

DIAGNÓSTICO E QUANTIFICAÇÃO DE EFLUENTES GERADOS EM UM FRIGORÍFICO LOCALIZADO NO SUDOESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Tainara Bruna Montagna¹

RESUMO

Nos frigoríficos, os efluentes são volumosos e altamente carregados por vários compostos, geralmente oriundos da limpeza de máquinas e equipamentos, resfriamento de carcaças e lavagem de carcaças, estes compostos proporcionam ao efluente altos valores de DBO e DQO. A necessidade de tratamento destes dejetos é visível, pois o lançamento destes compostos sem o devido tratamento em corpos hídricos ocasiona sérios problemas ambientais. O abatedouro utilizado como base para o estudo possui um sistema de tratamento físico-químico composto por dois flotores e um sistema microbiológico composto por oito lagoas. A flotação é responsável pela remoção da maior parte da carga do efluente, sendo de extrema importância para o sistema, pois seu correto funcionamento diminui a carga de entrada do sistema microbiológico. No presente trabalho foram propostas algumas alterações operacionais e estruturais ao sistema, sendo que das quatro modificações sugeridas, apenas uma foi concluída durante a pesquisa. Esta que já contribuiu para a melhoria do sistema e redução da carga lançada ao final do sistema o corpo hídrico receptor.

Palavras-chaves: Educação ambiental, gestão ambiental, ambiente de trabalho.

¹ Possui graduação em Engenharia Ambiental pela União de Ensino do Sudoeste do Paraná, pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Assis Gurgacz. Atualmente é mestranda em Geografia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
E-mail:tainaramontagna@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Com o surgimento de grandes indústrias produtoras de alimentos no mundo, a competitividade neste seguimento produtivo aumentou, umas das consequências é o aparecimento de novas exigências dos mercados importadores, onde não é de importância apenas a qualidade dos produtos, mas o papel social da empresa, a preocupação com a segurança dos funcionários e a proteção do meio ambiente no qual a empresa está inserida.

Na América Latina, o Brasil é o maior exportador de carnes, sendo que as maiores empresas processadoras de carnes encontram-se no oeste catarinense e sudoeste do Paraná.

A BRF Brasil Foods S/A é uma das maiores empresas de alimento do mundo, ela foi criada através da união de duas grandes marcas, a Sadia e a Perdigão, atua nos segmentos de carnes (aves, suínos e bovinos), além de alimentos industrializados como margarinas, massas e lácteos. A empresa exporta para 140 países, possuindo 51 fábricas no Brasil e 11 no exterior (site BRF). Entre as suas várias preocupações como qualidade de produtos e atendimento as necessidades dos clientes, a empresa não esquece sua responsabilidade social e com o meio ambiente, possuindo vários programas destinados a estes importantes seguimentos, dentre eles está o voluntariado BRF e o programa SSMA (Saúde, Segurança e Meio Ambiente), onde está inserida a política de meio ambiente da empresa, tendo como principal objetivo a sustentabilidade de suas atividades.

Indústrias frigoríficas são conhecidas por utilizarem água em grandes quantidades, conseqüentemente gerando grandes vazões de efluentes, estes com altos valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), isto ocorre devido a água residual possuir altos teores de gorduras, óleos, proteínas, sólidos, matéria orgânica e nutrientes, com isso, tem-se a necessidade de se tratar adequadamente o efluente antes de lançar em qualquer corpo hídrico, pois sem tratamento, esses compostos são altamente contaminantes e podem prejudicar seriamente a qualidade da água, além de toda a fauna e flora aquática do corpo receptor (EPA, 2002).

O sistema de tratamento de efluentes utilizado como base para as ações está instalado e operando em uma tradicional indústria frigorífica da região, o qual é composto por dois flotores que se utilizam de um processo físico-químico para fazerem a separação da maior parte da carga presente no efluente bruto e por oito lagoas em série, sendo uma de equalização, três facultativas, uma anaeróbia, uma aerada e duas lagoas de polimento. Após o tratamento, o efluente é lançado em um corpo receptor próximo.

São feitas análises semanalmente de onze parâmetros, os valores máximos para cada parâmetro são estabelecidos conforme legislação ambiental vigente. A maioria dos resultados atende os parâmetros exigidos, mas devido a grande variação de carga que o sistema recebe e a algumas variações climáticas, alguns resultados esporádicos atendem no limite, ou até mesmo não atendem o estabelecido por legislação, além do mau cheiro resultante da degradação biológica no sistema.

Com a atual situação do sistema, propõe-se então diminuir a carga de entrada do sistema além de manter constante a remoção e máxima eficiência dos flotores e eliminar lagoas que possuem baixa ou não possuem eficiência, que acarretam apenas em odor e liberação de compostos tóxicos para o restante do sistema.

Considerando a necessidade do desenvolvimento de metodologias alternativas no tratamento de efluentes da empresa frigorífica em questão, este trabalho vem de encontro a esta problemática.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho busca propor ações de melhoria estruturais e operacionais a serem implantadas em um sistema de tratamento de efluentes de um frigorífico localizado no Sudoeste do Estado do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

A pesquisa delimitada neste trabalho busca alcançar os seguintes objetivos:

- a. Caracterizar o efluente gerado em abatedouros e frigoríficos;
- b. Caracterizar o sistema de tratamento de efluentes existente no frigorífico;
- c. Propor melhorias tanto operacionais como estruturais para aumentar a eficiência do sistema;
- d. Avaliar os resultados obtidos com as alterações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Características do Efluente da Indústria Frigorífica

No processamento de carnes, a água é utilizada em vários processos, entre eles a escaldagem das aves, lavagem da carcaça após a depenagem das aves, lavagem das carcaças após a evisceração, resfriamentos das aves, limpeza e desinfecção de equipamentos, instalações e resfriamento de equipamentos (EPA, 2002).

Os efluentes gerados em frigoríficos são geralmente muito volumosos, possuem alta carga orgânica, elevada demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio, contém vários tipos de proteínas, sangue, substâncias estomacais dos animais, resíduos de limpeza de pisos e equipamentos. Tais resíduos merecem atenção especial antes de serem lançados em corpos hídricos, pois se não tratados corretamente acarretam sérios problemas a flora e a fauna do mesmo (FERNANDES; LOPES, 2008).

O sangue que não é coletado, gorduras solubilizadas, fezes e urina são as fontes primárias de DBO do efluente de uma indústria frigorífica. Estes poluentes podem ser coletados

separadamente e a eficiência desta coleta implica diretamente nos valores de DBO do efluente. Estes resíduos podem ser tratados separadamente como subprodutos ou transformados em produtos secundários (TEIXEIRA, 2006).

