

# ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUSTENTÁVEIS

Prof. Aníbal da Fonseca  
Santiago



UFOP



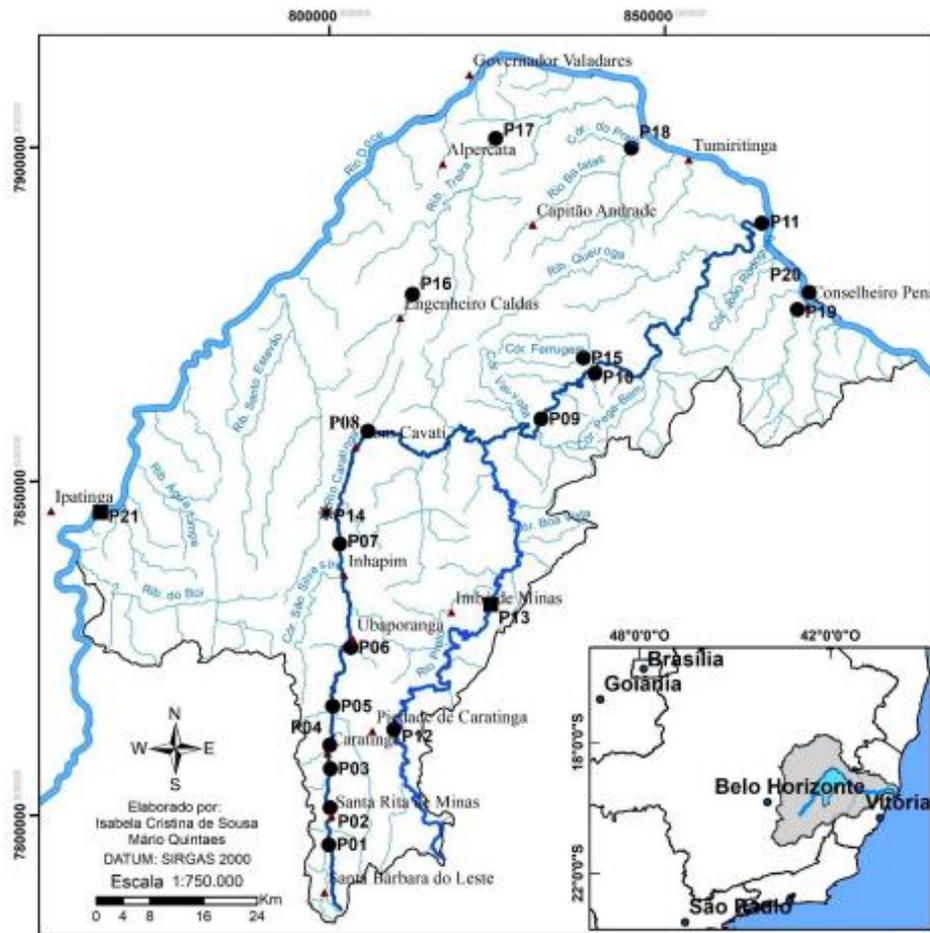
ESCOLA DE MINAS



# Esgotos

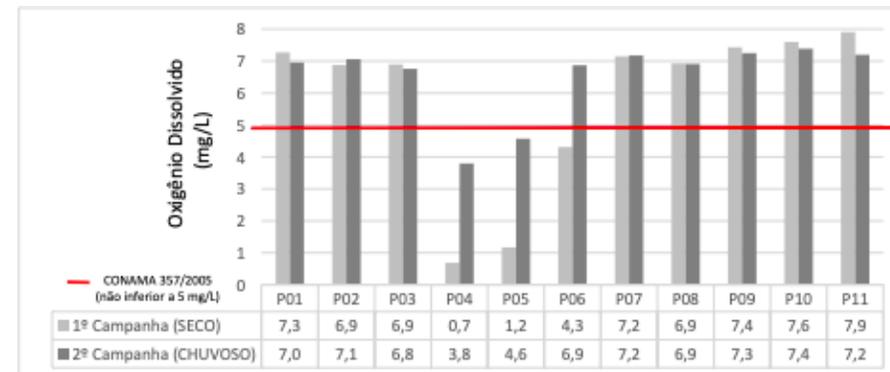


# Despleção de oxigênio



- Legenda**
- Tributários
  - Rio Caratinga
  - Rio Preto
  - Rio Doce
  - UPRH-DOS
  - Cidades

- Períodos de Coleta**
- Período Seco e Chuvoso
  - Período Seco
  - Período Chuvoso





# Efeitos do desbalanço de oxigênio



Carpas: 3 mg/L



Lambari: 4 a 5 mg/L



Truta: 8 mg/L

# Sólidos

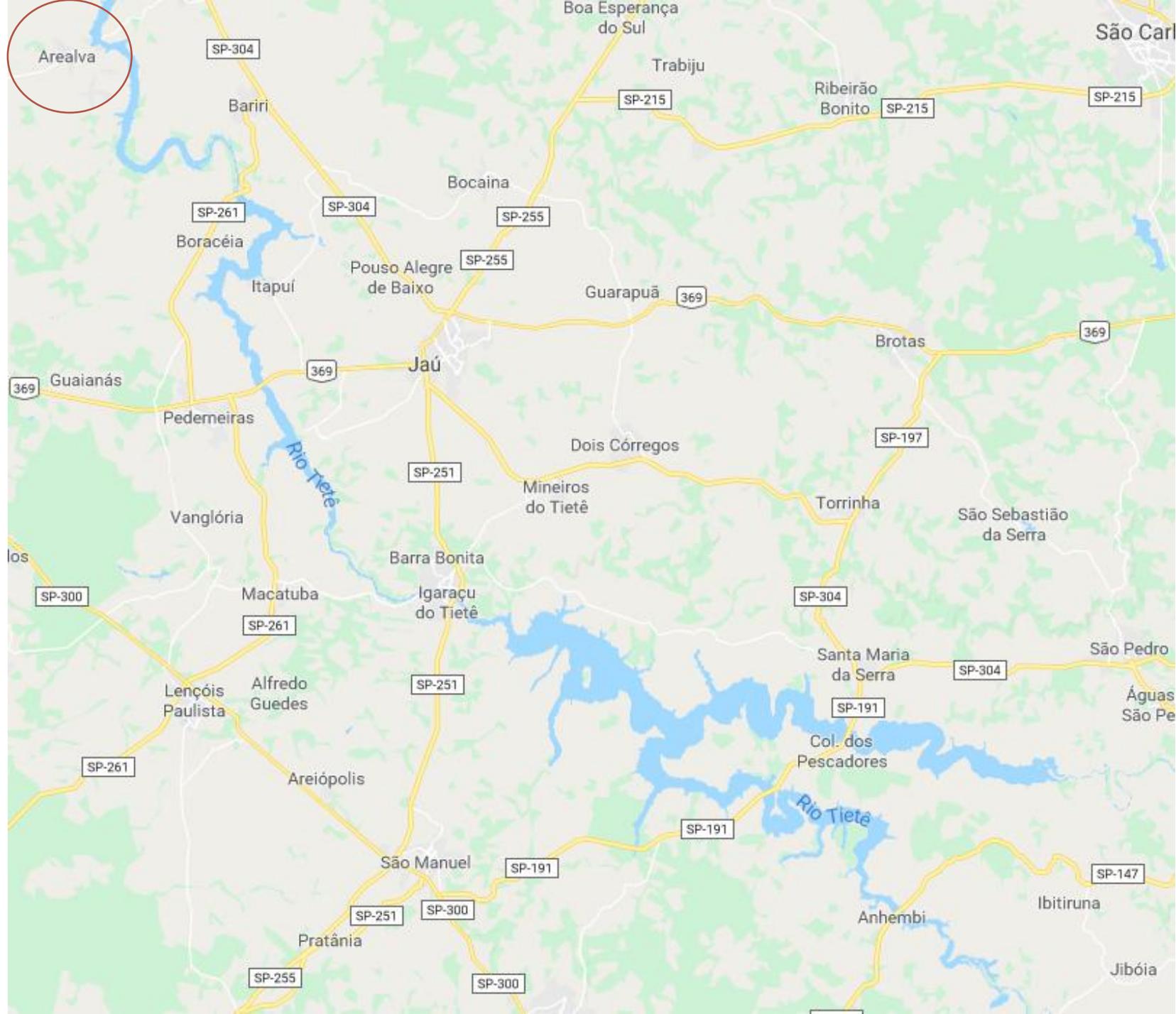


Rio Acari, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro  
Dez-2015 Fonte: Senado Federal

# Nutrientes (N e P)



Uma mancha verde tomava conta das águas em Arealva — Foto: Willian Silva / TV TEM – Out de 2012



# Nutrientes (N e P)

~370 km da RMSP

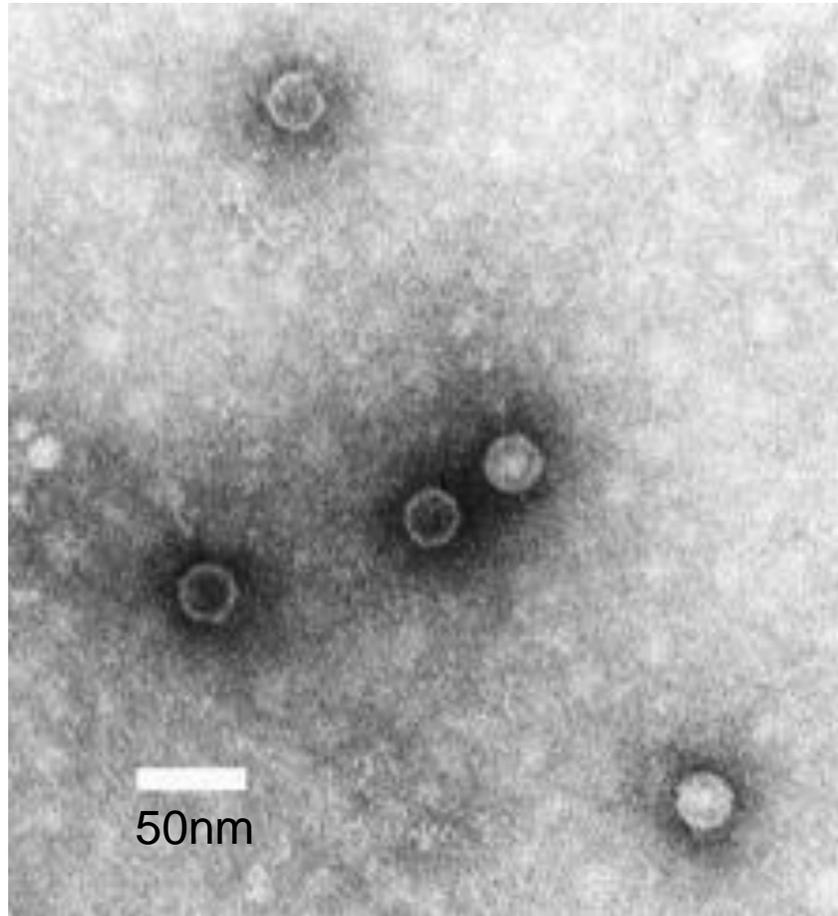


Uma mancha verde tomava conta das águas em Arealva — Foto: Willian Silva / TV TEM – Out de 2012

# Doenças



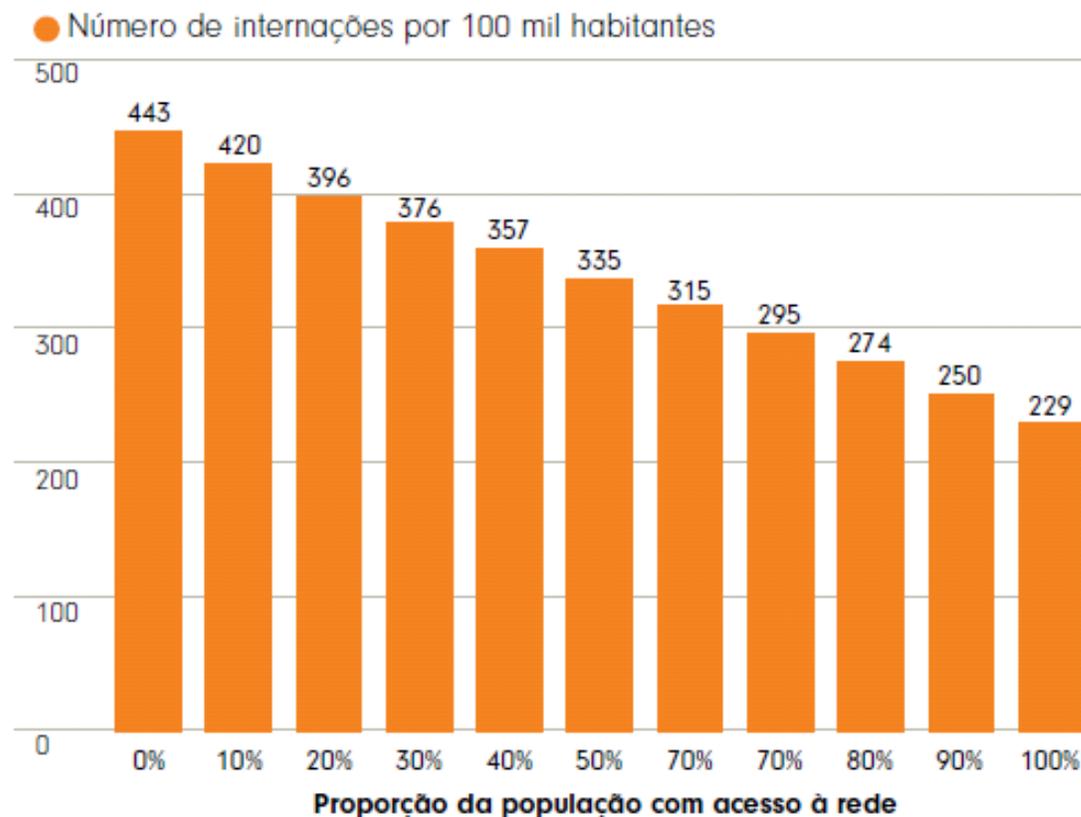
Foto: Mauro Ângelo/Diário do Pará - Bairro Ponta Grossa  
Distrito de Icoaraci na Região Metropolitana de Belém –  
maio de 2017



**poliovírus** pertence ao género enterovírus, da família Picornaviridae. Causa a poliomielite nos humanos. Vírus mais simples, com um RNA de cadeia simples em sentido positivo, sem envelope, com uma cápside de proteína icosaédrica de 30nm

