



II-141 – COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA E CUSTO NA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE PROCESSO, ÁGUA DO OVERFLOW E ÁGUA POTÁVEL PARA DILUIÇÃO DO COAGULANTE NO TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DO EFLUENTE INDUSTRIAL DA SAMARCO MINERAÇÃO S.A

Adilson Bernardo da Silva

Engenheiro Ambiental pelas Faculdades Integradas São Pedro – FAESA - Brasil.

Ítalo Pazolini Mármore

Engenheiro Ambiental pelas Faculdades Integradas São Pedro – FAESA - Brasil.

Fabírcia Fafá de Oliveira

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil, pesquisadora do NPA/FAESA-Brasil e consultora da Terra Consult – Vitória-ES.

Maria Alice Moreno Marques ⁽¹⁾

Química pela UFMG, Brasil. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES, Brasil. Professora e pesquisadora dos cursos de Química e Engenharia Ambiental das Faculdades Integradas São Pedro (FAESA)-ES- Brasil.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Dante Micheline, 1947/401 – Mata da Praia – Vitória – ES – 29066-430 – Brasil. Tel: +55(27) 3314-6160 – Fax: +55(27)3325-6082 e-mail: malicemaques@terra.com.br

RESUMO

A atividade de processamento de minério de ferro gera um efluente com elevada cor e turbidez, acima dos limites permitidos para o seu lançamento no meio ambiente. Em geral, esse tipo de águas reiduídas é tratada por processos físico-químicos, tais como coagulação-floculação-sedimentação. O presente estudo examinou a viabilidade de reutilização de diferentes tipos de águas (água de processo, água de overflow e água potável) para a diluição do coagulante utilizado na ETTEI – Estação de Tratamento Terciário de Águas Residuárias Industriais da Samarco Mineração S.A. Este trabalho contempla fatores econômicos e ambientais como principais ferramentas para a comparação e avaliação da eficiência das opções propostas visando a proposição da opção mais viável para a empresa, sociedade e meio ambiente. Os resultados mostraram que a água de overflow apresentou melhor eficiência na redução dos níveis de cor e turbidez atendendo aos limites estabelecidos no controle interno da empresa (70,00 mgPtCo/L) e a legislação ambiental pertinente (75,00 mgPtCo/L), bem como, melhorando a qualidade do tratamento realizado através da melhoria da eficiência da remoção de tais parâmetros e reduzindo custos da ordem de R\$213.034,68 por ano na operacionalidade da ETTEI, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e fortalecimento econômico da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água doce é um dos grandes problemas que se enfrentam hoje no mundo e, em alguns aspectos, é o principal porque as dificuldades causadas afetam a vida de milhões de pessoas. Nos próximos cinquenta anos, os problemas relacionados com a falta de água ou a contaminação de mananciais afetarão praticamente todos os habitantes do planeta. As regiões do mundo que sofrem escassez de água estão crescendo em área e em quantidade.

O aumento da retirada de água tem significado para muitos países perdas substanciais e desequilíbrios no ciclo hidrológico. Quando as retiradas de água para irrigação, abastecimento público ou uso industrial excedem a quantidade de água reposta pela precipitação e a recarga, há um desequilíbrio que causa escassez.

As crescentes demandas de água requeridas pela agricultura, indústrias e abastecimento estão causando problemas aos recursos hídricos em muitas regiões do mundo. Segundo SHIKLOMANOV (1997), o percentual requerido pelo setor industrial encontra-se na faixa de 20%, perdendo apenas para a agricultura que requer 70% de toda água captada dos rios, lagos e aquíferos do mundo.



Na indústria, em geral, há uma demanda muito grande por água de boa qualidade e grande parte do referido volume será eliminado para corpos receptores com uma alta carga de matéria orgânica e sólidos, motivo pelo qual águas residuárias geradas em todos os processos industriais devem passar por um tratamento específico (VON SPERLING, 1996).

