Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS (LOB1225)

Aula 5

Características qualitativas dos esgotos sanitários e Legislação Ambiental

Prof. MSc. Paulo Ricardo Amador Mendes

CONCEPÇÃO DE ETE's

- **Esgoto doméstico**
- **Infiltração na Rede**
- **Contribuições específicas**

- **Padrões de Emissão**
- **Padrões de qualidade**

Esgoto Sanitário

Esgoto Tratado

Estação de Tratamento de Esgotos

Composição dos esgotos sanitários

Esgoto (100%)

- **99,9% - Água**
- **0,1% - Sólidos**
  - **80% - Matéria Orgânica**
  - **20% - Matéria Inorgânica**

Composição dos esgotos sanitários

- Parâmetros de qualidade
  - Parâmetros Físicos
  - Parâmetros Químicos
  - Parâmetros Biológicos

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Temperatura
  - Mede a intensidade de calor;
  - Interfere nas propriedades da água (densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido);
  - Variação da temperatura da água: fontes naturais e antropogênicas;
  - Aumento da temperatura:
    - Aumento nas taxas de reações química e bioquímicas;
    - Diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água;
    - Aumento na taxa de transferência de gases.
  - Caracterização de corpos d'água e de águas brutas residuárias.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Gosto e odor
  - Interação entre o gosto e odor;
  - Causas naturais ou antropogênicas:
    - Natural: Decomposição de material orgânico, presença de microrganismos, gases dissolvidos, metais, acidez ou alcalinidade pronunciadas, cloretos, etc.
    - Antropogênica: Despejos domésticos, industriais e até do tratamento de água visando potabilidade.
  - Importância:
    - Não apresenta risco à saúde, no entanto a sua confiabilidade;
    - Valores muito elevados – presença de substâncias potencialmente petigosas.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Cor
  - Decorrência em absorver certas radiações do espectro visível;
  - Cor da água – sólidos dissolvidos;
    - Ferro ou manganês: cor avermelhada e amarronzada, respectivamente;
    - Decomposição de matéria orgânica: cor marrom;
    - Despejos de esgoto doméstico e industrial: variável.
  - Cor aparente ≠ Cor real;
  - Água pura: isenta de cor;
  - Lagos: eutrofização acelerada (aporte excessivo de N e P);
  - Cor da água: indicativo do estado de poluição (↑ DQO e DBO).

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Cor
  - Unidade de cor: cor produzida por 1 mg de platina e 0,5 mg de cobalto em 1 L de água;
    - mg/L Pt-Co, graus Hazen (ºH), unidade Hazen (uH) ou unidades de cor (uC);
    - Comparação direta da amostra com o padrão de referência (tubo de Nessler) – Aquatest® .

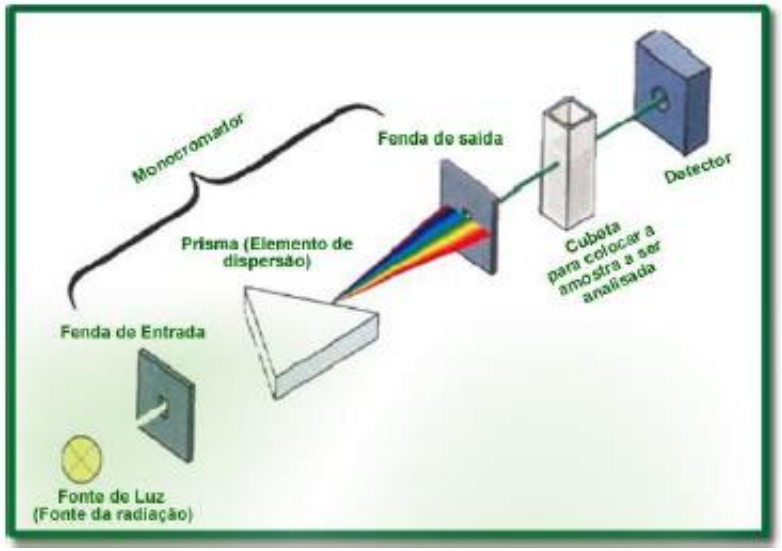
1) Aquatest®;
2) Colorímetro visual modelo DLNH-100 da Delab.

1

2

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Cor



1) Esquema de funcionamento interno de um espectrofotômetro;
2) Foto de um espectrofotômetro.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Cor
  - Presença de produtos potencialmente carcinogênicos: trihalometanos (THM);
    - Consequência da cloração das águas de abastecimento;
    - THM: família do clorofórmio (reação do cloro com substâncias húmicas);
    - Provável causador de câncer na bexiga e no baixo trato intestinal;
    - Alguns autores: Revisão de pré-cloração e de níveis residuais elevados no sistema de abastecimento;
    - Alternativas para cloração: aminocloração.
  - Faixa aceitável (portaria 2914/11, MS): 15 uH (desejável menor que 5 uH).

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

- Turbidez
  - Grau de interferência a passagem de luz pela água (aparência turva);
  - Partículas em suspensão: grosseiras e coloidais;
  - Principais causadores:
    - Argila;
    - Silte;
    - Substâncias orgânicas finamente divididas;
    - Descarga de esgotos industriais e domésticos;
    - Água pluvial;
    - Organismos microscópicos e outras partículas.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros físicos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	• Ligeiramente superior à da água de abastecimento; • Variação conforme as estações do ano; • Influência na atividade microbiana; • Influência na solubilidade de gases; • Influência na velocidade das reações; • Influência na viscosidade do líquido.
Cor	• Esgoto fresco: ligeiramente cinza; • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	• Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável; • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos de decomposição; • Despejos industriais: odores característicos.
Turbidez	• Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão; • Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros

- Principais parâmetros relativos a esgotos predominantemente domésticos:
  - Sólidos;
  - Indicadores de matéria orgânica;
  - Nitrogênio;
  - Fósforo;
  - Indicadores de contaminação fecal.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
SÓLIDOS TOTAIS	Orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis
• Em suspensão	• Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são retidos em filtros de papel com aberturas de dimensão padronizadas (0,45 a 2,00 μm).
• **Fixos**	• **Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão.**
• Voláteis	• Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão.
• Dissolvidos	• Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são retidos nos filtros de papel descritos acima. No teste laboratorial englobam também os sólidos coloidais.
• **Fixos**	• **Componentes minerais dos sólidos dissolvidos.**
• Voláteis	• Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos.
• Sedimentáveis	• Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

- Matéria orgânica carbonácea
  - Causadora principal problema de poluição para os corpos d'água;
  - Consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização da matéria orgânica;
  - Substâncias orgânicas:
    - Proteínas (40-60%)
    - Carboidratos (25-50%)
    - Gorduras e óleos (8-12%)
    - Outros: Ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas, metais.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

- Matéria orgânica carbonácea
  - Classificação quanto à forma e tamanho:
    - Em suspensão (particulada);
    - Dissolvida (solúvel);
  - Classificação quanto a biodegradabilidade:
    - Inerte;
    - Biodegradável.
  - Métodos de determinação
    - Indiretos: consumo de oxigênio (DBO, DBO_u e DQO);
    - Diretos: carbono orgânico (COT)

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
MATÉRIA ORGÂNICA	• Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios.
Determinação indireta	
• DBO_5	• Demanda bioquímica de oxigênio. Medida em 5 dias, 20 ºC. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida de oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica.
• **DQO**	• **Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes (dicromato de potássio) em condições ácidas.**
• DBO última	• Demanda última de oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requeridos pelos microrganismos para a oxidação bioquímica da matéria orgânica.
Determinação direta	
• COT	• Carbono orgânico total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea, através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.

