



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
HIDRÁULICA E AMBIENTAL

PHA 3360 – POLUIÇÃO E  
QUALIDADE DA ÁGUA

---

PROF. DR. SIDNEY SECKLER FERREIRA FILHO  
PROF. DR. JOSÉ CARLOS MIERZWA





# POLUIÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

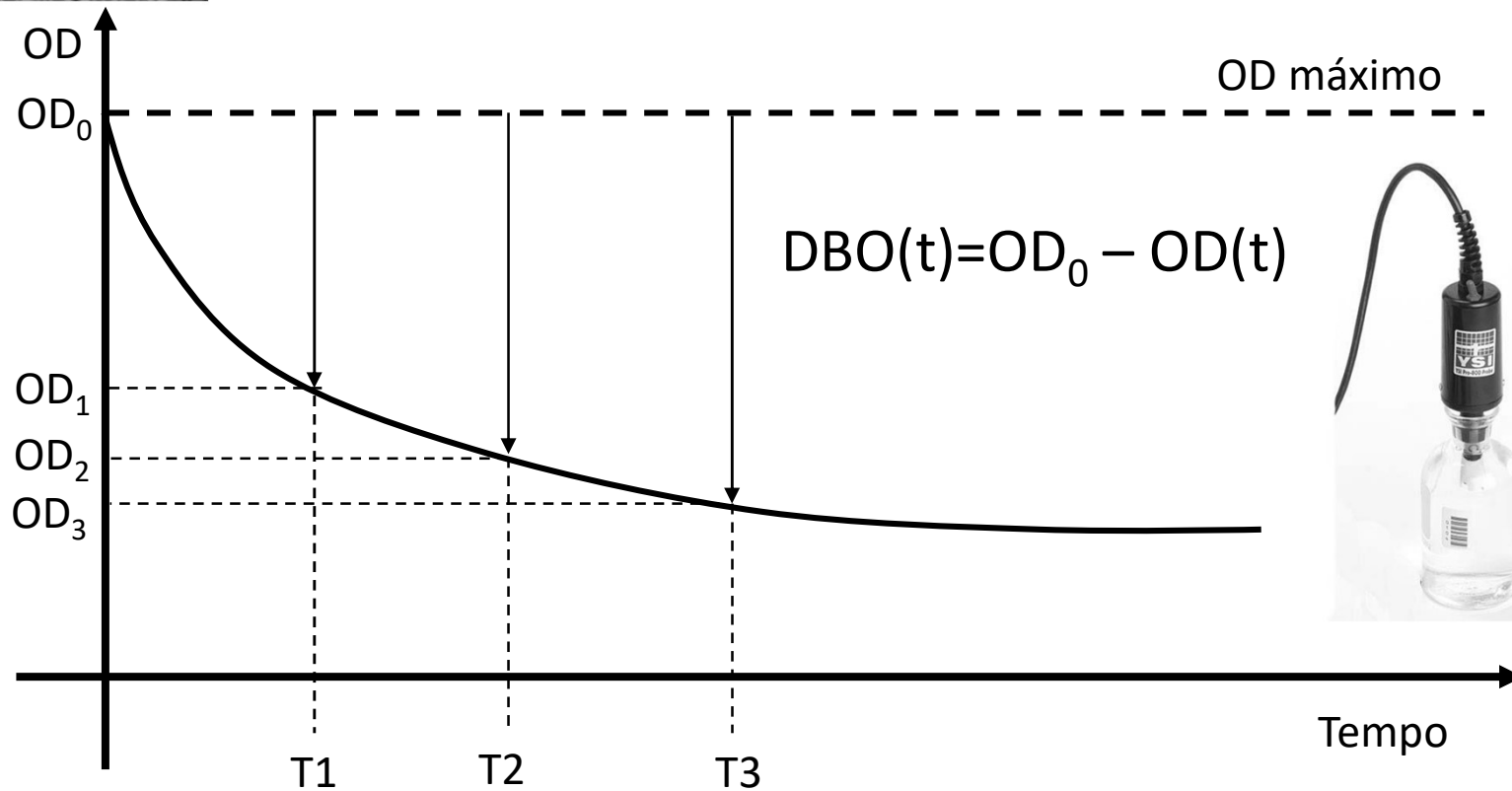
---

- **Introdução**
- **Conceituação de demanda química de oxigênio (DQO)**
- **Parâmetro: Demanda Química de Oxigênio**
- **Comentários Finais**