2.2 Tratamento Físico-Químico – Flotação

No tratamento de efluentes, a flotação é utilizada para a remoção de óleos, graxas e sólidos, neste tipo de processo, as impurezas são retiradas pela parte superior do tanque, enquanto o efluente tratado permanece na parte inferior. Isto ocorre por diferença de densidade ou por flotação por ar dissolvido. Após passar por um processo físico de separação, o efluente recebe agentes coagulantes (sulfato de alumínio), e é injetado ar na parte inferior do tanque, para que ocorra a suspensão do material coagulado, o qual é retirado por processos físicos convencionais, como raspagem ou sucção (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

O pré-tratamento através do processo de flotação tem extrema importância no tratamento de efluentes de indústrias frigoríficas, devido à característica do efluente, o qual é composto em sua maioria por sólidos, gorduras e nutrientes.

No sistema avaliado, antes do efluente chegar aos flotores, ele passa por um tanque de equalização, o qual, como diz o nome, tem a função de equalizar as cargas que chegam ao sistema, pois a variação de carga é bem constante devido às variações no processo de abate de aves.

Segundo Schoenhals (2006), os SS e OG presentes no efluente contribuem entre 30 a 70% na DBO total da água, por conseguinte sua remoção contribui efetivamente para a diminuição da DBO da mesma, reduzindo custos operacionais do tratamento biológico secundário. Além desta economia nos custos de operação, o pré-tratamento bem feito aumenta muito a eficiência no processo biológico, pois as bactérias são mais efetivas na decomposição da matéria dissolvida do que na digestão de SS e OG, que são muito grandes para serem digeridas.

Entre os tipos de pré-tratamento, destacam-se os processos físicos, os quais se utilizam da separação de fases através da filtração, sedimentação, decantação, centrifugação ou flotação.

No entanto, quando o efluente a ser tratado possui partículas pequenas (suspensões coloidais) bem estáveis devido ao seu tamanho minúsculo e a existência de cargas superficiais que promovem a repulsão das mesmas, os métodos tradicionais de separação física não são suficientes, sendo necessária a coagulação através da adição de produtos químicos para desestabilizar essas suspensões coloidais (SCHOENHALS, M. 2006).

Em seu artigo “O mundo dos colóides”, Junior e Varanda (1999, p.23), explicam o que são colóides:

Colóides são misturas heterogêneas de pelo menos duas fases diferentes, com a matéria de uma das fases na forma finamente dividida (sólido, líquido ou gás), denominada fase dispersa, misturada com a fase contínua (sólida, líquido ou gás), denominada meio de dispersão [...]. **Sol** é um coloide constituído de partículas sólidas finamente divididas dispersas em um meio de dispersão líquido.

Um coloide ou uma fase dispersa é uma suspensão de pequenas partículas de um material em outro material, geralmente eles são agregados de numerosos átomos, ou moléculas, muito pequenas, invisíveis a microscópios óticos comuns, mas podem ser observados pela difusão da luz, sedimentação o pela osmose (ATKINS,1997).

Segundo Atkins (1997), o nome dado a um coloide depende das duas fases presentes. Quando há dispersão de um sólido em um líquido ou de um sólido num sólido, temos um sol. Aerossol é a dispersão de um líquido em um gás, ou de um sólido num gás e uma emulsão é uma dispersão de um líquido num líquido. Os colóides ainda são classificados em liófilos, que atraem o solvente e liófilos, que repelem os solventes.

De acordo com Schoenhals (2006), as partículas coloidais variam seu tamanho entre 10^{-3} e $1 \mu\text{m}$, elas apresentam cargas elétricas que produzem forças de repulsão capazes de mantê-las separadas em suspensão, desestabilizando as cargas, os colóides se aglomeram

progressivamente, possibilitando sua separação. As forças de Van der Waals, que são as forças de atração molecular entre as partículas, são causadas pela interação de partículas dipolares permanentes ou induzidas, enquanto que o Potencial Zeta causa as forças de repulsão.

O Potencial Zeta é a medida do potencial elétrico entre a superfície externa da camada compacta e o meio no qual está inserido, ele mede o potencial do movimento livre de uma partícula em um líquido. As forças eletrostáticas atraem os íons de carga contrária ao colóide, enquanto que a distribuição homogênea na massa líquida acontece devido à agitação térmica e ao movimento browniano, as cargas, a superfície do colóide e a camada do sinal contrário formam um sistema chamado de dupla camada (SCHOENHALS, 2006).

A dupla camada elétrica, segundo Atkins (1997), define-se em:

Fonte importante da estabilidade cinética dos coloides é a carga elétrica na superfície das partículas. Graças a esta carga, os íons com cargas de sinais opostos tendem a se agrupar em torno delas. Forma-se uma atmosfera iônica, de maneira semelhante ao que acontece com os íons. Há duas regiões nesta atmosfera que devem ser distinguidas. A primeira é uma camada de íons, quase imóvel, que adere firmemente à partícula coloidal e que pode incluir moléculas de água (nos meios aquosos). O raio da esfera que captura esta camada rígida é o raio de cisalhamento e o fator principal na determinação da mobilidade das partículas. O potencial elétrico na região do raio de cisalhamento, medido em relação a um ponto distante, no seio do meio contínuo, é o potencial zeta, ou potencial eletrocinético. A segunda região é uma atmosfera de íons móveis, atraídos pela unidade carregada e com sinal da carga oposto ao da partícula. A camada interna de carga e a atmosfera iônica externa constituem a dupla camada elétrica.

Se a força iônica for elevada, a atmosfera iônica fica densa e o potencial exibe um mínimo secundário em separações grandes. A floculação é a agregação de partículas provocada pelo efeito estabilizador deste mínimo secundário. A coagulação é o agrupamento sem volta de partículas diferentes, formando partículas maiores, ocasionada quando a separação entre as partículas é tão pequena que o mínimo primário da curva de energia potencial é atingido e as forças de Van der Waals passam a ser dominantes. Para aumentar a força iônica no sistema, é

necessária a adição de íons com carga elevada, eles atuam como agentes floculantes (ATKINS, 1997).

Segundo Rozemberg (2002), a subsistência de um coloide está diretamente ligada ao tamanho de suas partículas. Se as micelas se dividirem em moléculas, a solução coloidal vira uma solução molecular comum, mas se as micelas se reunirem e formarem outras maiores e mais pesadas, estas dirigem-se ao fundo, destruindo assim seu caráter coloidal (floculação).

Os coagulantes precipitam os sólidos em suspensão que não sedimentam e parte dos coloides sob a forma de flocos. O sulfato férrico e o cloreto férrico são os melhores agentes de floculação. A floculação exige um determinado Potencial de Hidrogênio (pH), dependendo de cada tipo de efluente, as vezes é necessário um pH um pouco mais ácido, ou uma correção com cal para se ter um pH mais básico. Devido a variação do pH dos esgotos ser frequente, é necessário um constante monitoramento e adição de reagentes para correção do mesmo. Para o monitoramento têm sido utilizados eletrodos para medição e comando, com muito sucesso (IMHOFF, 1996).