DBO

Frascos para determinação de DBO pelo método respirométrico.

Frasco para determinação de oxigênio dissolvido.

DQO

Frasco com meio para análise de DQO.

Termorreator para análise de DQO.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
NITROGÊNIO TOTAL	• O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).
• **Nitrogênio orgânico**	• **Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e ureia;**
• Amônia	• Produzida no primeiro estágio da decomposição do nitrogênio.
• **Nitrito**	• **Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.**
• Nitrato	• Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.
FÓSFORO	• O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.
• Fósforo orgânico	• Combinado à matéria orgânica.
• Fósforo inorgânico	• Ortofosfato e polifosfatos.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
pH	• Indicador de características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7,0. Os processos de oxidação biológica tendem a reduzir o pH.
ALCALINIDADE	• Indicador da capacidade de tampão do meio (resistência a variações de pH). Devido a presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila.
CLORETOS	• Provenientes da água de abastecimento e de dejetos humanos.
ÓLEOS E GRAXAS	• Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados em comidas.

Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibilidade de transmissão de doenças;
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predominantemente não patogênicos. Dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou animais. Potencialidade de transmitir doenças.
Bactérias do grupo coliforme	• Grandes quantidades nas fezes humanas (10^9 a 10^{12} células eliminadas por indivíduo por dia). 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas. Resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Mecanismos de remoção em ETAs e ETEs são os mesmos das bactérias patogênicas. Técnicas rápidas e econômicas.
• Coliformes totais	• Bactérias isoladas de solos e águas poluídos e não poluídos, bem como nas fezes de animais de sangue quente. Não existe uma relação quantificável entre patogênicos e CT. "Coliformes ambientais".
• Coliformes fecais	• Bactérias indicadoras de organismos originados do trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero *Escherichia* e em menor grau *Klebsiella, Enterobacter e Citrobacter.* Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".

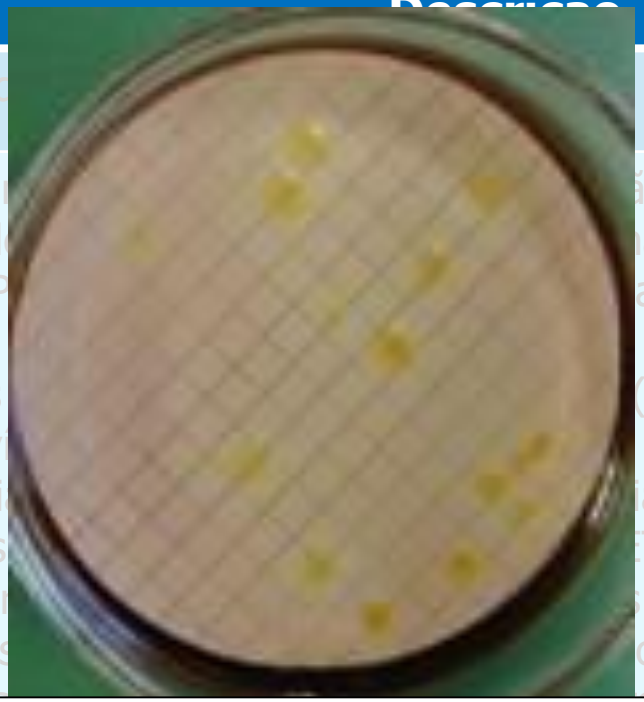
Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibili
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predom ão uma satisfatória indicação de quanc nação por fezes humanas ou animais. as.
Bactérias do grupo coliforme	• Grande (10⁹ a 10¹² células eliminadas por indiv peso das fezes humanas. Resistênc ia das bactérias patogênicas intestinai ETAs e ETEs são os mesmos das bacté s e econômicas.
Coliformes totais •	• Bactéri s e não poluídos, bem como nas fezes de animais de sangue quente. Não existe uma relação quantificável entre patogênicos e CT. "Coliformes ambientais".
• Coliformes fecais	• Bactérias indicadoras de organismos originados do trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero *Escherichia* e em menor grau *Klebsiella, Enterobacter e Citrobacter.* Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".

Detecção de coliformes totais.

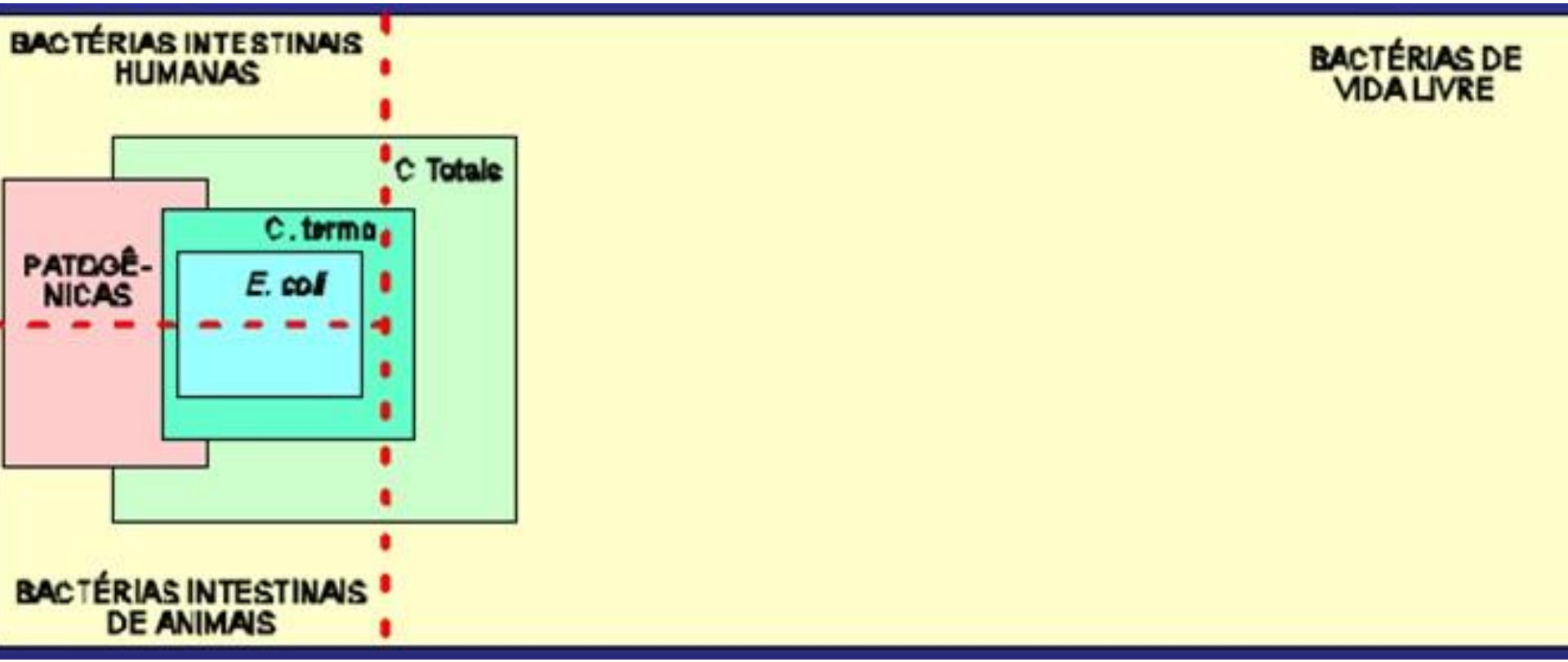
Composição dos esgotos domésticos
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibili
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predomi ão uma satisfatória indicação de quand ação por fezes humanas ou animais. P as.
Bactérias do grupo coliforme	• Grandes (10^9 a 10^{12} células eliminadas por indiv peso das fezes humanas. Resistênci a das bactérias patogênicas intestinais TAs e ETEs são os mesmos das bactér e econômicas.
• Coliformes totais	• Bactérias os e não poluídos, bem como nas feze . Não existe uma relação quantific mes ambientais".
Coliformes fecais	• Bactéri nados do trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero *Escherichia* e em menor grau *Klebsiella, Enterobacter e Citrobacter.* Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".



