

II-021 - EXPERIÊNCIA OPERACIONAL E DESEMPENHO DA ETE DE BONITO-MS, CONSTITUÍDA DE SISTEMA ANAERÓBIO, FÍSICO-QUÍMICO, DECANTAÇÃO ACELERADA/FILTRAÇÃO RÁPIDA E DESINFECÇÃO

Odir Garcia de Freitas⁽¹⁾

Engenheiro Civil diplomado pela Universidade Federal do Paraná. Diretor da LOG Engenharia Ltda.

Décio Jurgensen

Engenheiro Civil diplomado pela Universidade Federal do Paraná. Engenheiro da Empresa de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

Mario Augusto Loureiro Leites

Engenheiro Civil diplomado pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Gerente de Operações e Tecnologias da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul S/A - SANESUL.

Marcos Ramalho Gomes

Engenheiro Civil e Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Gestor de Processo de Esgoto da SANESUL.

Raquel Rabello Akagi

Engenheira Ambiental diplomada pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Engenheira da LOG Engenharia Ltda.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Xandinho, 90 - Bairro: Vila Antônio Vendas - CEP: 79003-110 - Campo Grande/MS - Fone (67) 3349-3885 - Fax: (67) 3349-3883 - e-mail: log.msi@terra.com.br

RESUMO

O presente trabalho relata a experiência operacional e a eficiência de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) em escala real localizada na cidade de Bonito, MS, Brasil, constituída de sistema com processo biológico anaeróbio (do tipo RALF - Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado), consorciado com físico-químico (coagulação/floculação, decantação acelerada e filtração rápida) e desinfecção com dióxido de cloro. São apresentadas as características técnicas, detalhes das fases do tratamento, dados operacionais e monitoramento dos parâmetros: vazão, DBO, DQO, OD, pH, temperatura, coliformes termotolerantes, turbidez, sólidos sedimentáveis e O&G. O sistema de tratamento da ETE Bonito apresentou resultados bastante satisfatórios, principalmente sobre os parâmetros de DBO, DQO com concentrações médias de 19,54 mg/L e 45,89 mg/L, respectivamente, turbidez de 10 UNT e sólidos sedimentáveis de 0,0 ml/l, diante da comparação das características do esgoto bruto e do corpo receptor.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, RALF, tratamento físico-químico, desinfecção, tanino.

INTRODUÇÃO

A implantação de um sistema de esgoto adequado e eficiente é de fundamental importância para a garantia da qualidade de vida da população e preservação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos.

Um sistema de tratamento de esgoto tem como objetivo confinar e eliminar os microorganismos patogênicos, ou reduzi-los a valores sanitariamente seguros – para evitar a transmissão de doenças – e reduzir a carga orgânica, tornando-a compatível com a capacidade de autodepuração do corpo receptor – para mitigar a poluição.

O município de Bonito está localizado na micro-região geográfica de Bodoquena, no sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul; conta com uma população total de 19.459 habitantes (IBGE, 2010) e; é conhecida mundialmente pelo turismo, em razão das belezas advindas de suas águas cristalinas, cachoeiras e ecossistema diversificado.

HISTÓRICO

No decorrer dos anos, Bonito passou a ser um dos locais de maior interesse ecológico e turístico do Estado de Mato Grosso do Sul, chegando a receber aproximadamente 70 mil turistas ao ano e consequentemente adquirindo grande importância econômica e ambiental.

Tendo em vista a necessidade de adequação do sistema esgotamento sanitário existente no município, no ano de 2004 foi assinado um convênio entre a Sanesul (Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul S/A), Fapems (Fundação de Apoio à Pesquisa, ao Ensino e à Cultura de Mato Grosso do Sul), Prefeitura Municipal de Bonito e Petrobras, quando foram estabelecidos os critérios e a alocação de recursos para implantar um sistema que viesse propiciar uma cobertura de 100% do município com rede coletora e uma nova ETE a nível terciário. No mesmo ano, foi elaborado um projeto executivo pela empresa LOG Engenharia Ltda e em 2005 iniciaram-se as obras que foram concluídas em 2007.

Antes da implantação do novo projeto, havia sete estações elevatórias e um sistema de tratamento constituído por RALF e gramíneas, os quais foram integralmente desativados.

Desde o início da partida do novo processo – junho de 2007 – o sistema de esgotos é operado pela LOG Engenharia Ltda e pela Sanesul, sendo composto por aproximadamente 5.010 ligações domiciliares; 55,9km de rede coletora; 2 estações elevatórias e 1 ETE, com capacidade de 80 L/s, localizada na região leste do município, fora do perímetro urbano, com acesso pela via dos balneários, junto à confluência dos córregos Marambaia (Saladeiro) e Bonito.

MATERIAIS E MÉTODOS

Durante a fase de estudo das alternativas, o processo biológico anaeróbico consorciado com o físico-químico apresentou-se como a melhor solução, tanto tecnicamente quanto financeiramente, para tratar um esgoto bruto com pH elevado (alto teor de carbonato), pois atenderia às restrições do corpo receptor – caracterizado por baixas vazões, cor e turbidez – e também pelas necessidades de atender às particularidades desse município cuja principal atividade econômica é o turismo.

