



Universidade Federal de São João del-Rei
Coordenadoria do Curso de Química



Análise Química de Efluentes Líquidos Industriais

Caroline Christine Zanith

São João del-Rei – 2016

ANÁLISE QUÍMICA DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado no 2º semestre do ano de 2016 ao Curso de Química, Grau Acadêmico Bacharelado, da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Química.

Autor: Caroline Christine Zanith

Docente Orientador: Patrícia Benedini Martelli

Modalidade do Trabalho: Pesquisa

São João del-Rei – 2016

RESUMO:

As diferentes atividades industriais promovem, durante o processo de produção, a geração de efluentes líquidos, os quais podem poluir e contaminar os corpos d'água receptores. As indústrias se tornaram responsáveis pelos efluentes lançados no meio ambiente, de maneira que estes devem atender as normas estabelecidas na Resolução CONAMA N° 430/2011, nacional e Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008, particular para o estado de Minas Gerais. Sendo assim, neste trabalho objetivou-se averiguar se os efluentes industriais gerados pela Cia Têxtil São Joanense e pela Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda. estão aptos para descarte em corpos d'água receptores, assim como avaliar o sistema de tratamento adotados por estas. Dentro desse contexto, foram realizadas análises como pH, turbidez, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), em amostras brutas e tratadas das indústrias. A partir dos valores experimentais obtidos, foi possível concluir que o tratamento realizado na estação de tratamento de efluentes (ETE) em ambas é eficaz, embora o tratamento da indústria têxtil mereça mais atenção. Do mesmo modo, constatou-se que os efluentes oriundos das duas indústrias estão de acordo com as condições e padrões previstos na legislação ambiental nacional e estadual. Verificou-se também que as características destes efluentes podem ser variáveis em diferentes períodos, o que justifica a necessidade de amostragem e análise dos despejos da ETE periodicamente. O descumprimento da legislação pode acarretar em punição às indústrias infratoras.

Palavras Chave: Efluentes líquidos industriais, Corpo d'água receptor, Estação de tratamento de efluentes , Legislação ambiental.

SUMÁRIO

1. Introdução Geral	01
2. Importância dos parâmetros analisados	02
3. Estações de tratamento de efluentes	02
Tratamento utilizado pela Cia Têxtil São Joanense	03
Tratamento utilizado pela Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda.	04
4. Objetivos	06
5. Metodologia	06
Temperatura	07
pH	07
Turbidez	07
Sólidos Sedimentáveis	07
Sólidos em Suspensão	07
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	08
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	10
6. Resultados e discussão	11
7. Conclusão	16
8. Referências Bibliográficas	17

1. INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento industrial, ao longo dos anos, acarretou no aumento do consumo de água e utilização de novos materiais para otimização de processos como, por exemplo, produtos químicos, o que originou um maior volume de resíduos. Embora esse desenvolvimento tenha contribuído significativamente para melhoria do padrão de vida no país, este está associado com o aumento da poluição hídrica.¹

A poluição hídrica pode ser descrita como qualquer variação física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, ocasionando na perda das condições aquáticas favoráveis à vida animal e vegetal.²

Uma grande quantidade de despejos industriais é realizada diariamente em corpos d'água receptores, com composição extremamente variável, dependente da natureza e porte da indústria. Os despejos provenientes das áreas de processamento industrial, que apresentam poluição, por produtos produzidos ou utilizados no processo, são denominados efluentes líquidos industriais, segundo a Norma Brasileira 9800/1987.³

Caracterizar os efluentes gerados nas indústrias e avaliar seus impactos no meio ambiente é uma preocupação relativamente recente, uma vez que por muitos anos não houve rigidez quanto aos critérios e padrões de lançamento destes em corpos d'água receptores. Nos últimos anos, as indústrias se tornaram responsáveis pelas características dos seus efluentes lançados no meio ambiente, o que fez com que estas promovessem tratamento adequado destes antes do descarte.⁴

Visando a preservação dos recursos hídricos, governos do mundo todo regulamentaram parâmetros indicadores da qualidade da água, de maneira que, os efluentes industriais independentemente da composição devem atender as normas estipuladas pela legislação. No Brasil, a Resolução CONAMA N° 430/2011 dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes. Em Minas Gerais, especificamente, estas condições são estipuladas pela Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008. Estas impõem que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento e desde que obedeçam determinadas exigências.^{1,5,6}

Em estações de tratamento de efluentes (ETE) há diversos processos e etapas para o tratamento de águas residuais. Estas são planejadas de acordo com a carga poluidora dos efluentes gerados. Os tratamentos podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos, de maneira que para controlar a eficiência das ETES são realizados ensaios de caracterização em amostras coletadas antes (amostra bruta) e depois (amostra tratada) dos estágios de tratamento.^{1,7}

Por meio das análises realizadas nas amostras da ETE é possível atribuir aos efluentes características físico-químicas como pH, temperatura, turbidez, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), dentre outros. Os resultados das análises destes parâmetros tornam possível o controle dos efluentes para descarte em corpos d'água.

2. IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ANALISADOS

Cada um dos parâmetros analisados para caracterização dos efluentes possui uma importância específica, uma vez que estes podem alterar as propriedades do corpo d'água receptor. A temperatura, por exemplo, exerce um papel importante no meio aquático, esta influencia na viscosidade, tensão superficial, solubilidade de gases, dentre outras características da água. Desse modo, seu aumento por fontes antropogênicas pode causar danos a vida aquática.^{8,9,10}

O pH influencia o grau de solubilidade de diversas substâncias e na distribuição das formas livres e ionizadas em água. Valores de pH afastado da neutralidade, podem afetar consideravelmente as características do ambiente aquático e conseqüentemente a vida dos seres existentes ali.^{8,10}

A promoção de coloração ou o aumento da turbidez, podem reduzir a penetração da luz solar na água, afetando a fotossíntese de algas e plantas aquáticas submersas, estimulando o processo de eutrofização. Assim como, a presença de sólidos sedimentáveis ou em suspensão, nos quais poderão sofrer sedimentação, podem acarretar na formação de bancos de lodo que prejudicam a biodiversidade aquática em conseqüência de fenômenos de decomposição anaeróbica.^{4,10}

Os índices DBO e DQO indicam o grau de poluição orgânica biodegradável e total na água, de grande importância, uma vez que a presença de matéria orgânica promove o alto consumo de oxigênio, o que pode resultar na liberação de odor e inviabilizar a existência de peixes e outros seres aquáticos no corpo d'água.^{11,12}

3. ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Para análise foram escolhidas duas indústrias de natureza, porte e carga poluidora diferentes. A primeira é a Cia Têxtil São Joanense (Indústria 1) localizada no município de São João del-Rei, que possibilitou visita técnica para conhecimento da estação de

tratamento de efluentes, localizada no seu interior. A segunda é a Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda. (Indústria 2), localizada no município de São Vicente de Minas, que forneceu informações gerais sobre o sistema de tratamento adotado.

3.1. Tratamento utilizado pela Cia Têxtil São Joanense

A carga poluidora das indústrias têxteis, em geral, é composta pelos produtos utilizados nas principais etapas do beneficiamento do tecido, que compreende as operações de pré-tratamento, tingimento, estamparia e acabamento.¹³

Para o tratamento dos efluentes, a ETE da Indústria 1 dispõe primeiramente de um tratamento preliminar físico, denominado gradeamento (Figura 1.A). Este tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros por uma grade, visando a proteção das unidades subsequentes.^{4,14}

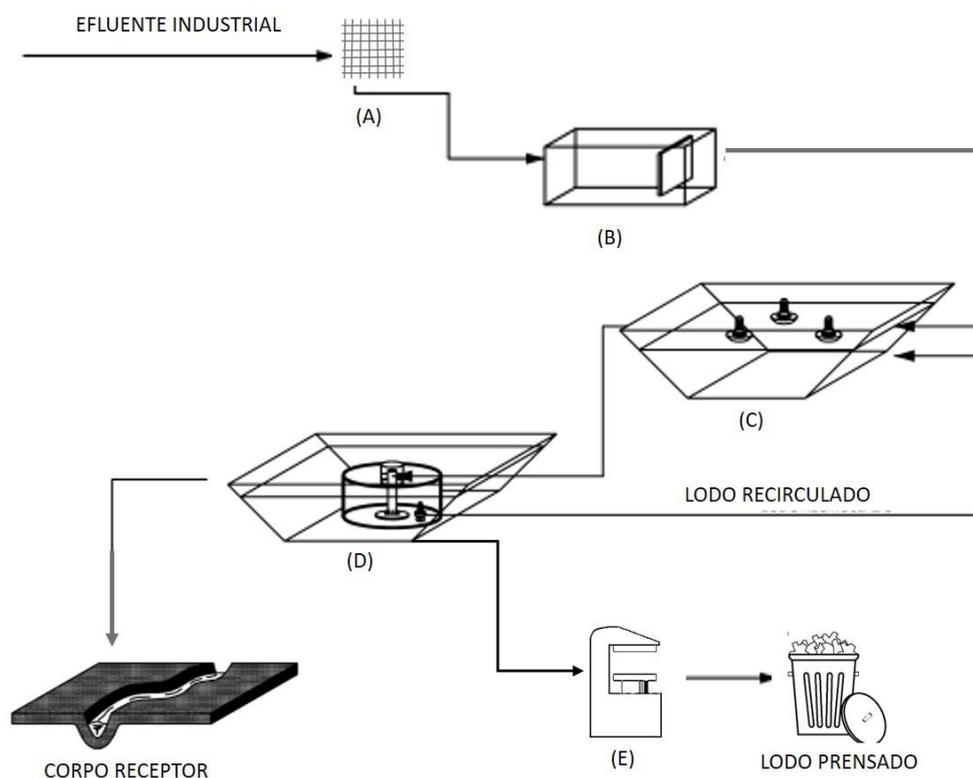


Figura 1. Fluxograma da estação de tratamento da indústria têxtil: (A) Grades; (B) Tanque de separação água/óleo; (C) Lagoa de aeração; (D) Decantador circular; (E) Prensa para lodo.

Posteriormente há um tratamento físico de separação água/óleo (Figura 1.B). Este processo ocorre por diferença de densidade, sendo que normalmente as frações oleosas

menos densas sobem à superfície e ficam retidas nos tanques separadores, enquanto o efluente segue por uma abertura inferior.^{2,7}

Em seguida o efluente recebe um tratamento biológico, lodos ativados, no qual micro-organismos (bactérias, fungos e protozoários) degradam a matéria orgânica. Existe uma lagoa de aeração (Figura 1.C), onde o suprimento de oxigênio requerido pelos micro-organismos é fornecido por meio de equipamento de aeração mecânica.^{2,4,7}

A massa biológica resultante segue para um decantador circular (Figura 1.D), em que o efluente é introduzido num poço central e removido pelas bordas do tanque. Neste sistema há recirculação do lodo, em que parte deste, removido por sucção, retorna ao tanque de aeração para manter concentração de micro-organismos e o restante é seco e prensado (Figura 1.E), sendo então armazenado e recolhido por empresas especializadas e regulamentadas.^{2,15}

Após todas as etapas mencionadas, o efluente líquido industrial tratado é descartado no Rio das Mortes.