Membrana filtrante com colônias de coliformes.

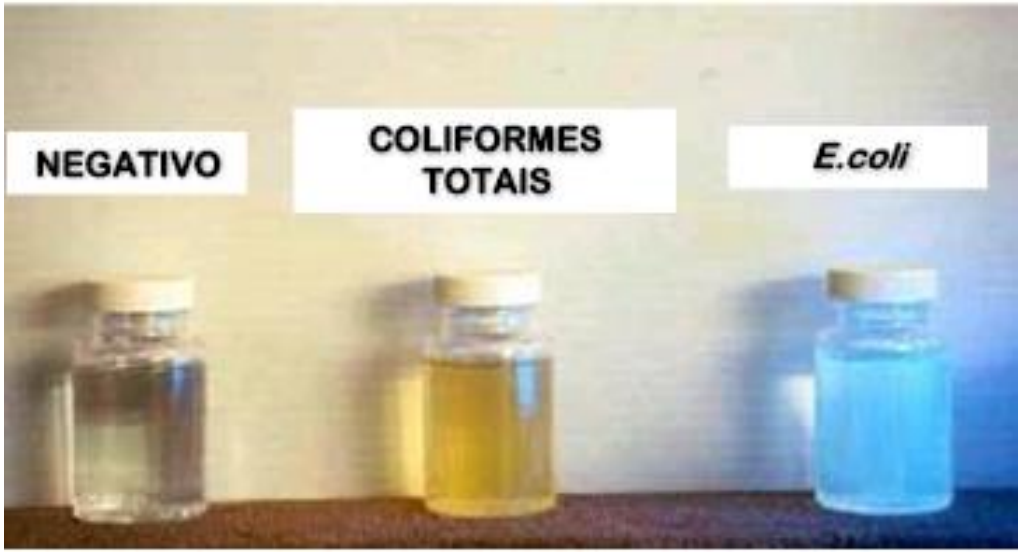
Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos



Representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal..

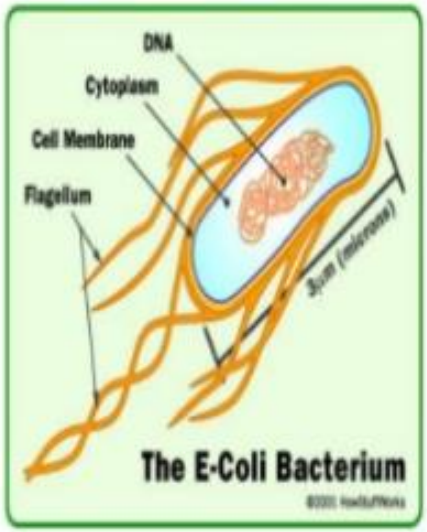
Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos

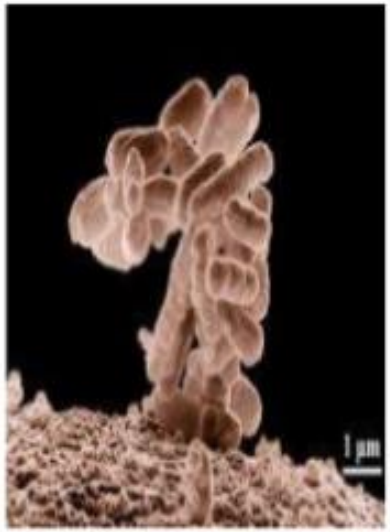
Parâmetro	Descrição
Escherichia Coli	• Principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), abundante em fezes humanas e de animais. • Encontrada em esgoto, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. • Teste laboratorial: métodos fluorogênicos (nitrofenil – cor amarela). • Garantia de contaminação exclusivamente fecal.



Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Escherichia Coli	• Principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), abundante em fezes humanas e de animais. • Encontrada em esgoto, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. • Teste laboratorial: métodos fluorogênicos (nitrofenil – cor amarela). • Garantia de contaminação exclusivamente fecal.





Composição dos esgotos sanitários
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Estreptococos fecais (EF)	• Compreende dois gêneros: *Enterococcus* e *Streptococcus*; • *Enterococcus:* Maioria origem fecal humana, poucas animal e alta tolerância a condições ambientais adversas. • *Streptococcus:* Raramente se multiplicam em águas poluídas e são mais resistentes do que *E. Coli* e coliformes. • Antigamente -Relação entre CF/EF: Alta – contaminação humana e baixa – contaminação animal.
Clostridia redutores de enxofre	• Espécie representativa: *Clostridium perfringens* (presente nas fezes). • Não são exclusivamente fecais. • Sobrevivem por tempos mais longos que o dos grupos coliformes. • Indicar deficiência no tratamento. • Indicadores de contaminação intermitente ou remota.
Bacteriófagos	• Indicação da presença de vírus, ex. colífagos que atacam *E. Coli*. • Não podem estar presentes nas fezes, mas em número elevado nas águas residuárias. • Indicador de contaminação por esgoto
Ovos de helmintos	• Não há indicadores substitutivos. • Ovos de *Ascaris, Trichuris, Necator americanus e Ancilostoma duodenale* - indicadores de outros helmintos.

Relações dimensionais entre carga e concentração

- Carga per capita – contribuição de cada indivíduo (g/hab.d)
- Carga – Carga afluente a uma ETE é a quantidade de poluente por unidade de tempo (kg/d)

carga = população x carga per capita

$$Carga\left(\frac{kg}{d}\right) = \frac{população\ (hab) \times carga\ per\ capita\ \left(\frac{g}{hab}.d\right)}{1000\ \left(\frac{g}{kg}\right)}$$

Relações dimensionais entre carga e concentração

- Carga per capita – contribuição de cada indivíduo (g/hab.d)
- Carga – Carga afluente a uma ETE é a quantidade de poluente por unidade de tempo (kg/d)

carga = concentração x vazão

$$Carga(\frac{kg}{d}) = \frac{concentração\ (g/m^3) \times vazão\ (m^3/d)}{1000\ (\frac{g}{kg})}$$

Relações dimensionais entre carga e concentração

- Exemplo 1: Calcular a carga de nitrogênio total afluente a uma ETE, sendo os dados:
  - Concentração = 45 mg N/L
  - Vazão = 50 L/s

a) Converter a vazão para m^3/d:

50 (L/s) x 86400 (s/d) / 1000 (L/m^3) = **4320 m^3/d**

b) Carga de nitrogênio:

$$Carga = \frac{45\ (g/m^3) \times 4320\ (m^3/d)}{1000\ (\frac{g}{kg})} = \mathbf{194\ kg\ N/d}$$

Relações dimensionais entre carga e concentração

- Exemplo 2: Nesta mesma ETE, calcular a concentração de fósforo total afluente, sabendo-se que a carga afluente é de 35 kgP/d:

concentração = carga/vazão

$$Concentração = \frac{35\ (kg/d) \times 1000\ (g/kg)}{4320\ (m^3/d)} = \mathbf{8,1\,\frac{gP}{m^3}}$$

$$= \mathbf{8,1\,\frac{mgP}{L}}$$

Características dos esgotos sanitários

- Predominantemente doméstico;
- Concentração varia de acordo com alguns fatores:
  - Contribuição per capita do poluente, consumo per capita de água e presença de despejos industrias.
- Locais com baixo consumo de água: esgoto concentrado;
- Contribuição per capita de organismos patogênicos:
  - Nível de saúde pública da população.