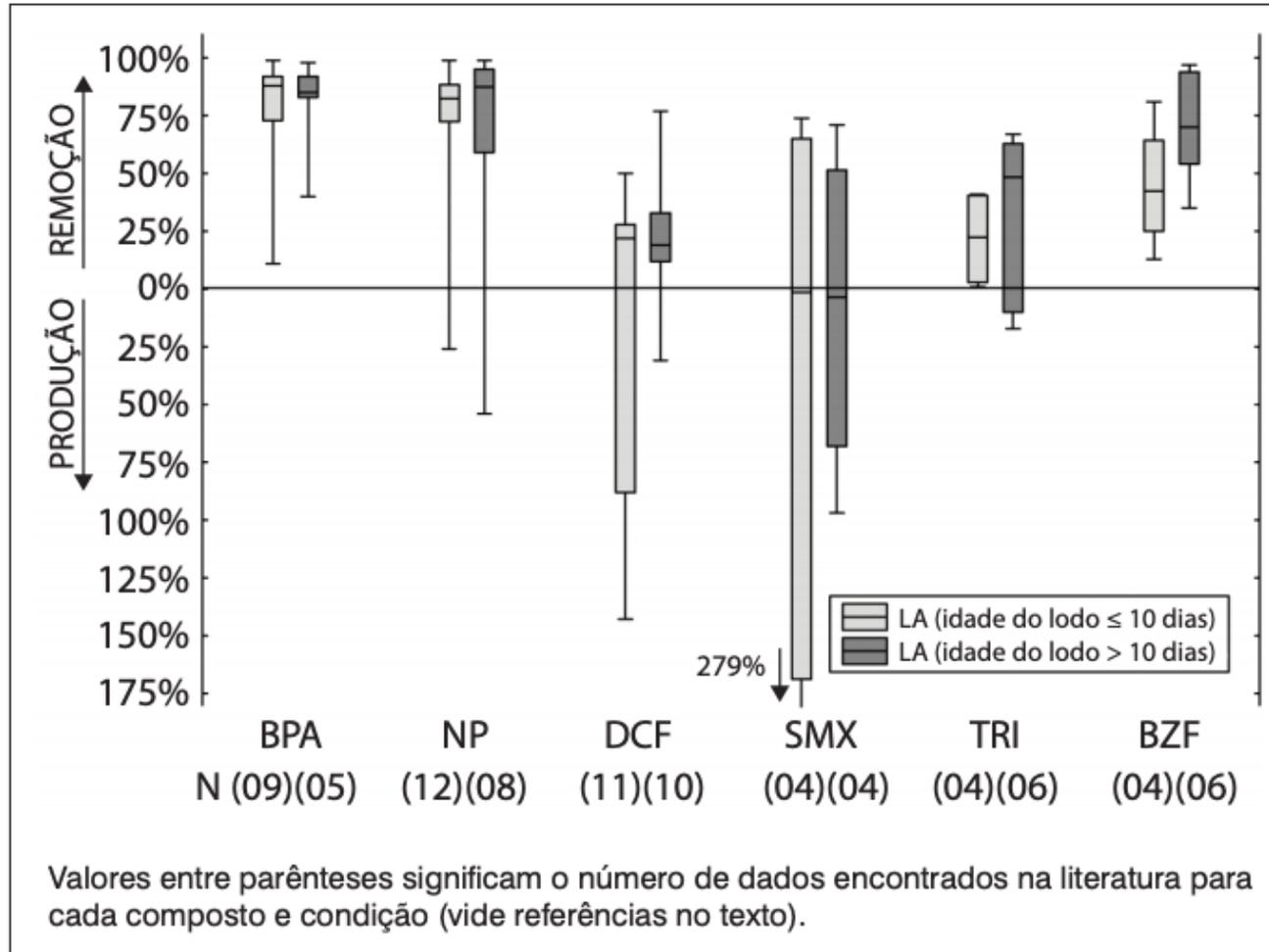
# Impactos na saúde causados pelo saneamento básico inadequado

Número de internações por doenças gastrointestinais infecciosas, segundo proporção da população com acesso a esgoto



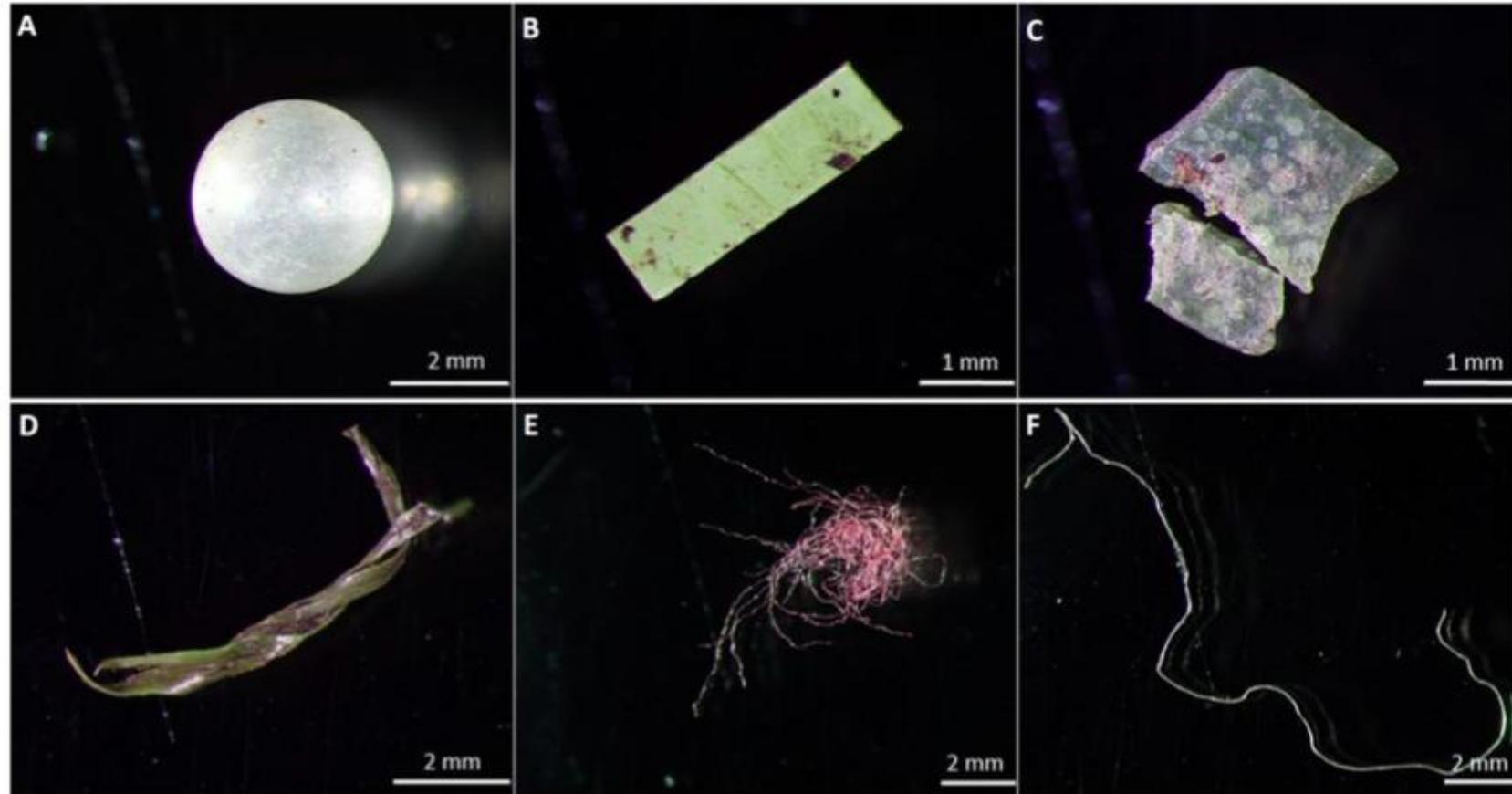
Fonte: Instituto Trata Brasil e Fundação Getúlio Vargas, 2010.

# Remoção de poluentes mais específicos



Bisfenol A  
Nonilfenol  
Diclofenaco  
Trimetoprima  
Sulfametoxazol  
Benzafrinato

# Remoção de poluentes mais específicos



Examples of MPPs of various shapes found in samples. (A) PE sphere. (B) PVC fragment. (C and D) PE fragments. (E) PES fiber. (F) PP fiber.

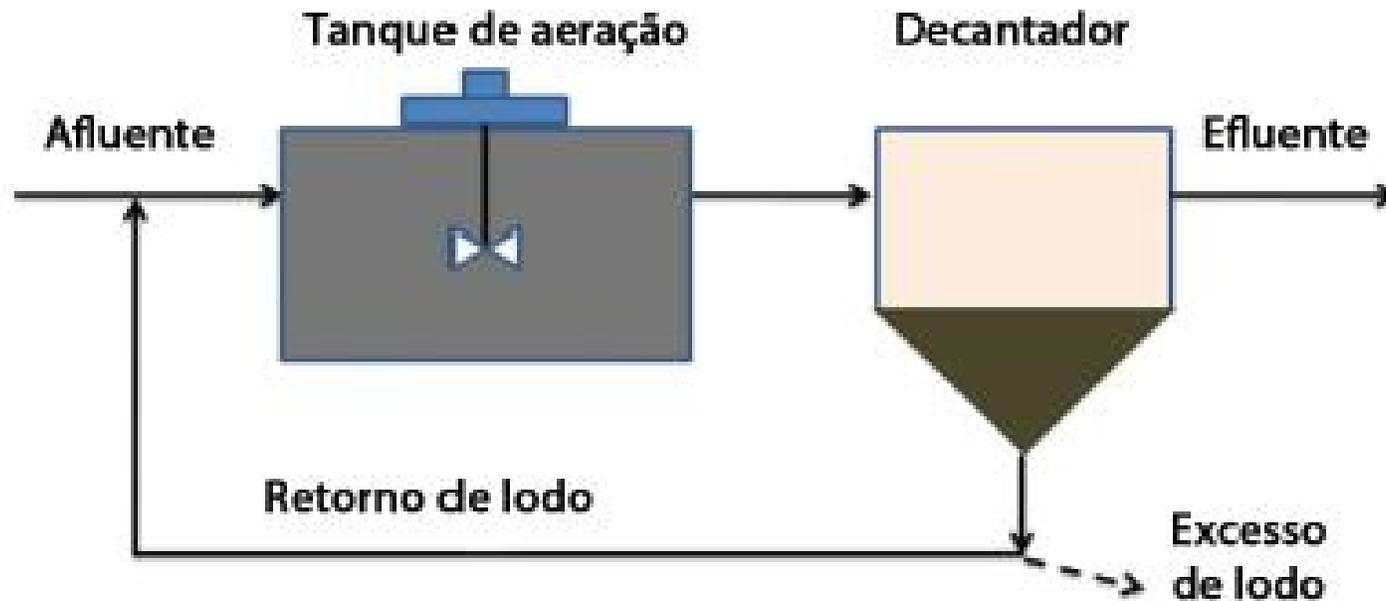


**COMO É O TRATAMENTO?**



# CERNE DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

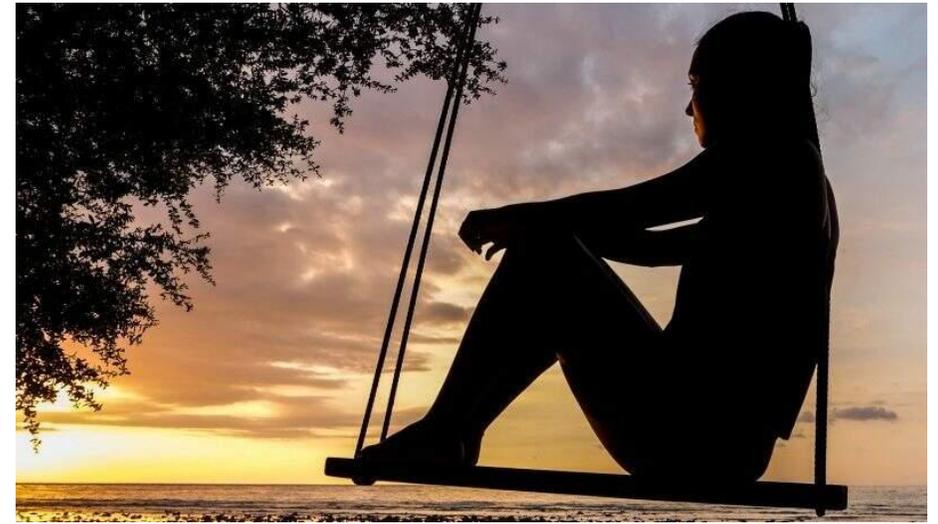
# Cerne do tratamento de águas residuárias



# Cerne do tratamento de águas residuárias



Uma reflexão.



As ETEs já não têm uma sustentabilidade intrínseca?

A sustentabilidade não é inexorável a ETE?

# Sustentabilidade



# Precisa ser mais sustentável?

Parece que sim...