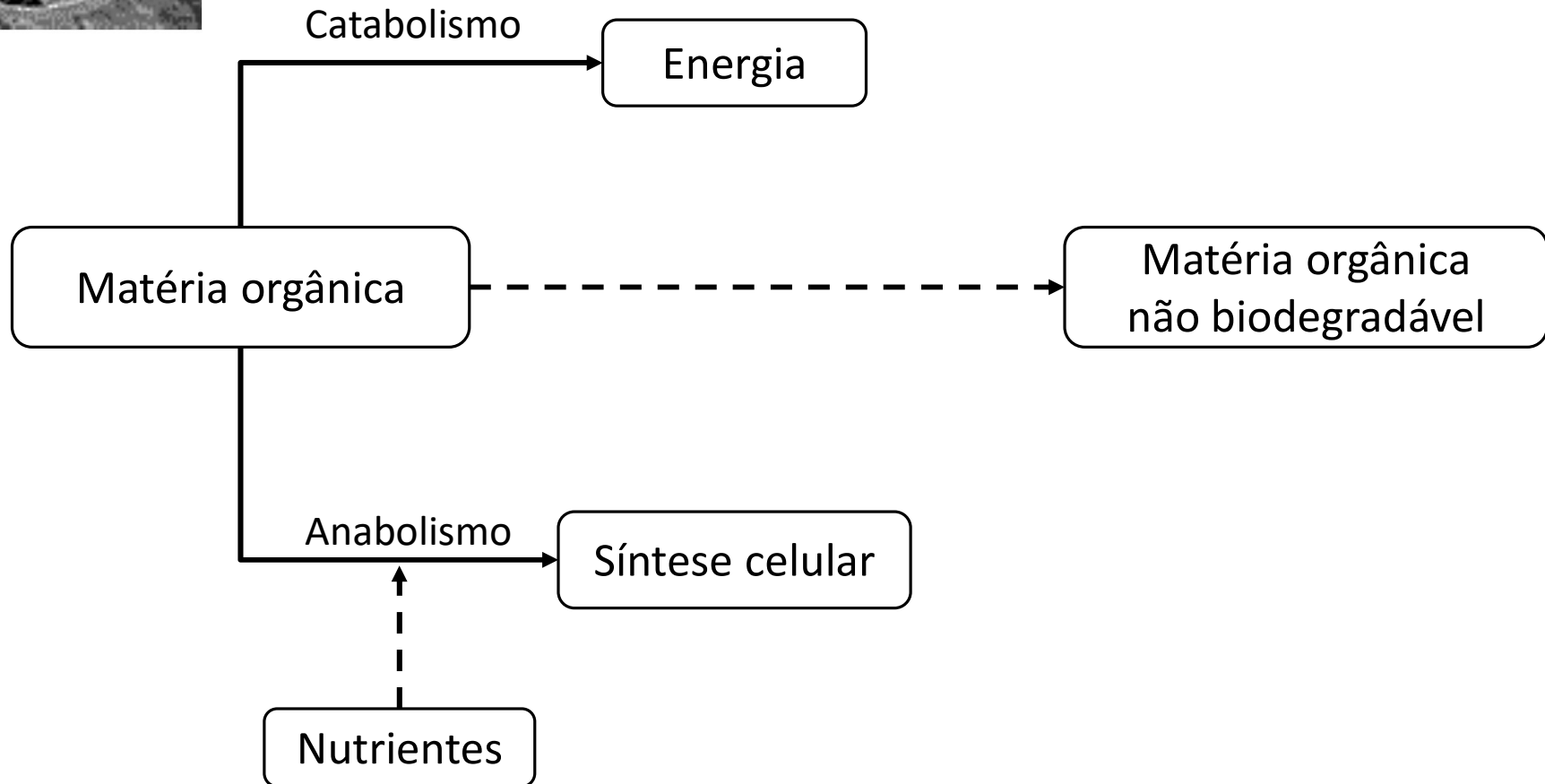


# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO



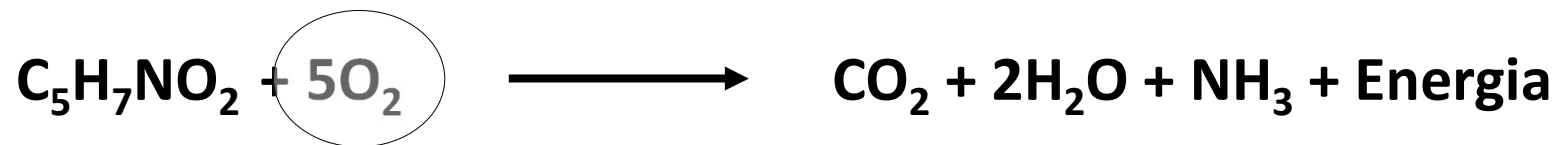
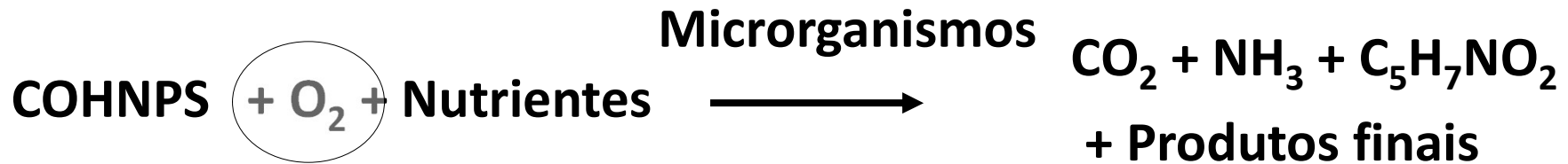
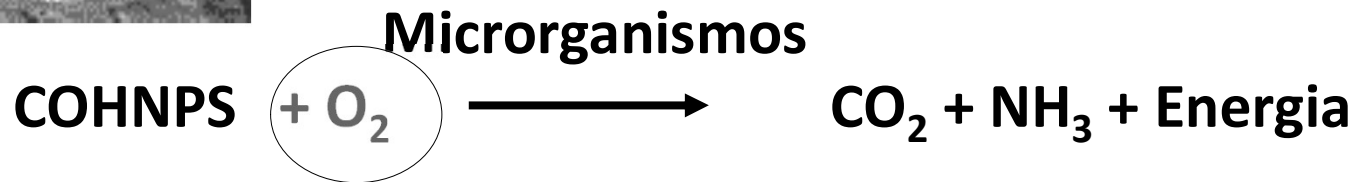


# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

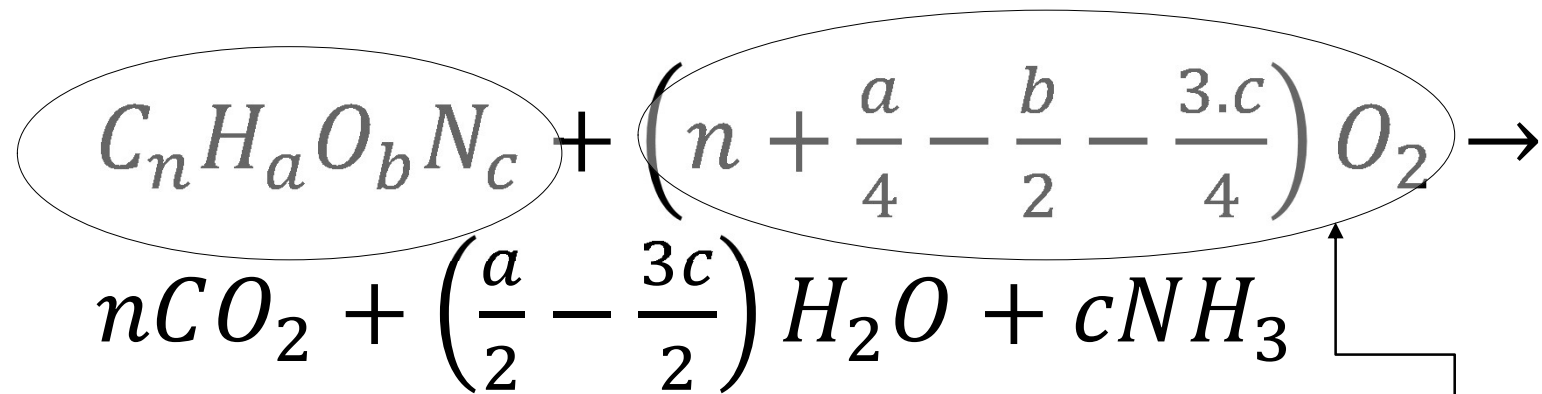


**Demanda bioquímica de oxigênio !!**





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO



**Demanda bioquímica  
de oxigênio  
carbonácea !!**





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Definição: Quantidade de oxigênio dissolvido requerido para a oxidação da matéria orgânica biodegradável por via aeróbia
- Origem: Compostos orgânicos biodegradáveis presentes na fase líquida





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Permite a quantificação da concentração de compostos orgânicos biodegradável na fase líquida !!
- Quanto maior for o grau de proteção do corpo d'água, menores serão os valores de DBO !!







# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Permite a quantificação da concentração de compostos orgânicos biodegradável na fase líquida !!
- Quanto mais poluído, maiores serão os valores de DBO !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Parâmetro de grande importância nos estudos de qualidade da água e autodepuração de corpos d'água !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Parâmetro utilizado para a avaliação operacional de estações de tratamento de água residuárias e demais processos biológicos de tratamento !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Parâmetro de projeto empregado no dimensionamento de estações de tratamento de efluentes industriais !!





## IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Parâmetro utilizado para avaliar a biodegradabilidade de efluentes líquidos !!
- Efluentes com altos valores de DBO indicam potencialidade para a adoção de processos biológicos de tratamento !!





## LIMITAÇÕES DO PARÂMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Requer um longo período de tempo para a sua execução (5 dias) !!
- Permite somente a quantificação de matéria orgânica biodegradável !!
- Necessita de uma cultura de microrganismos heterotróficos aeróbios para a sua execução !!





## LIMITAÇÕES DO PARÂMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Requer um longo período de tempo para a sua execução (5 dias) !!
- Permite somente a quantificação de matéria orgânica biodegradável !!
- Necessita de uma cultura de microrganismos heterotróficos aeróbios para a sua execução !!





## LIMITAÇÕES DO PARÂMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Requer um longo período de tempo para a sua execução (5 dias) !!
- Permite somente a quantificação de matéria orgânica biodegradável !!
- Necessita de uma cultura de microrganismos heterotróficos aeróbios para a sua execução !!





## LIMITAÇÕES DO PARÂMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Análise extremamente sensível e sujeita a interferências devido a presença de compostos tóxicos presentes na fase líquida !!
- Requer diluição da amostra, o que tende a ocasionar maiores erros analíticos !!





## LIMITAÇÕES DO PARÂMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

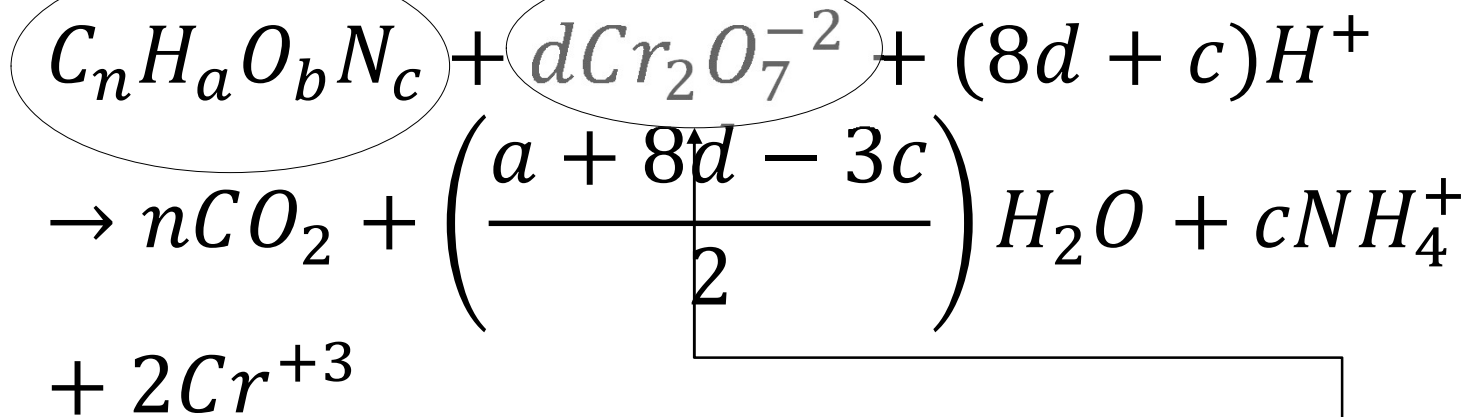
- Análise extremamente sensível e sujeita a interferências devido a presença de compostos tóxicos presentes na fase líquida !!

- Requer diluição da amostra, o que tende a ocasionar maiores erros analíticos !!





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO



$$d = \frac{2n}{3} + \frac{a}{6} - \frac{b}{3} - \frac{c}{2}$$

**Demanda química de  
oxigênio !!**





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Definição: Quantidade equivalente de oxigênio requerida por processo de oxidação química de compostos orgânicos presentes na fase líquida;
- Origem: Compostos orgânicos presentes na fase líquida (biodegradáveis e não biodegradáveis).





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Permite a quantificação da concentração de compostos orgânicos presentes na fase líquida !!
- Quanto maior for o grau de proteção do corpo d'água, menores serão os valores de DQO !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

---

- Permite a quantificação da concentração de compostos orgânicos presentes na fase líquida !!
- Quanto mais poluído, maiores serão os valores de DQO !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

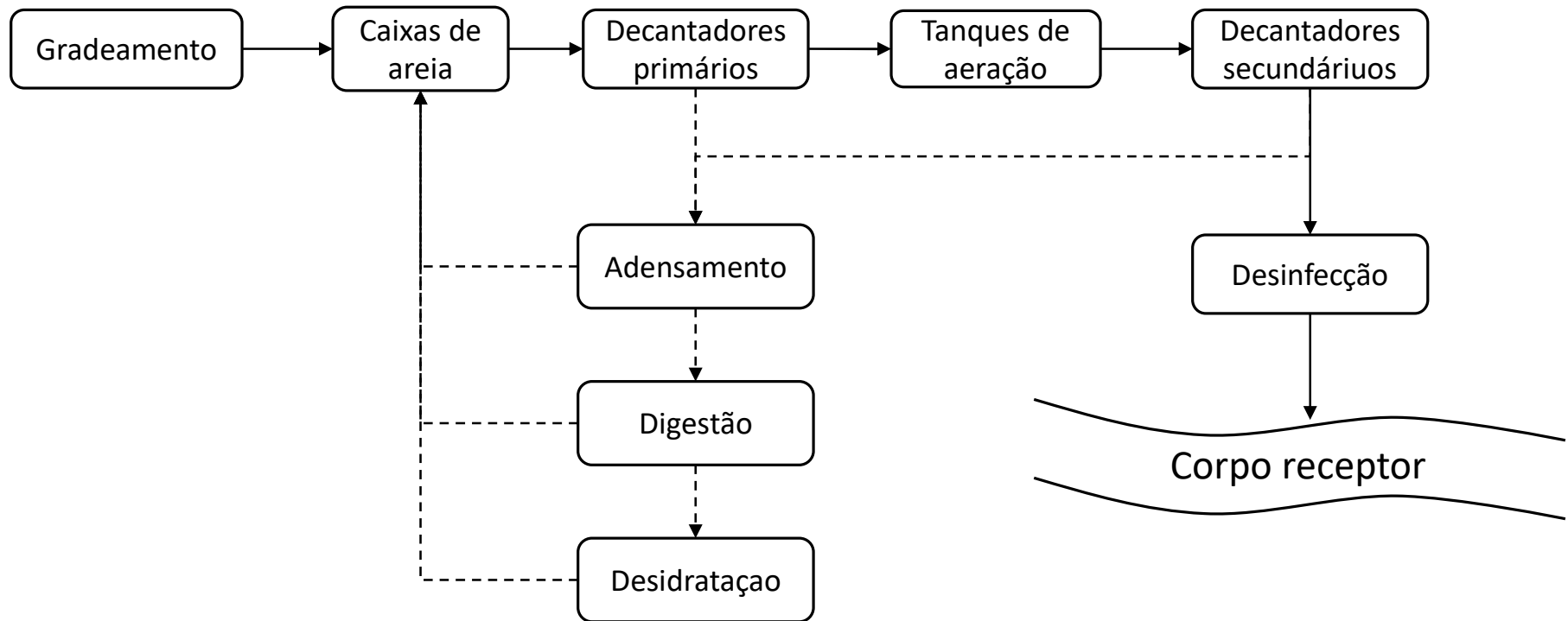
---

- Parâmetro utilizado para a avaliação operacional de estações de tratamento de água residuárias e demais processos biológicos de tratamento !!