Características dos esgotos sanitários

FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro	Forte	Médio	Fraco
$DBO_{5,20}$ (mg/L)	400	200	133
DQO (mg/L)	1016	508	339
NTK (mg/L)	69	35	23
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	29	14	10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	41	20	14
Fósforo Total (mg/L)	11	5,6	3,7
Sólidos em Suspensão (mg/L)	389	195	130

DBO: 54 g DBO / habitante x dia

SST: 60 g / habitante x dia

Características dos esgotos sanitários

MICROBIOLÓGICOS

Parâmetro	Médio
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	$10^6 – 10^7$
Cistos de Protozoários (/100 mL)	10^2 - 10^5
Vírus (/100 mL)	10^3 - 10^4
Ovos de helmintos (/100 mL)	10^1 - 10^3

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Variabilidade das características qualitativas;
  - Parâmetros importantes para tratamento biológico:
    - Biodegradabilidade;
    - Tratabilidade;
    - Concentração de matéria orgânica;
    - Disponibilidade de nutrientes;
    - Toxicidade.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Bons resultados: Integração dos despejos industriais e esgotos domésticos;
  - Necessidade de tratamento prévio dos despejos industriais para a remoção dos contaminantes:
    - Riscos à segurança e problemas na operação da rede de coleta e interceptação;
    - Toxidez ao tratamento biológico dos esgotos;
    - Toxidez ao tratamento do lodo e à sua disposição final;
    - Presença do contaminante no efluente do tratamento biológico, devido ao fato de o contaminante não ser removido pelo tratamento.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede coletora (Decreto 8468/76 – Art. 19A – SP);
  - Tratamento completo para descarte direto no corpo receptor;
  - Tratamento completo para outras finalidades (ex. irrigação), reciclagem no processo

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Poluentes de importância
    - Dependem do tipo da indústria, concentração de poluentes;
    - Metais:
      - Caracterísitcas: Toxicidade aos seres vivos, inibição do tratamento biológico;
      - Principais: Ag, **As**, Cd, **Co**, **Cr, Cu**, Hg, Pb, Sb, **Se e Zn (essenciais) -** Tóxicos: Acima da concentração limite;
      - Pb, Hg e Cd – tóxicos em quaisquer concentração;
      - Em esgotos domésticos – não há evidência de toxidez crônica

Metais pesados	Danos aos organismos	Fonte
Bário (Ba)	Danos cardiovasculares e ao sistema nervoso, constrição dos vasos sanguíneos, aumento da pressão arterial e morte	Indústrias de cerâmica, borracha, têxtil
Cádmio (Cd)	Carcinogênico e danos renais	Queima de carvão. Indústrias de aço, pigmentos, fertilizantes e pesticidas
Cromo (Cr)	Carcinogênico	Fertilizantes, indústrias de pigmentos, tintas e fertilizantes
Cobre (Cu)	Intoxicação e lesões hepáticas	Indústrias de tubos, válvulas, ligas e algicidas
Mercúrio (Hg)	Envenenamento, danos renais e ao Sistema Nervoso Central e problemas em fetos	Queima de combustíveis, incineração de lixo, mineração, agricultura
Manganês (Mn)	Não é considerado muito tóxico	Indústrias de vernizes, vidros, baterias, fertilizantes
Níquel (Ni)	Irritação gástrica	Indústrias de baterias, moedas, pigmentos, refrigerantes e mineração
Chumbo (Pb)	Envenenamento, distúrbios no Sistema nervoso, anemia, doenças cardiovasculares, danos aos rins, além de interferir no metabolismo ósseo e na reprodução	Indústrias de cerâmicas, plásticos, fertilizantes e mineração
Zinco (Zn)	Biocumulativo	Indústrias de borracha, protetores solares, vitaminas e esgotos

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Poluentes de importância
    - Metais:
      - Galvanoplastia;
      - Indústrias químicas (formulação de compostos orgânicos, curtumes, indústrias farmacêuticas);
      - Indústrias metálicas (fundições); e
      - Indústrias químicas (formulação de compostos inorgânicos, lavanderias, indústria de petróleo, formulação de corantes e pigmentos)

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Poluentes de importância
    - Micropoluentes orgânicos
      - Compostos orgânicos tóxicos;
      - Podem causar danos à vida aquática, aos seres humanos (abastecimento);
      - Biodegradação muito lenta e persistem por longos períodos no meio ambiente;
      - Bioacumulação;
      - Características variadas (voláteis, baixa solubilidade, baixo peso molecular e elevada pressão de vapor)

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Poluentes de importância
    - Micropoluentes orgânicos
      - Exemplos: corrosivos, inflamáveis e explosivos (metanol, metil-etil-cetona, hexano, benzeno, entre outros);
      - Alguns casos: contaminantes não removidos no tratamento – prejuízo a vida aquática;
      - Principais fontes: Indústria química, de plástico, produtos mecânicos, farmacêuticas, de formulação de pesticidas, ferro e aço, indústria de petróleo, lavanderias e da madeira.
      - Ex.: fenol, cloreto de metileno, tolueno, hormônios, medicamentos, clorofórmio, acroleína, etc.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - População equivalente (PE):
    - Parâmetro caracterizador dos despejos industriais;
    - Potencial poluidor de uma indústria (termos de matéria orgânica) e uma determinada população, que produz a mesma carga poluidora;
    - Ex.: PE = 20000 hab – carga de DBO do efluente industrial correspondente à carga gerada por uma população de 20000 habitantes.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - População equivalente (PE):

$$P.E.(hab) = \frac{carga\ de\ DBO\ da\ indústria\ (\frac{kg}{d})}{contribuição\ per\ capita\ de\ DBO\ (\frac{kg}{hab.d})}$$

Valor de referência = 54 gDBO/hab.d

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - População equivalente (PE):
    - Exemplo 3: Calcular a população equivalente (PE) de uma indústria que possui os seguintes dados:
      - Vazão = 120 m^3/d;
      - DBO = 2000 mg/L.

a) Carga de DBO:

$$Carga = \frac{2000\ (g/m^3) \times 120\ (m^3/d)}{1000\ (\frac{g}{kg})} = \mathbf{240\ kg\ DBO/d}$$

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - População equivalente (PE):
    - Exemplo 3: Calcular a população equivalente (PE) de uma indústria que possui os seguintes dados:
      - Vazão = 120 m^3/d;
      - DBO = 2000 mg/L.

b) População equivalente:

$$PE = \frac{carga}{carga\ per\ capita} = \frac{240\ kg/d}{0{,}054\ (\frac{kg}{hab.d})} = \mathbf{4444\ hab}$$