PROCESSO DE TRATAMENTO E CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES

As unidades componentes da ETE podem ser observadas nas Figuras 1 e 2. Na Tabela 1 está a descrição das principais características dessas unidades. O tratamento possui capacidade total de 80 L/s e o processo adotado é constituído de: tratamento preliminar (Figura 3); 2 reatores anaeróbios de leito fluidizado (RALF) com capacidade de 40 L/s cada (Figura 4), seguido do processo físico-químico e desinfecção com solução de dióxido de cloro – ClO_2 . O sistema físico-químico possui coagulação, 3 floculadores, 2 decantadores de placas e 4 filtros rápidos dimensionados para a vazão de 80 L/s. A solução de ClO_2 é aplicada em um tanque de contato a jusante dos filtros, o lodo proveniente dos reatores são bombeados através de uma estação elevatória para os 11 módulos de leitos de secagem e a descarga do lodo dos módulos de decantação, a água de lavagem dos filtros e a drenagem dos leitos de secagem são conduzidas para um tanque de armazenamento e equalização, as quais são recirculadas através de conjunto moto-bomba para a entrada do processo de tratamento (após o desarenador).



Figura 1: Foto da vista aérea da ETE Bonito com suas unidades componentes: sistema anaeróbio (RALF), físico-químico, decantação acelerada, filtração rápida e desinfecção com ClO_2 .

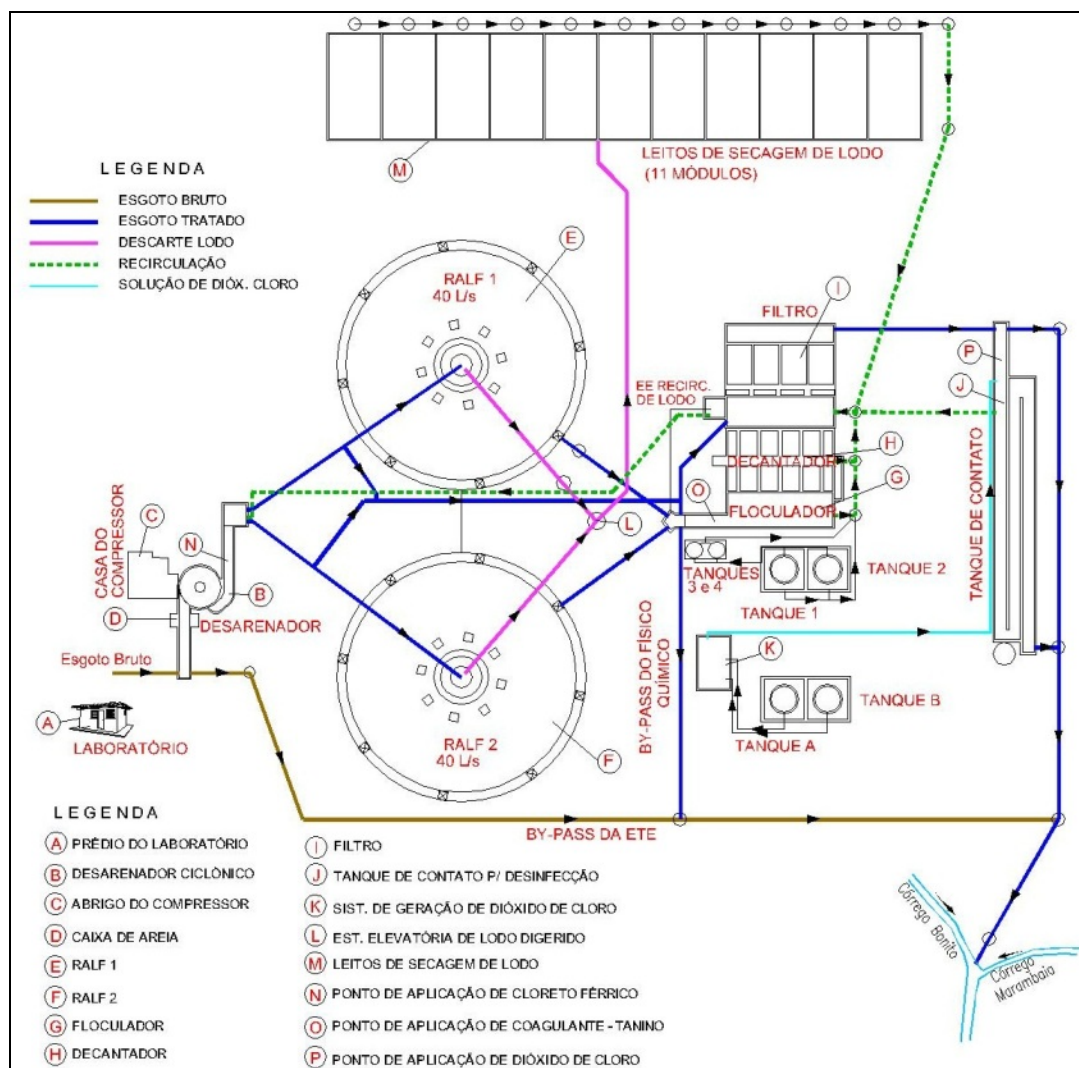


Figura 2: Fluxograma geral da ETE Bonito.