Grande parte dos materiais presentes em um efluente, e responsáveis por sua contaminação, não são passíveis de serem removidos pela simples separação física. Os processos físico-químicos aplicados com o objetivo de clarificar efluentes são baseados na desestabilização dos colóides por coagulação/floculação, e separação das fases por sedimentação ou flotação (GHANDI, 2005).

Por outro lado, a aplicação de técnicas e processos conhecidos na mineração no tratamento de efluentes líquidos industriais tem permitido um significativo aumento da capacidade de tratamento, traduzindo-se em uma maior aceitação do processo de coagulação em diversos setores tecnológicos (MATIS, 1995).

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo da viabilidade de reutilização da água para diluição do coagulante utilizado na ETTEI – Estação de Tratamento Terciário de Efluentes Industriais da Samarco Mineração S.A. Este documento contempla os fatores ambientais e econômicos como principais ferramentas para comparação e avaliação da eficiência das opções de água propostas (água de processo, água do overflow e água potável), visando a proposição da opção mais viável para a empresa, sociedade e meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA E DA ETTEI

A Samarco tem o início de seus processos de beneficiamento em Germano-MG-Brasil, onde o minério em polpa é transportado por um mineroduto de 396 km de extensão até chegar à usina de Ubu-ES-Brasil.

O processo produtivo em Ubu tem início na área de polpa, onde a polpa de minério de ferro passa pelos primeiros processos para adequação de suas características físicas e químicas necessárias à produção de pelotas e pellet feed. Na área de polpa, existem três etapas de processamento: a ciclonagem, o espessamento e a homogeneização. Depois da homogeneização o processo segue pela filtragem, pelotização, queima, estocagem e embarque.

Na ETTEI o efluente da bacia de polpa é dirigido de forma controlada, até um elemento de mistura rápida, onde é acrescentado um coagulante. O coagulante (Tanfloc) propicia a floculação do efluente, que é facilitada por um floculador de chicanas (hidráulico) com escoamento vertical, de 96m de comprimento, 2m de largura e 4m de profundidade. Para facilitar o processo de floculação, na segunda seção do floculador é agregado ao efluente um floculante. O efluente floculado descarrega num decantador tubular de perfis retangulares, onde os flocos são sedimentados. O efluente limpo é canalizado à Barragem Norte. O lodo sedimentado é extraído do decantador por um sistema de bombas que o leva até o canal de captação para descarga em dique apropriado (bacia de lodo), através de um conjunto bombas.

PLANO DE AMOSTRAGEM

O efluente bruto foi coletado através da técnica de amostragem simples. O ponto de amostragem utilizado para todas as coletas encontra-se localizado na zona de maior mistura do medidor de vazão (calha parshall) na entrada ETTEI.

Depois de coletado, o efluente foi armazenado em recipientes de polietileno com capacidade volumétrica de 30 L, sendo imediatamente encaminhado para o Laboratório da ETTEI, para realização da caracterização físico-química e dos ensaios de tratabilidade. As coletas foram realizadas nos dias 09, 10 e 12/10/2007 às 10:00h sendo feitas pelos operadores, e foram feitas 03 análises através do Jar Test para cada coleta. Este horário foi determinado em função das amostragens feitas pela empresa que faz o tratamento, e é feito um jar test pela empresa a cada 12 horas.



A pesquisa foi realizada em duas etapas distintas: Caracterização Físico-química do efluente e condicionamento.

1ª ETAPA – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A caracterização físico-química do efluente de entrada da ETTEI foi feita com base nos parâmetros cor, turbidez e pH e de acordo com a metodologia estabelecida pelo APHA (2005).

2ª ETAPA – CONDICIONAMENTO

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados com a utilização de um coagulante Tanfloc SG e Floculante Marfloc 3030A. Para a preparação da água de diluição usada no coagulante foram utilizados 3 tipos de águas: a água de processo, que é a água que fica armazenada na Barragem Norte, final do tratamento do efluente; água do overflow que é a água proveniente do tratamento físico-químico da ETTEI e é coletada na saída do sedimentador e a água potável que é a água de poço utilizada pela Samarco, na qual só é adicionado cloro para sua utilização. As soluções de coagulante foram preparadas e utilizadas na concentração de 1% e as soluções do floculante a 0,5 % para análise de Jar Test. Após a realização dos ensaios de coagulação-floculação, visando quantificar a eficiência do tratamento, o efluente foi caracterizado pela sua turbidez, cor e pH.