Segundo Beltrame (2000), os tratamentos mais utilizados pela indústria têxtil são os primários e secundários, ou seja, os tratamentos físico-químicos e biológicos de lodos ativados utilizados pela Indústria 1. Entretanto, estes são relativamente simples, uma vez que já se encontram disponíveis tratamentos mais refinados e avançados, como microfiltração, ultrafiltração e nanofiltração, que permitem recuperação de corantes e gomas sintéticas, além de osmose reversa, para obtenção de água mais pura, possibilitando recirculação desta. Estes ainda são pouco utilizados por envolverem alto custo.¹³

3.2. Tratamento utilizado pela Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda.

A carga poluidora das indústrias de laticínios, em geral, é composta por produtos derivados do leite, açúcar, essências, condimentos e produtos químicos diversos utilizados nas etapas de produção e higienização de equipamentos.¹⁶

Para o tratamento de efluentes, a ETE da Indústria 2 dispõe inicialmente de tratamentos físicos como peneiramento (Figura 2.A), separação água/gordura (Figura 2.B), equalização/homogeneização (Figura 2.C) e flotação (Figura 2.D). O peneiramento tem como objetivo remoção de sólidos flutuantes de dimensões relativamente pequenas. Em seguida, o tanque de separação água/gordura promove a partição por diferença de densidade, uma vez que as frações oleosas, menos densas, sobem a superfície e ficam retidas, enquanto o efluente segue por uma abertura inferior.^{2,7}

O tanque equalizador é utilizado para regularização da vazão e promoção de homogeneização. A partir deste tanque, o sistema de flotação promove a separação do efluente líquido de sólidos em suspensão, com microbolhas de ar que levam as impurezas à superfície. As partículas boiando na superfície são removidas mediante simples operação de raspagem superficial no flotor.¹⁷

Em seguida inicia-se o tratamento biológico, em que primeiramente o efluente passa por uma lagoa anaeróbica (Figura 2.E), na qual a decomposição da matéria orgânica e/ou inorgânica é realizada por bactérias na ausência de oxigênio molecular.^{7,15}

Posteriormente o efluente segue para uma lagoa de aeração (Figura 2.F), na qual este recebe o tratamento denominado lodos ativados, equivalente ao tratamento realizado na indústria têxtil, seguindo a massa biológica resultante para um decantador circular (Figura 2.G), onde há também a recirculação do lodo.^{4,15}

Após todas as etapas mencionadas, o efluente líquido industrial tratado é descartado no Córrego Engenho de Serra que deságua no Rio Aiuruoca.

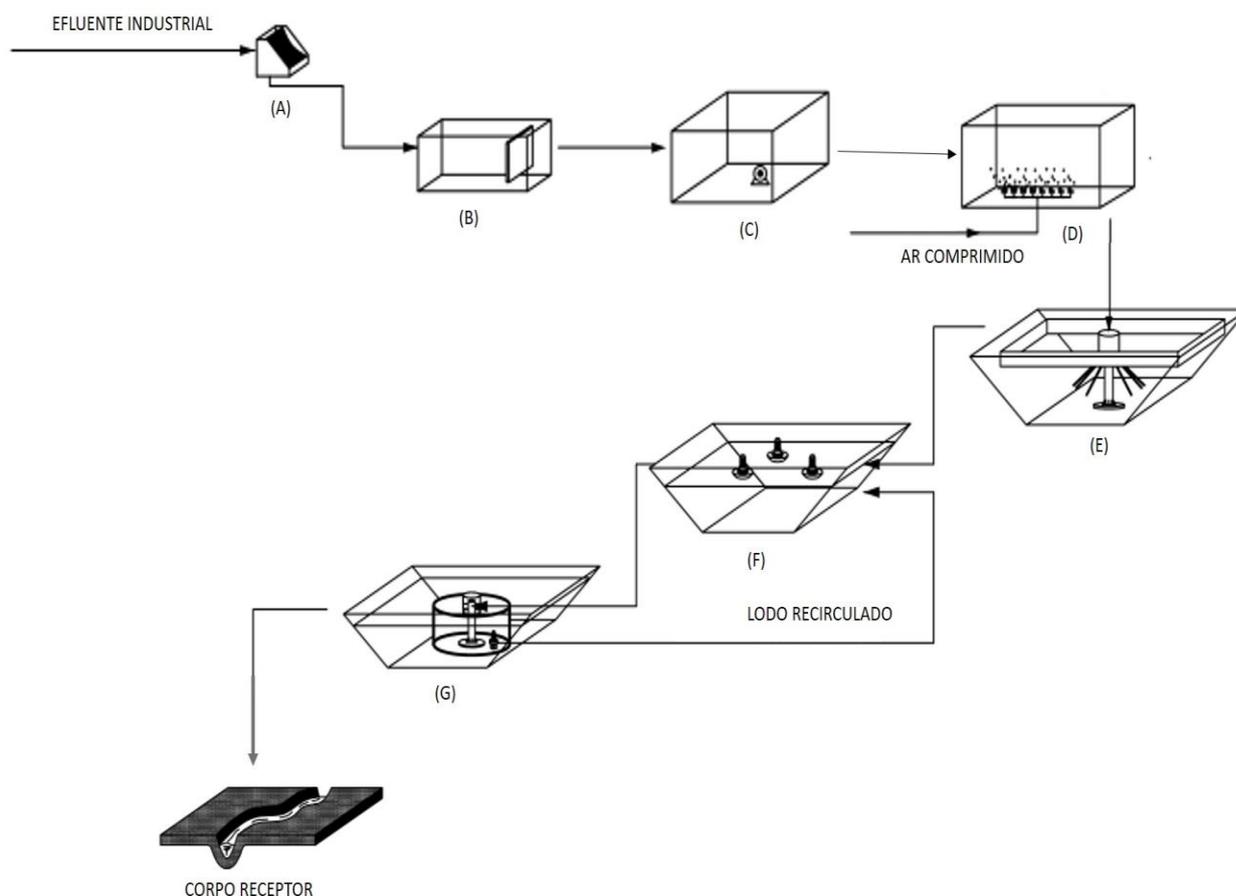


Figura 2. Fluxograma da estação de tratamento da indústria de laticínios: (A) Peneira estática; (B) Tanque de separação água/gordura; (C) Tanque equalizador; (D) Tanque de flotação; (E) Lagoa anaeróbica; (F) Lagoa de aeração; (G) Decantador circular.