Na empresa utilizada como base para estudo, a adição de íons com carga elevada é feita através da dosagem de cloreto férrico 38 %, o produto é dosado na entrada do sistema primário de tratamento, após a coagulação do efluente, é dosado ainda um polímero aniônico, que neutraliza as cargas positivas na superfície de partículas suspensas no meio aquoso, além de formarem pontes intermoleculares de partículas em suspensão, dando origem a flocos maiores, conseqüentemente mais fáceis de serem separados do meio.

Para total eficiência do sistema, ainda é necessário à adição de microbolhas de ar ao sistema, que são responsáveis pela movimentação dos sólidos dentro da câmara de floculação até a superfície onde os mesmos são retirados.

Segundo dados da empresa Naturaltec (2012), existem dois tipos de flotação, flotação por ar dissolvido e flotação por ar disperso. A eficiência da flotação depende diretamente da relação ar/sólidos e tamanho das bolhas, quanto mais ar na câmara e menor o tamanho das bolhas, mais eficiente será o processo. As bolhas produzidas têm efeito sobre o agrupamento das

partículas, por isso é indispensável uma boa dispersão ar/sólidos para a colisão e agregação das partículas. Na figura 1 que vem logo abaixo temos um sistema de flotação por ar dissolvido:



FIGURA 1 - Flotador por ar dissolvido

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As figuras abaixo demonstram o resultado do efluente após a passagem pelos flotadores:



FIGURA 2 – Antes



FIGURA 3 – Depois

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Abaixo as figuras demonstram a separação de fases (sólida/líquida):



FIGURA 4 – Fase líquida



FIGURA 5 – Fase sólida

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.3 Tratamento de Efluentes por Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são sistemas simples de tratamento, tendo como variantes na maioria dos casos, diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. No geral, as lagoas de estabilização são uma boa forma de tratamento para as condições encontradas no Brasil, devido a vários aspectos como: disponibilidade de área em várias localidades, clima favorável (temperatura e insolação), simples operação e pouca necessidade ou nenhuma de equipamentos (SPERLING, 1996).

Conforme Pacheco et al.(2004), as lagoas de estabilização são grandes tanques cavados no solo, onde os esgotos são continuamente tratados por processos naturais, a presença de algas e bactérias é crucial, coexistindo em um processo de simbiose, tratando o efluente por meio da decomposição da matéria orgânica feita pelas bactérias.

As lagoas de estabilização são uma ótima solução para o tratamento de esgotos em áreas rurais e climas tropicais, sua forma geométrica deve ser escolhida de acordo com o relevo. Comparando com um trecho de rio, que sofre os fenômenos de autodepuração, as lagoas têm vantagem de produzir o mesmo resultado em uma área bem menor (IMHOFF, 1996).

2.3.1 Lagoas Facultativas

As lagoas facultativas são os sistemas mais simples de tratamento de efluentes por lagoas de estabilização, o processo consiste na retenção por um determinado tempo do efluente, o suficiente para que os processos naturais de maturação da matéria orgânica se desenvolvam, são dependentes e estão diretamente associadas aos fenômenos naturais. As vantagens são a simplicidade e a confiabilidade de operação, pois não existem equipamentos que podem estragar. Mas a natureza é lenta, necessitando então de um tempo de retenção longo para que a estabilização da matéria orgânica aconteça, o que implica em grandes quantidades de área (SPERLING, 1996).

As lagoas de estabilização facultativas promovem o tratamento de esgoto de uma forma natural, em seu projeto e operação busca-se desenvolver um ótimo sincronismo de condições, dando sobrevivência as duas espécies de micro-organismos presentes e de suma importância, que são as algas e as bactérias aeróbias, juntas se desenvolverão na parte superior do tanque. As bactérias aeróbias irão degradar a matéria orgânica solúvel, consumindo o oxigênio livre e liberando subprodutos como: água, gás carbônico e nutrientes. As algas consumirão os nutrientes e o gás carbônico, além de utilizarem a luz solar para fazerem a fotossíntese, liberando como subproduto o oxigênio necessário as bactérias, formando assim um ciclo (NUVOLARI, 2003).

Logo abaixo, na figura 6 temos duas lagoas facultativas:



FIGURA 6 – Lagoa facultativa

Fonte: www.tratamentodeesgoto.blogspot.com, 2013.

2.3.2 Lagoas Anaeróbias

Segundo Chernicharo (2007), qualquer tipo de composto orgânico pode ser degradado por via anaeróbia, no entanto, o processo se torna mais econômico e eficiente quando o efluente possui características de biodegradabilidade. Lagoas anaeróbias vêm sendo utilizadas em todo mundo, tanto em países desenvolvidos como subdesenvolvidos, para o tratamento de efluentes de indústrias agrícolas, de alimentos e de bebidas.

Biodigestão anaeróbia é um processo microbiológico onde vários micro-organismos, em ambiente anaeróbio, degradam a matéria orgânica, transformando moléculas mais complexas em moléculas com estruturas mais simples, o efluente submetido a este tipo de tratamento é clarificado, ficando mais estabilizado química e biologicamente, além da produção de biogás. No Brasil, o uso deste tipo de sistema tem sido utilizado em duas principais funções: tratamento de efluentes e uso energético de biogás gerado pelo mesmo (SILVA et al., 2010).

As lagoas anaeróbias são uma forma alternativa de tratamento, onde é essencial a manutenção de condições anaeróbias (sem a presença de oxigênio), isto é alcançado lançando-se grandes cargas de matéria orgânica (DBO) por unidade de volume de água, ocasionando um consumo de oxigênio várias vezes maior que a taxa de produção do tanque. A estabilização anaeróbia ocorre em duas etapas, na primeira não há remoção de DBO, apenas ocorre a transformação da matéria orgânica em ácidos. Na segunda etapa a DBO é removida, com os ácidos produzidos na primeira etapa sendo convertidos em metano, gás carbônico e água (SPERLING, 1996).

A seguir, na figura 7, uma lagoa anaeróbia com borda de concreto:



FIGURA 7 – Lagoa Anaeróbia

Fonte: www.osvaldocruz.sp.gpv.br, 2013.

2.3.3 Lagoas Aeróbias ou Aeradas

As lagoas aeradas são conhecidas pela introdução de oxigênio no meio através de aeradores, o que proporciona uma condição essencialmente aeróbia.

Segundo Sperling (1992, p.73), “os aeradores servem, não só para garantir a oxigenação do meio, mas também para manter os sólidos em suspensão (biomassa) dispersos no meio líquido”.

Os aeradores podem ser tubulares ou mecânicos, os tubulares são instalados no fundo do tanque, distribuídos igualmente por toda a extensão, são mais eficientes, pois distribuem melhor o oxigênio no meio, porém são mais caros que os mecânicos, estes ficam na superfície, possuem uma leve semelhança com um ventilador virado para baixo, o qual agita a água, oxigenando a mesma.