Os ensaios de coagulação-floculação foram realizados em equipamento Jar Test da marca Policontrol. O efluente foi agitado numa rotação de 100 rpm durante 30 segundos para a homogeneização no início dessa etapa. Os ensaios de bancada desenvolveram-se de acordo com a seguinte metodologia:

- Mistura Rápida (rotação de 100 rpm, durante 5,5 minuto): o efluente foi agitado durante 30 segundos para a homogeneização no início dessa etapa. Logo após, procedeu-se à adição do coagulante e manteve-se o agitador durante cinco minutos;
- Mistura lenta (rotação de 70 rpm, durante 5 minutos): nessa etapa foi adicionado o agente floculante, onde foi possível observar de maneira qualitativa as características dos flocos formados (tamanho, velocidade de sedimentação, etc.);
- Mistura lenta (rotação de 40 rpm, durante 5 minutos): nessa etapa foi adicionado o agente floculante, onde foi possível observar de maneira qualitativa as características dos flocos formados (tamanho, velocidade de sedimentação, etc.); e
- Sedimentação (sem agitação durante 15 minutos): ao final desse período procedeu-se à coleta das amostras de sobrenadante, de forma simultânea em todos os frascos. Os parâmetros utilizados para avaliação do desempenho do produto foram: turbidez (em UNT), Cor (mg PtCo.L⁻¹) e pH.

Foi testado apenas o coagulante Tanfloc, e escolhidas faixas específicas para cada um que variou de 20 à 50 ppm, de acordo com a eficiência do teste Jar Test realizada pela empresa que faz o tratamento do efluente industrial.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização físico-química do efluente bruto.

Tabela 1: Cor, turbidez e pH do efluente bruto

Parâmetro	Unidade	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
Cor	(mgPtCo/L)	2115	1780	2315	2070
Turbidez	(UT)	909	585	845	780
pH	-	7,75	7,85	7,62	7,74



Os resultados da caracterização mostraram um efluente com elevada cor, acima do padrão estabelecido pela legislação que é de 75 mgPtCo/L e acima do padrão de segurança estabelecido pela empresa de 70 mg PtCo/L. Apesar da legislação não definir padrão de lançamento para turbidez, observou-se valores bem elevados quando comparados ao padrão do corpo hídrico receptor, que é de 100 UT.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A tabela 2 e a figura 2 apresentam os resultados de cor, turbidez, eficiência e custos (em reais - R\$) após tratamento do efluente, utilizando água de processo como diluente para o coagulante, para apenas uma das amostras analisadas (amostra 1).

Tabela 2: Cor, turbidez, eficiência e custos após tratamento do efluente, utilizando água de processo

Dosagem (ppm)	Cor (mg PtCo/L)	Eficiência (%)	Turbidez (UNT)	Eficiência (%)	pH	Consumo (kg/h)	Custo/mês (R\$)
20,00	141,00	93,33	29,80	96,72	7,75	39,10	55.177,92
30,00	106,00	94,99	26,50	97,08	7,75	58,65	82.766,88
35,00	89,00	95,79	16,20	98,22	7,75	68,43	96.561,36
40,00	68,00	96,78	13,80	98,48	7,75	78,20	110.355,84

