

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA E GERENCIAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DE FÁBRICAS DE PAPÉIS RECICLÁVEIS

CLÁUDIO MUDADO SILVA



Laboratório de Celulose e Papel
Departamento de Engenharia Florestal
Universidade Federal de Viçosa

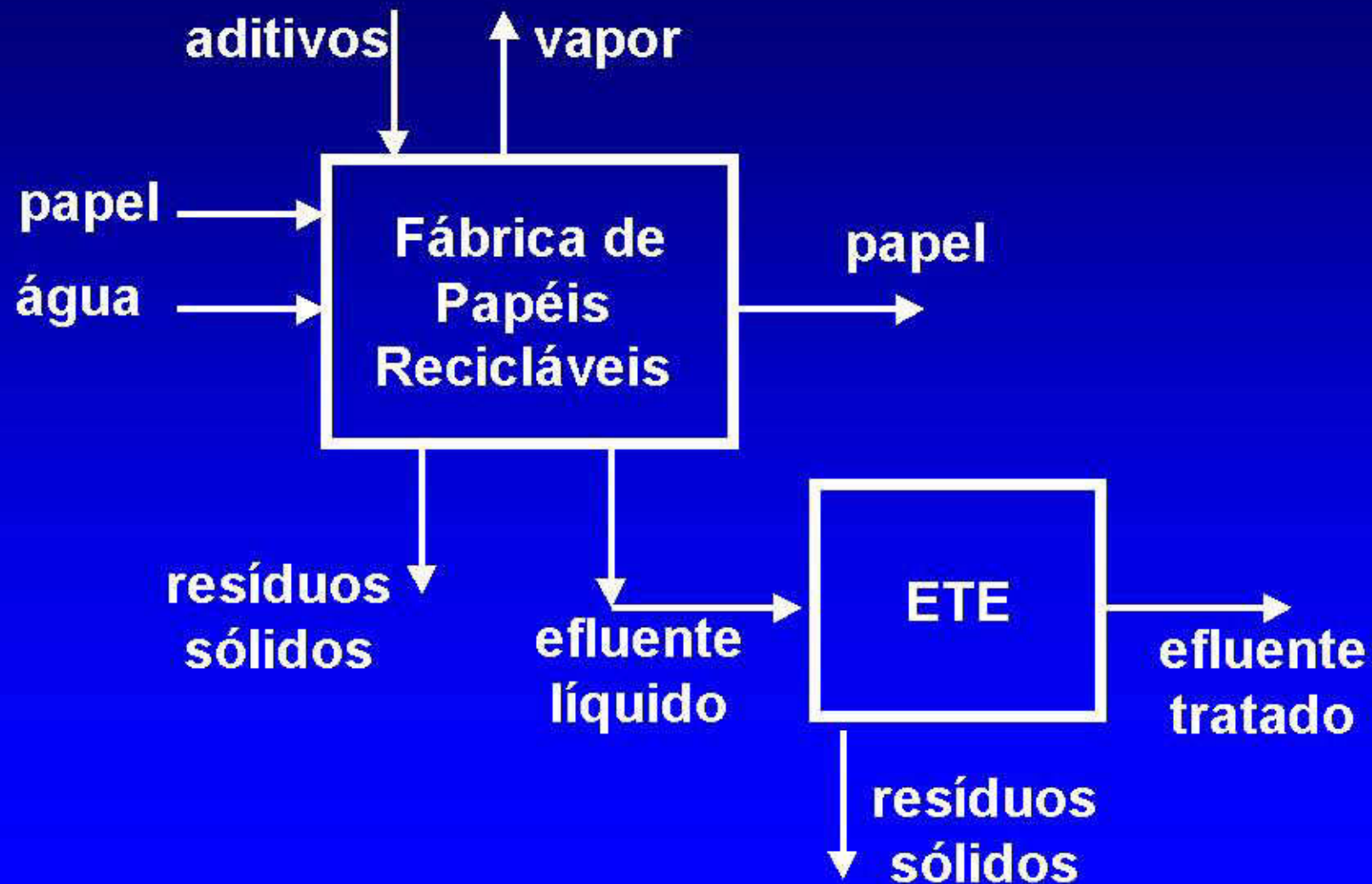
APRESENTAÇÃO

- Introdução
- Controle Preventivo da Poluição
- Reutilização de água em máquinas de papel
- Tratamento de efluentes

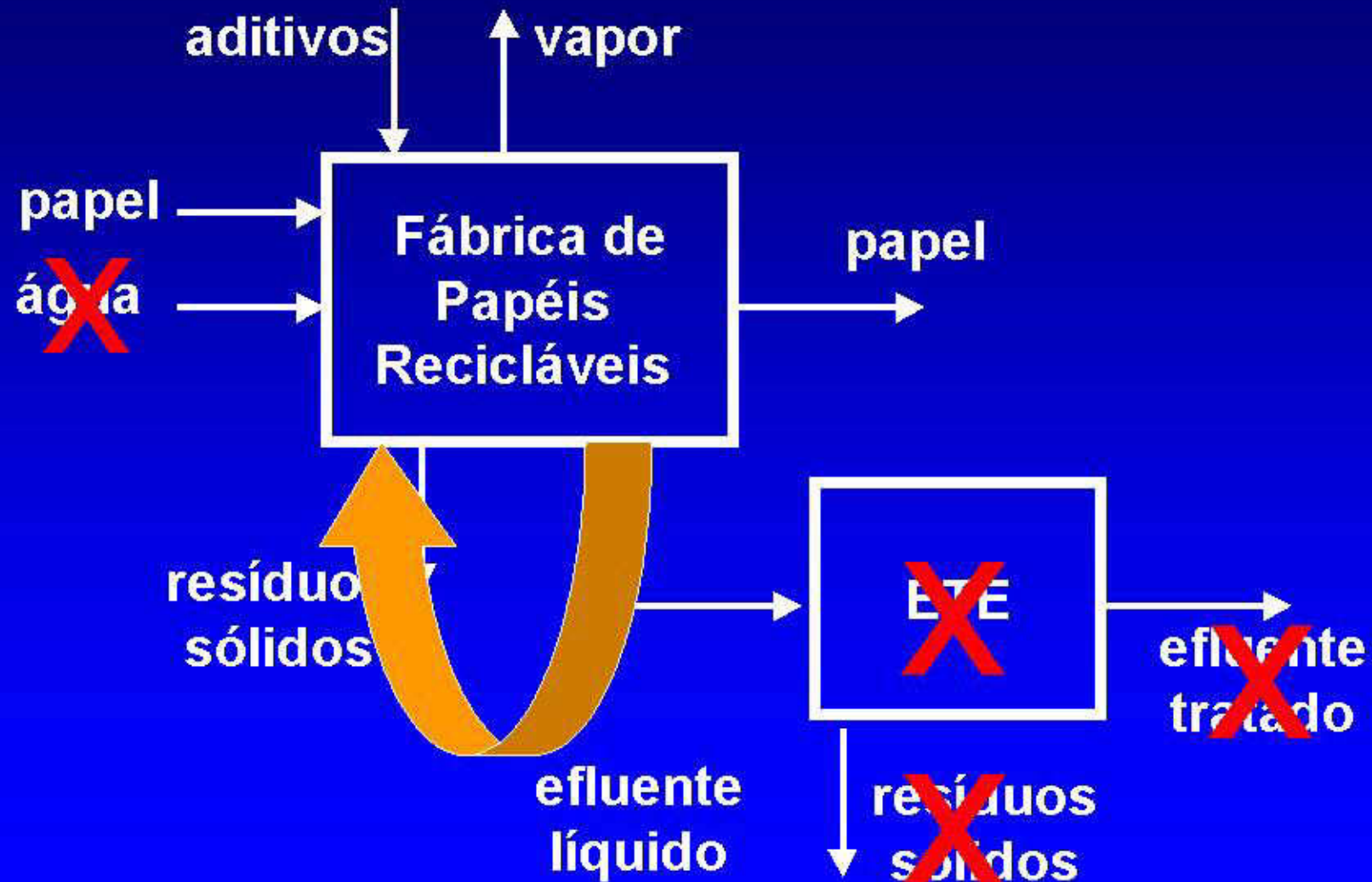
LEGISLAÇÃO

- CONAMA 20 (Federal) e Deliberações Normativas (Estadual)
 - Classificam as águas e estabelecem padrões de lançamento de efluentes
- Política nacional dos recursos hídricos (Lei 9.433)
 - Criação de comitês de bacias hidrográficas
 - Cobrança pelo uso da água
- Licenciamento ambiental
 - Exigências ambientais específicas para cada fábrica