Um sistema de aeração por ar difuso é composto por difusores submersos no líquido, tubulações para distribuir o ar, tubulações para transportar o ar, sopradores e outros componentes, o ar é introduzido no fundo do tanque e o oxigênio é transferido ao meio líquido na medida em que a bolha sobe a superfície. Geralmente, quanto menor o tamanho da bolha de ar, maior será a área superficial disponível para a transferência de gases, ou seja, mais eficiente será o sistema (SPERLING, 1996).

De acordo com Nuvolari, (2003), as lagoas aeradas surgiram devido à necessidade de se diminuir a área das estações de tratamento, se comparadas, com as lagoas de estabilização. Aerando a lagoa, o oxigênio necessário para os micro-organismos realizarem as reações metabólicas é fornecido artificialmente. As lagoas aeradas são divididas em dois tipos:

- 1. Lagoa aerada facultativa:** Possui um grau de turbulência baixo, porém suficiente para manter a oxigenação adequada. Parte da biomassa sedimenta no fundo, sofrendo decomposição anaeróbia, e na camada superior a lagoa apresenta comportamento aeróbio.
- 2. Lagoa aerada de mistura completa:** Possui alta turbulência que é promovida pelos aeradores, onde toda biomassa é mantida em suspensão, ou seja, lagoa funciona em regime de mistura completa, o oxigênio é distribuído por toda massa líquida, garantindo um processo completamente aeróbio.

Abaixo temos, na figura 8, um sistema de lagoas aeradas:



FIGURA 8 – Lagoa aeróbia ou aerada

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.3.4 Lagoas de Maturação, Decantação ou Polimento

Mesmo as lagoas aeradas tendo uma boa eficiência em remoção de matéria orgânica presente nos esgotos, o efluente que sai delas não possui qualidade suficiente para ser lançada diretamente em um corpo receptor, devido à biomassa permanecer em suspensão dentro do tanque, saindo, portanto junto com o efluente da lagoa aerada. Existe a necessidade então, de após o tanque de aeração, esteja instalado uma lagoa de decantação, a qual receberá este efluente com alto índice de sólidos em suspensão, onde poderão sedimentar (SPERLING, 1996).

Conforme o Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Rio de Janeiro (2012), as lagoas de maturação ou polimento têm como principal objetivo a desinfecção do efluente, apresentam baixas profundidades, em média 1,0 m, o que permite a ação dos raios ultravioletas do sol sobre os organismos presentes no efluente.

As lagoas de estabilização são uma ótima solução para o tratamento de esgotos em áreas rurais e climas tropicais, sua forma geométrica deve ser escolhida de acordo com o relevo.

As lagoas de maturação dão um polimento final ao efluente, possibilitando o seu lançamento nos corpos receptores sem o risco de prejudicá-los, pois a ação do sol, e o seu lento fluxo, possibilitarão uma ótima remoção de patógenos e sólidos do efluente.

Na figura 9, tem-se uma lagoa de polimento ou maturação:



FIGURA 9 – Lagoa de polimento

Fonte: www.samaescp.com.br, 2013.

2.4 Principais Parâmetros Avaliados no Tratamento de Efluentes

2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é a quantidade de oxigênio dissolvido, que os micro-organismos necessitam para estabilizar a matéria orgânica em decomposição, sob condições de aerobiose. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica biodegradável em efluente, maior será a DBO (NUVOLARI, 2003).

O maior efeito ecológico em um curso d'água causado pela poluição orgânica é a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido. Do mesmo jeito, em tratamentos de efluentes por processos aeróbios, e de extrema importância um correto fornecimento de oxigênio para que os micro-organismos consigam realizar os processos metabólicos para estabilizar a matéria orgânica, assim surgiu à ideia de medir o impacto de uma determinada poluição através da quantidade de oxigênio que o despejo consumiria. Esta quantificação poderia ser feita através de cálculos estequiométricos baseados nas reações de oxidação da matéria orgânica, mas este tipo de teste é desprovido de praticidade. A solução encontrada foi medir em laboratório, o consumo de oxigênio que um volume padronizado de efluente ou outro tipo de líquido exerce em um determinado período de tempo, assim foi introduzido o importante conceito da Demanda Bioquímica de Oxigênio. A DBO representa a quantidade de oxigênio para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea, portanto é uma indicação indireta da quantidade de carbono orgânico biodegradável presente no esgoto ou efluente (SPERLING, 1996).

2.4.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Segundo Nuvolari, (2003), a DQO é a medida da quantidade de oxigênio necessária durante a oxidação química de compostos orgânicos presentes numa água, esses valores são uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no líquido analisado. Este teste mede o consumo de oxigênio utilizado na oxidação de compostos orgânicos bio e não biodegradáveis, sendo uma oxidação exclusivamente química, sem ser afetada pela nitrificação. O valor de DQO

é sempre maior que o de DBO, devido ao fato de oxidar compostos orgânicos não biodegradáveis e compostos inorgânicos, em uma mesma amostra.

Conforme Sperling, (1996), as principais vantagens do teste de DQO são:

- a. São gastos apenas 2 a 3 horas na realização do teste;
- b. O resultado dá uma indicação da quantidade de nitrogênio necessário para estabilizar a matéria orgânica;
- c. O teste não é afetado pela nitrificação, dando uma indicação apenas da quantidade de matéria orgânica carbonácea e não nitrogenada.

E as principais limitações do teste de DQO são:

- a. O teste superestima a quantidade de oxigênio requerido no tratamento biológico dos despejos;
- b. O teste não fornece informações sobre o consumo da matéria orgânica ao longo do tempo;
- c. Alguns constituintes orgânicos podem ser oxidados e interferir no resultado.

2.5 Legislação

O sistema de tratamento de efluentes utilizado como base para o estudo está devidamente licenciado juntamente com a unidade industrial perante o Instituto Ambiental do Paraná – IAP. A classificação do corpo receptor e os parâmetros máximos para lançamentos de efluentes são determinadas por duas resoluções, sendo elas:

- a. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005;

- b. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.

Segundo a resolução do CONAMA, nº 357 (2005), o rio que recebe o efluente da unidade industrial de Francisco Beltrão está classificado como pertencente à Classe 2, onde as águas podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer e a aquicultura e atividade de pesca.