- Segundo Wang et al, 2014, o tratamento de esgotos nos Estados Unidos :
  - consome  $\sim 15$  GW / ano
  - $\sim 1.2 \times 10^8$  t/ano de  $\text{CO}_2$  emitido
  - 10% das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$

# ETE Vespasiano



Vespasiano - MG

# ETE Vespasiano



## ETE VESPASIANO

Município: Vespasiano

Tipo de Tratamento: Lodos Ativos Aeração Prolongada Modificada

Capacidade: 90 L/s

Corpo receptor: Ribeirão da Mata

### Legenda

- Ⓐ Administrativo
- Ⓑ Laboratório
- Ⓒ Tratamento Preliminar
- Ⓓ Lodos Ativos
- Ⓔ Leitões de Secagem

Vazão 90L/s

Atualmente são gastos 50 mil reais/mês com energia elétrica na estação

# ETE Onça



Belo Horizonte - MG

# ETE Onça



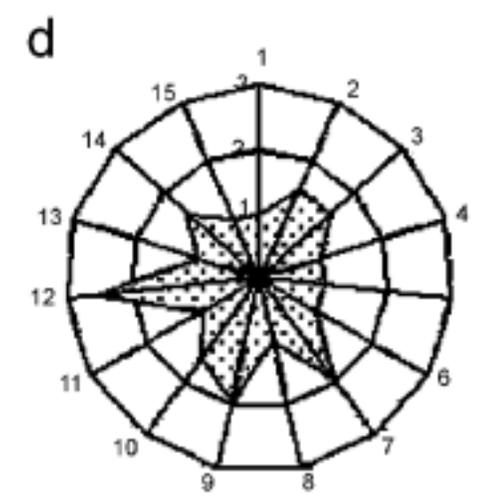
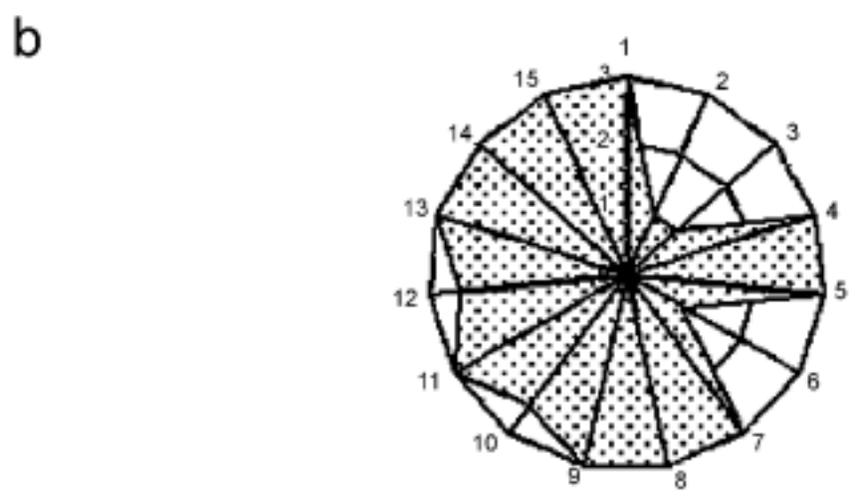
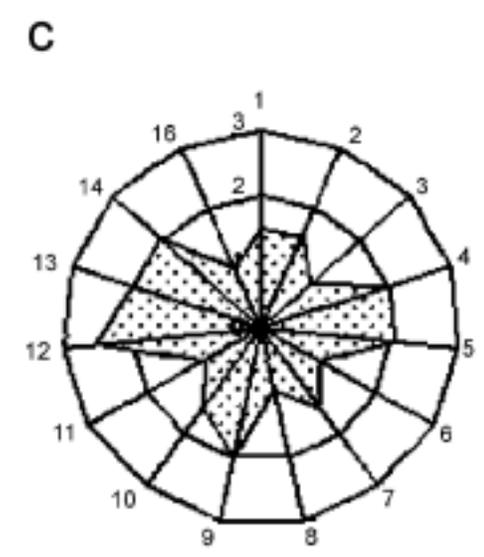
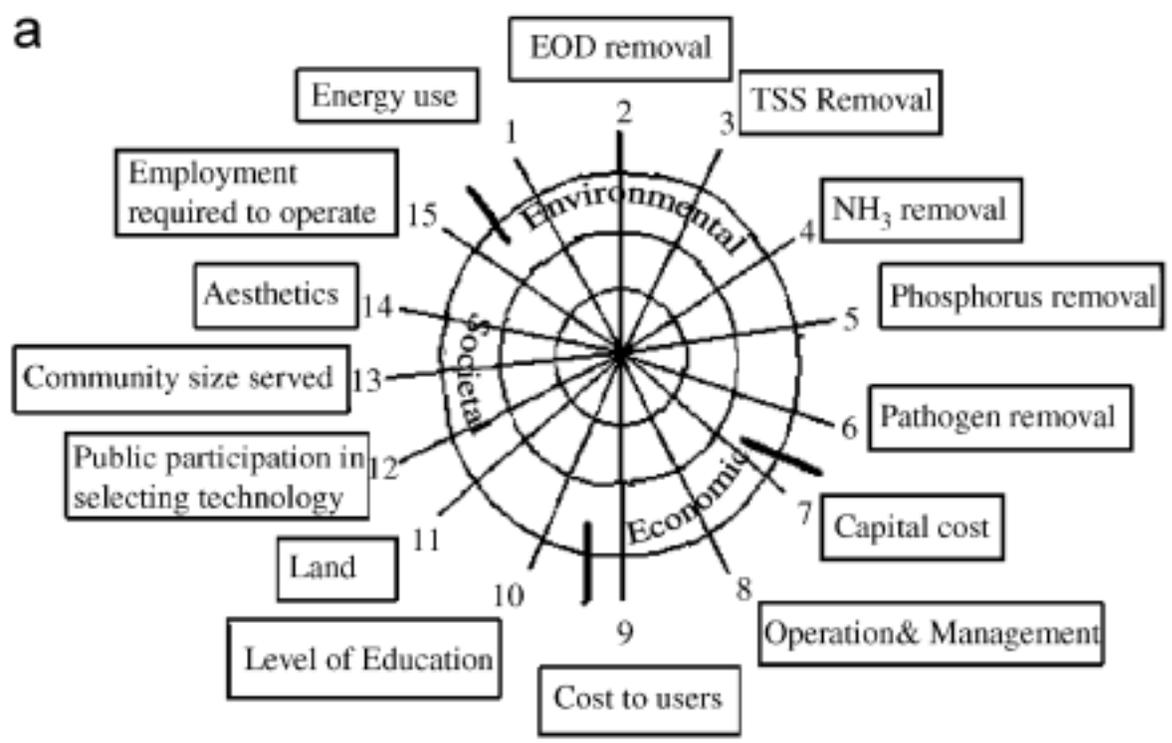
Vazão 2500L/s

O gasto energético da ETE  
custa em média 12 mil  
reais por mês.

## Belo Horizonte - MG

# Sustentabilidade







Lentes para  
sustentabilidade  
de no  
tratamento de  
esgotos

Processo e produtos

(Des) Limitações e  
transferência de tecnologia

Conceitual

+

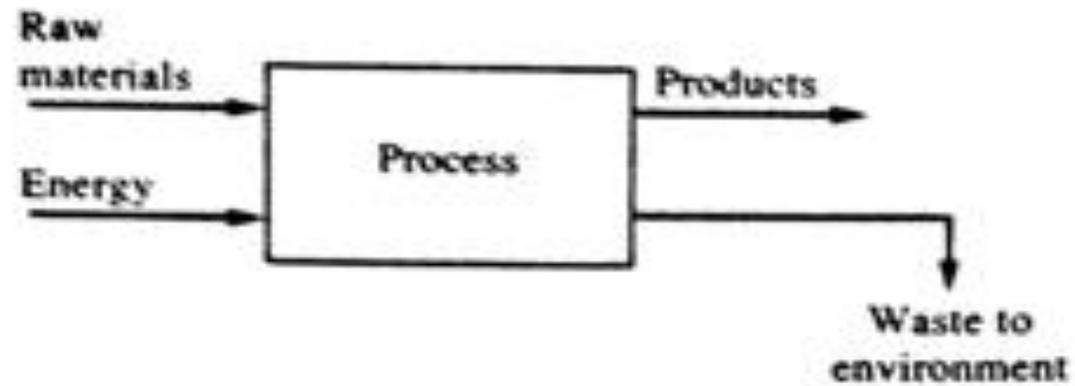
•

o

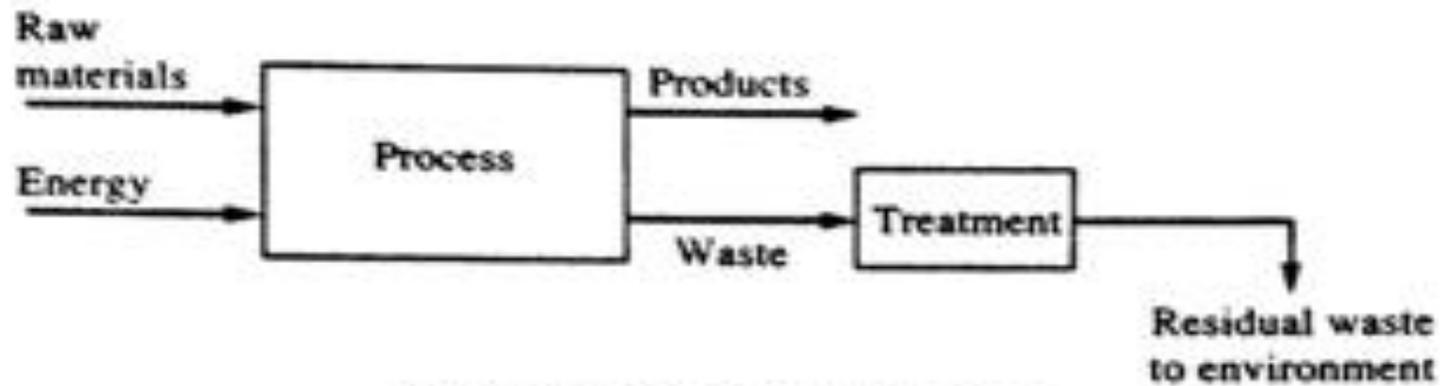
---

+  
•  
○

# PROCESSO E PRODUTOS

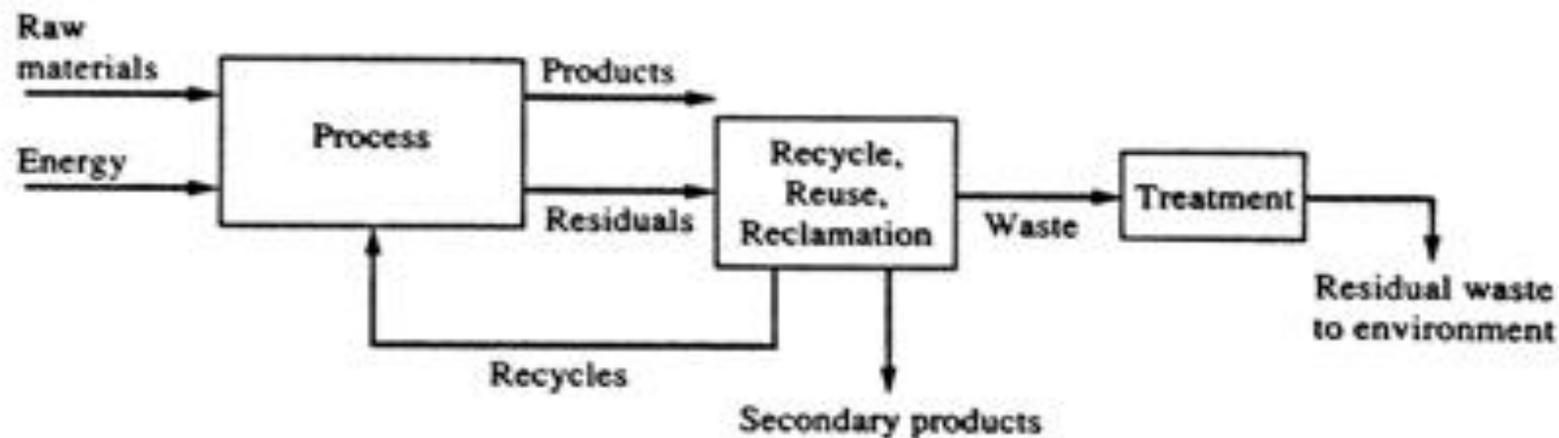


**(a) Past industrial practices**

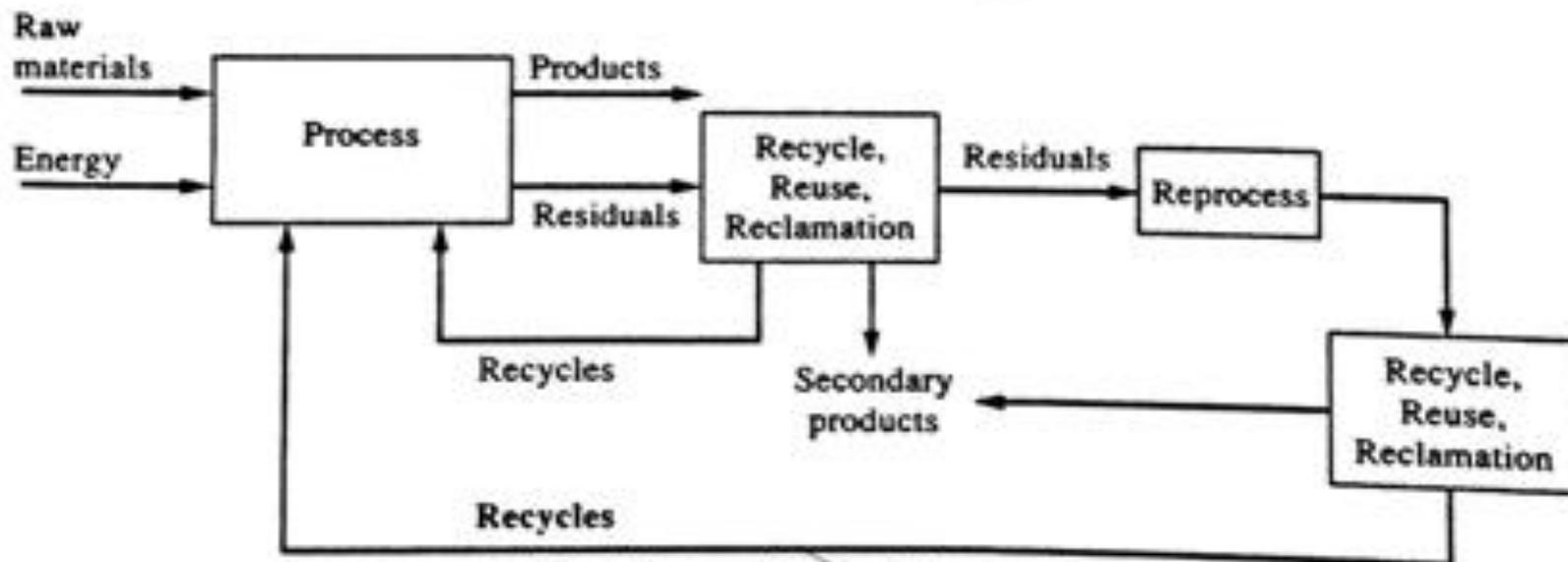


**(b) Recent industrial practices**

Fonte: Bisshop, 2000



(c) Current pollution prevention practices



(d) Ideal future industrial practices

# ETE Arrundas BH – Monachesi, 2013



# ETE Arrundas BH – Monachesi, 2013

- Energia média gerada com biogás (MWh/mes): 19,9 (Jan/2013)
- Energia consumida na planta (MWh/mes): 37,4 (Jan/2013)

53%

## Estación depuradora de aguas residuales de Viveros de la Villa (Madrid) (\*)

Por RAFAEL BUSTO SUAREZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



### 2.3. Línea de gas

El gas metano producido en los digestores y acumulado bajo la cubierta se extrae y envía a las soplantes o, si no tiene la calidad adecuada, a un quemador.