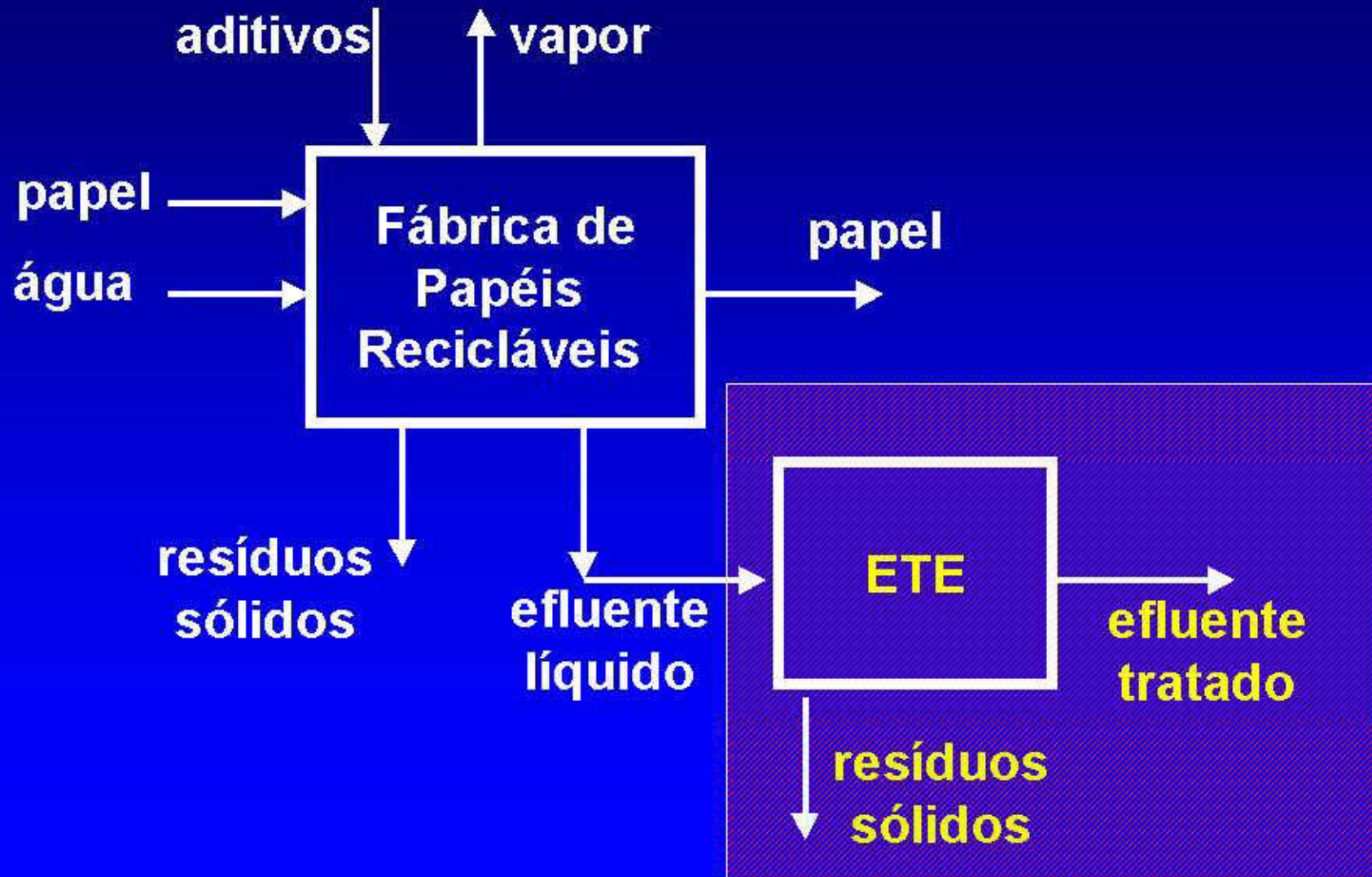
ESQUEMA GERAL



ESQUEMA GERAL



ESQUEMA GERAL



**CONTROLE PREVENTIVO DA
POLUIÇÃO
“Pollution Prevention”**

DEFINIÇÃO

Qualquer ação que reduza ou elimine os poluentes na sua fonte de geração, mediante a modificação dos processos produtivos

VANTAGENS DO CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

- Redução dos custos com tratamento externo
- Riscos ambientais menores
- Tendência da legislação mundial baseada em padrões de lançamento setorial
- Sistemas de Gerenciamento Ambiental são baseados essencialmente na prevenção da poluição

HIERARQUIA DO CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO



MÉTODOS PARA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO NA FONTE



MÉDIA DE CONSUMO DE ÁGUA NAS FÁBRICAS DE PAPÉIS RECICLÁVEIS

MODERNAS

- PAPELÃO: 2 - 10 m³/t
- MULTI-CAMADAS: 8 - 15 m³/t

ANTIGAS

- GERAL: 20 – 40 m³/t

FONTE: NCASI, 1980

FONTE: JAAKKO PÖYRY, 1994

UTILIZAÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO

- Água para diluição e transporte da polpa
- Chuveiros de lavagem da polpa
- Chuveiros de lavagem de telas
- Diluição de químicos

RAZÕES PARA REDUÇÃO DE ÁGUA

- Conservação de calor
- Redução de efluentes
- Conservação de um bem finito
- Redução de custo de captação de água
- Redução de custos de implantação e operação de ETA
- Redução de custos de implantação e operação de ETE

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM MÁQUINAS DE PAPEL

- Segregação setorial interna (consistência)
- Recuperação e/ou tratamento setorial através de “savealls” (flotação, filtração, decantação)
- Substituição de água fresca através de reutilização da água branca
- Redução do consumo geral como por exemplo adoção de selagem mecânica de bombas

PROBLEMAS MAIS COMUNS ADVINDOS DO REUSO DE ÁGUA NAS MÁQUINAS

- Acúmulo de finos e sólidos
- Redução na taxa de drenagem
- Elevação da temperatura
- Depósitos, entupimentos, crescimento biológico
- Corrosão devido ao aumento da temperatura e da condutividade

QUALIDADE DA ÁGUA

- Cor
- Turbidez
- Série sólidos
- pH, Temperatura
- Alcalinidade
- Dureza
- Acidez
- Ferro, manganês, cloretos, etc.

CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

- Volume
- Matéria Orgânica
 - COT, DBO, DQO
- Sólidos (suspensão, sedimentáveis)
- Cor
- Toxicidade
- pH, temperatura

MATÉRIA ORGÂNICA

- Principal problema de poluição das águas (proteínas, gorduras, carboidratos, etc.)
- Pode ser biodegradável ou não biodegradável
- Métodos de medição: DBO, DQO, COT

TRATAMIENTO DE EFLUENTES

ASPECTOS GERAIS

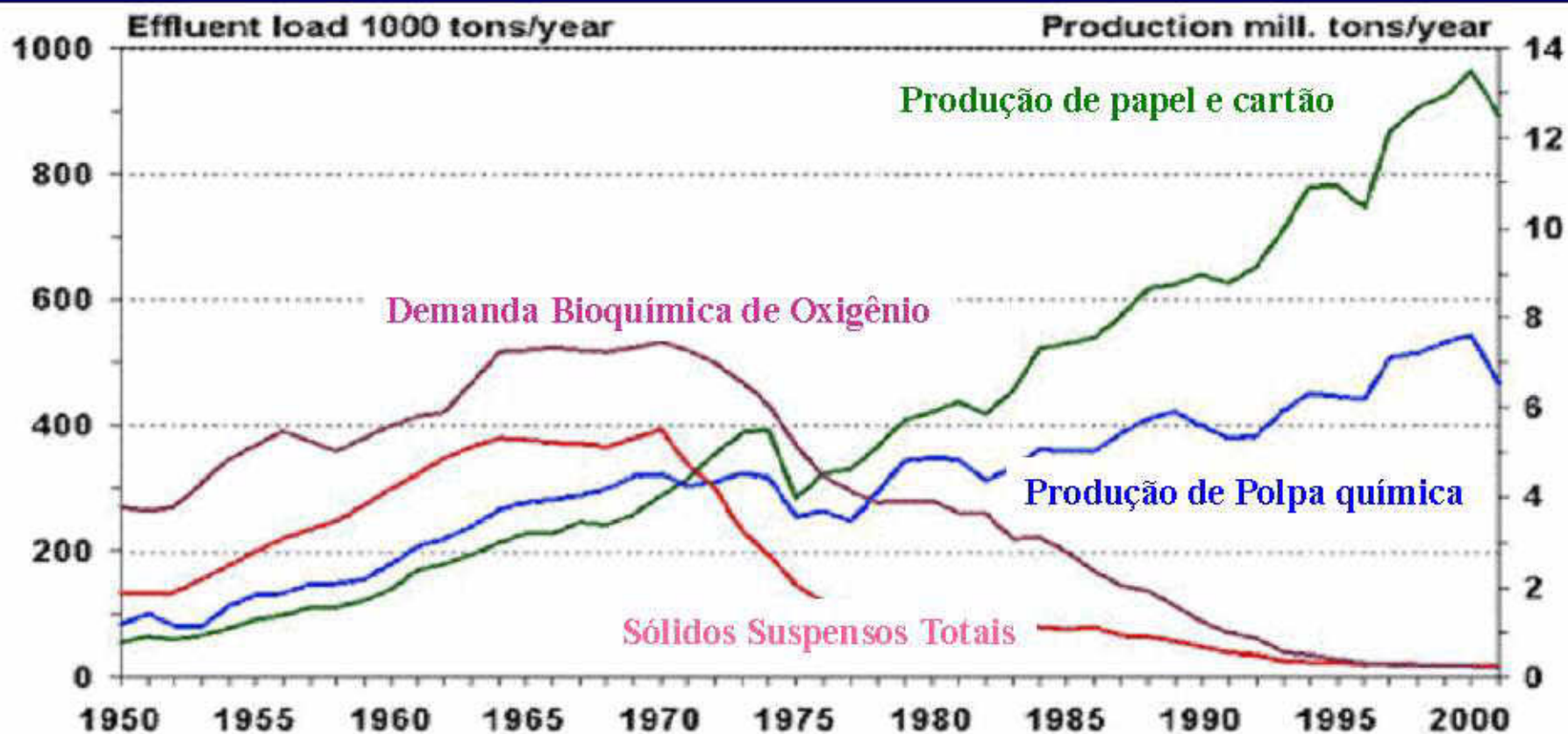
- Até 1950 não havia nenhum tratamento de efluentes nas fábricas de celulose e papel
- Nos anos 50, *seis* sistemas de tratamento primário ou por lodos ativados foram instalados no mundo
- Nos anos 60, *doze* sistemas foram construídos nos EUA, Canadá e Europa
- No final dos anos 70, tratamento secundário mandatório nos EUA (lodos ativados e sistemas de lagoas aeradas)

McCubbin, 2002

ASPECTOS GERAIS

- Nos anos 70 e 80, tratamento secundário tornou-se comum na Europa, exceto na Escandinávia
- Nos anos 90 o Canadá e a Finlândia instalaram o tratamento secundário na maioria das fábricas
- No Brasil, a partir dos anos 80 as fábricas construíram tratamentos secundários (lagoas aeradas e lodos ativados)

TENDÊNCIA DE EMISSÕES NA FINLÂNDIA

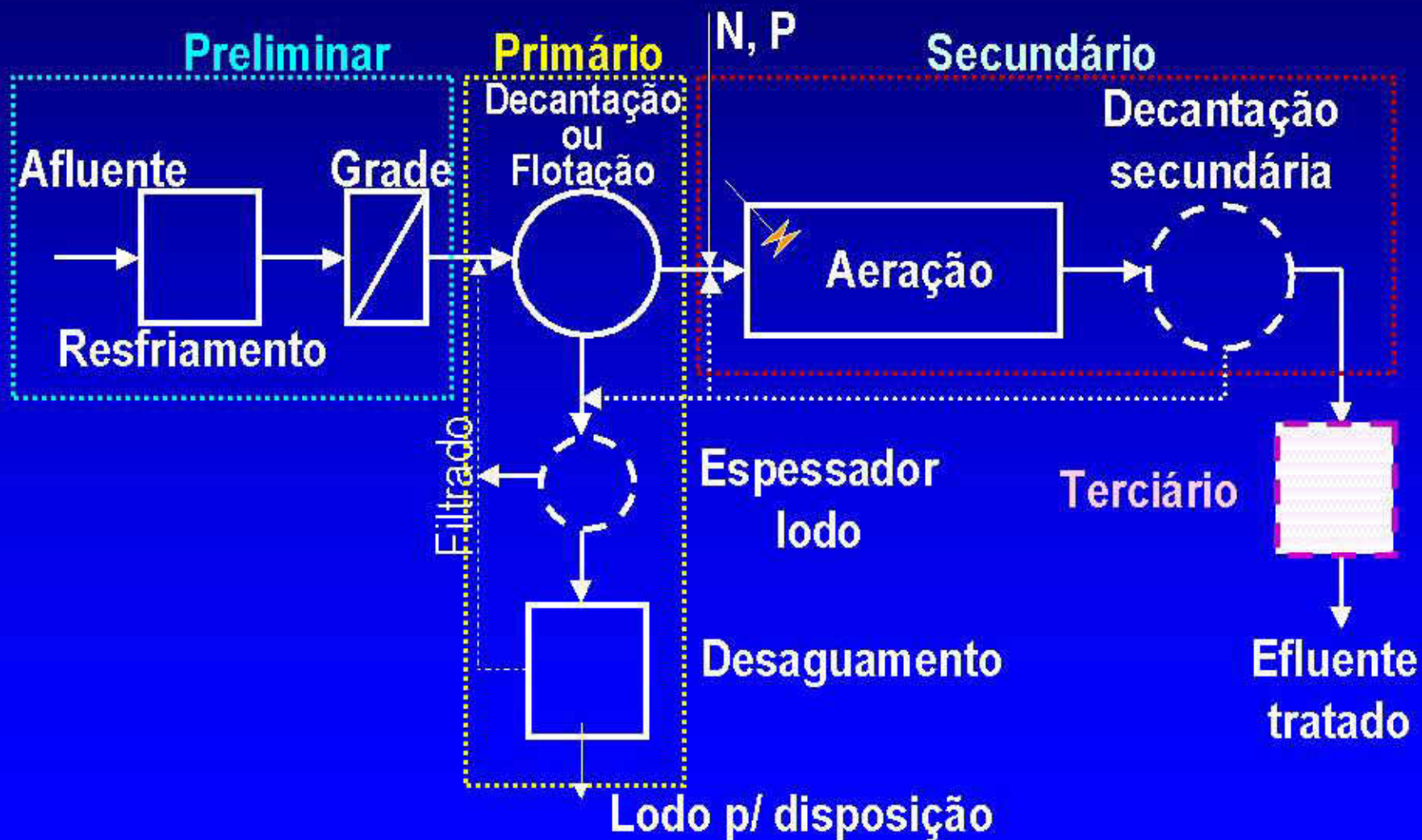


Finnish Forest Industries Federation 16.5.2002 Environment\Ymparistokuvat2001.ppt
SOURCE: Finnish Forest Industries Federation and Finnish Environment Institute

TIPOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primário
- Tratamiento biológico (secundário)
- Tratamiento terciário (polimento)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES



TRATAMENTO PRELIMINAR

- **Objetivos**
 - **remoção dos sólidos grosseiros**
 - gradeamento
 - **resfriamento**
 - trocador de calor
 - torre de resfriamento
 - **desarenador**
 - caixa de areia

GRADEAMENTO



TRATAMENTO PRIMÁRIO

- Objetivo: remoção dos sólidos suspensos
 - **Sedimentação (gravidade)**
 - decantadores circulares
 - 80 - 90% de eficiência de remoção
 - **Flotação**
 - uso de micro-bolhas de ar
 - requer menores áreas, maior eficiência
 - operação e manutenção mais complexa, alto custo de investimento

DECANTADORES



TRATAMENTO PRIMÁRIO

- Sedimentação (gravidade)
 - decantadores
- Espessamento do lodo (adensamento)
 - adensadores
- Desaguamento do lodo (desidratação)
 - prensa desaguadora (belt press), filtro a vácuo, rosca desaguadora, centrífuga

PROBLEMAS MAIS COMUNS NA DECANTAÇÃO E ESPESSAMENTO POR GRAVIDADE

- Queda na eficiência
 - sobrecarga de sólidos
 - sobrecarga hidráulica
 - problemas físicos
 - vertedores desnivelados
 - velocidade dos raspadores
 - sistema de remoção de lodo insuficiente (conjunto moto-bomba)
- Perdas de lodo
 - anaerobiose

PRENSAS DESAGUADORAS

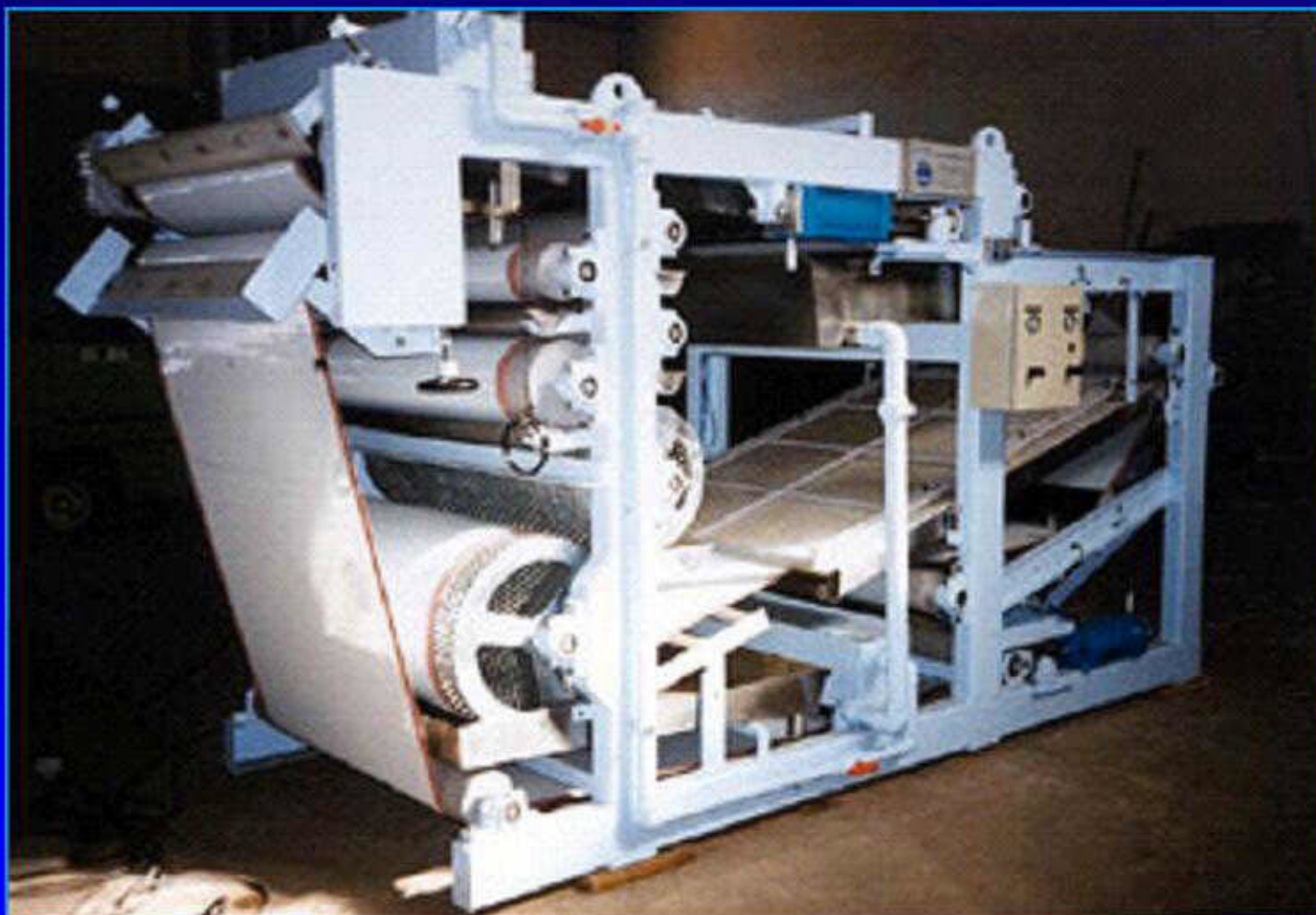
- **Vantagens**

- Pouca energia
- Custo operacional
- Manutenção relativamente simples

- **Desvantagens**

- Limitação hidráulica
- Sensível à variação da qualidade e quantidade de lodo
- Vida útil baixa (telas)
- Requer polímero

PRENSA DESAGUADORA



PROBLEMAS MAIS COMUNS NAS PRENSAS DESAGUADORAS

- Queda na eficiência
 - Sobrecarga de sólidos
 - Sobrecarga hidráulica
- Físicos
 - manutenção