Segundo Andrade (2011), o tratamento convencional utilizado nas indústrias de laticínios envolve o uso de tratamento primário para remoção de sólidos, óleos e gorduras presentes no efluentes e tratamento secundário para remoção de matéria orgânica e nutrientes, conforme é empregado pela Indústria 2. Contudo, tratamentos físico-químicos, tais como processos de separação por membranas, processos de microfiltração, ultrafiltração e nanofiltração já são disponíveis. Estes podem ser aplicados como tratamento primário para recuperação e reaproveitamento de compostos presentes no efluente descartado, como proteínas, lactose e agentes de limpeza ou como tratamento terciário, visando o reuso de águas residuais.¹⁸

4. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo realizar análises químicas em amostras oriundas da Cia Têxtil São Joanense e Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda. e avaliar o sistema de tratamento adotados por estas. Assim como, verificar se os parâmetros físico-químicos analisados estão de acordo com as condições e padrões previstos na Resolução CONAMA, nº 430/2011 e na Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 01/2008, com finalidade de averiguar os efluentes industriais gerados para descarte em corpos de água receptores.

5. METODOLOGIA

Os parâmetros temperatura, pH, turbidez, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) foram determinados segundo as Normas Técnicas da ABNT, para as amostras de entrada e saída da ETE das Indústrias 1 e 2, no Laboratório de Programa de Monitoramento de Águas e Efluentes (PMAE).^{19,20,21,22}

A amostragem foi realizada pelos técnicos responsáveis da ETE em cada indústria no mês de julho. As amostras brutas e tratadas foram coletadas ao mesmo tempo e uma única vez. Estas foram acondicionadas de forma adequada e levadas ao PMAE.

Para verificação sobre a variação da composição dos efluentes, foram coletados valores do parâmetro DBO para as amostras tratadas das duas indústrias, em meses distintos, nos laudos técnicos disponíveis no PMAE, laboratório realiza análises de rotina para estas. Vale ressaltar que estes dados são de amostras coletadas e analisadas no mesmo padrão e seguindo as mesmas normas que as amostras analisadas neste trabalho.

5.1. Temperatura

A determinação da temperatura foi efetuada transferindo-se alíquotas das amostras para um béquer com capacidade de 50 mL, no qual o termômetro foi inserido. A leitura foi realizada na escala graus Celsius (°C).

5.2. pH

O pHmetro (Micronal modelo B474) equipado com compensador de temperatura, foi primeiramente calibrado utilizando soluções tampão comerciais com pH equivalente a 7,0 e 4,0.

Alíquotas das amostras brutas e tratadas foram transferidas para um béquer com capacidade de 50 mL e após a imersão do eletrodo do pHmetro foram realizadas a leitura do pH para cada amostra a uma temperatura de 25 °C.

5.3. Turbidez

O turbidímetro (modelo PolyControl AP2000 IP67) foi primeiramente calibrado utilizando suspensões padrões de turbidez de 0,1, 20, 100 e 800 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

Alíquotas das amostras foram transferidas para a cubeta do turbidímetro, a qual foi limpa com a papel adsorvente, sendo então efetuada a leitura de turbidez em UNT.

5.4. Sólidos sedimentáveis

Cerca de 1000 mL das amostras homogeneizadas foram transferidas para o cone de Imhoff, sendo deixadas em repouso para decantar. Após o período de 60 minutos foi realizada a leitura do material sedimentado em mL.L⁻¹.

5.5. Sólidos em suspensão

Papéis de filtro foram deixados por 60 minutos na estufa e 30 minutos no dessecador para esfriar, e posteriormente foram pesados.

Os volumes de 100 mL para as amostras brutas e tratadas foram filtrados a vácuo. Os papéis de filtro foram, então, deixados novamente na estufa e dessecador pelo mesmo período de tempo. Assegurando a isenção de umidade, foram pesados.

Obteve-se os resultados finais por diferença de massa, dividindo-se essa pelo volume filtrado, conforme a Equação (1). Desta forma, estes são expressos em mg.L⁻¹.

$$\text{Total de sólidos em suspensão} = \frac{(\text{peso final do papel} - \text{peso inicial do papel}) \times 1000}{\text{Volume de amostra (em litros)}} \quad (1)$$

5.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

As amostras dos efluentes industriais foram diluídas e analisadas no primeiro e no quinto dia, utilizando dois frascos com a mesma diluição dos efluentes. Para a Indústria 1 foram realizadas as diluições 1,0:1000 e 5,0:1000 para as amostras brutas e tratadas, respectivamente. Para a Indústria 2 as diluições foram 1,0:1000 e 10,0:1000.

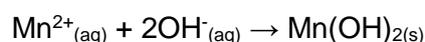
Primeiramente, balões volumétricos de 1000 mL foram parcialmente preenchidos com água canalizada e saturada de oxigênio. Capturou-se esta água, colocando uma bureta de 1000 mL sob uma torneira totalmente aberta por aproximadamente 3 minutos. Em seguida, adicionou-se nos balões volumétricos 1 mL de cloreto férrico, cloreto de cálcio e sulfato de magnésio, além do tampão fosfato, para manter o pH das soluções próximo de sete. Posteriormente, adicionou-se a alíquota do efluente, bruto ou tratado, de acordo com a diluição proposta.