Os parâmetros de lançamento de efluentes são determinados pela resolução CONAMA 430/2011, a qual define:

I - Capacidade de suporte do corpo receptor: valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento;

II - Concentração de Efeito Não Observado-CENO: maior concentração do efluente que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução dos organismos, em um determinado tempo de exposição, nas condições de ensaio;

III - Concentração do Efluente no Corpo Receptor-CECR, expressa em porcentagem:

a) para corpos receptores confinados por calhas (rio, córregos, etc):

1. $CECR = [(vazão\ do\ efluente) / (vazão\ do\ efluente + vazão\ de\ referência\ do\ corpo\ receptor)] \times 100.$

b) para áreas marinhas, estuarinas e lagos a CECR é estabelecida com base em estudo da dispersão física do efluente no corpo hídrico receptor, sendo a CECR limitada pela zona de mistura definida pelo órgão ambiental;

IV - Concentração Letal Mediana-CL50 ou Concentração Efetiva Mediana-CE50: é a concentração do efluente que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50% dos organismos, em determinado período de exposição, nas condições de ensaio;

V - Efluente: é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos;

VI - Emissário submarino: tubulação provida de sistemas difusores destinados ao lançamento de efluentes no mar, na faixa compreendida entre a linha de base e o limite do mar territorial brasileiro;

VII - Esgotos sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, água de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos;

VIII - Fator de Toxicidade (FT): número adimensional que expressa a menor diluição do efluente que não causa efeito deletério agudo aos organismos, num determinado período de exposição, nas condições de ensaio;

IX - Lançamento direto: quando ocorre a condução direta do efluente ao corpo receptor;

X - Lançamento indireto: quando ocorre a condução do efluente, submetido ou não a tratamento, por meio de rede coletora que recebe outras contribuições antes de atingir o corpo receptor;

XI - Nível trófico: posição de um organismo na cadeia trófica;

XII - Parâmetro de qualidade do efluente: substâncias ou outros indicadores representativos dos contaminantes toxicologicamente e ambientalmente relevantes do efluente;

XIII - Testes de eco toxicidade: métodos utilizados para detectar e avaliar a capacidade de um agente tóxico provocar efeito nocivo, utilizando bioindicadores dos grandes grupos de uma cadeia ecológica;

XIV - Zona de mistura: região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente, e delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro.

A Resolução ainda estabelece os seguintes parâmetros para lançamento de efluentes:

- a. pH entre 5 a 9;
- b. Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c. Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d. Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e. Óleos e graxas: óleos minerais: até 20 mg/L; e óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f. Ausência de materiais flutuantes;
- g. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área em Estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma ETE – Estação de Tratamento de Esgotos de um Abatedouro de Aves localizado na Av. Atílio Fontana, km 04 no município de Francisco Beltrão – PR, onde as coordenadas são: S: 26°02.191' e W: 053°03.717'.

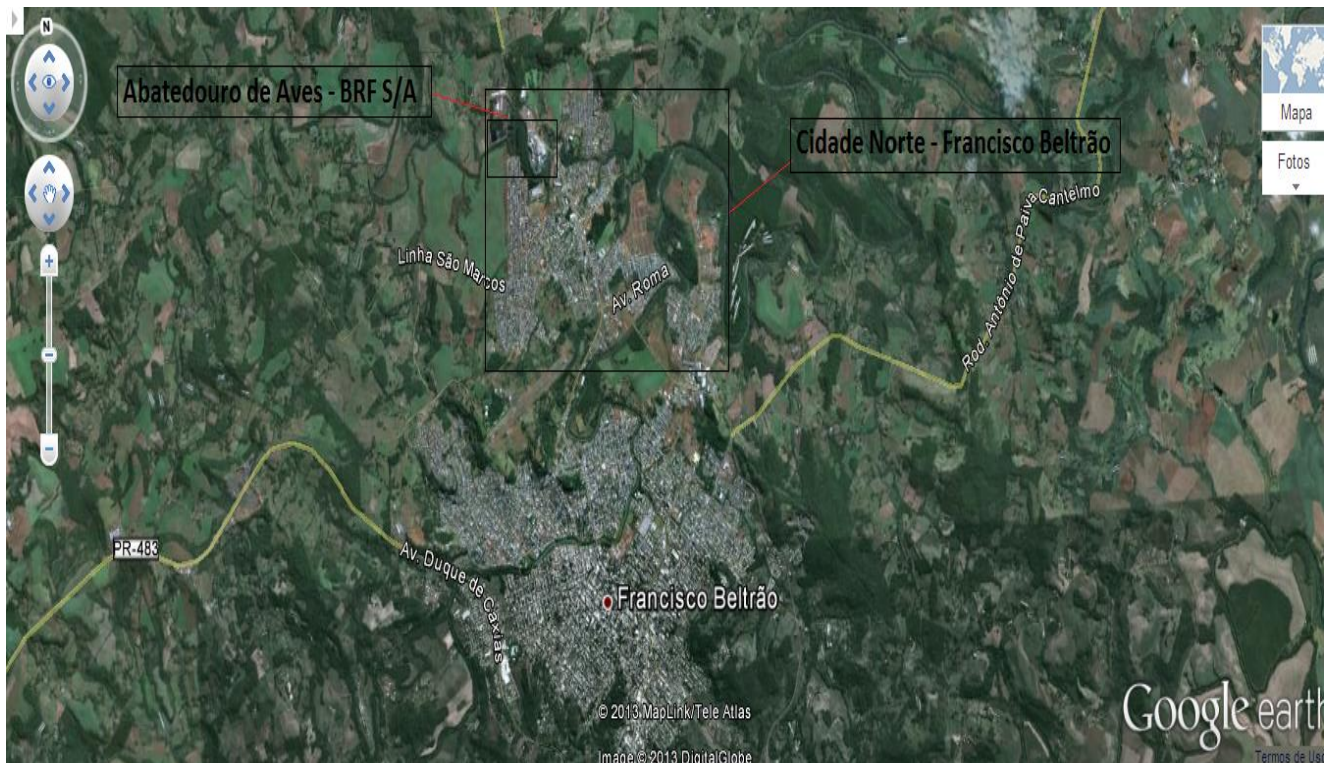


FIGURA 10 – Vista aérea da cidade de Francisco Beltrão

Fonte: Google Earth, 2013.



FIGURA 11 – Abatedouro de aves BRF S/A

Fonte: Google Earth, 2013.

3.2 Determinação dos Parâmetros Avaliados

Para a execução do trabalho, serão avaliados dois parâmetros de controle do sistema de tratamento de efluentes, sendo eles: DQO – Demanda química de oxigênio e DBO – Demanda bioquímica de oxigênio.

3.3 Monitoramento

Para monitorar o sistema de tratamento de efluentes, são coletadas amostras semanalmente, mandadas na primeira semana do mês para um laboratório externo, e nas outras três semanas as amostras são enviadas para um laboratório interno, instalado em outra unidade

do Grupo BRF S/A. É analisado um total de onze parâmetros, mas neste trabalho iremos avaliar apenas dois, que são os principais no quesito de avaliação de carga e eficiência do sistema, que são a DBO e a DQO.