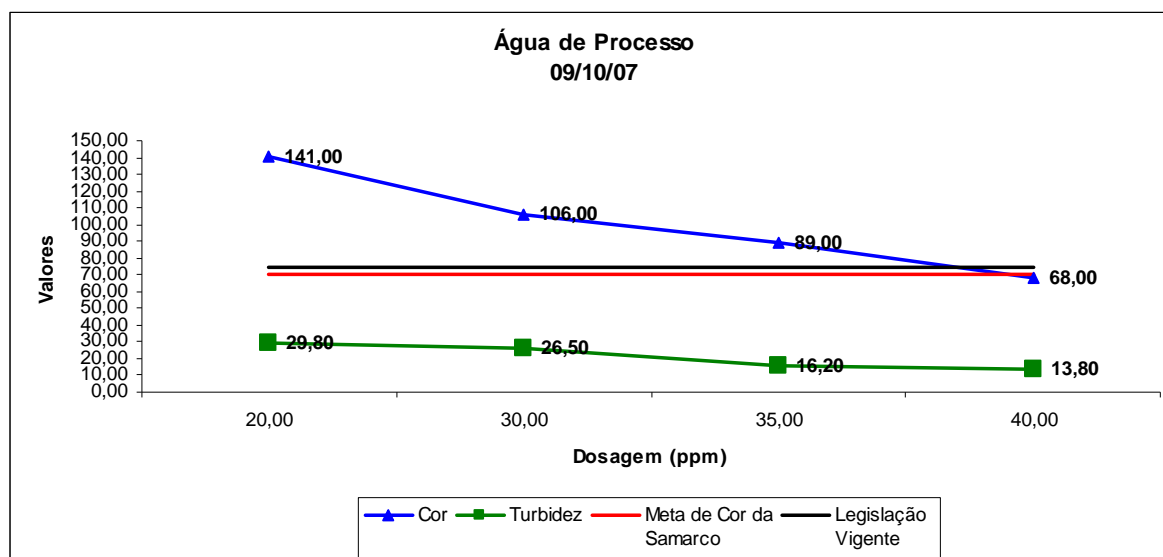


Figura 2: Resultados de cor e turbidez após tratamento do efluente, utilizando água de processo como diluente para o coagulante - Amostra 1

Observou-se que, utilizando água de processo, foram obtidos resultados de remoção de cor satisfatórios acima de 40 ppm de coagulante, o que equivale a uma eficiência de remoção de cor de 96,78% e de remoção de turbidez de 98,48%, com um consumo de 78,20 Kg/h e um custo mensal de R\$ 110.355,84. Com doses inferiores não foi possível atingir os níveis exigidos pela legislação e os níveis adotados pela empresa.

A tabela 3 e figura 3 apresentam os resultados de cor, turbidez, eficiência e custos (em reais - R\$) após tratamento do efluente, utilizando água do overflow como diluente para o coagulante, para apenas uma das amostras analisadas (amostra 1).

Tabela 3: Cor, turbidez, eficiência e custos após tratamento do efluente, utilizando água do overflow

Dosagem (ppm)	Cor (mg PtCo/L)	Eficiência (%)	Turbidez (UNT)	Eficiência (%)	pH	Consumo (kg/h)	Custo/mês (R\$)
20,00	109,00	94,85	24,30	97,33	7,75	39,10	55.177,92
30,00	81,00	96,17	19,60	97,84	7,75	58,65	82.766,88
35,00	65,00	96,93	15,00	98,35	7,75	68,43	96.561,36
40,00	55,00	97,40	10,50	98,84	7,75	78,20	110.355,84