Tabela 1: Características individuais das unidades constituintes da ETE Bonito

Unidades	Características individuais
Tratamento Preliminar (gradeamento, desarenador e medidor de vazão)	<ul style="list-style-type: none"> - Gradeamento manual: espaçamento entre barras de 2,0 cm e largura total de 1,0 m - Desarenador do tipo ciclônico, com compressor “air lift” - Calha <i>Parshall</i> de $W = 9''$, com sensor ultra-sônico para medição de vazão e sensor para controle da bomba dosadora de cloreto férrico
Tratamento Anaeróbio RALF (02 módulos)	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade: 40 L/s - Tempo de detenção mínimo: 8 horas - Formato: tronco cônico invertido - Diâmetro inferior (interno): 10,0 m - Diâmetro superior (interno): 23,50 m - Altura Total: 7,0 m - Volume útil: 1.265,0 m³ - Tubos difusores: 60 unidades (DN 75 mm) - Válvula corta chama: 01 unidade (DN 100 mm) e faiscador para queima do metano gerado.
Mistura Rápida e Floculação (03 módulos)	<ul style="list-style-type: none"> - Calha <i>Parshall</i> de $W=9'$, com sensor ultra-sônico para a bomba dosadora do coagulante tanino - Tanques com dimensões superficiais de 3,25m x 3,25m, altura útil de 4,15m e altura total de 4,75m - 3 agitadores mecânicos de 0,55 kw
Decantação (02 módulos)	<ul style="list-style-type: none"> - Canal de distribuição com sucção variável - Canal de descarte de lodo - Tanques com dimensões de 2,40m x 10,0 m, altura total de 4,45 m e 4,15 m do nível d'água. - 184 placas de decantação de 2,395 m x 1,30 m e espaçamento de 10 cm.
Filtros Rápidos Descendentes (04 módulos)	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de decantação: 200m³/m²xdia - Dimensões em planta: 2,40 x 3,80 m - Fundo falso: 0,50 m - Camada de pedregulho: 0,50 m - Camada de areia: 0,25 m - Camada de antracito: 0,55 m - Folga para expansão: 0,50 m - Altura da calha de lavagem: 050 m - Altura total do filtro: 4,60 m
Tanque de Recirculação de Lavagem do Decantador e Filtros	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões superficiais: 2,80m x 10,20m - Altura total: 3,15 m - Conjuntos moto bombas para recirculação: 2 unidades com vazão de 10 L/s e 3 cv
Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> - Gerador de dióxido de cloro: capacidade de geração de 4 kg de ClO₂/hora - Tanque de Contato: calha <i>Parshall</i> de $W = 9''$, comprimento de 25,0 m, largura de 3,7 m altura útil de 1,8 m e total de 2,85 m. Tempo de contato: 30 minutos. Volume: 150 m³
Estação Elevatória de Lodo digerido	<ul style="list-style-type: none"> - Diâmetro: 1,50 m - Altura Total: 5,55 m - Potência: 3,0 cv
Leitos de Secagem de Lodo (11 unidades)	<ul style="list-style-type: none"> - Largura: 5,0 m - Comprimento: 10,0 m - Altura Total: 0,55 m



Figura 3: Estrutura do tratamento preliminar com gradeamento, desarenador ciclônico com compressor “air lift”, caçamba “brooks”, calha Parshall W=9” com sensor ultra-sônico e sinal para registrador de vazão do esgoto bruto e bomba dosadora de solução de cloreto férrico.



Figura 4: Foto da vista dos reatores anaeróbios (primeiro plano) e das unidades de floculação, decantação e filtração aos fundos.



Figura 5: Foto da vista do sistema físico-químico.



Figura 6: Foto da vista do tanque de contato com uma calha *Parshall* na entrada para efeito de controle e medição de dosagem de solução com dióxido de cloro como desinfetante.



Figura 7: Foto da vista dos módulos de leito de secagem de lodo.

A ETE possui um laboratório (Figura 8) para auxiliar no controle operacional, com equipamentos para realizar análises de rotina: *jar-test*, cones inhoff, peagâmetro, colorímetro, turbidímetro, oxímetro, medidor de residual de cloro, dióxido de cloro e ferro.



Figura 8: (A) Foto da vista externa do laboratório e (B) Foto do interior do laboratório para controle operacional, equipado com instrumentos de avaliação dos parâmetros operacionais de rotina.

O tratamento preliminar consiste em: gradeamento, desarenador do tipo ciclônico e unidade de medição e controle da vazão. O tratamento secundário é realizado nos dois reatores anaeróbio, com aplicação de solução de cloreto férrico- FeCl_3 na calha *Parshall* após o desarenador.

A aplicação do FeCl_3 no afluente dos reatores foi fundamentada em pesquisas bibliográficas que comprovaram sua eficiência em reduzir o pH do esgoto bruto, impedindo assim carbonatação no processo físico-químico, que gera um efluente com coloração acinzentada, auxiliar da floculação e reduzir os gases do grupo sulfetos e consequentemente odores. Silva (2002) concluiu que a adição de cloreto férrico ao esgoto bruto afluente a um reator anaeróbio melhora significativamente a qualidade do efluente na remoção de DQO, assim como também reduz o pH, coliformes e fósforo. Queiroz (2006) observou a alta remoção de orto-fosfatos e melhora na capacidade de desaguentamento do lodo. Rodrigues (2007) constatou a significativa redução de emissão de gases odorantes e Santos (2003) constatou que dosagens elevadas de cloreto férrico até 500mg/L, não apresentam qualquer efeito inibitório à metanogênese da biomassa do reator, indicando assim a potencialidade do uso deste produto para a melhoria da eficiência desses sistemas.