Estas amostras foram transferidas para frascos âmbar etiquetados com a característica da amostra (bruta ou tratada), diluição e o dia a ser analisada. Desse modo, as amostras que seriam analisadas no quinto dia ficaram em uma estufa escura à 20 °C antes do procedimento de titulação.

Antes de realizar a titulação, adicionou-se aos frascos 2 mL de sulfato manganoso e 2 mL de uma mistura alcalina de iodeto/azida. Após 15 minutos, adicionou-se 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, foram transferidos 10 mL da solução para 3 erlenmeyers, no qual foram titulados com tiosulfato de sódio, 0,0020 mol.L⁻¹, previamente padronizado, utilizando como indicador o amido.

Demonstração das etapas do ensaio experimental:¹

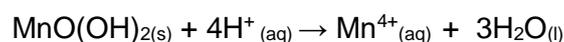
- Precipitação do hidróxido de manganês.



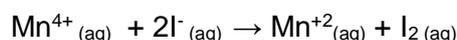
- Oxidação do precipitado formado pelo oxigênio dissolvido nas amostras.



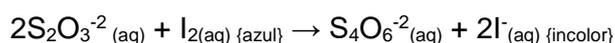
- Acidificação da solução promovendo a dissolução do precipitado na forma de manganês (IV).



- Reação do manganês (IV) com o íon iodeto, liberando I₂.



- Titulação do iodo liberado com a solução de tiosulfato de sódio.



Portanto, há as seguintes relações estequiométricas:



$$N_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} = V_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times C_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \quad (2)$$

$$N_{\text{O}_2} = \frac{V_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times C_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}}}{4} \quad (3)$$

$$C_{\text{O}_2} (\text{mg/L}) = \frac{V_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times C_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times 32000}{4 V_T} \quad (4)$$

$$C_{\text{O}_2} (\text{mg/L}) = \frac{V_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times C_{\text{S}_2\text{O}_3^{-2}} \times 8000}{V_T} \quad (5)$$

Em que:

N_{S₂O₃⁻²}: Número de mols de Tiosulfato de sódio

V_{S₂O₃⁻²}: Média do volume de Tiosulfato de sódio gasto na titulação

C_{S₂O₃⁻²}: Concentração do Tiosulfato de sódio padronizado

N_{O₂}: Número de mols Oxigênio dissolvido

C_{O₂}: Concentração de Oxigênio dissolvido na amostra

V_T: Volume de titulado

Assim, calculou-se a DBO conforme a Equação (6):

$$DBO = (C_{O_2} \text{ 1ª DIA} - C_{O_2} \text{ 5ª DIA}) \times \text{fator de diluição} \quad (6)$$

5.7. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para as amostras dos efluentes industriais foram realizadas diluições. Para a Indústria 1 foram realizadas diluições 2,0:1000 e 5,0:1000 para as amostras brutas e tratadas, respectivamente. Para a Indústria 2 as diluições foram 2,0:1000 e 20,0:1000.

Posteriormente foram preparados dois conjuntos de seis tubos de ensaio nomeados. Dois tubos de cada conjunto pertencem às amostras diluídas, brutas e tratadas, respectivamente e quatro tubos de cada um pertencem às amostras brancas.

Em cada um dos tubos foram adicionados 0,10 g de sulfato de mercúrio, juntamente com 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e 5 mL da amostra diluída ou água, quando referente ao branco.

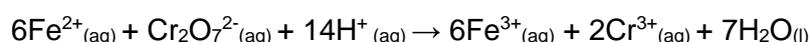
Adicionou-se também 2,5 mL de dicromato de potássio na concentração de acordo com a amostra, de maneira que para amostras de alto teor de DQO, como as amostras brutas, utilizou-se dicromato na concentração 0,0417 mol.L⁻¹, enquanto para as de baixo teor, como as amostras tratadas, utilizou-se dicromato na concentração 0,00417 mol.L⁻¹. Em quatro tubos contendo o branco, adicionou-se o dicromato de maior concentração e nos demais o de menor concentração.

A solução dos tubos foi homogeneizada, em seguida adicionou-se 7 mL de solução catalítica em todos eles e estes foram introduzidos no aparelho digestor por 2 h à 150 °C.

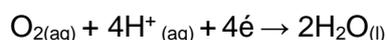
Após a digestão, realizou-se a titulação das amostras, introduzindo na bureta de 10 mL a solução de sulfato ferroso amoniacal, previamente padronizada, de concentração 0,26 mol.L⁻¹ para as amostras brutas e 0,018 mol.L⁻¹ para as amostras tratadas. Nos erlenmeyers, contendo 5 mL da solução de cada tubo, adicionou-se 3 gotas de indicador ferroína e titulou-se.

Demonstração das etapas do ensaio experimental:¹

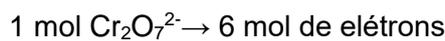
- Reação do dicromato de potássio com o sulfato ferroso amoniacal.



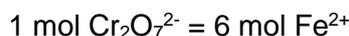
- Reação de representação da oxidação do oxigênio.



