

## II-409 - OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA PROCESSADORA DE CARNE BOVINA NA COLÔMBIA

**Astrid C. Bustos Valencia<sup>(1)</sup>**

Administradora Ambiental e dos Recursos Naturais pela Universidad Santo Tomas de Colômbia. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais EHR/UFGM.

**Rafles Anselmo da Mata**

Engenheiro Ambiental. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa- UFV.

**Glaucia Maria Muniz de Oliveira**

Engenheira Ambiental. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais- UFGM. Professora no Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental do CEFET-MG.

**João Augusto de Souza Pinto**

Cientista Ambiental. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais- UFGM.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Estanislau Fernandes, 171 – Ouro Preto - Belo Horizonte - MG - CEP: 31340-130 - Brasil - Tel: (31) 9330-8246 - e-mail: [astridcarolina16@yahoo.com](mailto:astridcarolina16@yahoo.com)

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo de avaliar do processo de otimização do sistema de tratamento de águas residuais em uma processadora de carnes, que utiliza para o tratamento dos efluentes agroindustriais, um sistema biológico, composto por lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação. Após longo tempo de funcionamento, e sob a perspectiva de um novo projeto de Lei, que restringe os padrões de lançamento de efluentes, uma indústria processadora de carnes bovinas, na Colômbia, realizou medidas de otimização da planta existente para se alcançar melhores resultados na eficiência de remoção da carga orgânica do efluente. Ao início foi realizado um diagnóstico, que evidenciou os principais focos de atuação, nesta etapa avaliou-se tanto o sistema físico como também os procedimentos operacionais. Em seguida foi discutida e decidida as intervenções necessárias. Dentre vários aspectos, foi observado o assoreamento da lagoa anaeróbia, devido à falta de manutenção durante longo tempo de operação. Foi verificado também elevados valores de DQO (813 mg/L) e DBO (646 mg/L) no efluente final, o que certamente fica em desacordo com a nova projeção do limite de lançamento, de acordo com novo projeto de Lei (Dec. 3930-2010). A proposta de otimização englobou o desassoreamento da lagoa anaeróbia, reestabelecendo o tempo de detenção hidráulica conforme fora projetada, inserção de aeradores na lagoa facultativa, melhoramento no sistema de bombeamento e distribuição de vazão. Após operações de otimização verificou-se que houve um significativo aumento da eficiência de remoção da carga orgânica, e o efluente final passou a apresentar melhor qualidade, estando por sua vez, abaixo dos limites preestabelecidos pelo projeto de Lei Decreto 3930 de 2010. Contudo, conclui-se que os sistemas de tratamento de efluentes ainda que de baixa complexidade necessitam e devem ser monitorados e operados segundo um planejamento para a sua melhor eficiência e confiabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento Biológico, Sistema de Lagoas, Otimização de processos.

### INTRODUÇÃO

A água é um elemento de vital importância para o desenvolvimento humano, na indústria ela pode ser utilizada no processo de manufatura como matéria prima e/ou em usos complementares do processo de produção que após uso é contaminada e rejeitada (Dec. 3930 de 2010). No caso específico das empresas de processamento de carne bovina, são classificadas no setor de agroindústria e utilizam a água principalmente para a limpeza durante e após processo produtivo (abatimento de gado), razão pela qual o tipo de contaminantes que podemos encontrar misturado com a água residual de este tipo de indústrias corresponde em uma alta porcentagem de matéria orgânica.

Na Colômbia compete ao governo central garantir a qualidade da água para o consumo humano e todas as outras atividades em geral, sendo o Governo central o encarregado de manter o controle dos efluentes, susceptíveis a causar contaminação e riscos nos ciclos biológicos, desenvolvimento de espécies e na capacidade de depuração dos corpos de água (Dec. 3930 de 2010).

Até o ano 2010 os efluentes da agroindústria estavam enquadrados no decreto 1594 do ano 1984, onde se estabelecia que a indústria geradora devesse tratá-los e só poderiam - se introduzir no meio com uma remoção do contaminante igual ou superior ao 80%, para os parâmetros de DBOS, SST e óleos e graxas; sem embargo, devido altos valores de matéria orgânica no efluente a legislação não mencionava nenhum valor limite para o parâmetro de DQO. Posteriormente, com a publicação da Política nacional de recurso Hídrico no 2010 se evidencia a necessidade de estabelecer um procedimento para a estabelecer normativas para os lançamentos a nível nacional, fato ratificado no decreto emitido pelo Ministério de Ambiente, Vivenda e Desenvolvimento Territorial da Colômbia onde se menciona o inicio do projeto para a fixação dos novos valores limites e pontuais para o lançamento de efluentes, dentre os quais as industriais deveriam começar a trabalhara para aproximar-se a meta de cumprimento.