O tratamento terciário é composto pelas seguintes unidades: coagulação hidráulica em calha *Parshall*, floculação mecânica feita em três tanques com gradientes decrescentes, decantação acelerada em dois módulos e quatro unidades de filtro rápido descendente com dupla camada filtrante. A utilização de filtros rápidos eleva o nível de tratamento a um grau que possibilita o reuso (Jurgensen&Richter,1994).

No tratamento físico-químico aproveitam-se as excelentes características do efluente do RALF, para a realização da coagulação e floculação. Essas características incluem concentração de sólidos totais relativamente baixas, pH neutro (6,5 a 7,5) e alcalinidade suficiente para as reações químicas com coagulantes (Jurgensen & Richter, 1994). O coagulante utilizado é o tanino (produto orgânico), cuja solução é aplicada ao efluente do reator, na calha *Parshall* antes da entrada dos tanques de floculação, proporcionando condições adequadas na formação de flocos testadas em laboratório através do *jar-test* e confirmada na planta. O tanino foi o coagulante que se adaptou melhor às características do efluente dos reatores e também que resultou em uma melhor performance no sistema de floculação. A aplicação do produto é feita através de bomba dosadora eletromagnética (Figura 9) com ajuste da vazão de dosagem através de sinal de 4-20mA, com uso de sensor ultra sônico instalado na calha *Parshall*.



Figura 9: Bombas dosadoras (1+1 reserva) para aplicação de solução com tanino na entrada do sistema de floculação e bombas dosadoras (1+ 1 reserva) para aplicação de solução com cloreto férrico na calha *Parshall* a jusante do desarenador.

Após a decantação, o efluente passa pelo processo de filtração rápida, seguindo para o tanque de contato para desinfecção. O sistema de desinfecção é constituído por um gerador de ClO_2 . Ao final da desinfecção, o efluente tratado a nível terciário é lançado na confluência do córrego Bonito e Marambaia (Saladeiro). O dióxido de cloro foi escolhido por ser um produto desinfetante já experimentado com reduzida formação de trihalometanos e organoclorados de acordo com estudos já realizados e pela exigência do órgão ambiental do

Estado de MS, no que se refere ao cuidado na aplicação de produtos para desinfecção, em ambientes frágeis como é o caso do município de Bonito.

Para o armazenamento de tanino, cloreto férrico, dióxido de cloro e purate® existem quatro tanques em fibra de vidro (Figura 10), com volume de 15 m³ cada.



Figura 10: Foto da vista dos tanques de fibra de vidro utilizados para armazenamento de produtos.

PRODUTOS QUÍMICOS E DOSAGENS APLICADAS

Na Tabela 2 estão identificados os produtos usados no sistema de tratamento e dosagens aplicadas, cujas quantidades foram determinadas a partir de pesquisas bibliográficas e de ensaios realizados em laboratório.

Tabela 2: Produtos e dosagens aplicadas

Produto	Função	Local de Aplicação	Dosagem Média
Cloreto Férrico FeCl_3	Reduzir pH e H_2S , impedir carbonatação, redução de odor e auxiliar na floculação.	Calha Parshall após desarenador	35 mg/L
Tanino	Coagulante	Calha Parshall - entrada do floculador	35 mg/L
Dióxido de Cloro ClO_2	Desinfetante	Calha Parshall - entrada do tanque de contato	7 mg/L

ATIVIDADES OPERACIONAIS

A ETE é operada em regime de 24 horas e monitorada através de medições dos parâmetros pH, temperatura, sólidos sedimentáveis, oxigênio dissolvido, turbidez, cor, vazão e volume tratado. Coletas compostas e análises mensais também são realizadas, conforme boletim apresentado para os parâmetros DBO, DQO, pH, coliformes, fósforo, OG, sólidos (dissolvidos, suspensos, fixos, totais e voláteis) e turbidez (Figura 11).

No presente trabalho foram utilizados os resultados operacionais da ETE, durante o período de um ano, de abril de 2010 a março de 2011, em relação aos parâmetros de: DBO, DQO, OD, pH, temperatura, coliformes, turbidez, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas.

As análises mensais são realizadas pelo laboratório da Sanesul. Todas as etapas de coleta, acondicionamento, conservação e análise das amostras são realizadas conforme métodos especificados pelo “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 1998).



Laboratório Central da Sanesul
BOLETIM DE ANÁLISES DE EFLUENTES

sanesul
No. Análise: 00017/2011 Regional: GESUD-JAR Localidade: BONITO
Interessado: SANESUL
Nome ETE: BONITO
Tratamento: FÍSICO-QUÍMICO & DESINFECÇÃO
Data de Entrada no Laboratório: 12/1/2011
Coletor: THIAGO BAIS
Endereço: RODOVIA DO TURISMO, Km 02
Data da Coleta: 11/1/2011
Horário de Entrada no Laboratório: 09:20
Corpo Receptor: Córrego Bonito