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
  - Cervejarias
    - Consumo específico de água: 5-20 m^3/m^3 de cerveja produzida;
    - DBO: 1000-2000 mg/L;
    - PE: 150-350 hab/m^3 de cerveja;
    - DQO/DBO = 2 (Boa biodegradabilidade);
    - Nutrientes insuficientes para tratamento biológico.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
  - Laticínios (com queijaria)
    - Consumo específico de água: 2-10 m^3/m^3 de leite produzido para queijos;
    - DBO: 500-8000 mg/L;
    - PE: 100-800 hab/m^3 de leite;
    - Altamente biodegradável;
    - Nutrientes suficientes para tratamento biológico;
    - Segregação e recuperação do soro.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
  - Curtumes
    - Consumo específico de água: 20-40 m^3/t de pele;
    - DBO: 1000-1500 mg/L;
    - PE: 1000-3500 hab/t de pele;
    - Compostos tóxicos: sulfetos e cromo.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
  - Usinas de açúcar
    - Consumo específico de água: 0,5-10 m^3/t de açúcar;
    - DBO: 250-5000 mg/L;
    - PE: 50 hab/t de açúcar;
    - Águas de lavagem: altas quantidades de sólidos em suspensão sedimentáveis.

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
  - Destilarias de álcool
    - Consumo específico de água: 60 m^3/t de cana processada;
    - Principal resíduo: Vinhoto
    - DBO: 7000-20000 mg/L;
    - Alta temperatura e pH baixo (resíduo de destilação).

Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
  - Exercício 4: Um matadouro abate 60 cabeças de gado e 100 porcos por dia. Dar as características estimadas do efluente.

    a) Carga de DBO produzida; b) População equivalente; c) Vazão de esgotos; d) Concentração de DBO nos esgotos.

    - Dados:
      - Carga específica média = 3,0 kgDBO/boi abatido;
      - Equivalência = 1 boi ~ 2,5 porcos;
      - Vazão média de esgoto = 2,0 m^3/boi abatido.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

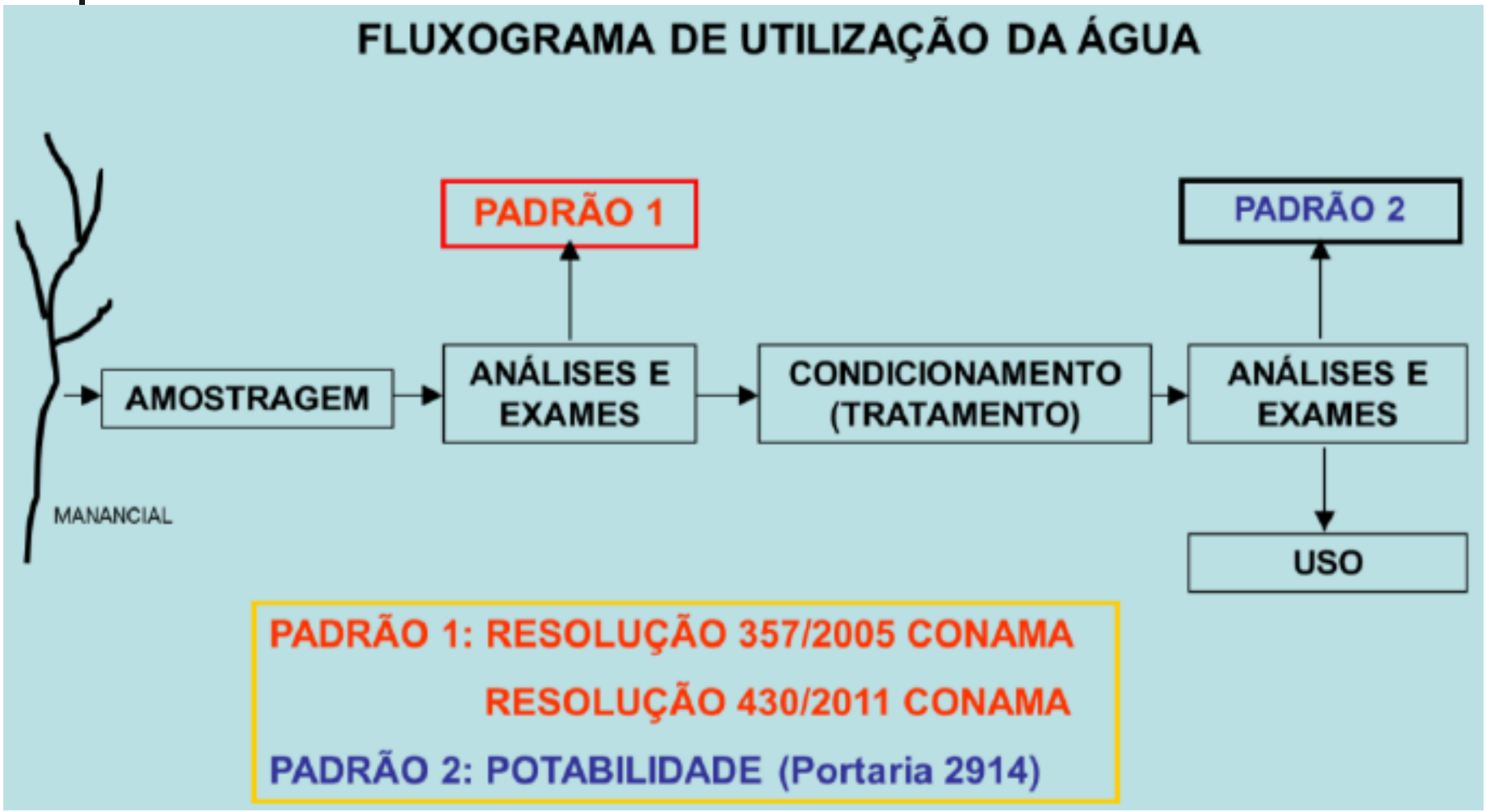
Introdução

- Requisitos de qualidade: qualidade desejada da água conforme o uso;
- Necessidade de padrões de qualidade (suporte legal);
  - Devem ser cumpridos, por força de lei, pelas entidades envolvidas;
  - Padrões nacionais: Por país, status de lei;
  - Padrões regionais: Para cada estado ou divisão política (iguais ou mais restritivos que os padrões nacionais);
  - Diretrizes ou recomendações (OMS) – proteção da saúde pública e do meio ambiente em termos mundiais.

Introdução

- Tipos de padrão ou diretrizes para qualidade da água em corpos d'água e ao reuso de efluentes tratados:
  - Padrões de lançamento no corpo receptor;
  - Padrões de qualidade do corpo receptor;
  - Padrões ou diretrizes para determinado uso do efluente tratado (ex. irrigação).

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil



Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 274/2000**
  - "Define o padrão de balneabilidade em corpos d'água"
- **Resolução CONAMA 396/2008**
  - "Dispõe sobre a classificação e enquadramento de águas subterrâneas"
- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - "Regulamenta a classificação e enquadramento de corpos d'água." Complementada e alterada pela Resolução CONAMA 430/2011.
- **Resolução CONAMA 430/2011**
  - "Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes." Complementa e alterada a Resolução CONAMA 357/2005.