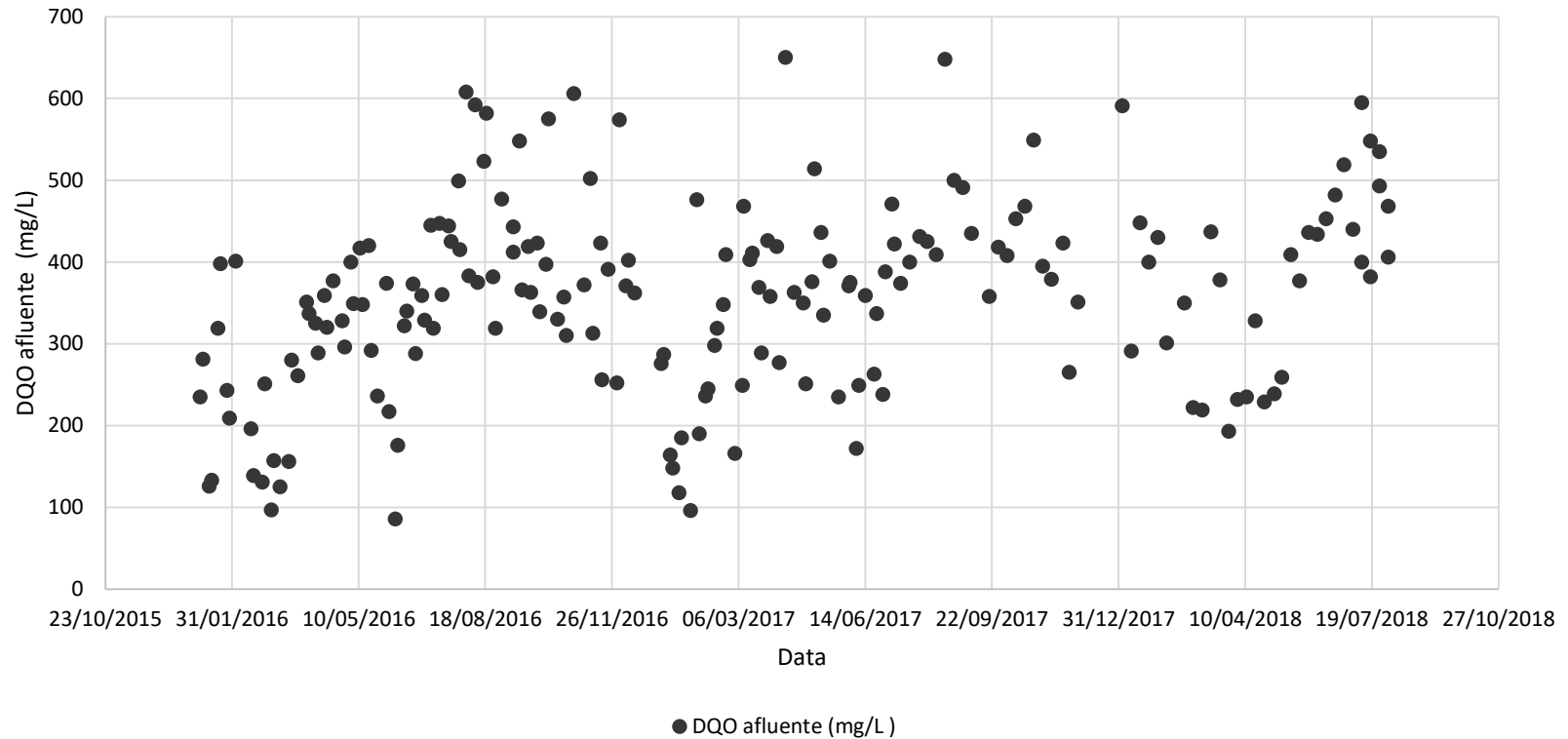
# PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODOS ATIVADOS







# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

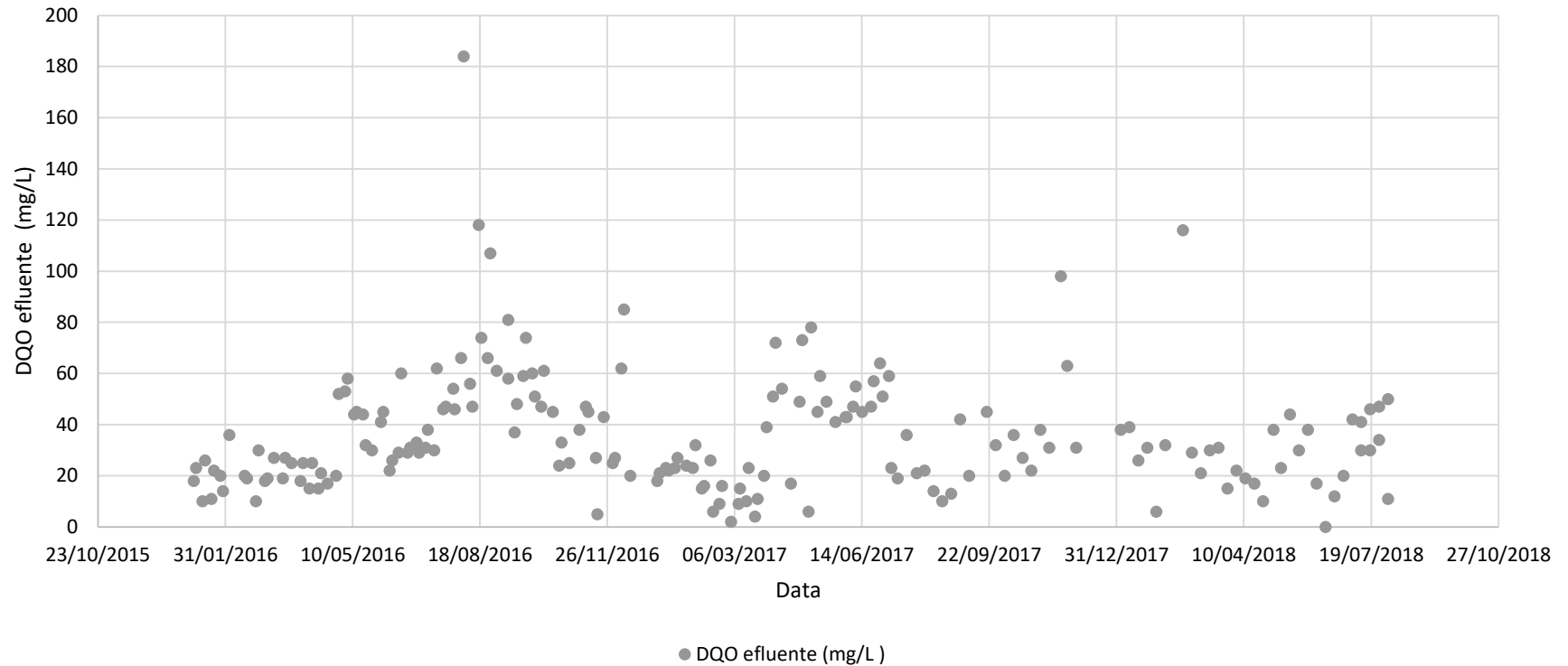


Estação de tratamento de esgotos Leste – Mogi das Cruzes





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

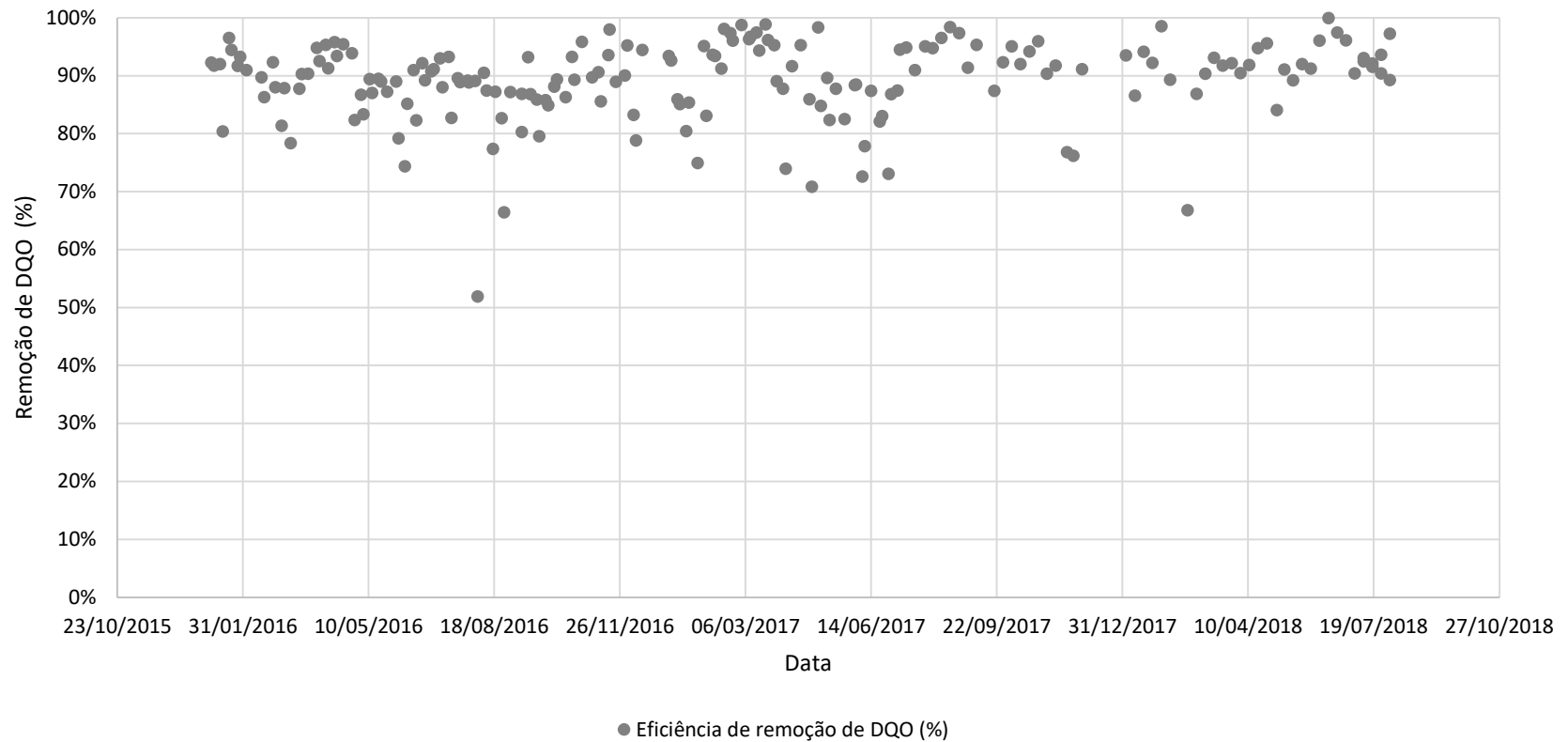


Estação de tratamento de esgotos Leste – Mogi das Cruzes





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



Estação de tratamento de esgotos Leste – Mogi das Cruzes





## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Águas naturais não poluídas: 5,0 mg O<sub>2</sub>/L a 10,0 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário bruto: 400 mg O<sub>2</sub>/L a 800 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário tratado: 40 mg O<sub>2</sub>/L a 100 mg O<sub>2</sub>/L





## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Águas naturais não poluídas: 5,0 mg O<sub>2</sub>/L a 10,0 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário bruto: 400 mg O<sub>2</sub>/L a 800 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário tratado: 40 mg O<sub>2</sub>/L a 100 mg O<sub>2</sub>/L





## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Águas naturais não poluídas: 5,0 mg O<sub>2</sub>/L a 10,0 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário bruto: 400 mg O<sub>2</sub>/L a 800 mg O<sub>2</sub>/L
- Esgoto sanitário tratado: 40 mg O<sub>2</sub>/L a 100 mg O<sub>2</sub>/L





## IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

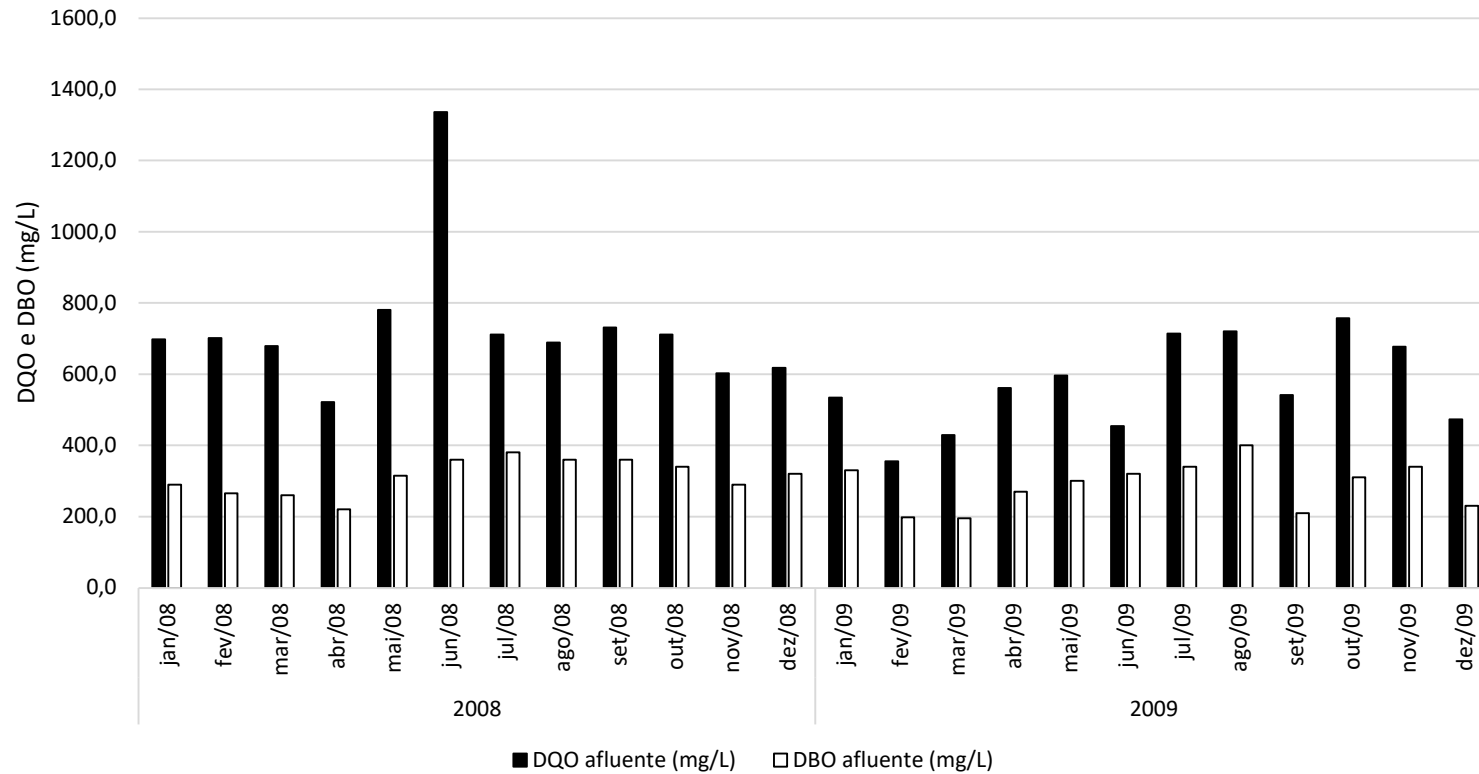
---

- Parâmetro utilizado conjuntamente com a DBO para avaliar a biodegradabilidade de efluentes líquidos !!
- Efluentes com baixos valores de relação DQO/DBO indicam potencialidade para a adoção de processos biológicos de tratamento !!