DADOS SOBRE AS AMOSTRAS

Nº Amostra	5051	5052	5053	5054	5055	5056	5057
Ponto de Coleta	E- Esgoto Bruto	A- Juncão dos Rai's	B- Saída Físico - Químico	S- Saída da E.T.E	M- Montante	J- Jusante	M- Montante
Hora da Coleta					16:15	16:05	16:10
Vazão l/s	41	41	41	41			
Temperatura da Amostra °C	28,6	27,8	27,8	28	27,6	28,2	27
Temperatura do Ar °C	32	32	32	32			
pH	7,45	6,90	7,10	7,01			
Chuvas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA							
Parâmetros	Unidade						
Alcalinidade	mg/L						
Cloreto	mg/L				5,0	2,0	11,5
DBO (5d, 20°C)	mg/L	162,0	54,0	27,6	19,2	6,4	3,4
DQO	mg/L	273,0	114,0	57,0	46,0		
Fosforo	mg/L	3,2	1,1	0,3	0,3	0,1	0,1
Nitrato	mg/L						
Óleos e Graxas	mg/L	57,3	74,2	28,7	14,5	2,4	6,7
Oxigênio Dissolvido	mg/L				6,8	*	6,6
pH	pH				8,2	8,2	8,2
Sólidos Dissolvidos	mg/L	611,0	461,0	461,5	594,7		
Sólidos em Suspensão	mg/L	59,0	36,0	5,5	3,3		
Sólidos Fixos	mg/L	449,0	342,0	344,0	234,0		
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	1,0	1,4	0,0	0,0		
Sólidos Totais	mg/L	670,0	497,0	467,0	598,0		
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	221,0	155,0	123,0	364,0		
Turbidez	UNT	147	142	13	7,0	8,0	12
ANÁLISE BACTERIOLÓGICA							
Coli-termotolerantes	UFC/100mL		4.000	+100	11.000	100	1.000

Abrangências:
O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s) e entregue no laboratório.

Metodologia Aplicada:
Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater - 21ª Ed. 2005.
USEPA - U.S. Environmental Protection Agency, Metodo 525.2 - Revision 2.0(1995)

Conclusões:

Observações:
*AMOSTRA 5056, OD COM BOLHAS.
**COLETA COMPOSTA.

Local e Data: _____ Resp. Técnico: _____

CMBO/GRANDMAE 78/11/2011

Figura 11: Boletim de análise mensal dos efluentes da ETE Bonito.

Os resultados foram avaliados através de gráficos, para maior clareza na verificação do comportamento dos parâmetros, assim como também foram comparados com os valores preconizados pela Resolução CONAMA N°357/2005 e Deliberação Estadual CECA (Conselho Estadual de Controle Ambiental) N°003/1997, com o objetivo de verificar se os mesmos estão dentro dos padrões aceitáveis pelas legislações mencionadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vazão afluente à ETE é medida diariamente a cada 3 horas pelo sensor ultra-sônico instalado na calha Parshall do desarenador, a variação desta vazão durante o período da pesquisa é representada na Figura 12. Obteve-se uma vazão média anual de 23,14 L/s, máxima mensal de 30,07 L/s em fevereiro de 2011 e mínima de 20,05 L/s em agosto de 2010. Registros operacionais revelaram que a ETE apresenta grandes variações

horárias de vazão, com máximas de até 50 L/s em épocas de chuva e também como consequência da população flutuante da cidade.

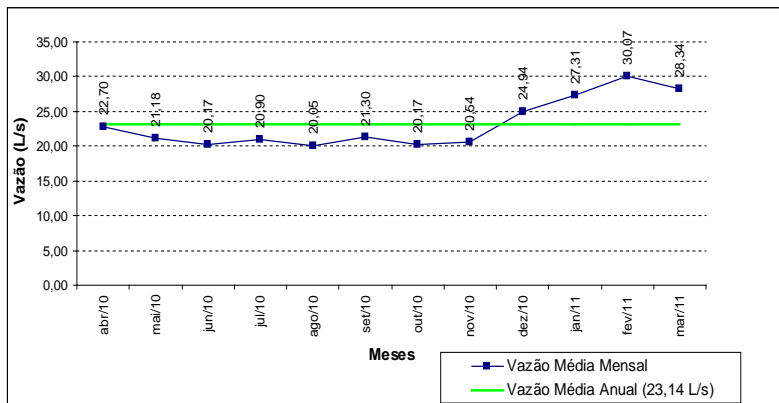


Figura 12: Variação da vazão afluente à ETE Bonito

A Figura 13 apresenta as concentrações (mg/L) de DBO e DQO do esgoto bruto e tratado na ETE Bonito e a Figura 14 ilustra a eficiência (%) do sistema na remoção dos mencionados parâmetros.

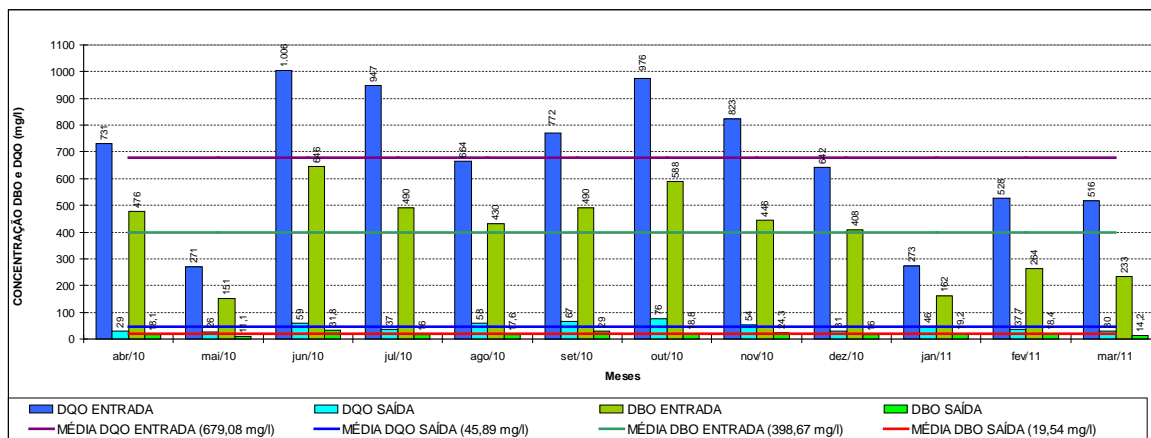


Figura 13: Concentração de DBO e DQO para o esgoto bruto e tratado (saída do tanque de contato) na ETE Bonito