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Classes de qualidade – atendimento de usos importantes, atuais e futuros;

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Capítulo I – Das definições:
    - Águas doces – Salinidade: SAL ≤ 0,05 %;
    - Águas salobras – 0,05 ≤ SAL < 3,00 %;
    - Águas salinas – SAL ≥ 3,00 %.
  - Capítulo II – Da classificação dos corpos d'água:
    - 13 enquadramentos – conforme usos preponderantes;
    - Para abastecimento público: Classe especial, 1, 2 e 3;

    Águas doces – Classes especial, 1, 2, 3 e 4;

    Águas salobras – Classes especial, 1, 2 e 3;

    Águas salinas – Classes especial, 1, 2 e 3.

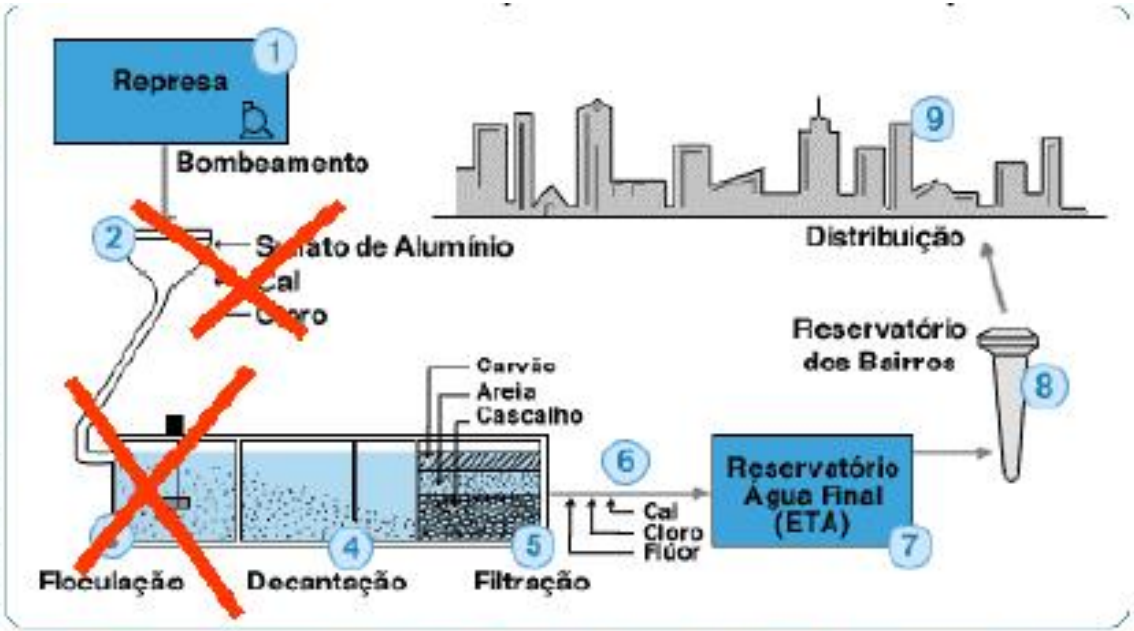
Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**

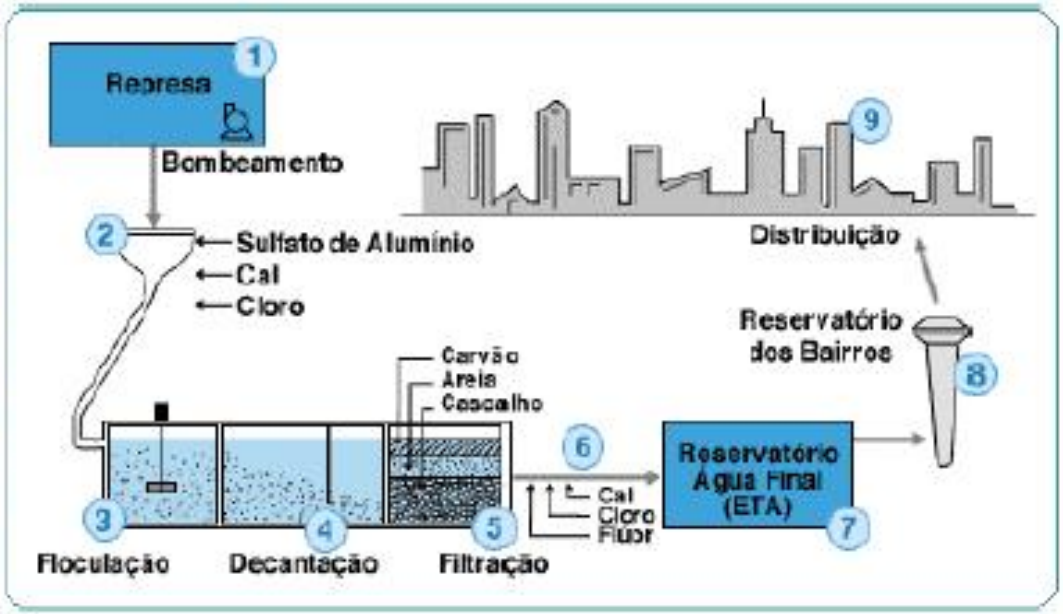
  Classificação: Águas doces

  - Classe especial: Para consumo humano, com desinfecção;
  - Classe 1: Para consumo humano, com tratamento simplificado;
  - Classe 2: Para consumo humano, com tratamento convencional (Completo);
  - Classe 3: Para consumo humano, com tratamento convencional ou avançado;
  - Classe 4: Não destinadas a consumo humano.

Tratamento simplificado (Classe 1)



Tratamento completo (Classes 2 e 3)



Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Capítulo III – Das Condições e Parâmetros de Qualidade das Águas”
    - Artigos 7º ao 23.
  - Capítulo IV – Das condições e Padrões de Lançamento de Efluentes
    - Artigos 24 ao 37;
    - **Revogado pela Resolução CONAMA 430/2011.**
  - Capítulo V – Diretrizes Ambientais para o Enquadramento da Águas Subterrâneas;
  - Capítulo VI – Disposições Finais e Transitórias.

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	**Artigo 14**	**Artigo 15**	**Artigo 16**	**Artigo 17**
Coliformes termotolerantes	Conama 274/00 (recreação)	Conama 274/00 (recreação)	2500/100 mL (recreação de contato secundário)	-
	200/100 mL (demais usos)	1000/100 mL (demais usos)	1000/100 mL (dessedentação de animais)	
	E.coli – valor a critério do órgão ambiental)	E.coli – valor a critério do órgão ambiental)	4000/100 mL (demais usos)	
			E.coli – valor a critério do órgão ambiental)	
$DBO_{5,20}$ (mg/L O_2)	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	-
OD (mg/L O_2)	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
Turbidez (UNT)	≤ 40,0	≤ 100,0	≤ 100,0	-
Cor verdadeira(mg Pt/L)	Natural	Natural	≤ 75,0	-
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	**Artigo 14**	**Artigo 15**	**Artigo 16**	**Artigo 17**
Padrões / Parâmetros				
Clorofila a (µg/L)	10,0	30,0	60,0	-
Densidade de cianobactéria	20.000,0 cel/mL	50.000,0 cel/mL	100.000,0 cel/mL	-
	2,0 mm^3/L	5,0 mm^3/L	10,0 mm^3/L	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	500,0	500,0	500,0	-
Padrões / Parâmetros Inorgânicos				
Alumínio dissolvido (mg/L Al)	0,1	0,1	0,2	-
Antimônio (mg/L Sb)	0,005	0,005	-	-
Arsênio total (mg/L As)	0,01	0,01	0,033	-
	0,14 µg/L (1)	0,14 µg/L (1)		