De acordo com os valores estabelecidos no projeto de Lei Dec. 3930/10 para a fixação dos novos valores limites e pontuais para o lançamento de efluentes, se evidencia que a empresa, objeto de estudo, apresenta valores por acima dos limites estabelecidos para os parâmetros de DBO e DQO, sendo estes correspondentes a 646 mg/L e 813 mg/L, ocasionado devido a fatores como deficiência nos processo de manutenção do sistema de tratamento de águas e aumento da produção afetando o normal funcionamento do sistema.

De acordo com o supracitado o presente estudo consiste na avaliação do processo de otimização do sistema de tratamento de águas residuais em uma processadora de carnes, localizada na Colômbia, devido aos valores de saída apresentar-se em desacordo com o projeto de normatização de lançamento de efluentes, descrito pelo projeto de Lei 3930/10.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

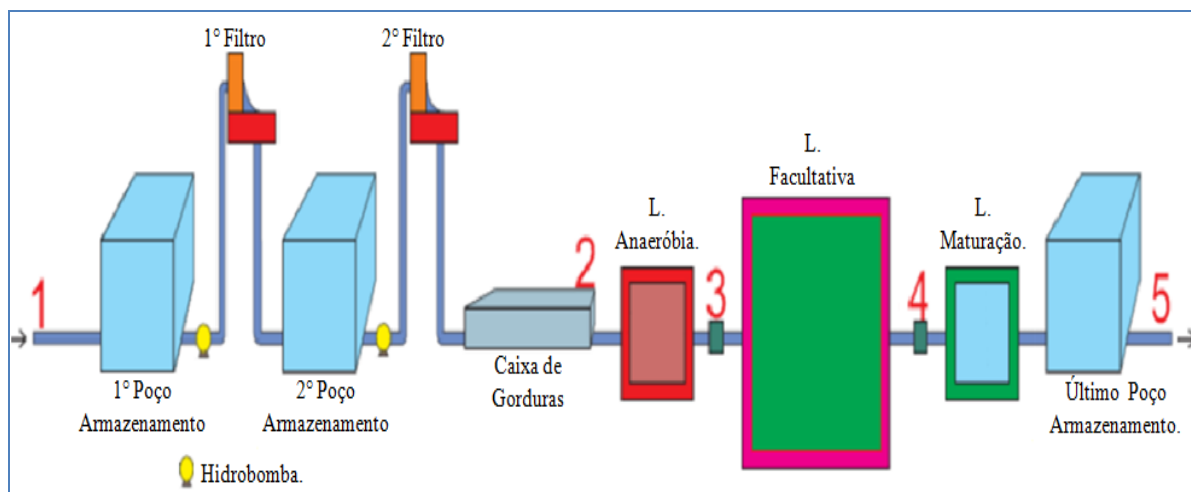
O presente trabalho foi desenvolvido por um estudo de caso realizado na empresa processadora de carnes bovinas para consumo humano, localizada na região de Montería, departamento de Córdoba, região onde a principal atividade econômica é a pecuária. A empresa se encontra no limite da zona rural do município, em uma área de expansão industrial. Suas instalações ocupam um espaço de 11 ha, contemplando instalações, currais, abatedouro, subprodutos e estação de tratamento de águas residuárias. A empresa, fundada em 1978, com objetivo de atender a população local, hoje atuam na atividade de abate e frigorífico, atende tanto no mercado nacional e internacional, com uma produção diária aproxima a 500 sacrifícios.

A empresa possui um sistema de tratamento de seus efluentes líquidos que engloba o tratamento primário (processo físico de separação sólidos e de óleos e graxas e sólidos) e secundário (processo biológico por Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação).

### Procedimentos

A fim de proceder o diagnóstico de funcionamento do sistema de tratamento de água residuária, foram realizadas análises de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis e detergentes. Os procedimentos de metodologia e análise seguiram procedimentos conforme *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (APHA, 2005).

Os pontos definidos para amostragem foram dispostos conforme apresentado no diagrama de blocos do sistema de tratamento da empresa, com o objetivo de realizar a caracterização no percurso da água em cada etapa do sistema.



**Figura 1-** Diagrama da estação de tratamento de águas residuárias: pontos de amostragem.

O ponto 1 situa-se na entrada do sistema de tratamento, sendo este um poço de armazenamento para o posterior bombeio de efluente a seguinte etapa. Neste ponto, convergem todas as águas do processo produtivo sem tratamento contendo as características de qualidade do efluente bruto adotado como dado de entrada para o cálculo da eficiência geral da estação.