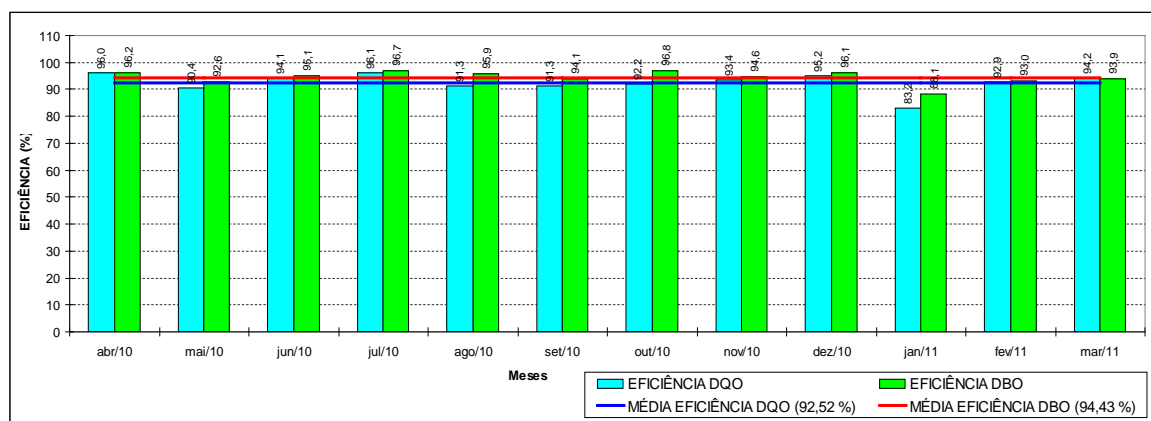


Figura 14: Eficiência na remoção de DBO e DQO para o esgoto bruto e tratado (saída do tanque de contato) na ETE Bonito.

Nota-se que durante todo o período analisado o limite de lançamento (máximo de 60 mg/L) estabelecido pela legislação CECA N° 003/1997 é atendido. O valor máximo de DBO residual encontrado foi de 31,80 mg/L em junho de 2010, mesmo assim aproximadamente metade do limite máximo.

O sistema apresentou ótimas taxas de remoção de DBO e DQO, superiores a 80 %, com residual médio para DBO de 19,54 mg/L e para DQO de 45,89 mg/L. Embora a legislação do estado de Mato Grosso do Sul não faça referência ao parâmetro DQO na classificação dos corpos de água e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos, existe em alguns Estados, como por exemplo, Minas Gerais, que através da Deliberação Normativa COPAM N° 010/86 estabelece limite máximo de 90 mg/L para este parâmetro em seus padrões de lançamento, portanto o residual encontrado na ETE Bonito atende a este padrão.

Foi possível observar também que mesmo com variações nas concentrações de DBO e DQO no esgoto bruto, o sistema manteve uma excelente estabilidade operacional, ou seja, sem grandes variações nas concentrações do efluente final. Sobre a temperatura do efluente houve uma variação da temperatura média mensal, apresentada na Figura 15. Observa-se que as variações são mínimas nos efluentes de cada unidade e as variações mensais são devido a sazonalidade da cidade. Durante todo o processo e principalmente no efluente final o padrão de lançamento para este parâmetro (inferior a 40 °C) estabelecido pelas legislações CECA N°003/1997 e o CONAMA N°357/2005 é respeitado.

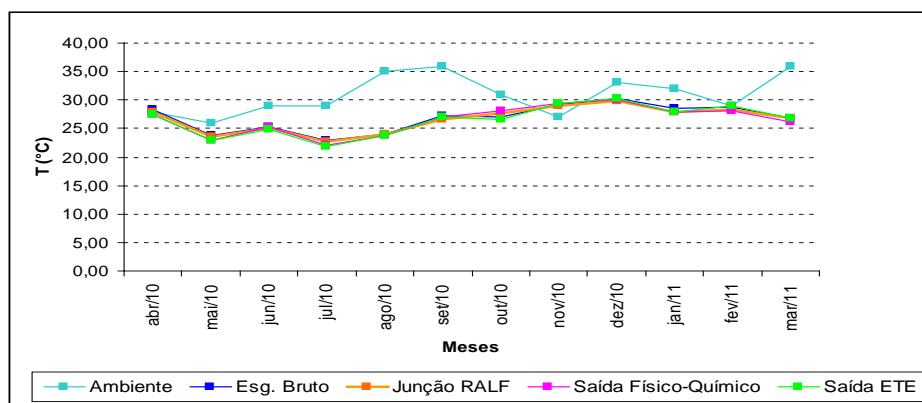


Figura 15: Variação da temperatura ambiente, esgoto bruto, efluente dos reatores e do processo físico-químico e efluente final da ETE Bonito.