Las soplantes inyectan el gas por las lanzaderas al interior de los digestores primarios y los excesos son enviados a un calderín para su almacenamiento, después de comprimirlos a 7 atm. y enfriarlos con agua de la planta, a una esfera de almacenamiento de 950 m<sup>3</sup>.

El gas del gasómetro se utiliza bien como combustible en los grupos motogeneradores o en la caldera de vapor.

La caldera de 1,8 x 10<sup>6</sup> Kcal/h. utiliza gas de digestión o gasóleo como combustible alternativo cuando no existe gas y trabaja a 3 atm. El vapor saturado producido se envía a un cambiador de color donde se condensa y cede el calor a la corriente de agua que circula por los tubos.

La transmisión de calor utiliza agua en circuito cerrado, compensando las pérdidas con agua de planta, previamente acondicionada.

El gas de digestores o, en su defecto, el acumulado en el gasómetro también se emplea para producir energía eléctrica en tres motogeneradores de 455 KW. que se aprovecha para las diversas necesidades de la planta.

El calor residual de los motogeneradores también se recupera para los servicios de la planta en generación de agua caliente.

Los motogeneradores arrancan automáticamente cuando la presión del gas de digestores alcance 0,15 atm. o cuando en el gasómetro sea de 1,75



## Datos técnicos de la ERAR

**Caudal total de tratamiento** 190.000 m<sup>3</sup>/día

**Habitantes equivalentes** 1.029.600

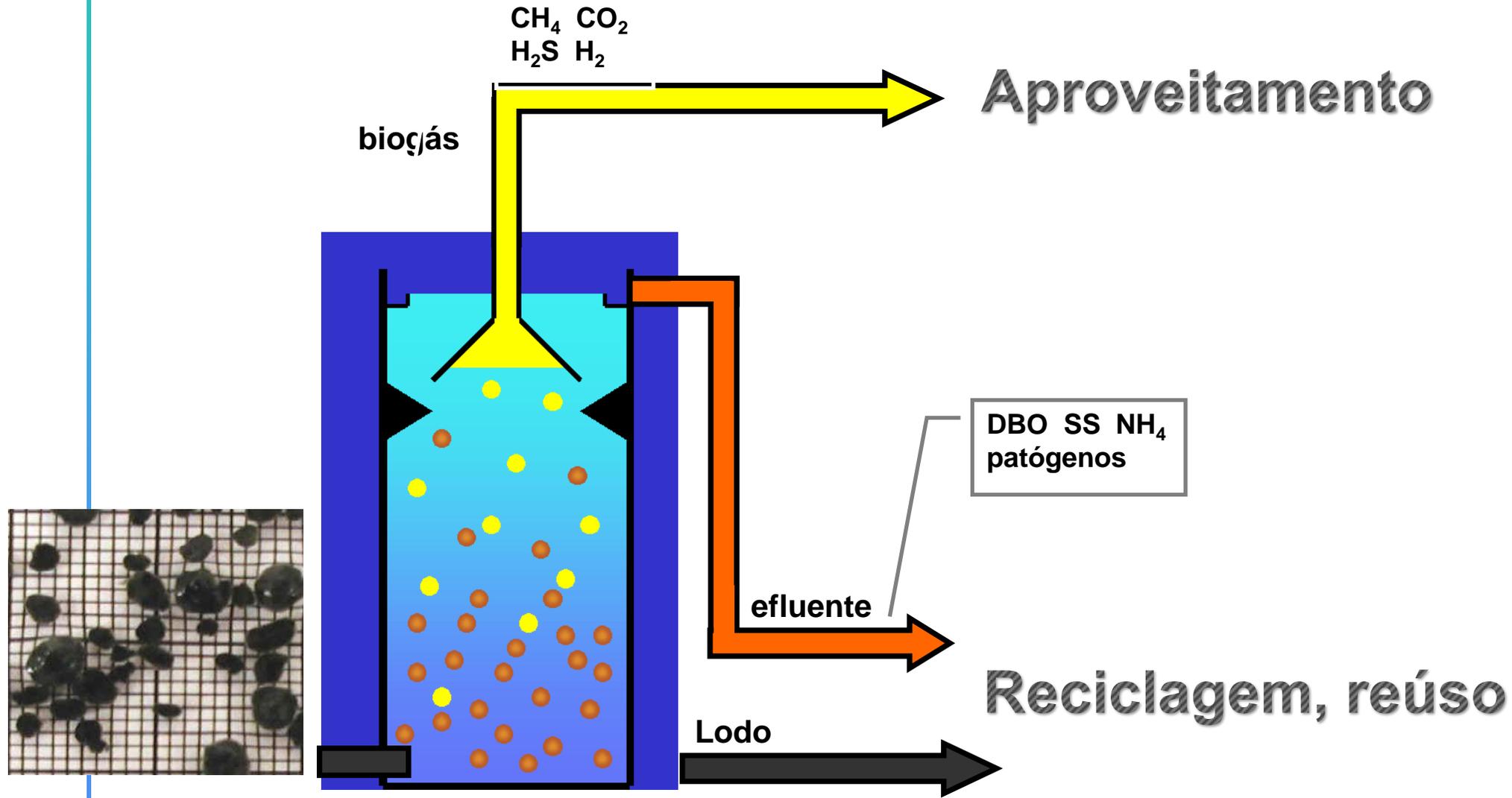
### Características del agua

#### Datos de agua residual

DBO5	325 mg/l
SS	300 mg/l
N total	50 mg/l
P total	11 mg/l

Datos de agua tratada	Sin reactivos	Con reactivos
DBO5	8 mg/l	3 mg/l
SS	4 mg/l	2 mg/l
N total	< 10 mg/l	< 10 mg/l
P total	< 1 mg/l	< 1 mg/l

# E no tratamento anaeróbico - Reator UASB?

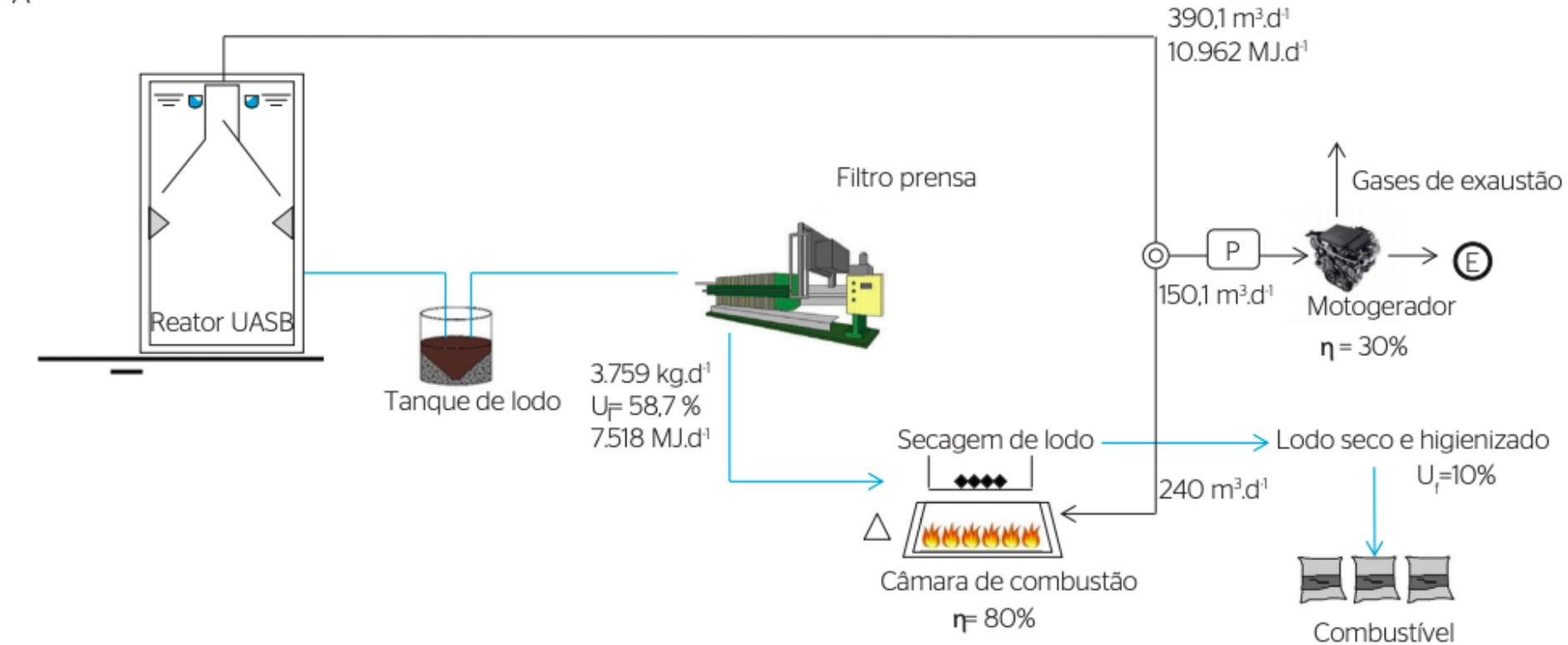


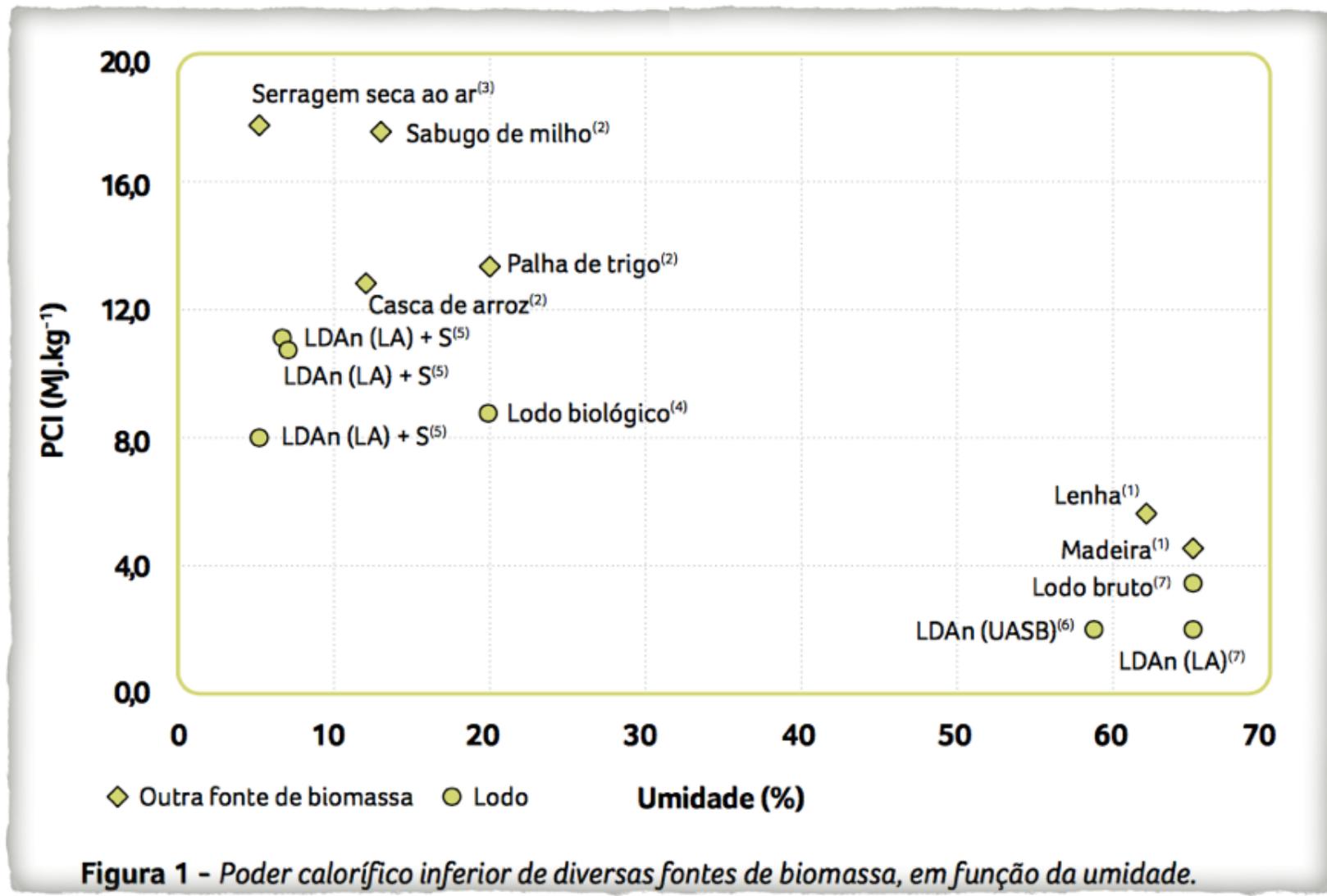
# Reator UASB

- o aproveitamento da energia térmica do biogás foi suficiente para aquecer o lodo em temperaturas de 55 a 65°C (Borges, et al, 2009)

# Aproveitamento de subprodutos ETE (UASB)

Rosa et al 2016





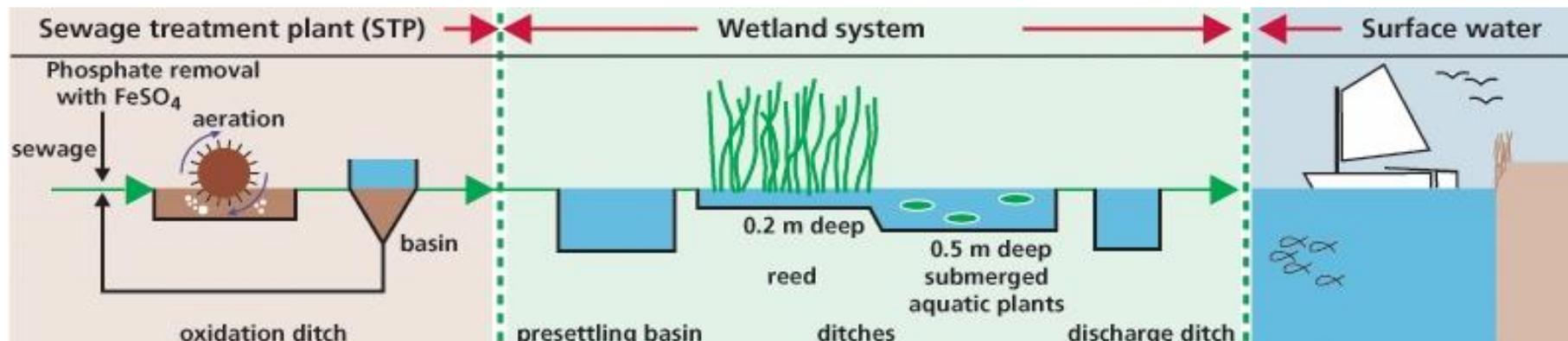
Poder calorífico inferior de diversas fontes de biomassa, em função da umidade  
 Fonte: Rosa et al, 2015