O ponto 2 está localizado na saída do sistema de separação de óleos e graxas, onde o efluente previamente foi filtrado por dois tamises Johnson, utilizados como tratamento físico preliminar para a separação de sólidos (conteúdo ruminar, dejetos, etc.) da água. Os tamises possuem um espaçamento dos orifícios da malha correspondentes a 1mm e 0,5mm respectivamente.

O ponto 3 localiza-se na saída da lagoa anaeróbia. O objetivo desta medição é verificar a qualidade do efluente após tratamento biológico na lagoa. O ponto 4 localiza-se na estrutura de saída do efluente da lagoa facultativa.

O ponto 5 situa-se na estrutura de saída do efluente da lagoa de maturação, sendo o ponto do final do sistema de tratamento, utilizado para efetuar o calculo de remoção entrada (ponto 5) X saída do sistema (ponto 1).

Juntamente com a campanha de amostragem, foi realizado o diagnostico visual do estado físico do sistema e o estudo batimétrico das lagoas no intuito de avaliar a deposição de sólidos e a necessidade de remoção de lodos para reestabelecimento do volume útil do sistema lagunar.

Na sequência, foi realizado um estudo do plano de ação para otimização do sistema de tratamento, conforme as condições apresentadas para o diagnóstico. Neste plano, foi contemplado obras de otimização do sistema, plano de controle operacional e controle ambiental.

Os valores dos parâmetros analisados em laboratórios foram submetidos a teste de estatística descritiva sobre análise de média e variância simples.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Diagnóstico

Os resultados dos parâmetros avaliados durante a fase diagnóstico são apresentados a seguir na tabela 1, com os quais se pode presumir as condições de operação do sistema, além do diagnóstico visual e batimétrico realizando em campo.

Tabela 1 - Parâmetros avaliados para situação de diagnóstico.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Dec. 1594 / 1984 *		Dec. 3930 / 2010 mg/L- Projeto valores lim. Máximos**	
						% Remoção Carga (kg/d)			
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2690	1702	1182	726	646	96,89%	Cumprir ≥ 80%	≤ 300	Não Cumprir
DQO (mg/L)	4201	2575	1491	813	813	NA	NA	≤ 800	Não Cumprir
SST (mg/L)	2540	1580	310	270	233	98,81%	Cumprir ≥ 80%	≤ 400	Cumprir
Óleos e Graxas (mg/L)	616	123	20,10	14	21,4	99,55%	Cumprir ≥ 80%	≤ 100	Cumprir
SAAM (mg/L)	3,40	1,80	3,04	3,72	2,61	≤ 8	Cumprir ≤ 8 mg/L	≤ 8	Cumprir

\* Entrada X saída.

\*\* Verificado com o valor da saída do sistema (ponto 5), os valores correspondem à versão preliminar do projeto de normatização.

O limite máximo permitido que se pretende atingir corresponde à versão preliminar do projeto de valores máximos permitidos para lançamento à rede pública de esgoto tratado no Decreto 3939 de 2010, o qual é apresentado na tabela para verificação do cumprimento de acordo com a situação diagnosticada para o sistema de tratamento de águas residuárias do frigorífico.

Percebe-se que, em relação aos parâmetros abordados, os resultados de DBO e DQO, na etapa final do tratamento, apresenta ainda inconformidade quanto ao projeto dos padrões permissíveis de lançamento. A verificação em campo, por meio de observações visuais e o estudo batimétrico, permite evidenciar uma situação que pode explicar tal ocorrência na perda de eficiência de remoção da carga orgânica.

No diagnóstico visual, verificou-se deficiências na rotina de limpeza manual no percurso do sistema de tratamento, isto em estruturas como grades localizadas na entrada das estações de bombeamento que funcionam para evitar o ingresso de materiais que afetem o equipamento de impulsão de água.

Foi verificado também deficiências na remoção manual de natas na estrutura de retenção de óleo e graxas e no espelho de águas das lagoas, também e no controle da erosão dos taludes das lagoas, assim como ausência do monitoramento das vazões de entrada e saída do sistema, e aparente assoreamento por lodos na lagoa anaeróbia.

Referente ao estudo e batimétrico realizando em campo, foi possível concluir que na primeira lagoa (anaeróbia) os lodos depositados no centro da lagoa chegavam a uma altura de 1.30 m e na área contígua os vertedouros de entrada e saída de 1.80m, baseado nestes dados verifico-se que a deposição de sólidos na lagoa anaeróbia, provocou o assoreamento e redução drástica do seu volume útil, o que culmina automaticamente na redução do tempo de retenção hidráulica outrora programado para atingir a eficiência requerida.