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 357/2005**
  - Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	**Artigo 14**	**Artigo 15**	**Artigo 16**	**Artigo 17**
Crômio total (mg/L Cr)	0,05	0,05	0,05	-
Ferro dissolvido (mg/L Fe)	0,3	0,3	5,0	-
Fluoreto total (mg/L F)	1,4	1,4	1,4	-
Fósforo total (ambiente lêntico) (mg/L P)	0,020	0,030	0,05	-
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) (mg/L P)	0,025	0,050	0,075	-

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água (padrão de descarga ou de emissão);
  - Objetivo: Preservação da qualidade no corpo d'água.
  - Questão prática: difícil controle apenas com base na qualidade do corpo receptor.
  - Interrelacionamento – Atendimento dos padrões de lançamento deve garantir simultaneamente o atendimento aos padrões do corpo receptor;
    - Quando o efluente satisfaz os padrões de lançamento, mas não satisfaz os padrões de qualidade do corpo receptor;
    - Quando não satisfaz os padrões de lançamento, mas satisfaz os padrões do corpo receptor.

PADRÕES DE LANÇAMENTO
Legislações Nacionais

ESTADO	LEI	Concentrações exigidas nos efluentes						Eficiência de remoção (%)	
		DQO mg/l	DBO mg/l	SST mg/l	N mg/l	P mg/l	CF NMP/100ml	DBO	SST
RJ	Norma Técnica FEEMA NT 202.R10 e Diretriz FEEMA DZ 215.R3	-	180 ($C \leq 5$)(1) 100 ($5 < C \leq 25$) 60 ($25 < C \leq 80$) 40 ($C > 80$)	180 ($C \leq 5$)(1) 100 ($5 < C \leq 25$) 60 ($25 < C \leq 80$) 40 ($C > 80$)	5(2) 10(3)	1(3)	-	30 ($C \leq 5$)(1) 60 ($5 < C \leq 25$) 80 ($25 < C \leq 80$) 85 ($C > 80$)	-
MG	Deliberação Normativa COPAM 010 de 16/12/1986	90	60	60 (4) 100 (5)	5(2)	-	-	60	-
SP	Decreto Estadual 8.468 de 08/09/1976	-	60	-	-	-	-	80	-
ES	COMDEMA 02/1991 (Legislação do município de Vitória)	200	-	100	-	-	-	90	-
RS	Portaria 05/89 SSMA de 16/03/1989	360 ($Q<200$)(6) 240 ($200 \leq Q < 1000$) 200 ($1000 \leq Q < 2000$) 160 ($2000 \leq Q < 10000$) 100 ($10000 \leq Q$)	120 ($Q<200$)(6) 80 ($200 \leq Q < 1000$) 60 ($1000 \leq Q < 2000$) 40 ($2000 \leq Q < 10000$) 20 ($10000 \leq Q$)	120 ($Q<200$)(6) 80 ($200 \leq Q < 1000$) 70 ($1000 \leq Q < 2000$) 50 ($2000 \leq Q < 10000$) 40 ($10000 \leq Q$)	10	1	300	-	-
SC	Decreto Estadual 14.250 de 05/06/1981	-	60	-	10(3)	1(3)	-	80	-
PR	Resolução 001/07 SEMA de 23/01/2007	225	90	-	20(2)	-	-	-	-
CE	Portaria nº 154 de 22/07/2002	200	-	50	5(2)	-	5000	-	-
PB	NT 301 de 24/02/1988	-	60	-	10(3)	1(3)	-	80	-
AL	Decreto Estadual 6.200 de 01/03/1985	150	60	-	0,5(2)	-	-	-	-
BA	Resolução CEPRAM 2.288 de 28/04/2000	-	-	-	-	-	10^6	80 – 95 (7)	70 – 90 (7)
PE	Normas Técnicas CPRH 2002 e CPRH 2007	360 ($C \leq 2$) (1) 160 ($2< C \leq 6$) 120 ($6< C \leq 50$) 60 ($C > 50$)	180 ($C \leq 2$) (1) 80 ($2< C \leq 6$) 60 ($6< C \leq 50$) 30 ($C > 50$)	-	-	-	(8) De 10^6 a 10^4	40 ($C \leq 2$) (1) 70 ($2< C \leq 6$) 80 ($6< C \leq 50$) 90 ($C > 50$)	-
MS	Deliberação CECA/MS 003 de 20/06/1997	-	60 (9)	-	5 (2)	-	-	-	-
GO	Decreto Estadual 1.745 de 06/12/1979	-	60	-	-	-	-	80	-
RO	Decreto Estadual 7.903 de 01/07/1997	-	-	-	5 (2)	-	-	-	-
BRASIL	CONAMA 357/2005	-	-	-	20 (2)	-	-	-	-

Observação: O efluente não deverá causar prejuízos ao corpo receptor

(1) Variável de acordo com a carga orgânica diária bruta (kgDBO/dia)
(2) Nitrogênio Amoniacal
(3) Lançamentos em corpos hídricos contribuintes de lagoas ou lagunas ou estuários
(4) Valor máximo diário
(5) Média aritmética mensal
(6) Variável de acordo com a vazão diária de lançamento (m^3/dia)
(7) Variável de acordo com o padrão sócio-econômico do empreendimento imobiliário
(8) Variável de acordo com classes de enquadramento do corpo d'água receptor
(9) Valores superiores poderão ser tolerados desde que o padrão de qualidade da classe do corpo d'água receptor seja respeitado

PADRÕES DE LANÇAMENTO

Estado de São Paulo:

Decreto 8.468/76

- $DBO_{5,20}$ inferior a 60,0 mg/L

ou

Redução de 80% em seu valor

PADRÕES DE QUALIDADE

Estado de São Paulo:

Decreto 8.468/76

Exemplo: Águas Classe 2

- $DBO_{5,20} < 5,0$ mg/L

- Oxigênio dissolvido > 5,0 mg/L

- Coliformes termotolerantes < 10^3 NMP/100 mL

PADRÕES DE QUALIDADE
RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

Águas classe 1 - amônia total:

- 3,7 mg-N/L para pH ≤ 7,5
- 2,0 mg-N/L para 7,5 < pH ≤ 8,0
- 1,0 mg-N/L para 8,0 < pH ≤ 8,5
- 0,5 para pH > 8,5

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
  - Art. 10º. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.
    - § 1º. Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo de capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as condições mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
  - § 2º. Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para usos previstos no enquadramento do corpo d'água.

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
  - § 3º. Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for o fator limitante para a eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.
- **Vazão de referência:** Vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão.
  - Resolução Conama 20/86: $Q_{7,10}$;
  - Resolução Conama 357/05: Definida segundo critérios a serem estabelecidos pelos órgãos competentes (Q_{90} ou Q_{95}).

Padrões de balneabilidade no Brasil

- Resolução CONAMA 357/05 – uso de recreação de contato primário – resolução específica;
- Resolução CONAMA 274/00:
  - Limites para coliformes fecais (termotolerantes) e totais;
  - Limites para estreptococos ou *Escherichia Coli.*

Itens de importância na Resolução CONAMA 274/00, relativa a padrões de balneabilidade.