# ETE Ecológica Ponte dos Leite



Araruama - RJ

## ETE na ilha de Texel (Holanda)



Fonte: [www.rekel.nl/water/usn/helo/paper.htm](http://www.rekel.nl/water/usn/helo/paper.htm)

# ETE Ecológica Ponte dos Leite

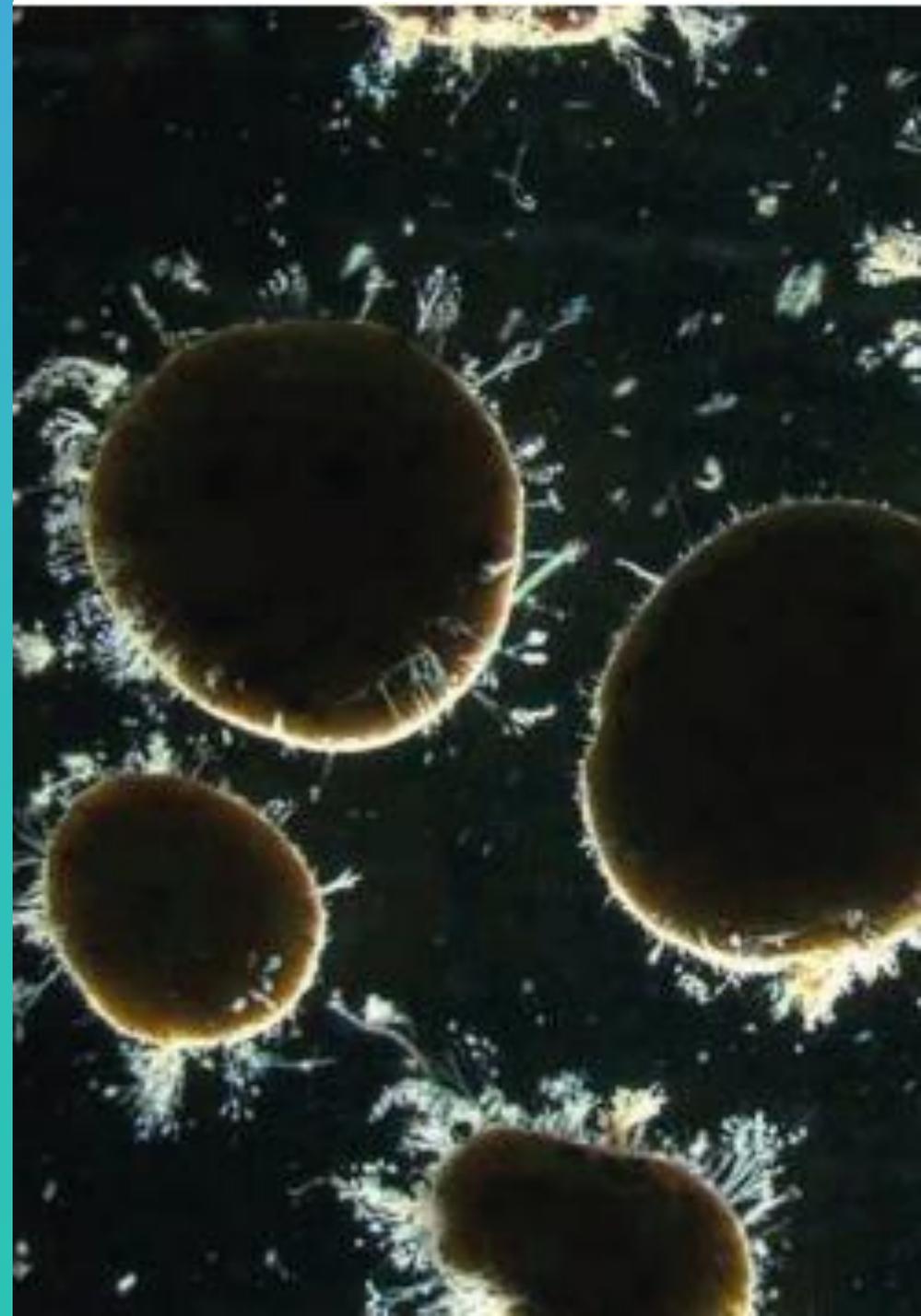


Araruama - RJ



Compostagem (macrófitas e lodo de outras ETEs)

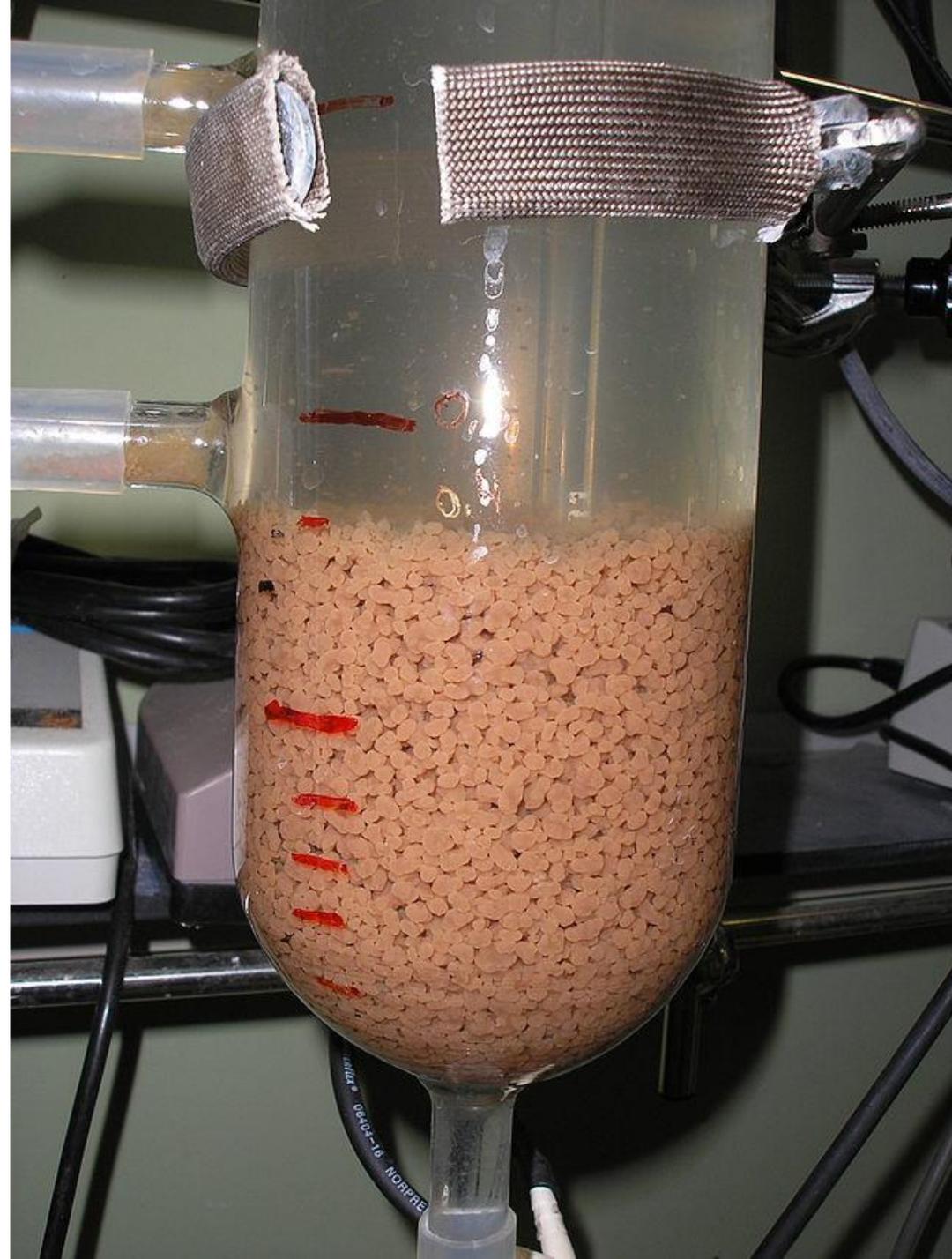
# GRANULAÇÃO AERÓBIA

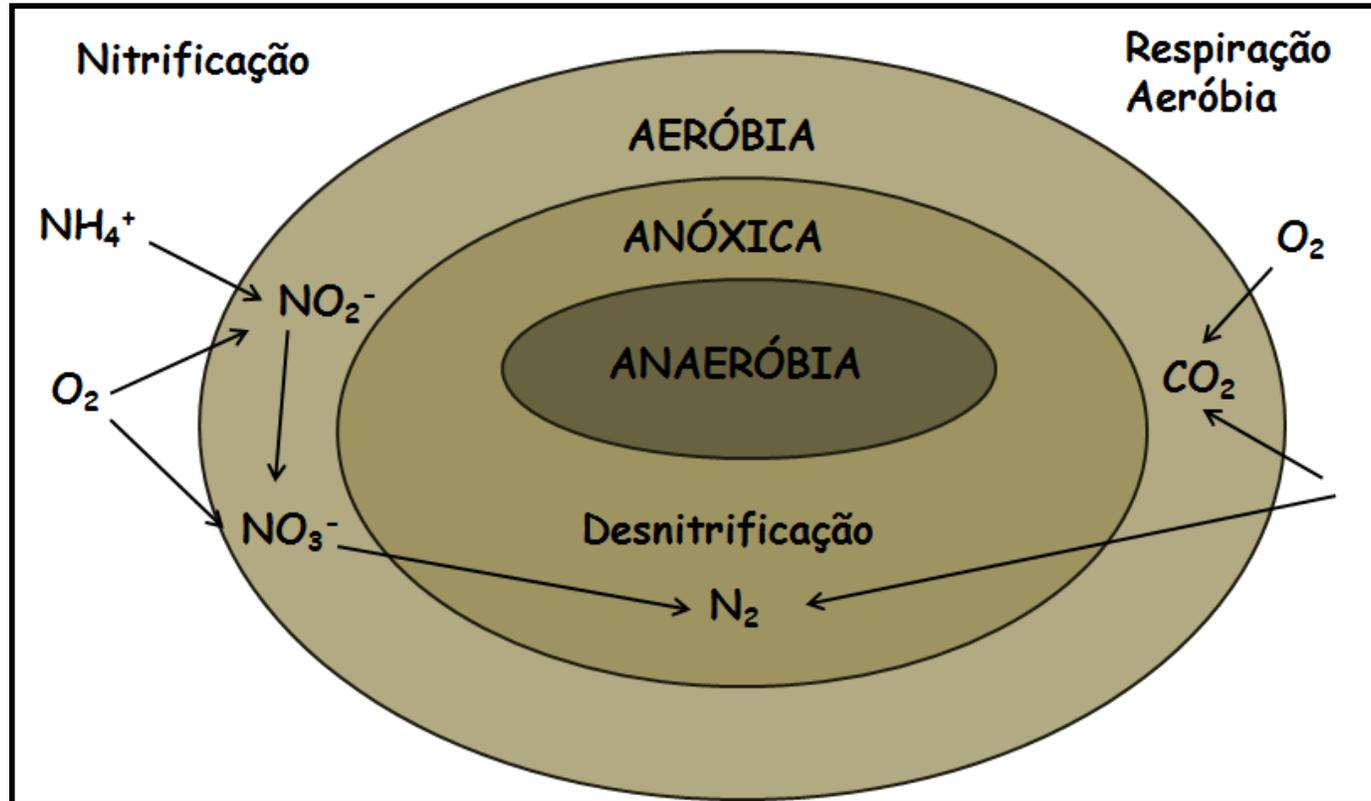




Fonte:[http://es.wikipedia.org/wiki/Granulaci3n\\_aerobia#mediaviewer/File:Granulos.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Granulaci3n_aerobia#mediaviewer/File:Granulos.jpg)

Fonte:[http://es.wikipedia.org/wiki/Granulaci3n\\_aerobia](http://es.wikipedia.org/wiki/Granulaci3n_aerobia)





**Figura 6. Combinação de processos nos grânulos aeróbios.**

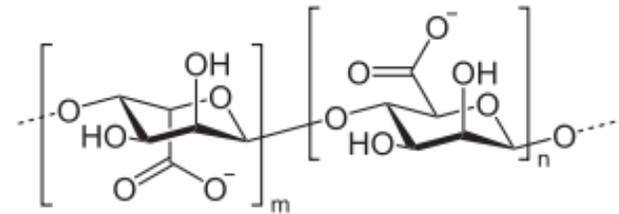
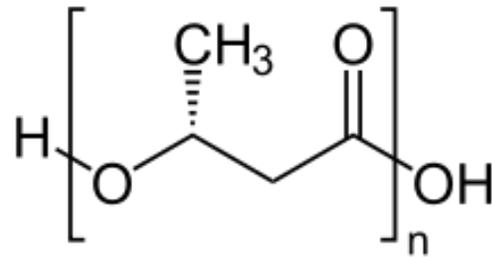
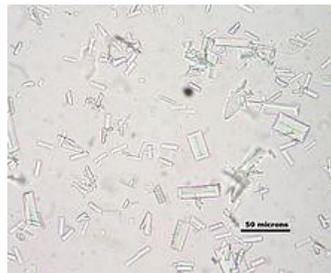
Fonte: Adaptado de Figueroa *et al.*, 2009.