Para a determinação da DBO, é utilizado o método respirométrico, baseado no protocolo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMWW), 22ª ed. APHA, AWWA, WEF, 2012. Method 5210 B, em um teste que dura 5 dias, e para a determinação de DQO, o efluente é diluído em um reator e avaliado por espectrofotometria, segundo o protocolo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) 21ª Ed., 2005 – Method 5220 D.

3.4 Propostas para Aumento da Eficiência

Avaliando o sistema de tratamento de efluentes, foram identificadas algumas oportunidades para aumentar sua eficiência, objetivando sempre a redução dos impactos ambientais da atividade, sendo elas: eliminar a recirculação de lodo dos flotores; homogeneizar o efluente no tanque de equalização; substituir as válvulas purgadoras dos flotores; retirar do sistema as lagoas nº 1,3 e 4.

3.4.1 Eliminar a Recirculação de Lodo dos Flotores

Como mencionado no capítulo 3.2, o funcionamento do sistema de flotação por ar dissolvido baseia-se especialmente na separação de fases do efluente, ou seja, a separação da parte sólida da líquida. No sistema estudado, a parte líquida segue para o processo microbiológico que é composto pelas lagoas de estabilização, e a parte sólida, é transferida para outra unidade, onde é processada, pois possui alto valor comercial, devido à possibilidade de se extrair dela, óleo animal e farinha de carne. O transporte do lodo flotado é feito por dois caminhões tanques, pois a unidade que recebe este material está localizada cerca de 40

quilômetros de distância da unidade em estudo, em Dois Vizinhos – PR (chamada de Unidade 2) e além de receber o lodo da indústria de Francisco Beltrão (chamada Unidade 1), processa seu próprio lodo, pois também é uma unidade industrial de abate de aves. A Unidade 2 tem capacidade de processar o lodo flotado das duas unidades (1 e 2), mas devido a problemas financeiros, estava com uma das centrífugas (equipamento utilizado para extração do óleo) parada, com isso, ocorria um acúmulo de material aguardando para ser processado, ocasionando um atraso no descarregamento dos caminhões e conseqüentemente um acúmulo de lodo na Unidade 1. O processo de abate de aves é contínuo, durante três turnos, existem paradas apenas para refeições, higienizações, o tempo deve ser aproveitado ao máximo, pois é prejuízo deixar equipamentos de alto valor agregado parados, isto se aplica a todos os processos que cercam o abate das aves, inclusive o tratamento de efluentes, como ocorria atrasos no transporte do material flotado, o mesmo se acumulava nos reservatórios do sistema, mas quando estes chegavam à sua capacidade máxima, o lodo era lançado novamente no sistema, antes dos flotores, para evitar paradas no processo industrial, isto aumentava cerca de 6 vezes a carga de entrada da ETE, ocasionando baixa remoção dos sólidos nos flotores, conseqüentemente reduzindo drasticamente a eficiência do mesmo e do resto do sistema (lagoas de estabilização).

Com o auxílio da coordenação regional da BRF, uma visita foi feita a unidade de Dois Vizinhos, com o objetivo de explanar o problema que vinha acontecendo e tentar resolvê-lo. A visita foi muito produtiva, pois as unidades entraram em consenso da necessidade de processar todo o lodo flotado da Unidade 1, e evitar possíveis atrasos. A Unidade 2 voltou a trabalhar com capacidade máxima, processando todo o material que recebia, evitando assim a recirculação do lodo flotado na Unidade 1.

3.4.2 Homogeneizar o Efluente no Tanque de Equalização

O tanque de equalização da ETE tem o principal objetivo de equilibrar a carga, pois a mesma varia de acordo com o tempo, e na entrada do flotor há a necessidade de um efluente com o pH equilibrado, para facilitar a dosagem dos produtos químicos. O tempo de retenção do efluente no tanque é de mais ou menos uma hora, o mesmo fica parado, o que faz com que boa

parte dos sólidos flodem ou decantem, o que não é bom para o sistema. Para que a função do tanque seja efetuada de forma mais eficiente, sugere-se a adequação das redes de entrada do efluente de tal forma que proporcione turbulência no efluente, ou seja, posicionar as redes em 90°, para que faça com que o mesmo se movimente de forma circular, acompanhando as bordas do tanque, isto fará com que não haja depósitos no fundo nem sólidos na superfície.

3.4.3 Substituir as Válvulas Purgadoras dos Flotadores

Os flotadores por ar dissolvido, para produzirem as microbolhas necessárias, utilizam um sistema de sucção de ar, o qual é enviado para o tanque de formação de bolhas e bombeado para o flotador, a mistura ar/água no tanque é controlada por uma válvula purgadora, a qual possui um sistema abre/fecha, conforme necessidade de ar ou de efluente. O mau funcionamento destas válvulas implica na eficiência do sistema.

Na indústria em estudo, os flotadores foram instalados em 2005, e desde então, as válvulas purgadoras nunca receberam manutenção e nem foram trocadas, então se sugere a troca das mesmas.

3.4.4 Retirar do Sistema Microbiológico as Lagoas 1,3 e 4

Como visto anteriormente, o sistema de tratamentos de efluentes estudado é composto por 8 lagoas de estabilização, sendo quatro lagoas facultativas, uma lagoa anaeróbia, uma lagoa aeróbia ou aerada e duas lagoas de polimento. Ao avaliar a eficiência de cada lagoa na remoção de DBO e DQO, foi observado que as lagoas 1, 2, 3 e 4 possuem uma eficiência muito baixa na remoção dos parâmetros anteriormente citados, ao contrário das lagoas seguintes, que possuem uma boa eficiência, como observado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Monitoramento da eficiência das lagoas de estabilização

Local	Parâmetro avaliado	Resultado (mg/L)
Entrada Lagoa 1 - Facultativa	DBO	190,00
	DQO	372,00
Saída Lagoa 1 - Facultativa	DBO	188,00
	DQO	367,00
Saída Lagoa 2 - Facultativa	DBO	178,5
	DQO	360,00
Saída Lagoa 3 - Facultativa	DBO	153,9
	DQO	328,00
Saída Lagoa 4 - Facultativa	DBO	167,9
	DQO	305,00
Saída Lagoa 5 – Anaeróbia	DBO	85,20
	DQO	256,00
Saída Lagoa 6 – Aeróbia	DBO	43,00
	DQO	81,00
Saída Lagoa 7 – Polimento	DBO	35,5
	DQO	85,00
Saída Lagoa 8 – Polimento	DBO	32,1
	DQO	77,00

Os dados apresentados na tabela confirmam a eficiência de remoção das lagoas 1, 2, 3 e 4 é baixa, se comparada as lagoas 5 e 6. As lagoas 7 e 8 também não possuem uma eficiência considerável, mas suas funções estão atreladas a remoção de outros parâmetros, principalmente sólidos suspensos e sedimentáveis.