Filtro a Vácuo



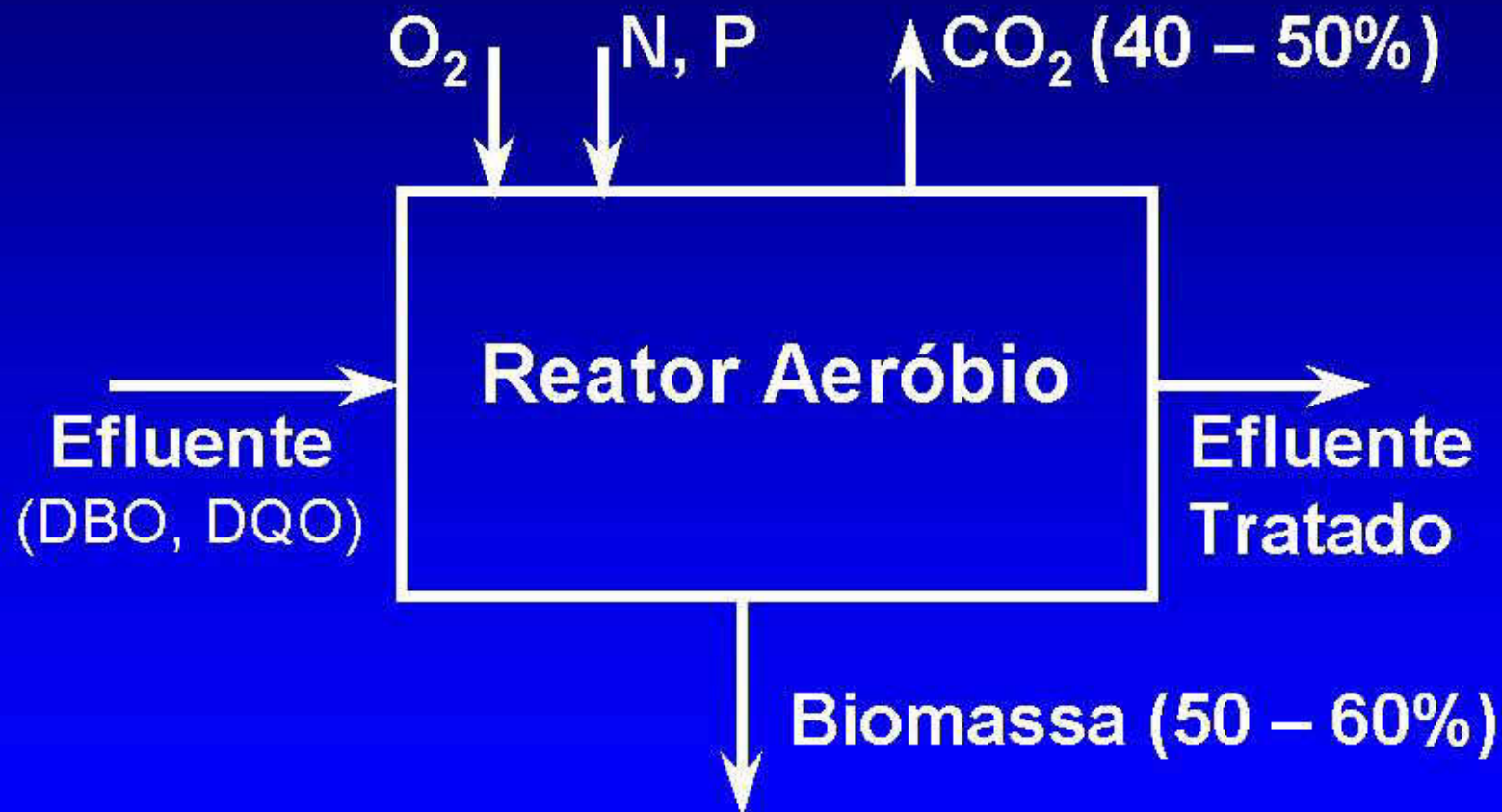
PROBLEMAS MAIS COMUNS NOS FILTROS A VÁCUO

- Queda na eficiência
 - sobrecarga de sólidos
 - sobrecarga hidráulica
- Físicos
 - manutenção

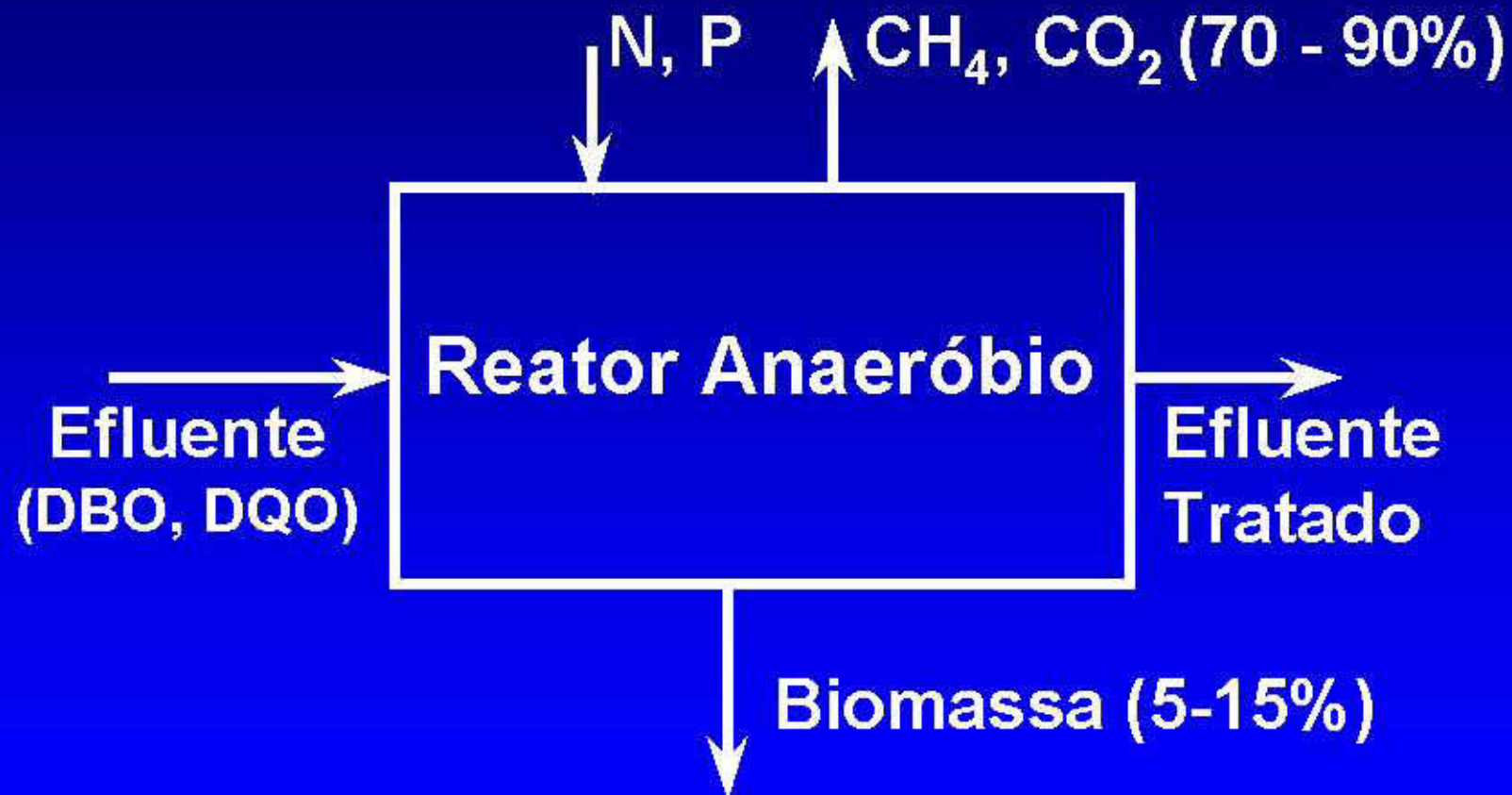
TRATAMENTO SECUNDÁRIO

- **Objetivo:** remoção da DBO, DQO, toxicidade
- **Microrganismos**
 - converter material orgânico carbonáceo coloidal e dissolvido em células e gases
- **Aeróbio**
 - lagoas aeradas
 - lodos ativados
- **Anaeróbio**
 - lagoas anaeróbias
 - sistemas de alta taxa (UASB)
- **Facultativo**

TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO



TRATAMENTO BIOLÓGICO ANAERÓBIO



FUNDAMENTOS DE MICROBIOLOGIA

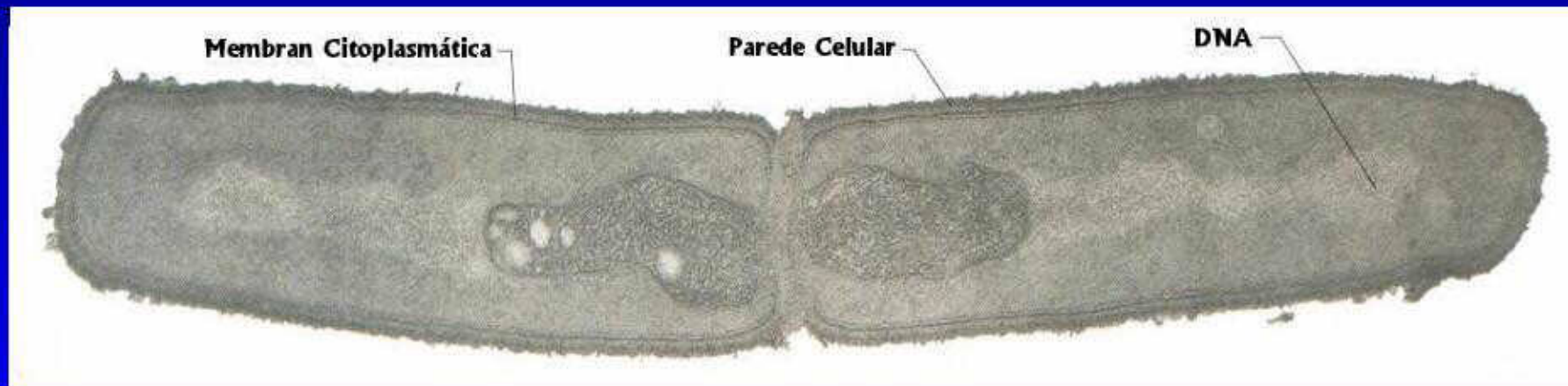
PAPEL DOS MICRORGANISMOS

Converter a matéria orgânica dissolvida e coloidal em vários gases e células

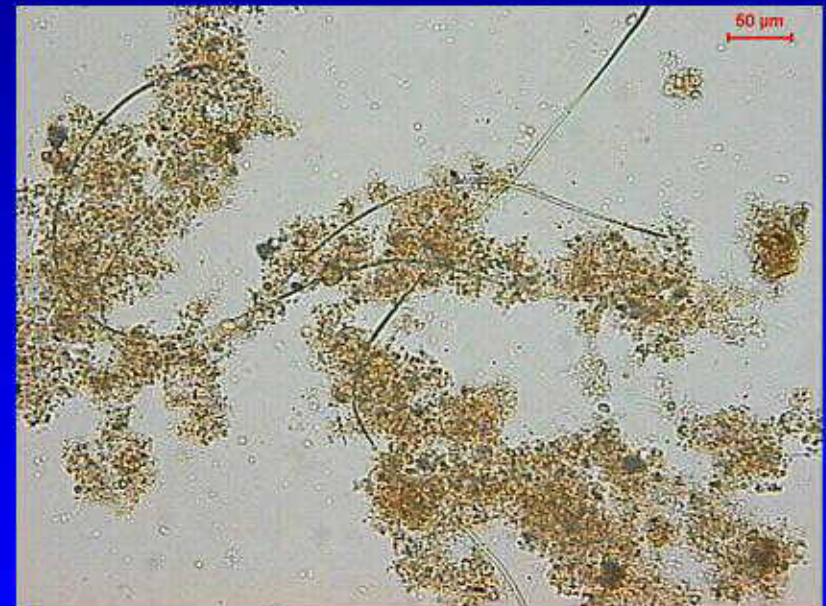
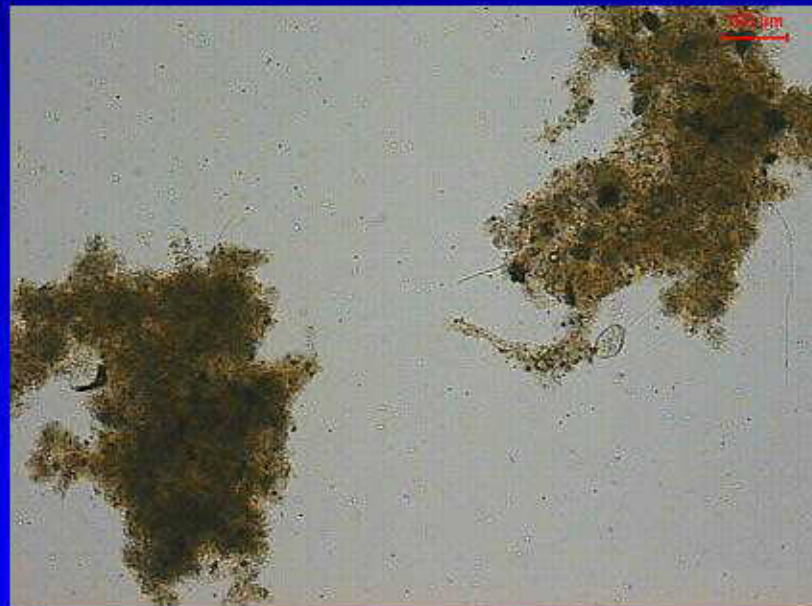
PRINCIPAIS MICRORGANISMOS

- Bactérias
 - Reprodução Binária
 - pH ótimo: 6,5 - 7,5
 - Temperatura
 - crisófilas: 12 - 18°C
 - mesófilas: 25 - 40°C
 - termófilas: 55 - 65°C

DIVISÃO CELULAR



FLOCO BIOLÓGICO (LAGOA AERADA)



OUTROS IMPORTANTES MICROORGANISMOS

- Protozoários
 - heterotróficos unicelulares
 - alimentam-se de bactérias
- Rotíferos
 - heterotróficos multicelulares
 - alimentam-se de bactérias e pequenas partículas
 - indicam a eficiência do processo
- Fungos
 - sobrevivem a pH 2-9

PROTOZOÁRIOS



Pedunculado - Fixo



Livre Nadantes

ROTÍFERO



Rotária rotatória

COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DE UMA CÉLULA

Elemento	Peso sêco (%)
C	50
O	28
N	12
H	6
P	2
K	1
Outros (S, Mg, Ca, Fe)	1

METABOLISMO AERÓBIO

- Oxidação: produção de energia (catabolismo)



- Síntese: produção de biomassa (anabolismo)