Citado por Wagner, 2011

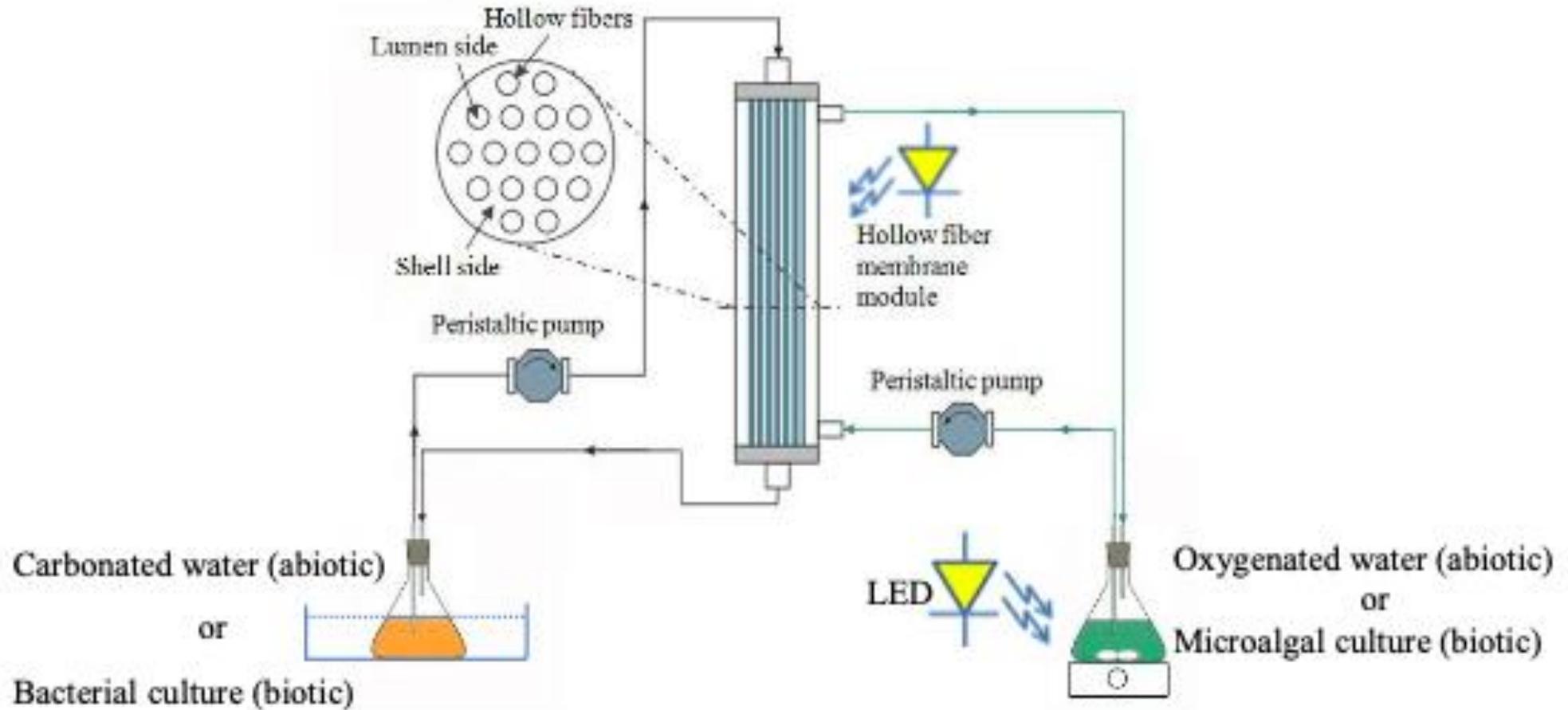
# Materiais possíveis de serem reciclados em ETEs



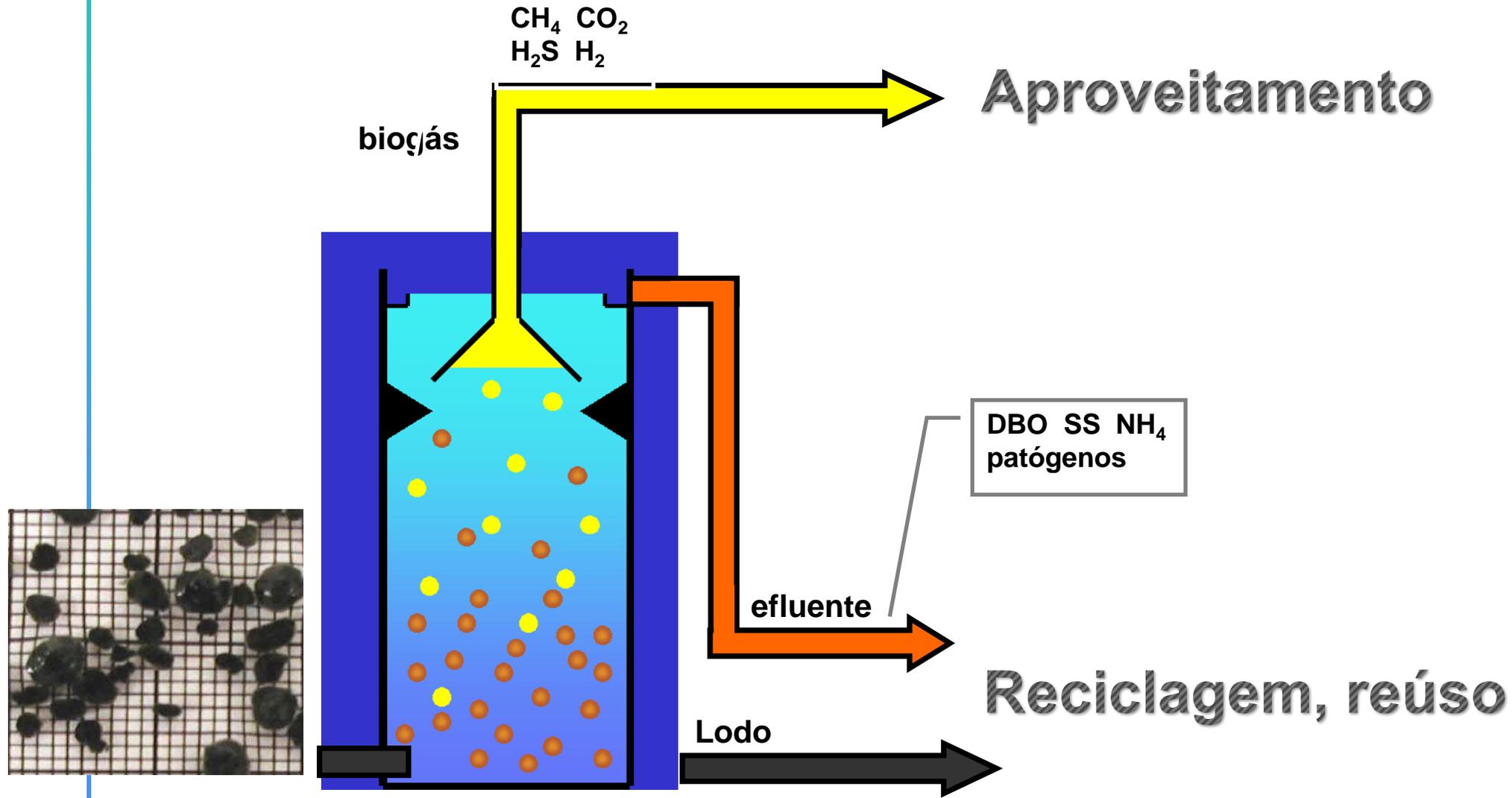
Struvite (A), polyhydroxyalkanoate bioplastic (B), and alginate biopolymers (C) are examples of recycled materials produced by wastewater treatment.

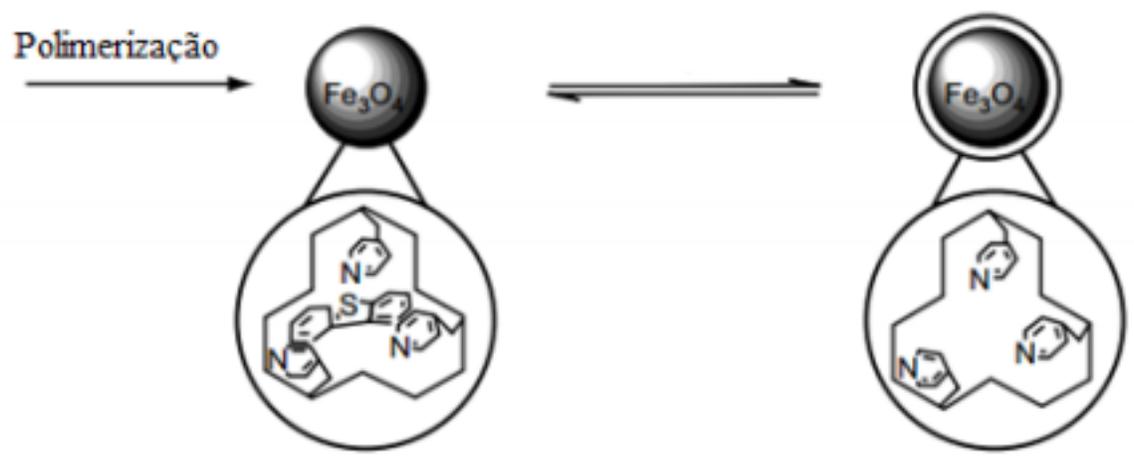
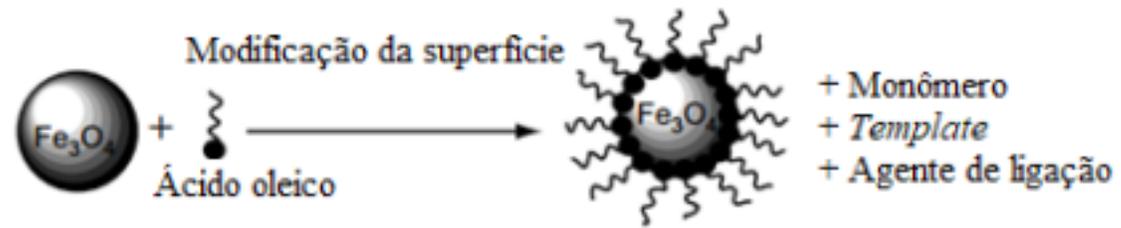


# Aeração fotossintética



# E mais o que do UASB?





+  
•  
○

# (DES) LIMITAÇÕES E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA



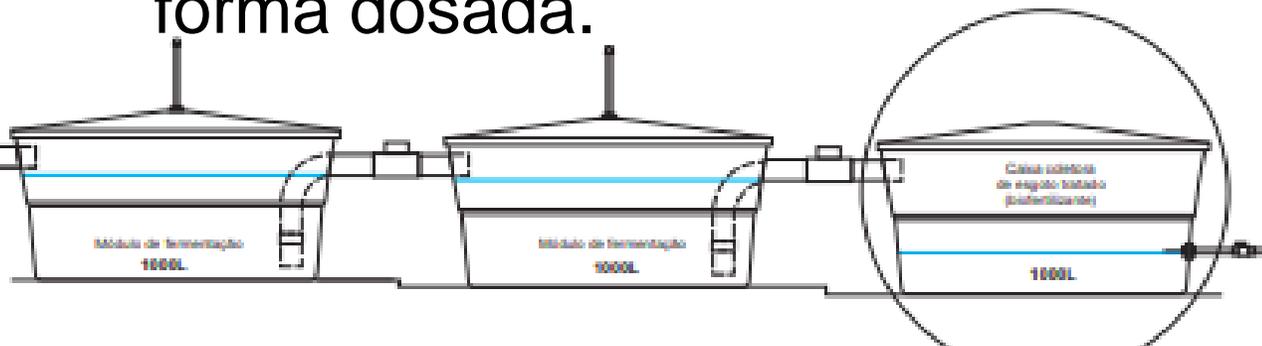


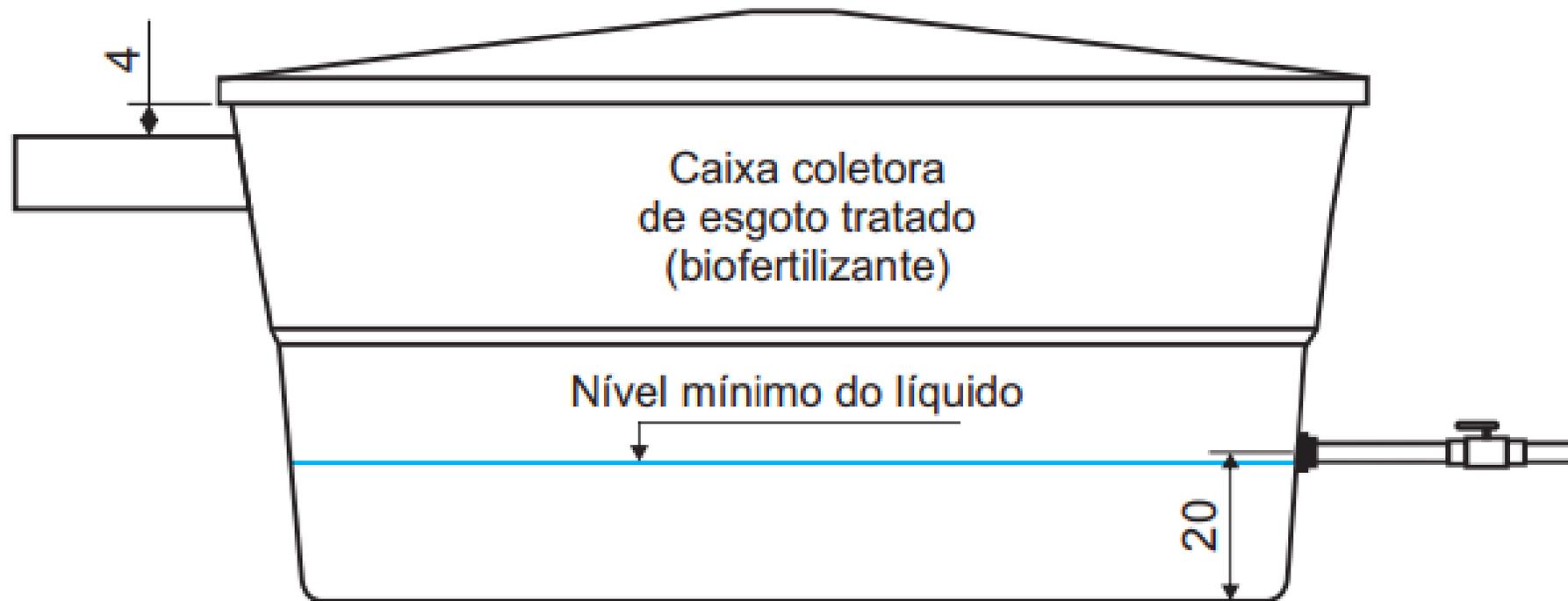
Fossa séptica biodigestora - Foto: HERNANDES, Pedro