Logo, tem-se:



Portanto, há as seguintes relações de equivalências:



$$N_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} = \frac{N_{\text{Fe}^{2+}}}{6} = \frac{V_{\text{Fe}^{2+}} \times C_{\text{Fe}^{2+}}}{6} \quad (7)$$

$$N_{\text{O}_2} = 1,5 \times N_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} = \frac{V_{\text{Fe}^{2+}} \times C_{\text{Fe}^{2+}}}{4} \quad (8)$$

$$C_{\text{O}_2} (\text{mg/L}) = \frac{V_{\text{Fe}^{2+}} \times C_{\text{Fe}^{2+}} \times 32000}{4 V_T} \quad (9)$$

$$C_{\text{O}_2} (\text{mg/L}) = \frac{V_{\text{Fe}^{2+}} \times C_{\text{Fe}^{2+}} \times 8000}{V_T} \quad (10)$$

Em que:

$N_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}$: Número de mols de Dicromato de potássio

$N_{\text{Fe}^{2+}}$: Número de mols de Sulfato ferroso amoniacal

$V_{\text{Fe}^{2+}}$: Média do volume de Sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação

$C_{\text{Fe}^{2+}}$: Concentração de Sulfato ferroso amoniacal padronizado

N_{O_2} : Número de mols Oxigênio dissolvido

C_{O_2} : Concentração de Oxigênio dissolvido na amostra

V_T : Volume de titulado

Para o cálculo da DQO, utilizou-se a Equação (11).

$$DQO = \frac{(V_{\text{Fe}^{2+}} \text{ gasto no branco} - V_{\text{Fe}^{2+}} \text{ gasto na amostra}) \times C_{\text{Fe}^{2+}} \times 8000}{V_T} \times \text{fator de diluição} \quad (11)$$

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra bruta da Indústria 1 apresentava características visuais como coloração violeta, ausência de sedimentos e se apresentava turva, enquanto a amostra tratada apresentava-se com coloração âmbar, ausência de sedimentos e límpida. A cor do efluente tratado é um ponto a ser realçado, uma vez que este deveria ser incolor. Esse fato

demonstra que o tratamento biológico, que é relativamente simples, como descrito anteriormente, é ineficiente para remoção da cor, havendo a necessidade de se estudar a implantação de um tratamento terciário na ETE, também chamado de “polimento”, com materiais adsorventes (carvão ativado, biossorventes e etc), para promover remoções adicionais.⁴ Na Tabela 1 está representado os resultados obtidos nas análises para as amostras da Indústria 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos para as amostras da Indústria 1.

Parâmetros analisados	Amostra Bruta	Amostra tratada
Temperatura (°C)	23,50	22,00
pH	9,12	8,21
Turbidez (UNT)	42,60	1,04
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	0,00	0,00
Sólidos Suspensão (mg.L ⁻¹)	15,00	10,00
DBO (mg.L ⁻¹)	1067,00	186,60
DQO (mg.L ⁻¹)	2704,00	362,90

Como pode-se observar o tratamento foi eficiente, uma vez que ao comparar os valores determinados para a amostra bruta e tratada foi possível averiguar que após o tratamento, houve diminuição considerável em todos os parâmetros. A eficiência de redução de DBO e DQO na estação de tratamento de efluente da indústria foi 82,57% e 86,58% respectivamente.

A amostra bruta da Indústria 2 apresentava características visuais como coloração esbranquiçada, presença de sedimentos e alta turbidez, enquanto a amostra tratada apresentava-se com coloração levemente amarelada, ausência de sedimentos e baixa turbidez. A Tabela 2, representa os valores obtidos nas análises para as amostras provenientes da Indústria 2.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos para as amostras da Indústria 2.

Parâmetros analisados	Amostra Bruta	Amostra tratada
Temperatura (°C)	25,00	24,50
pH	9,94	7,40
Turbidez (UNT)	91,30	16,20
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	2,50	0,00
Sólidos Suspensão (mg.L ⁻¹)	175,00	70,00
DBO (mg.L ⁻¹)	2000,00	160,00
DQO (mg.L ⁻¹)	5200,00	216,00

Diante dos valores determinados para as amostras, novamente o tratamento foi eficaz, uma vez que ao compará-los, observou-se diminuição relevante em todos eles. A eficiência de redução de DBO e DQO na estação de tratamento de efluente da indústria foi 92,00% e 95,85% respectivamente.

Comparando-se os valores da Indústria 1 com a Indústria 2 foi possível observar que as amostras brutas, coletadas em ambas, apresentam alto valor de DBO e de DQO. Contudo, a eficiência de redução de ambos parâmetros da Indústria 2 é notavelmente maior, o que já era esperado, uma vez que esta possui um tratamento mais refinado, utilizando lagoas anaeróbicas e aeróbicas de degradação de matéria orgânica, como descrito neste trabalho.

Os valores atribuídos aos parâmetros analisados das amostras tratadas foram comparados com os valores de referência indicados pela Resolução CONAMA N° 430/2011 e pela Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008. Na Resolução CONAMA, estes valores estão determinados no Capítulo II – Seção II, das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes. Na Normativa Conjunta COPAM, estes valores se encontram no Capítulo V, das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes.^{5,6}

As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores dos parâmetros analisados da amostra de saída da ETE das Indústrias 1 e 2, respectivamente, em comparação com os valores referência indicados pelos órgãos nacional e estadual.

Tabela 3. Parâmetros analisados da amostra tratada da Indústria 1 em comparação com os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA e COPAM.

Parâmetros analisados	Amostra tratada	Valores Ref. CONAMA	Valores Ref. COPAM
Temperatura (°C)	22,00	<40,00	<40,00
pH	8,21	5,00 - 9,00	6,00 - 9,00
Turbidez (UNT)	1,04	-	-
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	0,00	1,00	1,00
Sólidos Suspensão (mg.L ⁻¹)	10,00	-	<100,00
DBO (mg.L ⁻¹)	186,60	-	< 60,00
DQO (mg.L ⁻¹)	362,90	-	<250,00

Tabela 4. Parâmetros analisados da amostra tratada da Indústria 2 em comparação com os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA e COPAM..