- Auto-oxidação: fase endógena



SISTEMAS AERÓBIOS

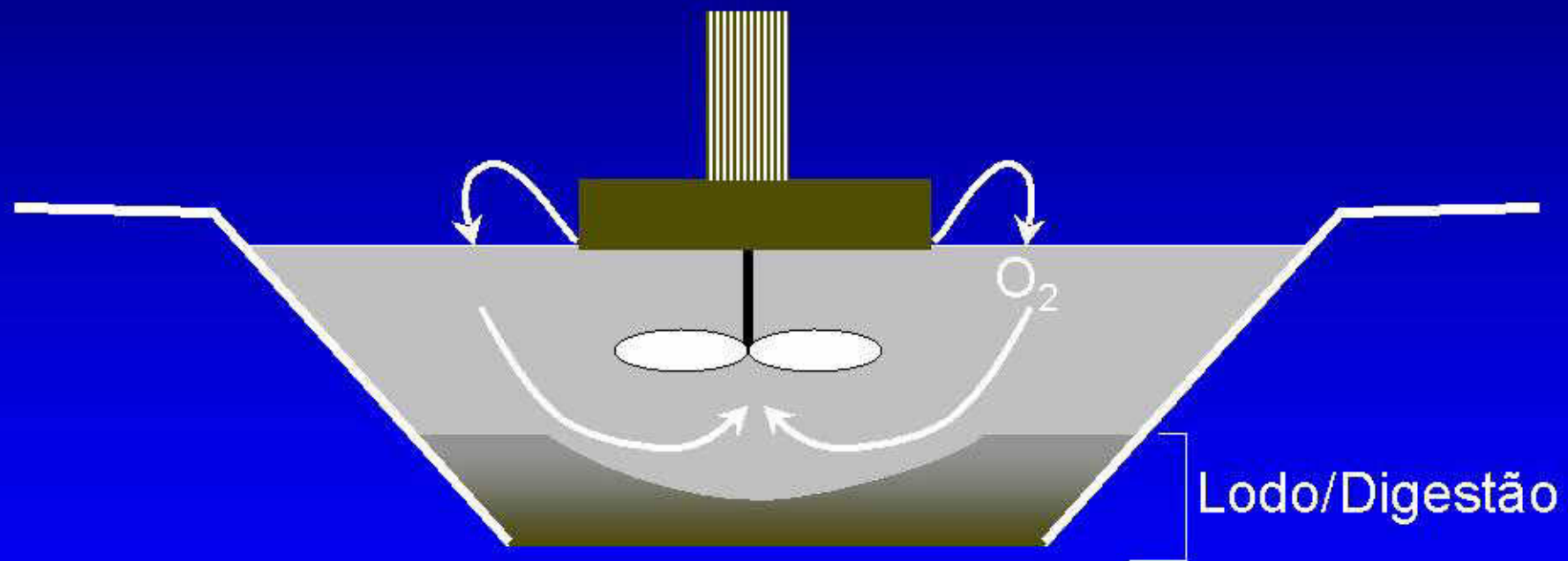
- Lagoas Aeradas
 - operação simples
 - grandes períodos de retenção hidráulica
 - requer grandes áreas
- Lodos Ativados
 - operação mais complexa
 - pequenos períodos de retenção hidráulica
 - áreas relativamente menores
 - requer decantadores secundários (lodo biológico)

LAGOAS AERADAS

FUNÇÕES DA LAGOA AERADA

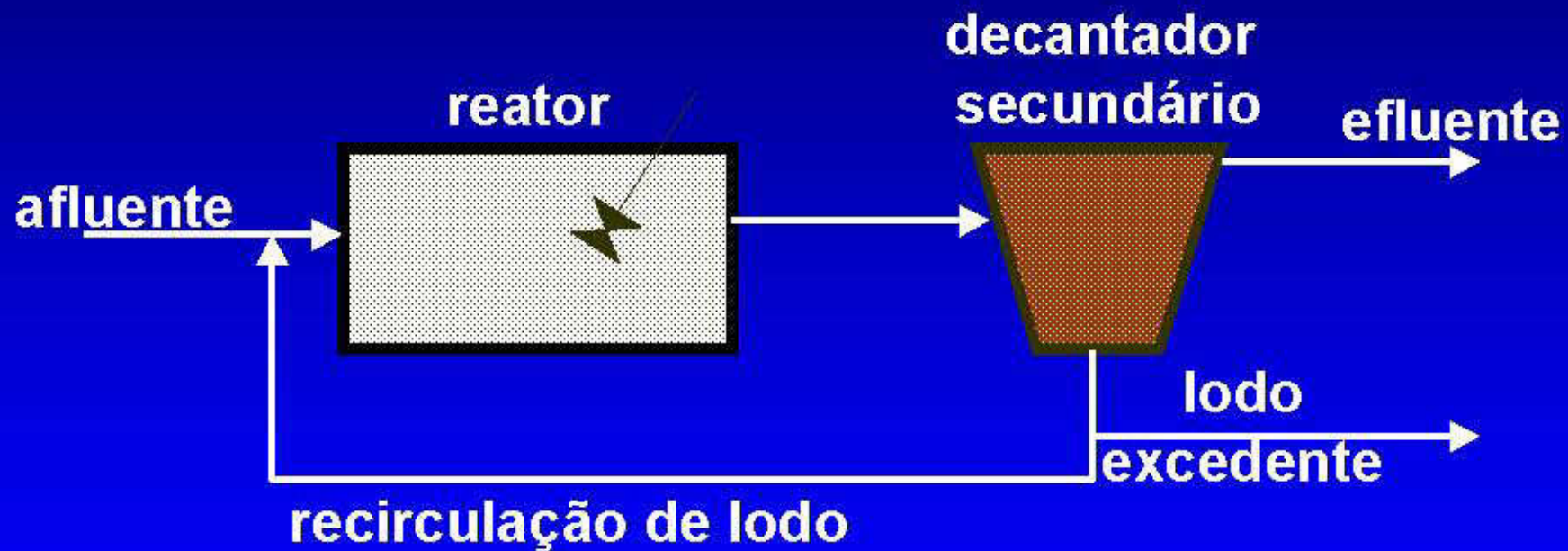
- Reator biológico
- Remoção de sólidos através de sedimentação
- Digestão do lodo do fundo da lagoa

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA LAGOA AERADA



LODOS ATIVADOS

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DOS LODOS ATIVADOS



VARIANTES DO PROCESSO

- Convencional
- Aeração prolongada
- Aeração proporcional
- Alimentação escalonada
- Oxigênio puro
- Fluxo contínuo
- Fluxo intermitente (batelada)

PROBLEMAS MAIS FREQUENTES NO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS

- Baixa eficiência na remoção de DBO
- Perda de sólidos nos decantadores secundários
 - lodo ascendente
 - lodo intumescido
 - lodo pulverizado
 - lodo disperso
 - sobrecarga de sólidos
 - sobrecarga hidráulica
 - espuma
 - outros problemas nos decantadores secundários

Von Sperling, 1998

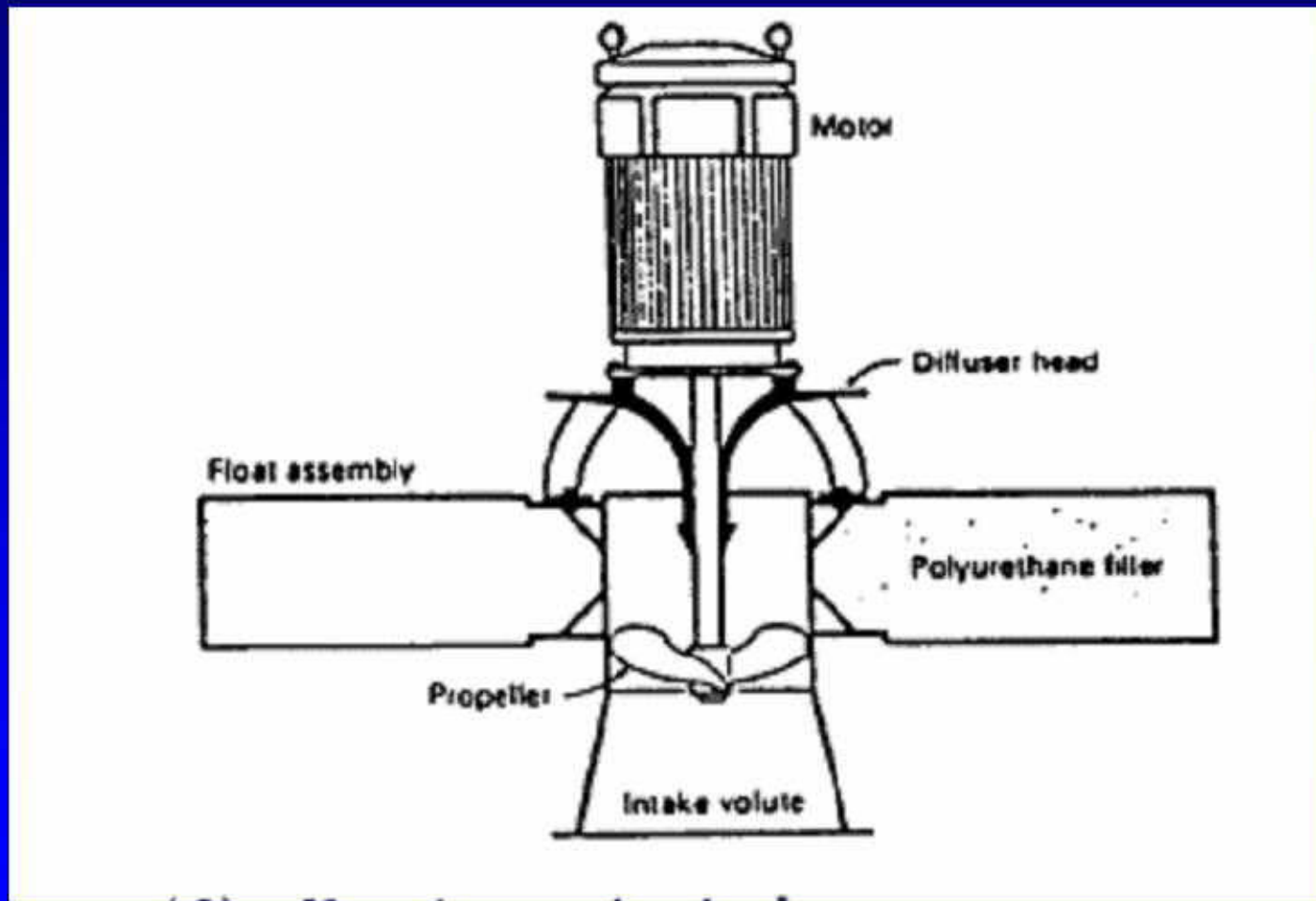
FATORES LIMITANTES DO CRESCIMENTO BIOLÓGICO