Categoria	Coliformes fecais/100ml	*Escherichia coli/100ml*	*Enterococcus/ 100ml*
Excelente	até 250	até 200	até 25
Muito boa	até 500	até 400	Até 50
Satisfatória	até 1000	até 800	Até 100
Imprópria	> 2500	> 2000	> 400

Diretrizes da Comunidade Europeia

- Deliberação nº 91/271/EEC – 21/05/1991
- Condições mínimas exigidas para os efluentes de estações de tratamento de efluentes urbanos, segundo a CE:
  - DQO: < 125 mg/L, eficiência mínima: 75%;
  - DBO: < 25 mg/L, eficiência mínima: 70-90%;
  - Sólidos em suspensão total:
    - População > 10000 hab.: < 35 mg/L, remoção: > 90%;
    - Pop. de 2000 a 10000 hab.: <70 mg/L, remoção: > 70%;
    - Para efluentes de lagoas: < 150 mg/L.

Diretrizes da Comunidade Europeia

- Deliberação nº 91/271/EEC – 21/05/1991
- Condições mínimas exigidas para os efluentes de estações de tratamento de efluentes urbanos, segundo a CE:
  - Nitrogênio total:
    - Pop. Equiv. Entre 10000 e 100000 hab.: < 15 mg/L, remoção: 70-80%;
    - Pop. Equiv. Superior a 100000 hab.: < 10 mg/L, remoção: > 80%;
  - Fósforo total:
    - Pop. Equiv. Entre 10000 e 100000 hab.: < 2 mg/L, remoção: > 80%;
    - Pop. Equiv. Superior a 100000 hab.: < 1 mg/L, remoção: > 80%;

Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
  - Concentração de coliformes fecais;
  - Ovos de helmintos por unidade de volume.
    - Nematóides *Ascaris, Trichiuris, Necator americanus e Ancilostoma duodenale.*
  - Categorias:
    - A – Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos;
      - Grupo exposto: Trabalhadores, consumidores, público;
      - ≤ 1 Ovos de helmintos/L;
      - ≤ 1000 CF/100 mL durante o período de irrigação;
      - Gramados públicos onde público tem contato direto: ≤ 200 CF/100 mL.

Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
  - Categorias:
    - B – Irrigação de culturas não ingeridas cruas, como cereais para a indústria, pastos, forragem e árvores;
      - Grupo exposto: Trabalhadores;
      - ≤ 1 Ovos de helmintos/L;
      - Não se recomenda o indicador de CF;
      - No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser suspensa duas semanas antes da colheita, sem que sejam apanhadas no chão.

Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
  - Categorias:
    - C – Irrigação de culturas da categoria B se o público e os trabalhadores não ficam expostos;
      - Grupo exposto: Nenhum;
      - Não se aplica indicadores microbiológicos.

Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de lançamento: variam de país para país, estado para estado;
  - Particularidades, estágio de desenvolvimento, nível de desenvolvimento, compromisso com o meio ambiente e diversos fatores.
- Níveis de restrição – Padrão de lançamento (mg/L):
  - DBO (quaisquer corpos d'água)
    - Bastante: < 10 ; Restritivo: < 20-30 ; Menos: < 60 ;
  - DQO (quaisquer corpos d'água)
    - Bastante: < 50 ; Restritivo: < 100-150 ; Menos: < 200 mg/L;
  - SS (quaisquer corpos d'água)
    - Bastante: < 10 mg/L; Restritivo: < 20-30 mg/L; Menos: < 60 mg/L;

Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de lançamento: variam de país para país, estado para estado;
  - Particularidades, estágio de desenvolvimento, nível de desenvolvimento, compromisso com o meio ambiente e diversos fatores.
- Níveis de restrição – Padrão de lançamento (mg/L):
  - N total (corpos d'água sensíveis)
    - Bastante: < 10 ; Restritivo: < 10-15 ;
  - P total (corpos d'água sensíveis)
    - Bastante: < 1 ; Restritivo: < 1-2 ;

Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de qualidades – países em desenvolvimento:
- Escalonamento da qualidade do efluente;
  - Implantação de ETE – expansão física de unidades:
    - Dois reatores – primeira etapa;
    - Um reator – segunda etapa (aumento da carga afluente – aumento populacional).
  - Redução nos custos de implantação;
  - Evolução gradativa da qualidade do efluente tratado.

Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Vantagens da implantação gradual da infra-estrutura sanitária e da qualidade do efluente tratado:
  - Poluidores podem arcar com investimentos graduais para medidas de controle;
  - Valor presente dos custos de implantação é reduzido;
  - Custo-benefício da primeira etapa deve ser mais favorável que nas etapas subsequentes;
  - Maior tempo e melhores condições para se conhecer as características do esgoto afluente;
  - Poderá haver tempo e oportunidade para se implantar, na segunda etapa, novas tecnologias ou processos melhor desenvolvidos;
  - O país ou estado tem mais tempo de desenvolver seus próprios padrões;
  - O país ou estado tem mais tempo e melhores condições para desenvolver uma estrutura regulatória e uma capacidade institucional mais adequadas.

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Avaliação do impacto ao longo do tempo e do atendimento à legislação;
- Amostragens de esgoto:
  - **Afluente à ETE:** Atendimento ao padrão de lançamento (quesito de eficiência mínima de remoção de poluentes);
  - **Efluentes da ETE:** Atendimento ao padrão de lançamento (limites de concentrações permitidos pela legislação).

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Avaliação do impacto ao longo do tempo e do atendimento à legislação;
- Amostragens do corpo d'água receptor:
  - **Montante do lançamento dos esgotos:** Características do corpo receptor sem o lançamento dos esgotos em questão; e avaliação da modificação induzida pelo lançamento dos esgotos.
  - **Jusante do lançamento dos esgotos:** Atendimento ao padrão de qualidade do corpo receptor; avaliação da modificação induzida pelo lançamento de esgotos; amostra representativa; Mais de um ponto de amostragem a jusante, para avaliar o impacto em uma maior distância.

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Variações da concentração ao longo do dia:
  - **Amostras compostas:** Diversas alíquotas coletadas em diferentes horários, perfazendo uma única amostra;
  - **Amostra isoladas:** indicação de tendências;
    - Número de dados, média, desvio padrão;
    - Porcentagem de atendimento: distribuição de frequência acumulada;
    - Gráficos de série temporal

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Orgão ambiental – automonitoramento com o empreendedor;
  - Empreendedor: Amostragem, análise e envio de relatórios para apreciação do órgão ambiental;
  - Orgão ambiental: Parâmetros a serem analisados, as condições e frequência de amostras e a periodicidade de envio de relatórios;
- Divulgação dos dados para o público: **Índice de Qualidade de Águas (IQA);**
  - Qualidade das águas em um ponto de monitoramento.

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Conjunto de nove parâmetros mais representativos para a caracterização da qualidade das águas:
  - Oxigênio dissolvido;
  - Coliformes fecais (termotolerantes);
  - pH;
  - Demanda bioquímica de oxigênio;
  - Nitrato;
  - Fósforo total;
  - Temperatura da água;
  - Turbidez;
  - Sólidos totais.

Monitoramento e divulgação dos resultados

- Cada parâmetro: Peso de acordo com a sua importância relativa para o cálculo do índice;
- Faixas de valores de IQA e nível de qualidade da água associado:
  - Excelente: 90 < IQA < 100;
  - Bom: 70 < IQA < 90;
  - Médio: 50 < IQA < 70;
  - Ruim: 25 < IQA < 50;
  - Muito ruim: 0 < IQA < 25.

Bibliografia

- JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos,** 4ª ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos,** 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.