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

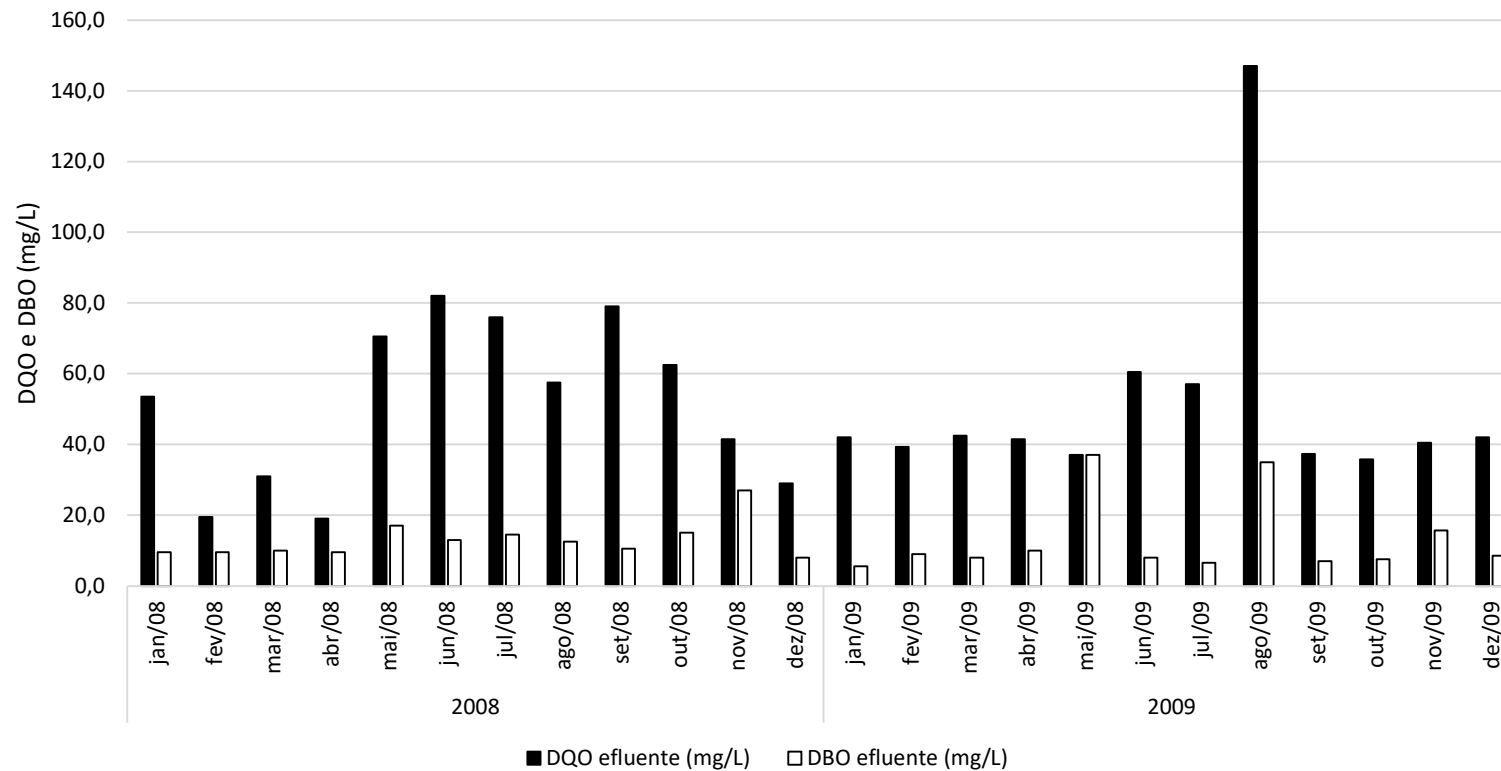


Estação de tratamento de esgotos de Franca – Sabesp





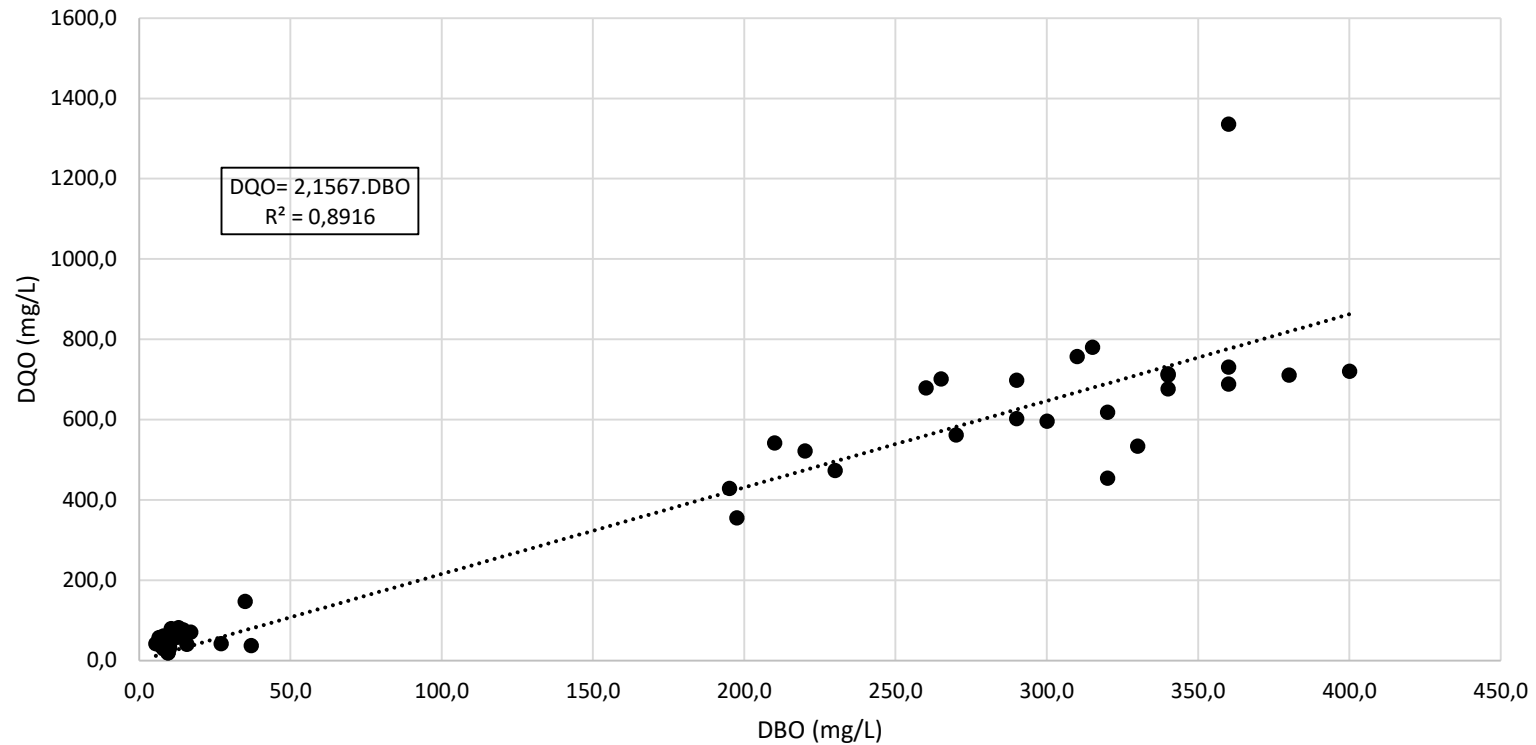
# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



Estação de tratamento de esgotos de Franca – Sabesp



# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

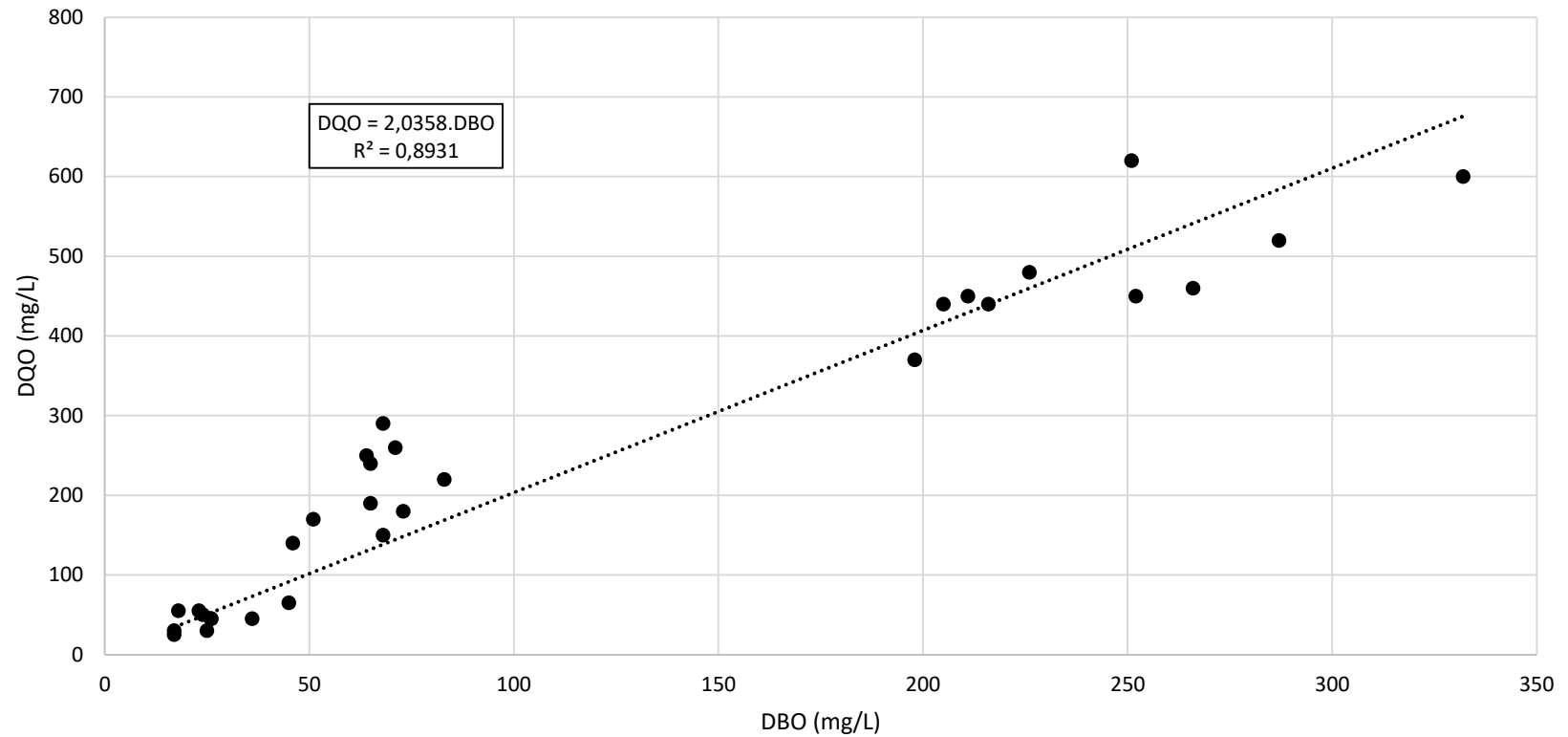


Estação de tratamento de esgotos de Franca – Sabesp





# IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



Estação de tratamento de esgotos Piçarrão – Sanasa





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

- Método químico
- Consumo de dicromato de potássio
- Condições padrão
- Tempo de reação: 2 horas
- Aquecimento !!
- Meio ácido !!