- Oxigênio dissolvido
- Temperatura
- Nutrientes (N e P)
- Compostos tóxicos
- Tempo de retenção hidráulico
- Curto-circuitos hidráulicos (fluxos preferenciais)

OBJETIVOS DA AERAÇÃO

- Introduzir ar (oxigênio) no líquido, para possibilitar o crescimento de organismos aeróbios
- Causar a mistura do líquido

AERADOR MECÂNICO SUPERFICIAL



DIFUSORES DE AR



REQUISITOS DE NUTRIENTES

NITROGÊNIO E FÓSFORO

- Célula: $C_{60}H_{87}O_{23}N_{12}P$
 - 12,3% de N
 - 2,6% de P
- N requerido = N removido do sistema (lodo)
- P requerido = P removido do sistema (lodo)

SISTEMAS ANAERÓBIOS

- Ausência de oxigênio
- organismos c/ crescimento lento
- geração de sulfeto e metano
- adotados em conjunto com tratamentos aeróbios

Matéria orgânica

+

Bactéria anaeróbia



CH₄, CO₂, H₂S, H₂O,
NH₃, novas células

LAGOAS ANAERÓBIAS

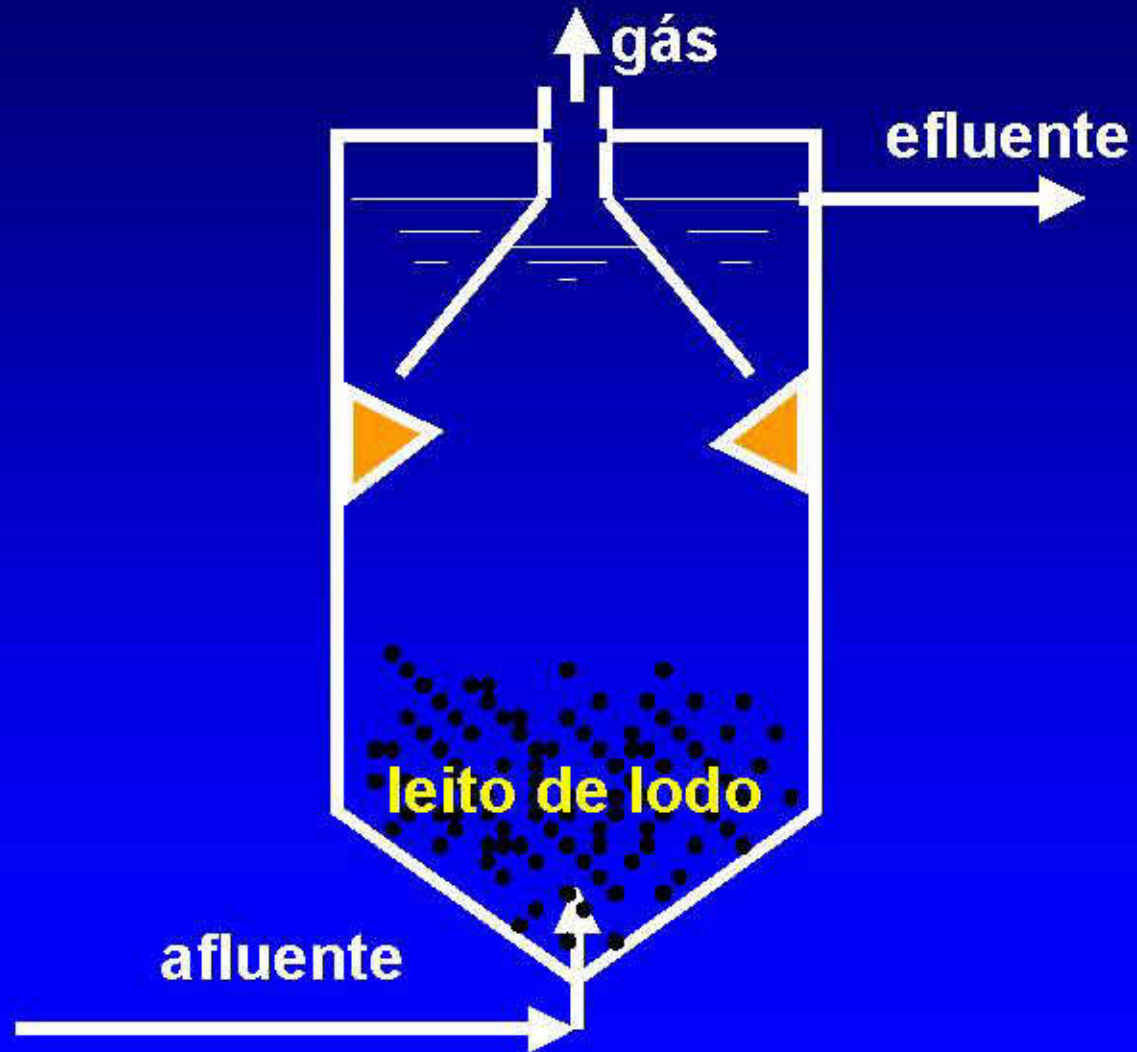
LAGOA ANAERÓBIA

- Vantagens
 - baixo custo
 - ausência de equipamentos mecânicos
 - operação e manutenção simples
- Desvantagens
 - elevado requisito de área
 - possibilidade de maus odores
 - redução de sulfato
 - insetos
 - necessidade de tratamento adicional

REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO

(UASB)

UASB (REATOR ANAERÓBIO)



AERÓBIOS vs. ANAERÓBIOS

- Anaeróbico
 - pouca energia, produção de energia
 - baixa produção de lodo
 - vantajoso para efluentes c/ alta carga
- Aeróbico
 - sistema robusto
 - completa degradação da matéria orgânica

LAGOAS FOTOSSINTÉTICAS

PERFIL DA LAGOA FACULTATIVA FOTOSSINTÉTICA