Parâmetros analisados	Amostra tratada	Valores Ref. CONAMA	Valores Ref. COPAM
Temperatura (°C)	24,50	<40,00	<40,00
pH	7,40	5,00 - 9,00	6,00 - 9,00
Turbidez (UNT)	16,20	-	-
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	0,00	1,00	1,00
Sólidos Suspensão (mg.L ⁻¹)	70,00	-	<100,00
DBO (mg.L ⁻¹)	160,00	-	< 60,00
DQO (mg.L ⁻¹)	216,00	-	<180,00

Como pode ser observado, a Resolução CONAMA 430/2011 e a Normativa Conjunta COPAM 01/2008, no que diz respeito a condições de lançamento de efluentes, não apresentam limite máximo do parâmetro de turbidez. Desta forma para análise do mesmo, neste trabalho, será considerado o valor aceitável para águas doces, da Normativa Conjunta COPAM 01/2008, Capítulo III– Seção II, das Condições de Qualidade dos Ambientes Aquáticos. Nesta seção fica estabelecido turbidez até 40 UNT.^{5,6}

No que diz respeito à DBO, a Resolução CONAMA 430/2011 não estabelece um limite, a exigência é que ocorra remoção mínima de 60% de DBO após o tratamento. Na Normativa Conjunta COPAM 01/2008, fica estabelecido um limite de até 60 mg.L⁻¹, contudo aceita-se também tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60%, assim como a norma nacional.^{5,6}

A Resolução CONAMA 430/2011 também não estabelece um limite para os parâmetros sólidos em suspensão e DQO. Estes serão avaliados com base na Normativa Conjunta COPAM 01/2008. Sobre a DQO, a norma estadual estabelece um limite de até 180 mg.L⁻¹ e se tratando de efluentes de indústria têxtil, um padrão de até 250 mg.L⁻¹. Entretanto, admite-se tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 70%, quando não cumprido o limite estabelecido.^{5,6}

Com base nos limites de referência e todas as declarações adicionais sobre as normas nacional e estadual foi possível verificar que a Indústria 1 embora possua ainda um valor alto de DBO e DQO, está dentro do padrão de lançamento de efluentes, visto que a eficiência de degradação da matéria orgânica biodegradável e total são superiores a 60% e 70% respectivamente. Assim como a Indústria 2, que também apresenta valores altos de

DBO, DQO e sólidos em suspensão, no entanto se apresenta regular diante das condições de lançamento.

Segundo Beltrame (2000), que desenvolveu um estudo sobre caracterização e proposta de tratamento de efluente têxtil, há uma extrema diversidade de processos e produtos auxiliares utilizados na indústria têxtil durante a produção, evidenciando que os despejos variam enormemente dependendo do processamento realizado. O mesmo é discutido, por Da Silva (2011), que realizou um estudo sobre resíduos na indústria de laticínios, em que os despejos líquidos são originários de diversas atividades desenvolvidas na produção. Ele expõe que a composição do efluente é variável e influenciada pelos diferentes processos empregados pela indústria.^{16,17}

As Figuras 3 e 4 representam os valores do parâmetro DBO, para as amostras tratadas das Indústrias 1 e 2 respectivamente, analisados neste trabalho em comparação com valores dispostos em laudos técnicos do PMAE. Estas ilustram que realmente ocorre uma ampla variação de matéria orgânica biodegradável na composição dos efluentes tratados. Esta variação pode ser justificada pelo processo de produção dos produtos, como discutido por Beltrame (2000) e Da Silva (2011), ou até mesmo por deficiência da estação de tratamento de efluentes das empresas em diferentes períodos. Isso justifica a necessidade da amostragem e análise dos despejos da ETE periodicamente, uma vez que as características destes podem ser variáveis e o descumprimento da legislação pode acarretar em punição às indústrias infratoras.^{13,16}

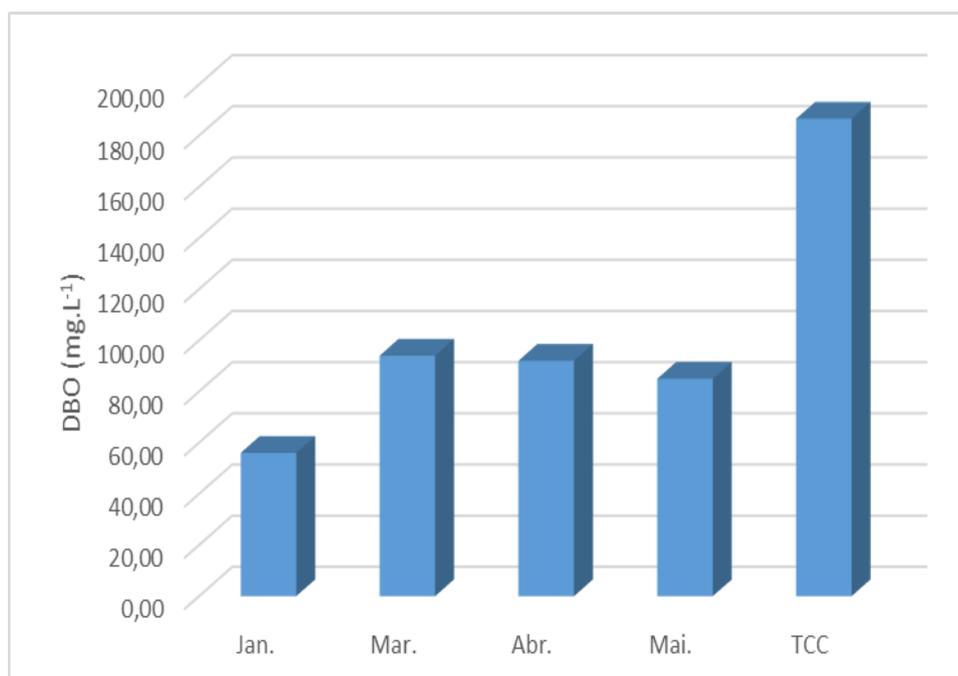


Figura 3. Valores de DBO atribuídos às amostras tratadas da Indústria 1 em diferentes meses.