O pH é um parâmetro importante, utilizado no controle da operação de estações de tratamento de esgotos e na caracterização de corpos d'água. O pH constitui-se também em padrão de emissão de esgotos, tanto pela legislação federal quanto pela estadual. Na Deliberação Estadual CECA N°003/1997, estabelece-se faixa de pH entre 5 e 9 para o lançamento direto nos corpos receptores, mesmos limites impostos pelo CONAMA N°357/2005. A variação do pH nas etapas de tratamento está representada na Figura 16.

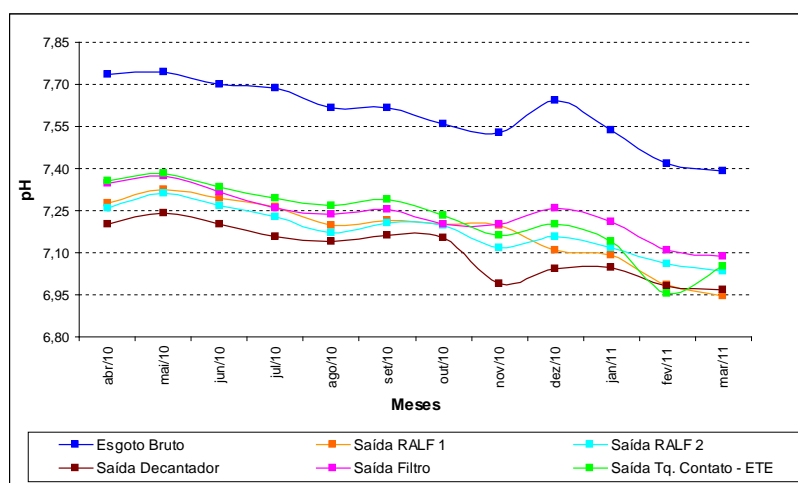


Figura 16: Variação do pH no esgoto bruto, efluente dos reatores, decantador, filtro e tanque de contato (efluente final) da ETE Bonito.

Através do gráfico observamos que o pH do esgoto bruto de Bonito apresenta valores acima dos usuais, este fator foi determinante na adoção da aplicação de solução de FeCl_3 no afluente dos reatores. Após a aplicação

nota-se que o pH do esgoto bruto reduz, permanecendo durante todo o processo na faixa pH neutro, 6,50 a 7,5, o que favorece os processos de coagulação e floculação, assim como também impede a carbonatação no processo físico-químico. O pH do efluente final atende ao limites de máximo e mínimo estabelecidos pelas legislações vigentes.

A turbidez está relacionada principalmente ao aspecto estético, fator de grande importância no caso do corpo receptor dos efluentes da ETE Bonito. A Figura 17 apresenta as variações deste parâmetro no efluente dos processos de decantação, filtração e tanque de contato (efluente final). O aumento de turbidez verificada no efluente final ocorre em função da reação do dióxido de cloro, principalmente com ferro e manganês, provocando uma micro floculação e por consequência aumento da turbidez, com concentração média na saída do sistema de 10 UNT.

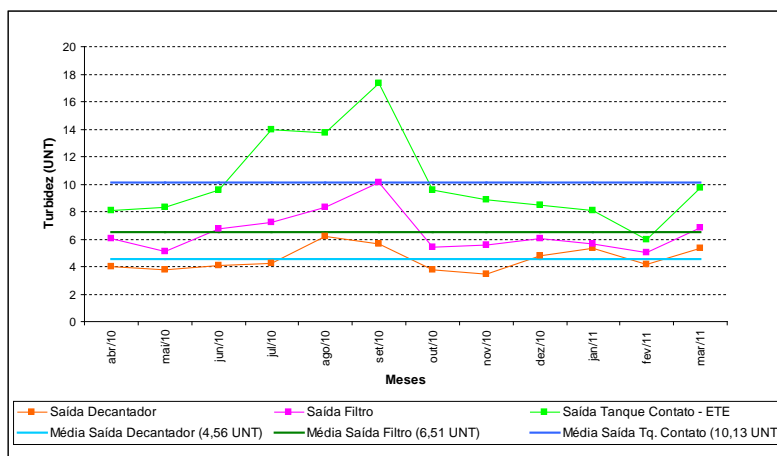


Figura 17: Variação da turbidez nos efluentes dos processos de decantação, filtração e desinfecção (efluente final) da ETE Bonito.

Para os coliformes fecais e oxigênio dissolvido foi observado que o lançamento dos efluentes da ETE não alterou significativamente as características do corpo receptor em relação a estes parâmetros, a concentração mínima de coliformes para o efluente final foi menor que 100 UFC/100mL (Figura 11) e a concentração média de OD no corpo receptor a montante e jusante do lançamento foi de 6,0 mg/L.

Com relação aos sólidos sedimentáveis os resultados apresentados através da Figura 18, demonstram que o tratamento possui excelente remoção, visto que no efluente final da ETE a concentração é nula.