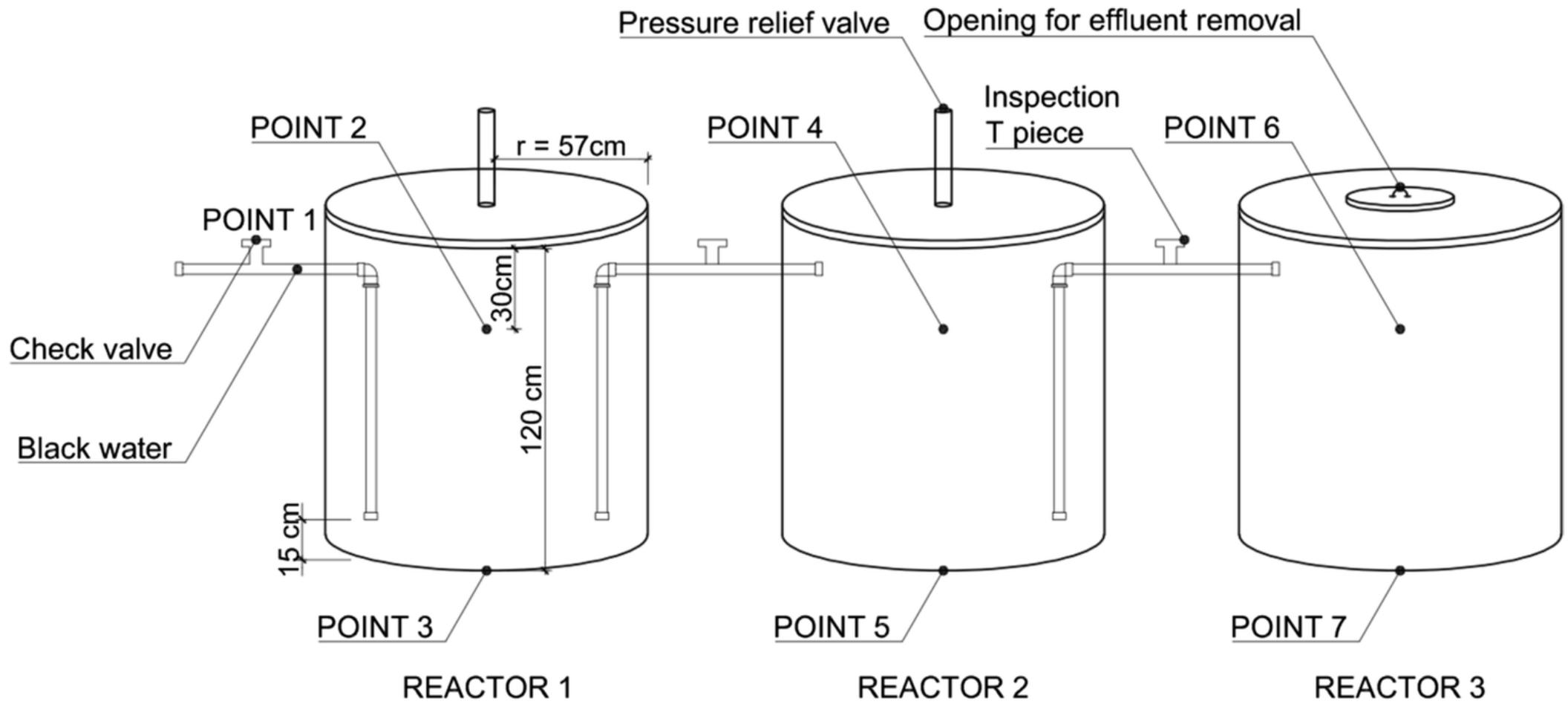
## Manual da Embrapa:

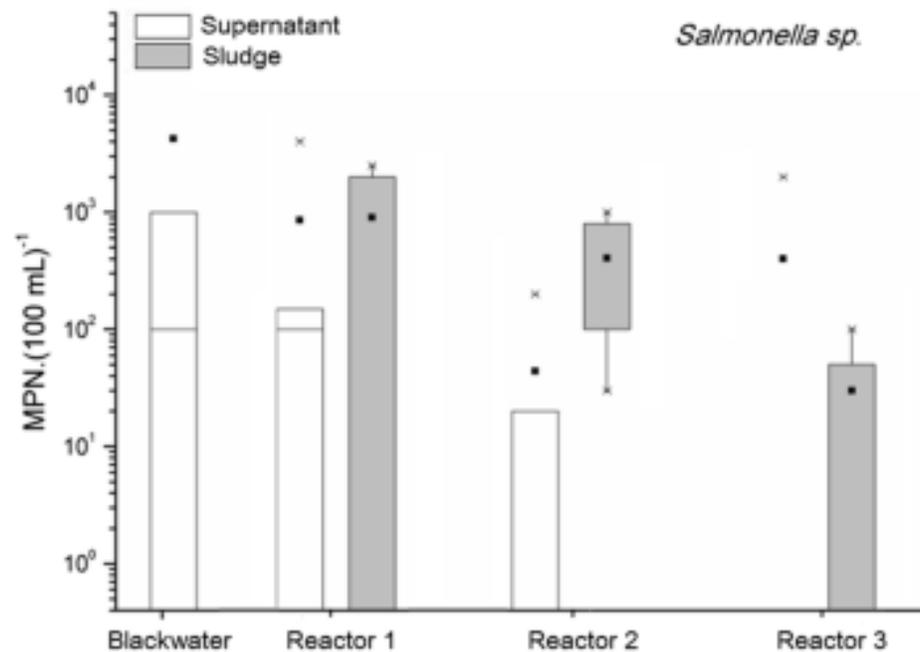
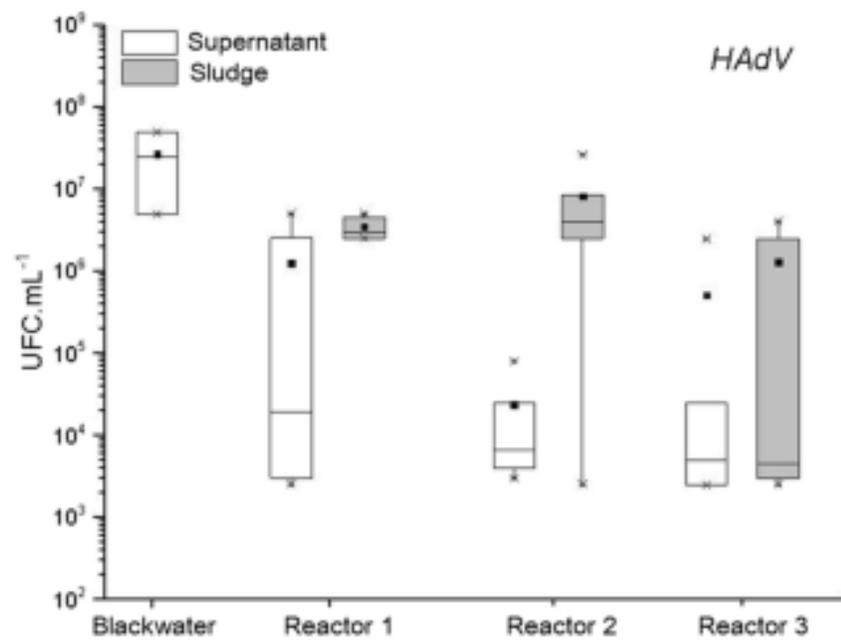
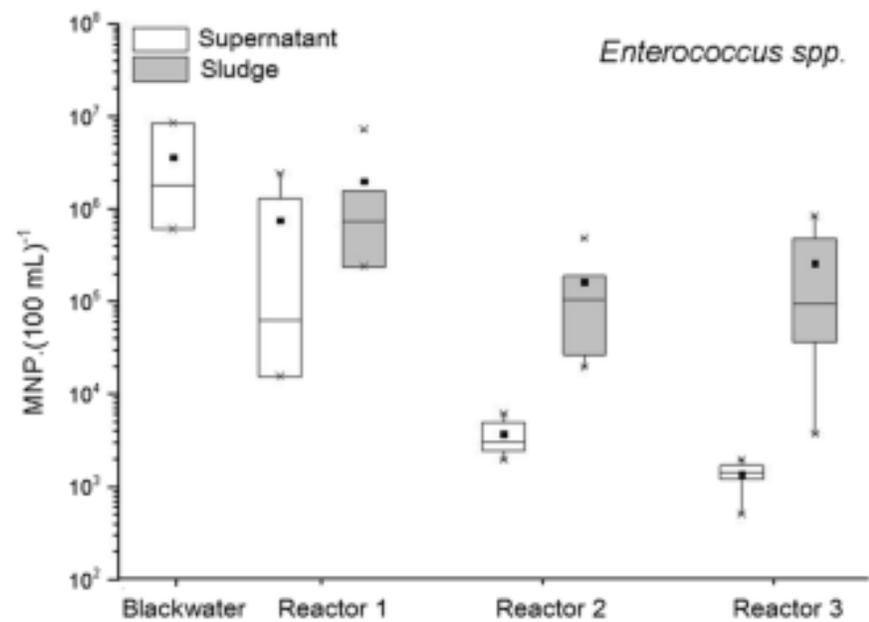
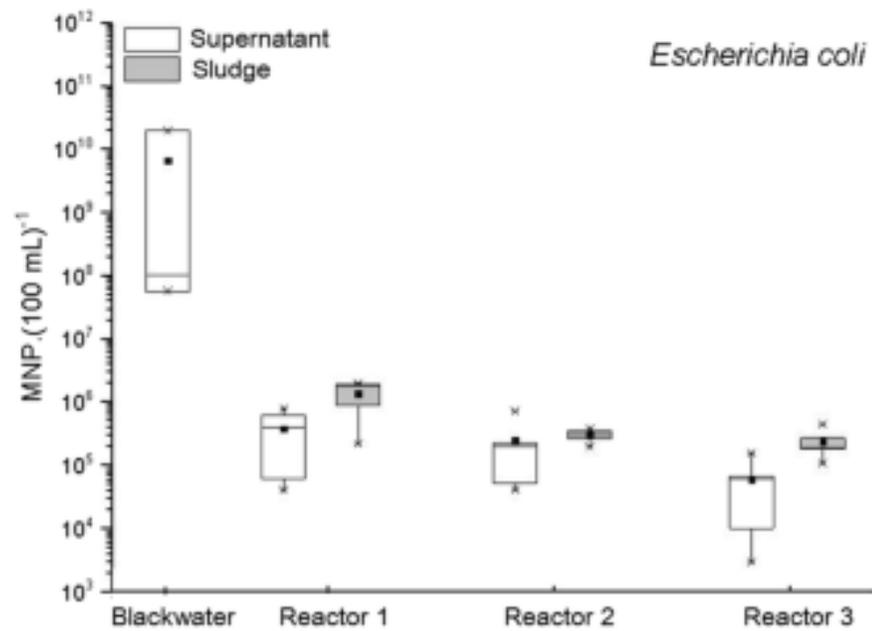
O efluente obtido na saída da 3<sup>a</sup> caixa poderá ser utilizado na ferti-irrigação de culturas frutíferas, capineiras e de outros alimentos que não são consumidos crus, aplicando-se sempre no solo e de forma dosada.





Obs.: medidas em cm







Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



[A Embrapa](#) ▾ | [Negócios e Vitrine de Tecnologias](#) ▾ | [Biblioteca](#) | [Projetos](#) | [Cursos e Eventos](#) | [Notíci](#)

[Notícias](#) / [Busca de Notícias](#) / [Estação de tratamento de esgoto garante água limpa para irrigação de hortaliças](#)

## Notícias

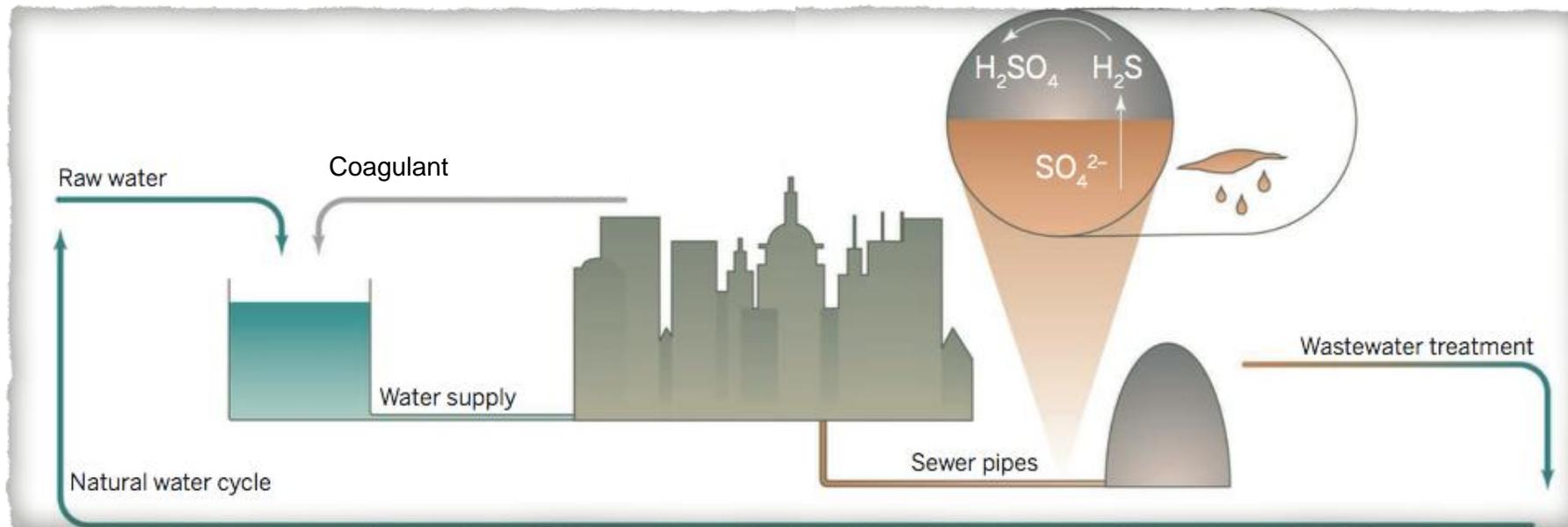
19/01/21 | [Agricultura familiar](#) [Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação](#) [Produção vegetal](#) [Segurança alimentar, nutrição e saúde](#) [Manejo de Recursos Hídricos](#)

### [Estação de tratamento de esgoto garante água limpa para irrigação de hortaliças](#)





# CONCEITUAL



- 64% da pop. mundial ligada a redes de esgoto
- 10 trilhões de dólares investidos
- 50 a 100 anos de vida útil
- 1 a 2 % necessários para manutenção
- 1 ano de preservado pode economizar 1 bilhão de dólares (globalmente)

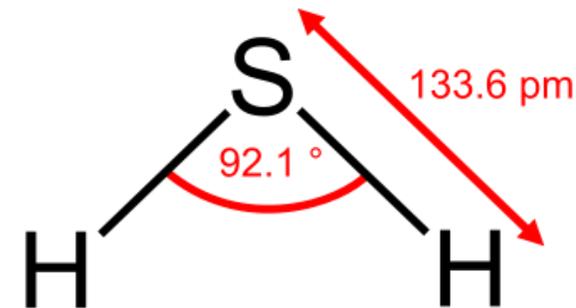
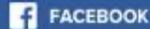


21/05/2015 16h50 - Atualizado em 21/05/2015 16h50

## Mau cheiro de estações de tratamento gera reclamações em Campinas, SP

Cheiro se intensificou devido a quebra de equipamentos, segundo Sanasa. Empresa informou que situação deve voltar ao normal nos próximos dias.