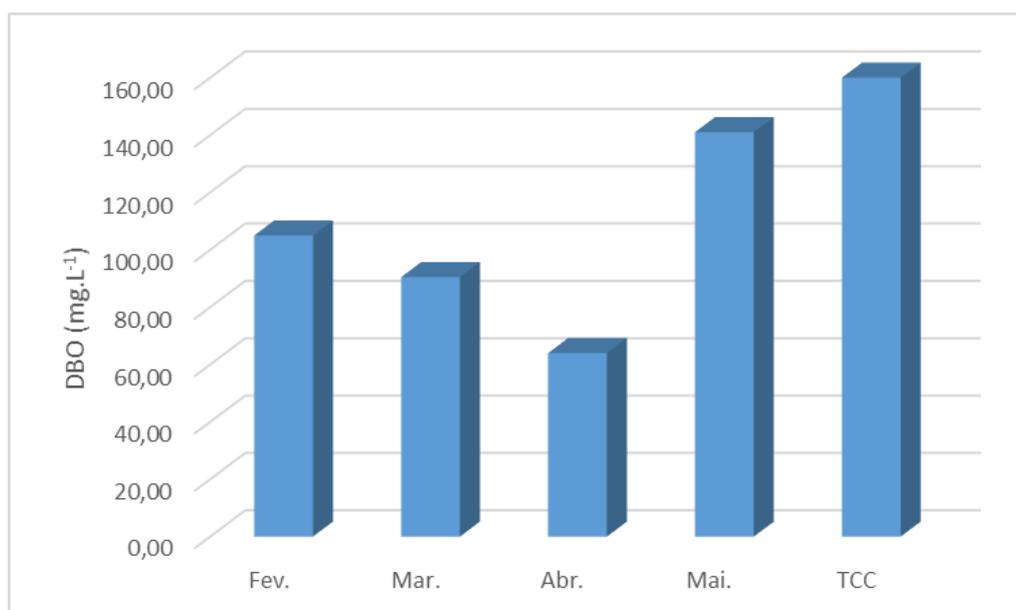


Figura 4. Valores de DBO atribuídos às amostras tratadas da Indústria 2 em diferentes meses.

7. CONCLUSÃO

As análises realizadas neste trabalho permitiram a caracterização dos efluentes da Cia Têxtil São Joanense e Polenghi Indústrias Alimentícias Ltda.. A partir dos valores experimentais obtidos foi possível verificar que, de modo geral, houve redução de todos os parâmetros após o tratamento da ETE, demonstrando que o tratamento em ambas é eficaz. Contudo, a presença de coloração na amostra tratada da Indústria 1 merece atenção, devendo ser investigada a implantação de um tratamento terciário.

A partir das características físico-químicas atribuídas aos efluentes industriais, averiguou-se que tanto o efluente oriundo da Indústria 1 quanto o da Indústria 2, se encontram dentro dos limites especificados pelas legislações nacional e estadual vigentes, Resolução CONAMA N° 430/2011 e Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008. Desta forma, as indústrias em questão, estão cumprindo com os padrões dispostos na legislação ambiental, estando os efluentes gerados aptos para descarte em corpos d'água receptores. Entretanto, verificou-se falhas na legislação, no que diz respeito a condições de lançamento de efluentes, visto que não foi observado rigidez quanto a parâmetros importantes como DBO e DQO, já que os limites específicos não precisam ser necessariamente seguidos, ou seja, admite-se também descarte de efluentes com porcentagens estabelecidas de redução destes parâmetros após o tratamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à Química Ambiental*, 1ª ed.; Ed. Bookman: Porto Alegre, Brasil, 2004.
2. GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. *Revista ABES*, v. 4, n. 76, **2004**.
3. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9800. Critérios para Lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário*, **1987**.
4. CAVALCANTI, J. E. W. A.; *Manual de tratamento de efluentes industriais*, 1ª ed.; Ed. JE CAVALCANTI: Brasil, 2009.
5. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em setembro de 2016.
6. COPAM – Conselho de Política Ambiental. Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acessado em setembro de 2016.
7. MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. *Infarma*, v. 8, p. 73-77, **2004**.
8. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de Controle de Qualidade de Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acessado em setembro de 2016.
9. CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimento e Metodologias Analíticas e de Amostragem. Série Relatórios. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acessado em setembro de 2016.

10. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora UFMG, 1996.
11. CLIFFORD C.; KLEIN JR, R. L.; GIBBS, C. R. Biochemical Oxygen Demand. *Tech. Monogr*, n. 7, **1997**.
12. LATIF, U.; DICKERT, F. L. Chemical Oxygen Demand. In: *Environmental Analysis by Electrochemical Sensors and Biosensors*. Springer New York, p. 719-728, **2015**.
13. BELTRAME, L. T. C. Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, **2000**.
14. SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice, 2009.
15. GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, v. 1, p. 19-30, **2001**.
16. DA SILVA, D. J. P. Resíduos na indústria de laticínios. Série Sistema de Gestão Ambiental. Universidade Federal de Viçosa, **2011**
17. MASSI, L. et al. Fundamentos e aplicação da flotação como técnica de separação de misturas. *Revista Química Nova na Escola*, n. 28, p. 20-23, **2008**.
18. ANDRADE, L. H. Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reuso. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, **2011**.
19. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10561. Águas - Determinação de Resíduo Sedimentável (Sólidos Sedimentáveis) - Método do Cone de Imhoff*, **1988**.
20. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10664. Águas - Determinação de Resíduos (Sólidos) - Método Gravimétrico*, **1989**.

21. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12614. Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias)*, **1992**.

22. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10357. Águas - Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) - Métodos de Refluxo*, **1988**.