Observa-se então que há a oportunidade de retirar do sistema as lagoas 1, 2, 3 e 4, pois além de não terem muita eficiência na remoção de DBO e DQO, geram mau cheiro ao sistema, devido aos gases oriundos dos tanques.

Na imagem a seguir, tem-se a configuração atual das lagoas da estação de tratamento em estudo:



FIGURA 12 – Configuração atual da ETE

Fonte: Google Earth, 2013.

A figura seguinte mostra a tubulação existente no local:

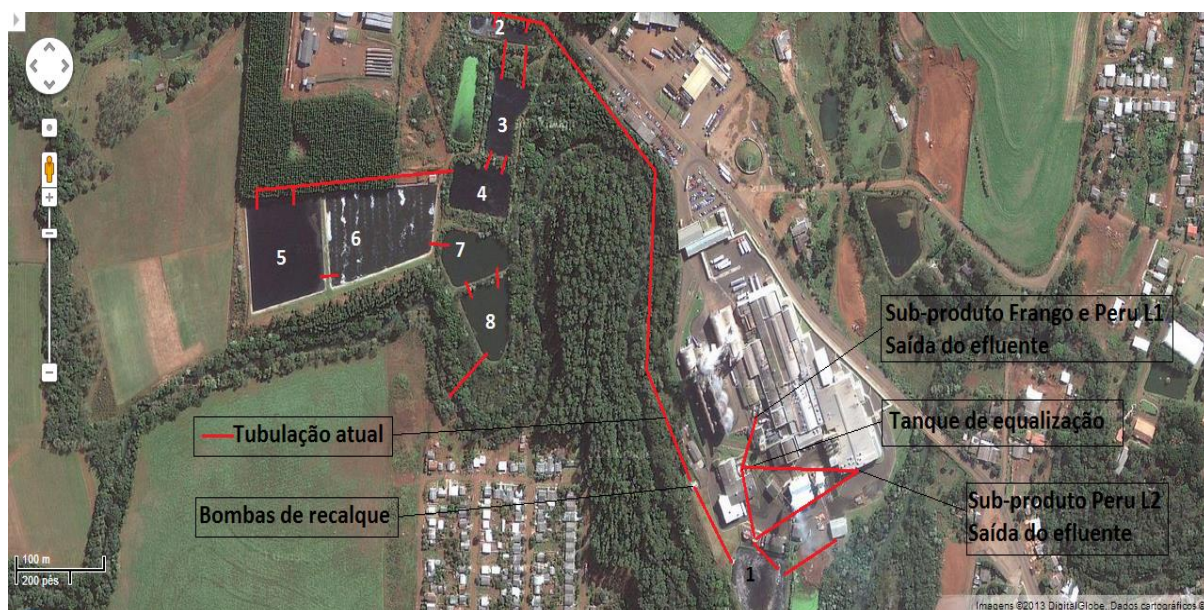


FIGURA 13 – Tubulação atual da ETE

Fonte: Google Earth, 2013

Devido a existência de uma tubulação reserva que liga a lagoa 2 à lagoa 5, e que será utilizada na nova configuração do sistema, esta não será desativada, apenas as lagoas 1, 3 e 4 serão. A figura a seguir mostra como será a nova configuração do sistema:

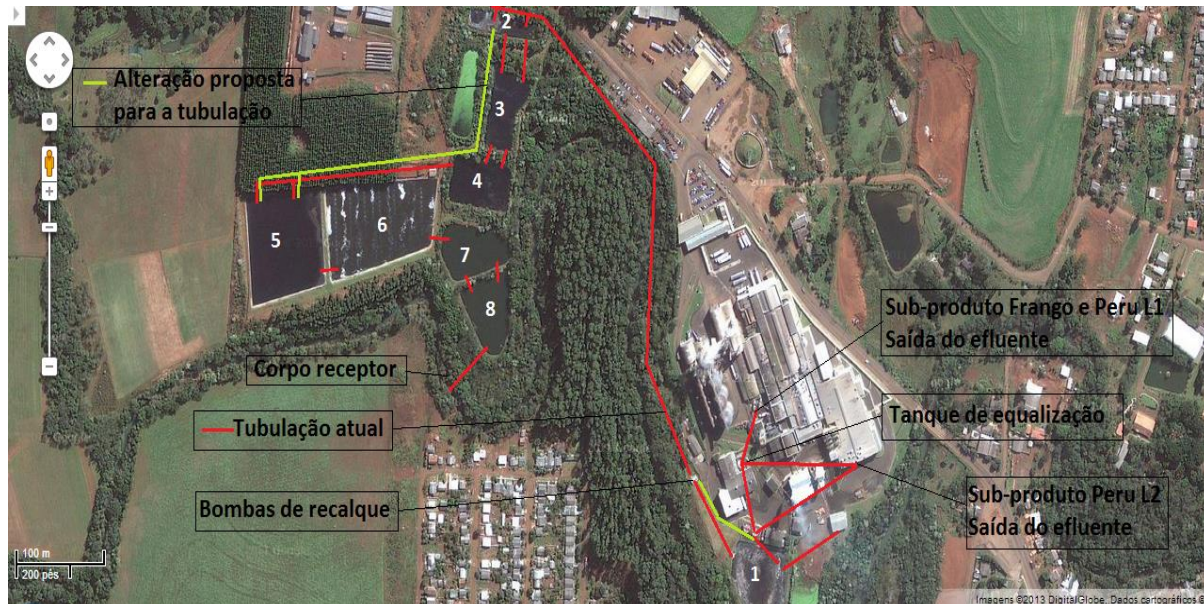


FIGURA 14 – Tubulação proposta

Fonte: Google Earth, 2013.

A lagoa 1 apenas não receberá mais o efluente que sai dos flotores, este que será bombeado diretamente para a lagoa 2, mas continuará recebendo o efluente da lavagem dos caminhões e banheiros, que , por ter uma vazão baixa, ficará mais tempo em estabilização, seguindo com mais qualidade para o restante do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As alterações sugeridas no capítulo anterior são todas passíveis de serem implantadas, mas devido ao frigorífico estudado pertencer a uma empresa multinacional de grande porte, os procedimentos para solicitação de verba para as alterações e equipamentos necessários são bem complexos, pois são custos que não estavam previstas no orçamento anual.

Desta forma, as alterações serão implantadas ao decorrer do ano, dentro das possibilidades.

Devido algumas das alterações não envolver grandes custos, como é o caso da ação de não recircular mais o lodo dos flotadores, e ou terem alguma parte já instalada, como é o caso da eliminação das lagoas 1,2,3 e 4, onde existe uma tubulação que permite eliminar as lagoas 1,3 e 4, estas já vem sendo testadas.