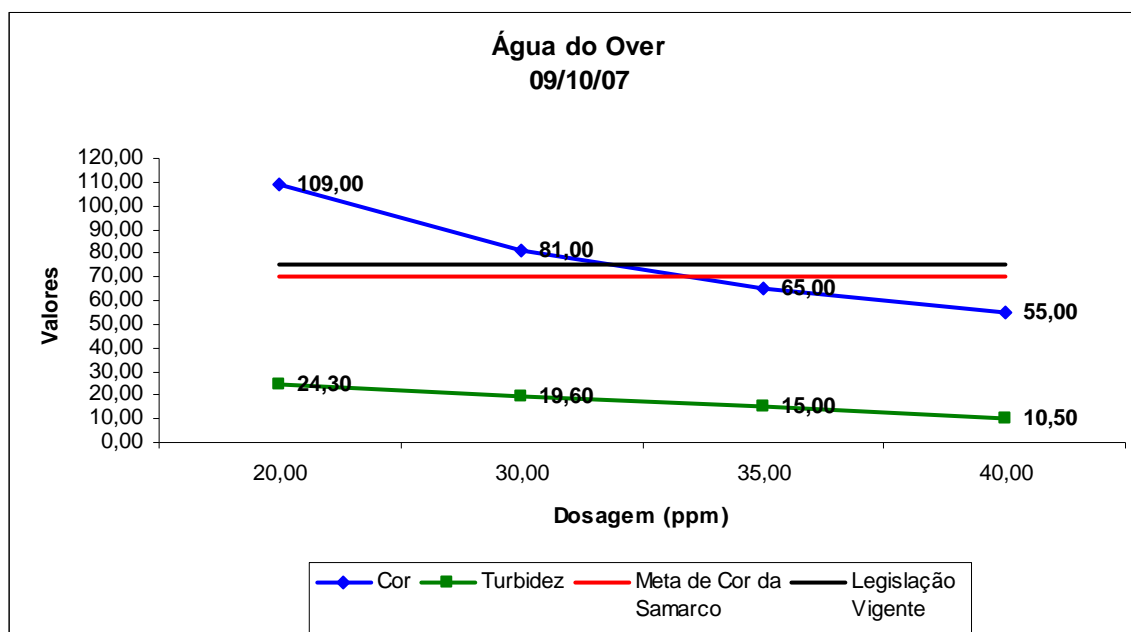


Figura 3: Resultados de cor e turbidez após tratamento do efluente, utilizando água do overflow como diluente para o coagulante - Amostra 1

Utilizando-se água do overflow observou-se que foram obtidos resultados de remoção de cor satisfatórios acima de 35 ppm de coagulante, o que equivale a uma eficiência de cor de 96,93% e turbidez de 98,35%, com um consumo de 68,43 Kg/h e um custo mensal de R\$ 96.561,36. Com doses inferiores não foi possível atingir os níveis exigidos pela legislação e os níveis adotados pela empresa.

A tabela 4 e figura 4 apresentam os resultados de cor, turbidez, eficiência e custos (em reais - R\$) após tratamento do efluente, utilizando água potável como diluente para o coagulante, para apenas uma das amostras analisadas (amostra 1).

Tabela 4: Cor, turbidez, eficiência e custos após tratamento do efluente, utilizando água potável

Dosagem (ppm)	Cor (mg PtCo/L)	Eficiência (%)	Turbidez (UNT)	Eficiência (%)	pH	Consumo (kg/h)	Custo/mês (R\$)
20,00	102,00	95,18	20,00	97,80	7,75	39,10	55.177,92
30,00	72,00	96,60	16,40	98,20	7,75	58,65	82.766,88
35,00	57,00	97,30	11,80	98,70	7,75	68,43	96.561,36
40,00	48,00	97,73	8,20	99,10	7,75	78,20	110.355,84

