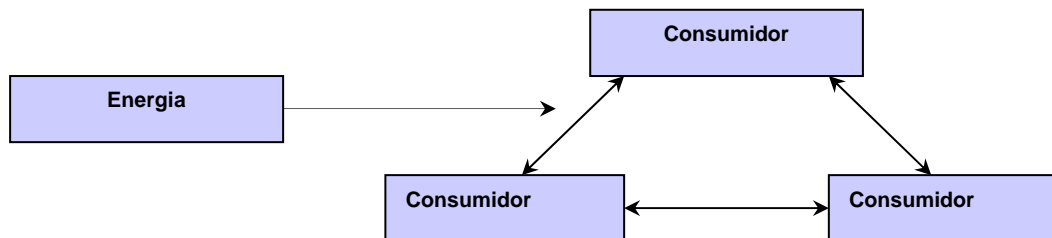
# Sistemas abertos x Sistemas cíclicos



Sistema  
Tipo I



Sistema  
Tipo II



Sistema  
Tipo III

# Simbiose Industrial - conceito

- princípios Ecologia Industrial com foco nas atividades econômicas localizadas em uma área geográfica
- relação simbiótica de longo prazo entre e dentro das empresas
  - trocas físicas, de recursos humanos e tecnológicos
  - esforço de melhorar o desempenho ambiental e aumentar as vantagens competitivas coletivas.
- potencial de estressar menos os recursos regionais, nacionais e globais e reduzir os resíduos e emissões locais
- exemplos: Kalundborg, Dinamarca; Burnside, Nova Scotia, Canadá; Landskrona, Suécia.

# Reúso da Água - conceito

- aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original (Lavrador Filho, 1987)
- critérios:
  - intencionalidade (reúso planejado ou não planejado)
  - objetivo (potável ou não potável)
  - ordem (reúso direto ou indireto).

# Reúso da Água - aplicação atual

- plantas industriais isoladas
- uso de efluentes domésticos tratados
  - indústrias
  - irrigação em áreas agrícolas
  - recarga artificial de aquíferos
  - manutenção de vazões em cursos d'água
  - aquicultura
  - usos urbanos - abastecimento público ou usos não potáveis

# Reúso da Água na Indústria

- na indústria a prática de reúso
  - não contempla uma avaliação sistêmica dos seus processos
  - não é tratada como uma etapa de prevenção à poluição
  - não realiza uma ação articulada com outras unidades industriais
  - necessita da aplicação de medidas de otimização do uso da água para minimizar desperdícios
  - os efluentes tratados, à medida que participam dos processos industriais, concentram substâncias que alteram suas características, necessitando de tratamento complementar.
  - a avaliação do potencial do reúso, considerando um processo ou planta industrial individualizada, pode ser limitada.

# Reúso da Água – sistemas cíclicos

- percentual elevado da água utilizada como matéria-prima na elaboração de produtos após o seu uso pelo consumidor final, se incorpora aos esgotos domésticos
- o reúso de esgotos tratados vem ao encontro da premissa dos sistemas cíclicos preconizada pela Ecologia Industrial.

# Reúso de Efluentes Tratados RMSP (SABESP)

- fornecimento de água de reúso a partir das ETEs (2005) - 21.414 m<sup>3</sup>/mês
- vazão contratada (2005)- 57.640 m<sup>3</sup>/mês
- mercado consumidor no entorno das ETEs demandas captáveis de água de reúso
  - 2,1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/mês (795 L/s) - 2005
  - 2,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/mês (943 L/s) - 2015
  - 2,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/mês (1067 L/s) - 2025

# Reúso da Água - potencialidades

- Brasil - diversas alternativas não exploradas de reúso de efluentes domésticos tratados
  - Exemplo: distritos industriais próximos às áreas urbanas.
  - Disponibilidade hídrica específica – Brasil = 33.994 m<sup>3</sup>/ano.hab; região Nordeste = 4.880 m<sup>3</sup>/ano.hab; Estado de Sao Paulo = 2.906 m<sup>3</sup>/ano.hab
- viável para concentração de indústrias em um raio de cerca de cinco quilômetros no entorno da estação de tratamento e recuperação para reúso.
- ampliação da possibilidade de aplicação do reúso na Simbiose Industrial: oportunidades de reúso dos efluentes industriais entre as plantas produtivas que o integram.
  - efluentes de uma indústria podem ser utilizados em outra, com exigências mais compatíveis com as suas características.

# Reúso da Água - impactos

- sistema cíclico - redução, ou em condições ideais, não lançamento de efluentes no ambiente.
  - redução da disponibilidade hídrica
  - geração de conflitos com os usos da água a jusante.
- concentração de poluentes no corpo receptor
- potencial de formação de novos compostos, pela reutilização diversas vezes das águas de reúso
- preservação da vida aquática
- Simbiose Industrial - dependência grande do parceiro, compartilhando problemas.

# Conclusões

- reúso de água e a Ecologia Industrial são **potencialmente** compatíveis
  - uso mais eficiente de recursos naturais
  - minimização da demanda de água (entrada) e geração de resíduos (saída)
- o planejamento do reúso
  - não se restrinja a uma unidade produtiva específica
  - explore as possibilidades de sinergia oferecidas pelo conjunto de empresas envolvidas.
- possibilidade de reúso de efluentes domésticos tratados para fins industriais em distritos industriais próximos às áreas urbanas
- Simbiose Industrial
  - potencial de estressar menos os recursos naturais,
  - reduzir os resíduos
- evidências de que em regiões industriais as possibilidades para relações sinérgicas existem, mas não exploradas

# Contato

- Fabíola Maria Gonçalves Ribeiro
- Alcir Vilela Junior

FLUXUS/DSA/FEC

Av. Albert Einstein, 951  
Cidade Universitária Zeferino Vaz  
Barão Geraldo - Campinas/SP  
CEP: 13083-852 Brasil

Telefone: +55 19 3521 2992

Fax: +55 19 3521 2411

e-mail: *fabiolamaria@msn.com*

*alvila@uol.com.br*