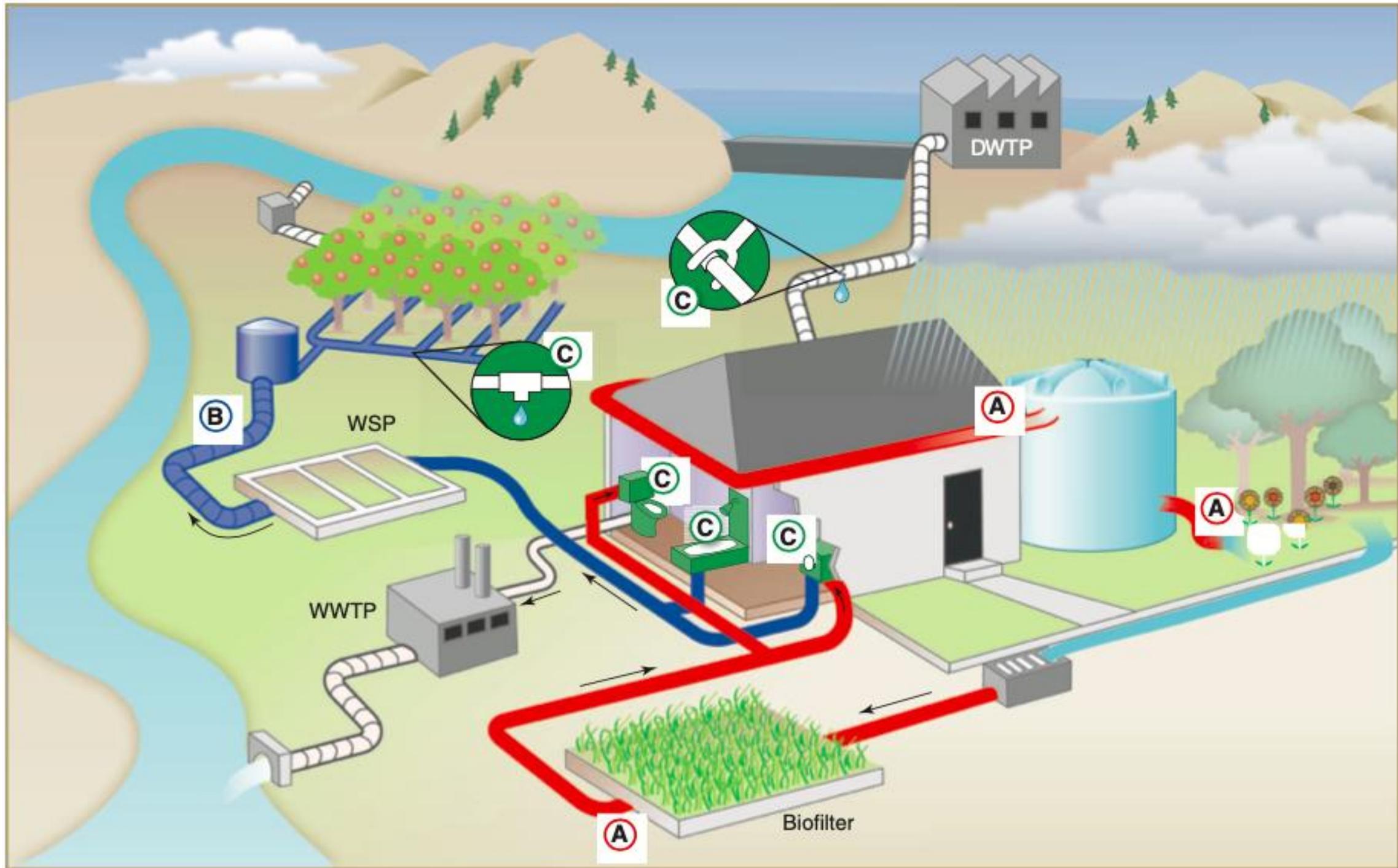
Do G1 Campinas e Região



# Taking the “Waste” Out of “Wastewater” for Human Water Security and Ecosystem Sustainability

Stanley B. Grant,<sup>1,2\*</sup> Jean-Daniel Saphores,<sup>1,3</sup> David L. Feldman,<sup>3</sup> Andrew J. Hamilton,<sup>4</sup> Tim D. Fletcher,<sup>5</sup> Perran L. M. Cook,<sup>6</sup> Michael Stewardson,<sup>2</sup> Brett F. Sanders,<sup>1</sup> Lisa A. Levin,<sup>7</sup> Richard F. Ambrose,<sup>8</sup> Ana Deletic,<sup>9</sup> Rebekah Brown,<sup>10</sup> Sunny C. Jiang,<sup>1</sup> Diego Rosso,<sup>1</sup> William J. Cooper,<sup>1</sup> Ivan Marusic<sup>11</sup>

Humans create vast quantities of wastewater through inefficiencies and poor management of water systems. The wasting of water poses sustainability challenges, depletes energy reserves, and undermines human water security and ecosystem health. Here we review emerging approaches for reusing wastewater and minimizing its generation. These complementary options make the most of scarce freshwater resources, serve the varying water needs of both developed and developing countries, and confer a variety of environmental benefits. Their widespread adoption will require changing how freshwater is sourced, used, managed, and priced.



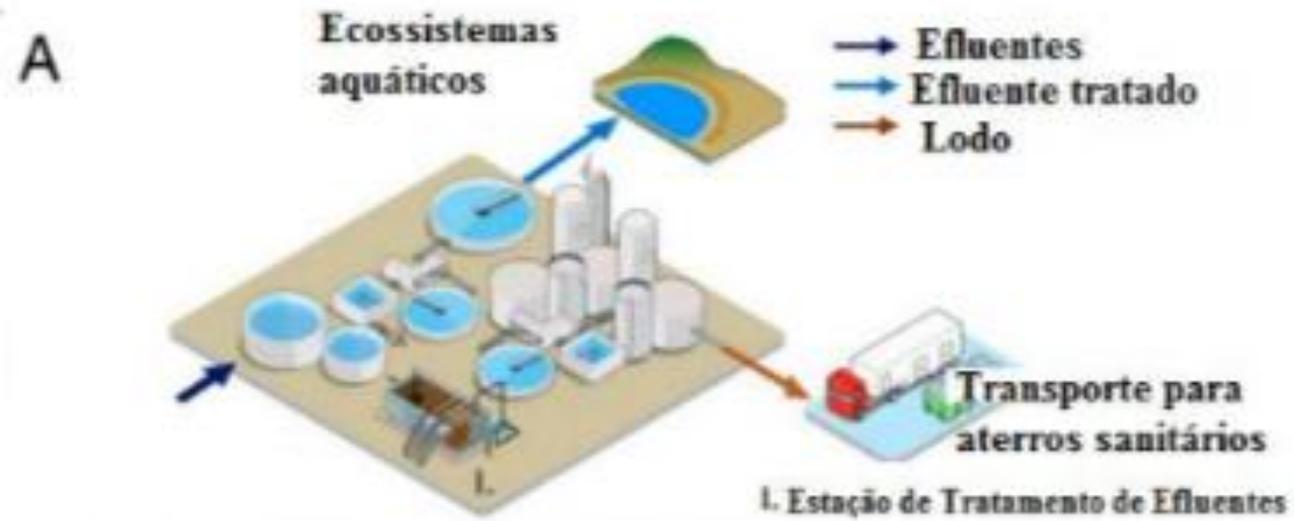
# Economia Circular



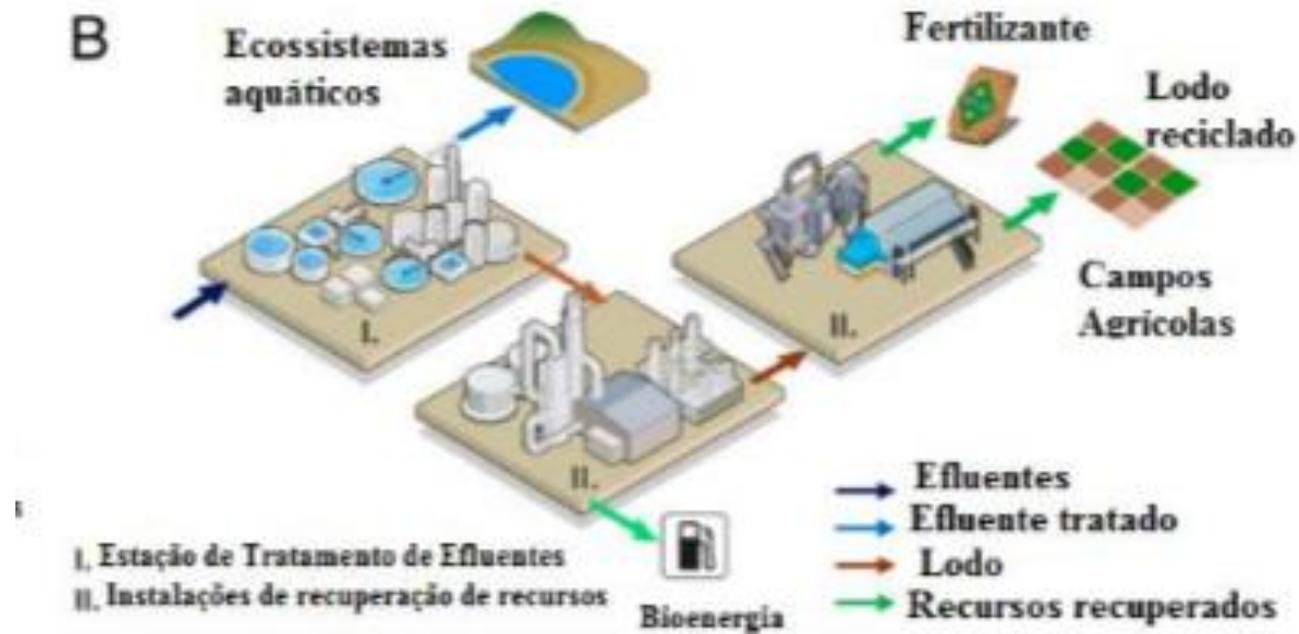
# Bioeconomia



# ETEs Convencionais



# ETEs Sustentáveis



# Situação no Brasil (de volta à realidade)

2019

## Esgotamento Sanitário - 2019

### Dados Brasil



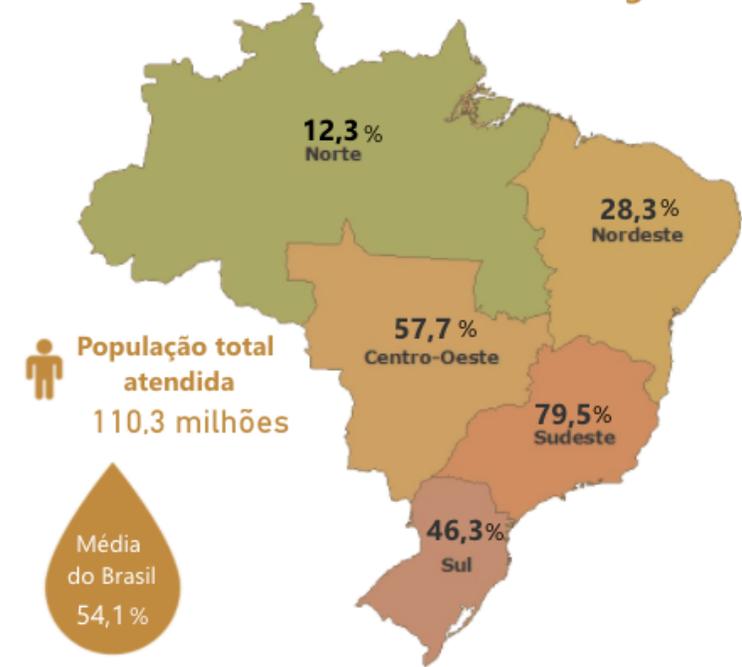
5.570 municípios  
210,1 milhões de habitantes

### Amostra SNIS

4.226 municípios  
75,9%

89,9%  
População total

### Índice de atendimento total de esgoto



82,00%  
Adm. Púb. Dir.

13,40%  
Autarquia

3,20%  
Empresa priv.

1,20%  
Soc. eco. Mista

0,20%  
Empresa Púb.

0,00%  
Org. Social

### Prestadores de serviço



Microrregional 8

Regional 26

Local 2.828



354,3 mil km  
Extensão da rede



34,6 milhões  
Ligações de esgoto

### Tratamento de esgoto gerado



49,1 %  
é tratado

### Investimentos em sistemas de esgoto

2018  
R\$ 4,74 bilhões



2019  
R\$ 5,33 bilhões

# FRASE DE RACHAEL CARSON

Será que caímos em um estado de entorpecimento que faz que aceitemos como inevitável aquilo que é inferior ou prejudicial, como se houvéssemos perdido a vontade ou a visão de exigirmos o que é bom?



# I SIMAC

# OBRIGADO!

[anibal@ufop.edu.br](mailto:anibal@ufop.edu.br)



UFOP



ESCOLA DE MINAS