Desde fevereiro, os operadores estão proibidos de recircular o lodo, exceto os dias em que se tem imprevistos, como quebra de equipamento ou problema no transporte. Os benefícios desta prática são visíveis nas tabelas a seguir:

Tabela 2 – Resultados DQO

Mês	Parâmetro	Resultado Médio mensal (mg/L)
Maio 2012	DQO	130,00
Junho 2012	DQO	96,5
Julho 2012	DQO	146,00
Agosto 2012	DQO	121,5
Setembro 2012	DQO	128

Outubro 2012	DQO	99
Novembro 2012	DQO	107,5
Dezembro 2012	DQO	113,25
Janeiro 2013	DQO	167,75
Fevereiro 2013	DQO	126,25
Março 2013	DQO	89,5
Abril 2013	DQO	100,5
Mai 2013	DQO	84,5

Tabela 3 – Resultados DBO

Mês	Parâmetro	Resultado Médio mensal (mg/L)
Maio 2012	DBO	34,00
Junho 2012	DBO	29,65
Julho 2012	DBO	32,00
Agosto 2012	DBO	27,15
Setembro 2012	DBO	55,00
Outubro 2012	DBO	35,8
Novembro 2012	DBO	33,4
Dezembro 2012	DBO	43
Janeiro 2013	DBO	51,25
Fevereiro 2013	DBO	36,00
Março 2013	DBO	32,00
Abril 2013	DBO	43,2
Mai 2013	DBO	31,00

Os dados apresentados nas tabelas 2 e 3 ratificam que houve uma redução nos valores de DBO e DQO a partir de fevereiro, devido ao novo procedimento implantado neste mesmo mês. Mesmo com a redução em 2013, no ano de 2012 tivemos valores menores de carga, isso

aconteceu porque o consumo de água dentro frigorífico era maior, conseqüentemente a geração de efluentes também, então a concentração era menor. Este ano houve uma redução significativa de consumo de água e geração de efluentes, cerca de 1000 m³ a menos por dia, mas a carga de poluição continuou a mesma, conseqüentemente o sistema está sendo mais carregado.

Outra alteração que vem sendo executada dentro do possível é a eliminação das lagoas 1,3 e 4. A tubulação reserva está sendo testada, assim que aprovada sua utilização, as outras tubulações serão desativadas. Não se tem resultados sobre essa alteração devida estar em teste ainda.

5. CONCLUSÕES

Após a análise de resultados, em conformidade com os objetivos propostos, a realização deste estudo possibilitou concluir que os efluentes foram caracterizados, levando em conta suas principais fontes geradoras durante o processo e sua composição, obtendo então os componentes responsáveis pela geração de carga que resulta na alta DBO e DQO do efluente.

O sistema utilizado como base para o estudo é complexo devido à grandiosidade do mesmo, mas sua operação é simples, pois as lagoas são bem estáveis e necessitam apenas de monitoramento visual, o único local que necessita mão de obra especializada é o sistema de flotação por ar dissolvido, onde a correta operação contribui muito para a efetividade de toda a ETE, pois a capacidade de remoção de carga nesta etapa do processo é enorme e deve ser aproveitada com máxima eficiência para que o sistema microbiológico não sofra sobrecargas.

Buscando aumentar a efetividade da ETE e minimizar os impactos ambientais decorrentes da atividade de abate de aves, algumas alterações foram sugeridas ao sistema de tratamento de efluentes, estas avaliadas dentro da possibilidade de instalação e necessidade de investimento.

Durante a execução do trabalho, das quatro alterações propostas, apenas uma foi concluída, que é a de eliminar a recirculação de lodo dos flotores. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois além de aumentar a eficiência do sistema, não houve a necessidade de investimento, apenas mudança de comportamentos e atitudes. As outras alterações serão instaladas conforme possibilidades.

Diante destes fatos, conclui-se que os objetivos do estudo foram alcançados com êxito, mesmo as propostas não estando concluídas, os resultados dos parâmetros de monitoramento da ETE melhoraram, mitigando mais ainda os impactos da atividade, melhorando a qualidade de vida dos funcionários e da população beltronense.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.W. **Físico-química**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 6º ed., 1999.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2º ed., 2002.

BRF. **BRF, uma das maiores empresas de alimentos no mundo**. Disponível em: <<http://www.brf-br.com/paginas.cfm?area=0&sub=27>> Acesso em: 30/05/2013.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama >. Acesso em: 14/03/2013.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 20011**. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama >. Acessado em: 14/03/2013.

CRERNICHARO, C. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2º ed., 1997.

DINISCOR. **Produção brasileira de carnes**. Disponível em: <<http://www.diniscor.com.br/agribusiness/pt/culturas/producao-brasileira-de-carnes>> Acesso em: 19/02/2013.

DRHIMA, Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Lagoa facultativa e maturação**. Centro Experimental de Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/site/pt-br/lagoa-facultativa>> Acesso: 05/05/2013.

EPA. **Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category (40 CFR 432)**. Washington,,: Office of Water Mail Code 4303 T, Jan., 2002.

FERNANDES, A. LOPES, C. **Tratamento de efluentes em indústrias frigoríficas por processos de anaerobiose, utilizando reatores compartimentados em forma de lagoas**. Morrinhos: Monografia de Pós Graduação em Gestão Ambiental, Unidade Universitária de Morrinhos, Universidade Estadual de Goiás, 2008.

GOOGLE EARTH. **Francisco Beltrão, Paraná**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 15/05/2013.

IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Max Lothar Hess, 26º ed., 1996.

JUNIOR, M. J. e VARANDA, L. C. O mundo dos colóides. São Paulo: **Revista Química Nova na Escola**, Química e Sociedade, nº.9, Maio/1999.

LÉON, S.G. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 1º ed.; 1999.

NATURALTEC. **Flotação e flotadores**. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/tratamento-agua-flotador.html>> Acesso em: 05/05/2013.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário – coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Editora Blucher, 1º ed., 2003.

PACHECO, J. A. S. e WOLFF, D. B. **Tratamento dos efluentes de um frigorífico por sistema australiano de lagoas de estabilização**. Santa Maria: Ciências Naturais e Tecnológicas, vol.5, n.1, p.67-85, 2004.

ROCHA, J. C. **Introdução a Química Ambiental**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2º ed., 2009.

ROZEMBERG, I. M. **Química Geral**. São Paulo: Editora Blucher, 1º ed., 2002.

SAMA, Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente. **OC cumpre metas ambientais no município Verde-Azul**. Publicado em: 09/09/2010. Disponível em: <<http://www.osvaldocruz.sp.gov.br/noticias/meio-ambiente/oc-cumpre-novas-metas-ambientais-do-municipio-verdeazul>> Acesso em: 10/05/2013.

SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. Florianópolis : UFSC, Tese de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias - Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1º ed., 1996.

SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias – Princípios básicos do tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1º ed., 1996.

SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1º ed., 1996.

TEIXEIRA, R. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento**. Florianópolis : Tese de Doutorado em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.