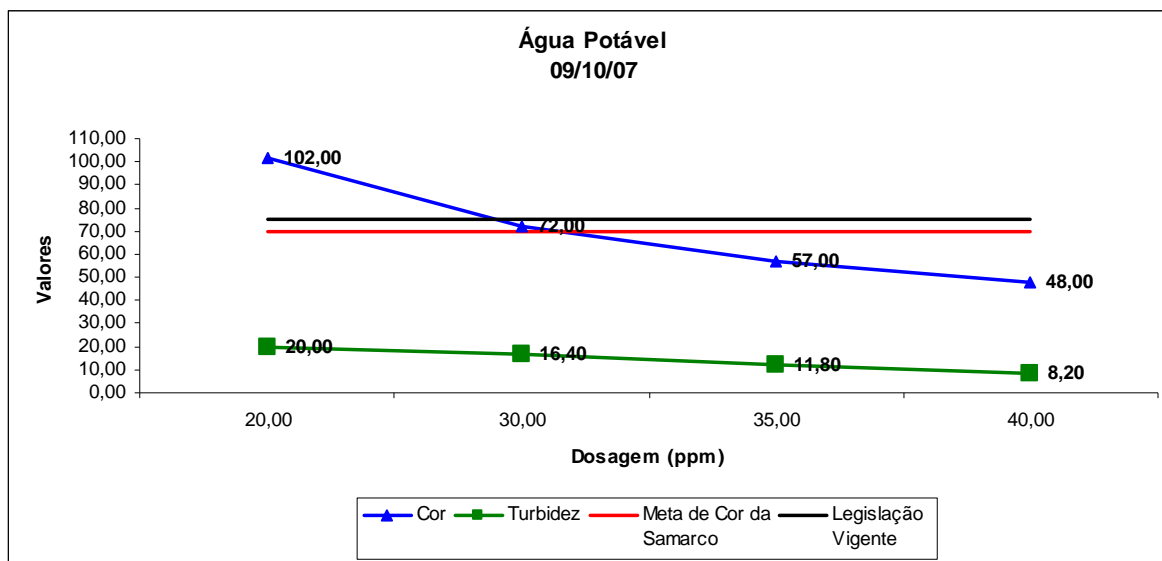


Figura 4: Resultados de cor e turbidez após tratamento do efluente, utilizando água potável como diluente para o coagulante - Amostra 1

Observou-se que foram obtidos resultados de remoção de cor satisfatórios acima de 35 ppm de coagulante o que equivale a uma eficiência de cor de 97,30% e turbidez de 98,70%, com um consumo de 66,43 Kg/h e um custo mensal de R\$ 96.561,36. Com doses inferiores não foi possível atingir os níveis exigidos pela legislação e os níveis adotados pela empresa.

Observou-se ainda, que o pH do efluente não sofreu alteração após a adição do coagulante em nenhum dos ensaios e está dentro da faixa permitida pela legislação que é de 5 a 9.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, para atender ao enquadramento do parâmetro cor no padrão estabelecido pela empresa (70,00 mg PtCo/L) e atendimento da legislação pertinente que preconiza o limite de 75,00 mg PtCo/L para tal parâmetro, a utilização da água de processo para o preparo do coagulante gera um custo mensal de R\$ 118.696,03, enquanto que a água potável e a água do overflow geram um custo mensal de R\$ 100.943,14, cada. Portanto a utilização da água de overflow ou potável em substituição à utilização da água de processo que é feita atualmente pela empresa geraria uma economia de R\$ 17.752,89 por mês e de R\$ 213.034,68 por ano.

Apesar da utilização da água potável ter apresentado custo semelhante à utilização da água do overflow, esta opção não seria a mais viável, considerando os fatores ambientais e os problemas atuais de escassez de água, apesar de sabermos que a empresa utiliza esta água através de poços artesianos.

Entretanto, considerando que no Estado do Espírito Santo ainda não se exige a outorga para captação de águas subterrâneas, não gerando assim nenhum custo financeiro pelo consumo da mesma pela empresa, não podemos considerar esta opção positiva, pois futuramente será exigida tal licença e além deste fator, esta opção não seria ecologicamente correta, pois a empresa estaria utilizando uma água de boa qualidade para diluição, quando poderia ser utilizada para outros fins sociais.

Portanto, considerando os fatores econômicos e ambientais, podemos concluir que dentre as opções de diluição do coagulante (água de processo, água do overflow e água potável) propostas neste estudo, observa-se a maior viabilidade de utilização da água do overflow para diluição.



AGRADECIMENTOS

À SAMARCO MINERAÇÃO S.A

À FAESA – Faculdades Integradas São Pedro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed., Washington, APHA 2005.
2. GHANDI, G. (2005). Tratamento e controle de efluentes industriais. P.5-46.
3. MATIS, K. A. (1995). Flotation science and engineering. Journal of Mining and Metallurgy. 38 (1-4) 558 p.
4. SHIKLOMANOV, I. A. (1997). Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, assessment of water resources and water availability in the world. WMO;/SET, P. 85.
5. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, volume 1, 2ªedição revisada, Belo Horizonte: departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
6. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:princípios básicos do tratamento de esgotos, volume 2, Belo Horizonte:141 departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
7. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:lagoas de estabilização, volume 3, 3ª edição, Belo Horizonte: Departamento deEngenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.