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Preparação do branco e da amostra !
- 25 mL de dicromato de potássio 0,25 N
- 50 mL de amostra
- 75 mL de ácido sulfúrico concentrado





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Aquecimento por duas horas !!
- Ambiente ácido !!
- Resfriamento da amostra
- Adição de ferroin
- Titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

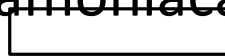
---



## ■ Cálculos

$$DQO = \frac{(V_b - V_a) \cdot 8.000 \cdot N_{sfa}}{V_{amostra}} \text{ em } \frac{mg O_2}{L}$$

- $V_b$  e  $V_a$  = volume de solução de sulfato ferroso amoniacal consumido pelo branco e amostra respectivamente
- $N_{sfa}$  = normalidade da solução de sulfato ferroso amoniacal





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---







## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- A análise de DQO é relativamente rápida (em torno de 4 horas) !!
- Constitui grande vantagem em relação ao parâmetro DBO !!
- O parâmetro DQO é de mais fácil execução e menos sujeito a erros analíticos !!





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- A análise de DQO é relativamente rápida (em torno de 4 horas) !!
- Constitui grande vantagem em relação ao parâmetro DBO !!
- O parâmetro DQO é de mais fácil execução e menos sujeito a erros analíticos !!





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- A análise de DQO é relativamente rápida (em torno de 4 horas) !!
- Constitui grande vantagem em relação ao parâmetro DBO !!
- O parâmetro DQO é de mais fácil execução e menos sujeito a erros analíticos !!





# Características do método de refluxo fechado

---

- Faixa de determinação → 40 a 400 mg O<sub>2</sub>/L;
- Desvio padrão do método → < 5,0 %
- Tempo de execução da análise → < 4 horas;
- Necessidade de estabelecimento de uma correlação com os valores de DBO<sub>5,20°C</sub>;
- Requer a utilização de equipamento de digestão e de titulação;
- Volume reduzido de reagentes e amostra.





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

- Por sua vez, não permite a diferenciação entre compostos orgânicos biodegradáveis e não biodegradáveis !!
- Não permite avaliar a taxa de decomposição dos compostos orgânicos biodegradáveis presentes na fase líquida !!





## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

---

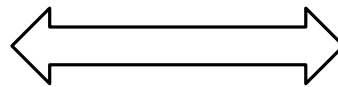
- Por sua vez, não permite a diferenciação entre compostos orgânicos biodegradáveis e não biodegradáveis !!
- Não permite avaliar a taxa de decomposição dos compostos orgânicos biodegradáveis presentes na fase líquida !!





# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

- Desta forma, ambos os parâmetros DQO e DQO devem ser vistos como complementares e não excludentes !!





# Carbono Orgânico Total

---

- A realização da análise de DBO é muito importante para controle ambiental;
- Contudo, para a avaliação de processos ela apresenta limitações em função do tempo necessário para a obtenção dos resultados;
- A DQO é uma alternativa, pois a sua execução pode ser feita em até 4 horas, porém existe a questão dos reagentes químicos utilizados;
- Uma alternativa à análise de DQO é a medida do Carbono Orgânico Total.







# Determinação de COT

---

- Procedimento baseado na oxidação química ou térmica dos compostos orgânicos presentes na amostra e determinação da concentração de  $\text{CO}_2$ ;
- Na oxidação química utiliza-se o persulfato de potássio e um ácido, geralmente o ácido fosfórico;
- Na oxidação térmica utiliza-se um equipamento com um forno que aquece a amostra entre 680 a 950° C;
- O dióxido de carbono gerado é determinado, com posterior conversão para concentração de carbono orgânico.





# Determinação de COT (cont.)

---

- Formas de carbono que podem ser determinadas pelo equipamento:
  - Carbono total – Orgânico e inorgânico, solúvel e particulado;
  - Carbono Orgânico Total – Elimina-se o carbono inorgânico, por meio de acidificação da amostra e purga com nitrogênio;
  - Carbono inorgânico – Diferença entre as concentrações de Carbono Total e Carbono Orgânico Total.





# Características do método de análise de COT

---

- Faixa de determinação →  $> 0,5 \text{ mg C/L}$ ;
- Desvio padrão do método →  $< 5,0 \%$
- Tempo de execução da análise →  $< 1 \text{ hora}$ ;
- Requer a utilização de equipamento específico;
- Volume reduzido de reagentes e amostra.





## Analizador de Carbono pelo método de oxidação via úmida

Modelo	TOC-VWS
Método de determinação	Oxidação via úmida/NDIR - Infravermelho
Itens medidos	TC,IC,TOC,NPOC
Tipo de amostra	Amostras aquosas
Faixa de medição (mg/L)	TC: 0 a 3000 IC:0 a 2500
Limite de detecção	0.5µg/L
Precisão da medida (reprodutibilidade)	CV - 1.5% max. (CV - 2% max. para 1000 mg/L ou superior)
Tempo de medida	TC: 4 minutos (aproximadamente).
	IC: 4 minutos (aproximadamente).

--

## Analizador de Carbono pelo método de oxidação térmica



Análise	TC, IC, TOC (=TC-IC)
Método de oxidação TC	Oxidação por combustão catalítica (temperatura forno de TC 900 C)
Método de reação IC	Acidificação (temperatura forno de TC 200 °C)
Faixa de análise	TC: 0,1 a 30 mg de carbono, IC: 0.1 a 20 mg de carbono TC (alta sensibilidade, usando Kit comutador de válvulas): 1 a 25 µg de carbono
Quantidade máxima de amostra	1 g (máx. 0,5 g de água para medidas de TC e 0,3 g para IC) máx. 0,4 g de água (alta sensibilidade, usando Kit comutador de válvulas)
Reprodutibilidade	desvio padrão máx. de 1%
Tempo de análise	TC: aprox. 3 min IC: aprox. 3 min TN (opcional): aprox. 4 min
Gás de arraste	Oxigênio (99,9 %) 400 mL/min (alta sensibilidade, usando Kit comutador de válvulas) Para a faixa de 1 a 25 g de carbono, usar oxigênio de elevada pureza (máx. 1 ppm CO, CO2 ou HC)





Muito  
Obrigado !!!

---