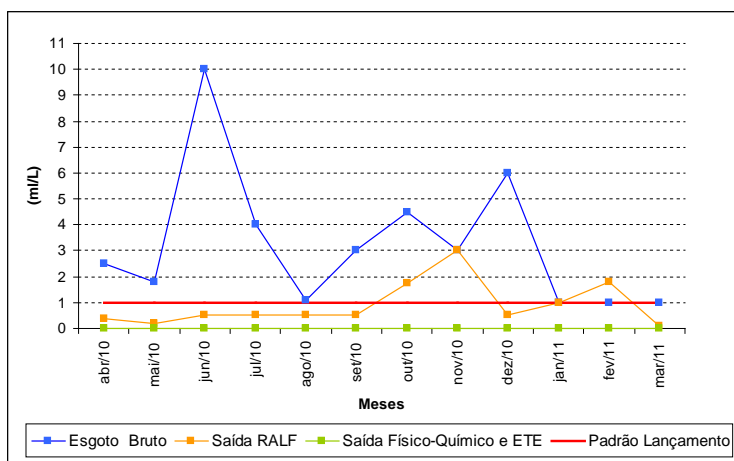


Figura 18: Variação de sólidos sedimentáveis no esgoto bruto, efluente dos reatores e do processo físico-químico e efluente final da ETE Bonito

Devido o processo de recirculação de lodo dos decantadores, água de lavagem dos filtros e drenagem dos leitos de secagem, foi adotado um regime operacional adequado de 1,0 ml/L de sólidos sedimentáveis no efluente dos

reatores para a realização do descarte de lodo nos leitos e propiciar condições adequadas nos processos de coagulação e decantação. O limite máximo de 1,0 ml/L, estabelecido pelo CONAMA N°357/2005 e CECA N°003/1997, é atendido satisfatoriamente.

A Figura 19 apresenta as concentrações de óleos e graxas no esgoto bruto e tratado. Os valores variaram de 1,90 mg/L a 51,90 mg/L no efluente final. Durante todo o período estudado, com exceção apenas no mês de novembro de 2.010, os limites máximos de lançamento, de 20 mg/L para óleos minerais e de 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais, estabelecidos pelo CONAMA N°357/2005 e CECA N°003/1997 são respeitados.

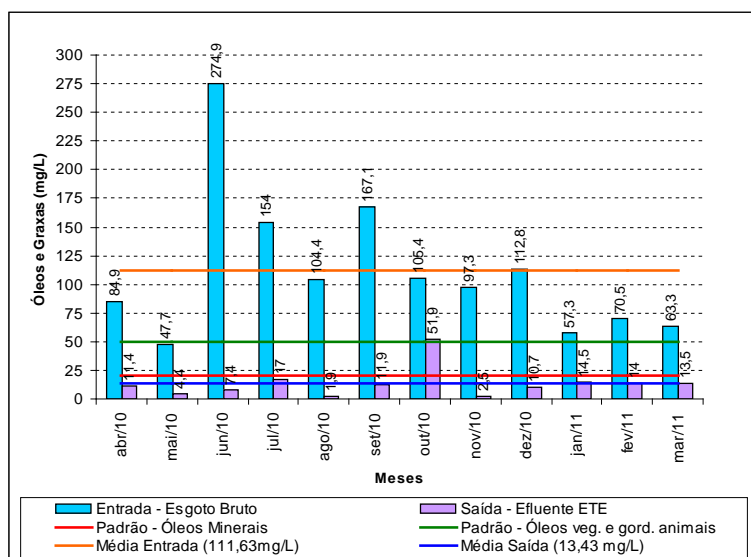


Figura 19: Concentrações de óleos e graxas para o esgoto bruto e tratado (saída do tanque de contato) na ETE Bonito

A eficiência média para remoção de óleos e graxas no sistema variou de 50,76 % e 98,18%, onde a menor eficiência ocorreu no mês de outubro de 2010 e a maior aconteceu em agosto/2010. No geral, o sistema obteve uma eficiência média anual de 85,60 % e apenas 4 meses apresentaram eficiência abaixo da média.

CONCLUSÕES

- O sistema apresenta ótimas taxas de remoção de DBO, DQO – com residual médio no período de estudo de 19,54 mg/L e 45,89 mg/L, respectivamente – e bastante eficiência na remoção de sólidos sedimentáveis, com o residual nulo.
- Verificação da significativa redução do odor face à aplicação de solução de cloreto férrico no esgoto bruto, na entrada do reator anaeróbio.
- Compatibilidade da turbidez de saída da ETE com aquela apresentada no córrego Bonito em dias não chuvosos, com efluente final da ETE em média com valor de 10 UNT.
- Garantia de qualidade do efluente com nível de oxigênio dissolvido a jusante do lançamento, acima de 6,0 mg/L, possibilitando a presença no ponto de lançamento de peixes bastante restritivos quanto à poluição hídrica, como lambaris e piraputangas.
- A adoção de um coagulante orgânico, o tanino em combinação com a pré-coagulação com a solução de cloreto férrico, possibilitando mesmo para esgotos com elevado pH, excelente clarificação e eficiência na remoção de DBO, além de ecologicamente ser mais favorável no caso de Bonito, por ser um produto orgânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 1268p. 19ª ed. Washington DC: American Water Works Association and Water Environment Federation, 1998.
2. Aisse, M.M. Jurgensen, D. Lobato M.B. Alem, P. 2001. Avaliação do sistema reator RALF e flotação por ar dissolvido no tratamento de esgoto sanitário. In, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 João Pessoa.
3. Jurgensen, D. Richter, C.A. 1994. Tratamento de esgoto por digestão anaeróbica- coagulação e flotação. Curitiba, SANARE SANEPAR.
4. Queiroz, R. S. M. 2.006. Efeito da adição de cloreto férrico ao esgoto afluente a um reator UASB. 30º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
5. Rodrigues, K. B. 2.007. Redução de Odor na ETEB Norte com a utilização de cloreto férrico. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
6. Santos, H. R. 2003. Toxicidade do cloreto férrico à biomassa de reator anaeróbio de leito expandido. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Santa Catarina.
7. Silva, M. E. R. 2002. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190.