Nesse sentido, o assoreamento da lagoa anaeróbia pode ter influenciado também no transbordamento de carga de sólidos, de uma lagoa a outra, o que explica os altos valores de sólidos encontrados para a lagoa facultativa e também na lagoa de maturação. No entanto, os valores apresentados se encontram dentro do limite permitido segundo a legislação vigente na Colômbia, e à versão preliminar do projeto de valores máximos permitidos para lançamento à rede pública de esgoto tratado no Decreto 3939 de 2010.

O estudo permitiu verificar que, o comprometimento do funcionamento do sistema foi provocado por falta de manutenção, pelo fato da redução de mão de obra e principalmente exclusão do setor responsável, devido a uma fase de decréscimo que a empresa foi submetida, sobretudo, à condição econômica vivenciada em um determinado período.

Outro fator observado, ainda na fase de diagnóstico, se dá em relação ao valor de óleos e graxas onde se registra uma elevação, de forma contrária ao esperado, no ponto 5 (lagoa de maturação). No entanto, na investigação de campo foi possível perceber a ocorrência de derrame de sebo proveniente da planta de subprodutos, incidindo sobre no sistema de lagoas, provocando incremento de “gorduras” nesta etapa de tratamento, o fato acontece devido a que os derrames se geram por problemas operacionais ao interior da

planta quando, o material é filtrado apresenta altas temperaturas, em função disso encontra-se em estado líquido que somado à proximidade da rede de coleta do efluente industrial à primeira estação de bombeamento que conduz o efluente à caixa de retenção de óleos e graxas, o sebo não é retido na estrutura, passando diretamente para sistema de lagoas, prejudicando a eficiência do tratamento.

De acordo com o supracitado a fase de diagnóstico permitiu avaliar o sistema, e constatar a necessidade de intervenções de otimização do sistema, do ponto de vista, construtivo, operacional e atividades de controle.

#### Intervenções de aprimoramento

Realizou-se uma dragagem de lodos na lagoa Anaeróbia, com o objeto de recuperar sua retenção hidráulica, nesta operação se removeu o excesso de lodo depositado no fundo, permanecendo a uma camada para a recuperação dos microorganismos encarregados do processamento de remoção da matéria orgânica na lagoa.

Na saída da lagoa anaeróbia (ponto 2) foi instalado um sistema de areação composto de uma cabeça giratória na parte superior do tanque onde é areado o efluente que sai da lagoa e assim é adicionado oxigênio, utilizando meio físicos como a caída por gravidade e ação rotacional, posteriormente o efluente é lançado à lagoa Facultativa.

A sua vez, na lagoa Facultativa foi realizada uma limpeza manual da lagoa e a remoção de plantas aquáticas. Também foi contratado pessoal operativo para suprir a necessidade na área e foram realizadas campanhas de capacitação aos colaboradores antigos e treinamento aos novos, com o intuito de promover a melhor operação do sistema e operações de controle. Adicionalmente iniciou-se o trabalho de capacitação do pessoal encarregado da área de processamento de sebo na planta de subprodutos e assim obter resultados satisfatórios que cumpram com a regulamentação vigente, assim como assegurar uma melhor qualidade ambiental e a minimização do potencial de impacto ao meio ambiente.

Após implementação do sistema, que incluíram aprimoramento de caixa separadora de água e óleo, limpeza e ampliação do leito de lagoas, manutenção e substituição de sistema de bombeamento, foram realizadas novas análises dos parâmetros para acompanhamento e avaliação do sistema de tratamento.

Na tabela 2 são apresentados os resultados comparativos das fases antes e pós aprimoramento para os pontos de coletas já mencionados.

Os valões antes e pós intervenções, são apresentados e podem ser comparados com a antiga determinação normativa (Decreto 1594 de 1984), e o novo projeto de Lei (Decreto 3930 de 2010) que apresenta limites mais restritivos para o lançamento de efluentes pós tratamento.

**Tabela 2** - Resultados e comparação de análise de parâmetros antes e após operações de aprimoramento do sistema.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Dec. 1594 / 1984 * % Remoção Carga (kg/d)		Dec. 3930 / 2010 mg/L- Projeto valores lim. Máximos**	
DBO5 (mg/L)	2690	1702	1182	726	646	96,89%	Cumpr ≥ 80%	Não Cumpr	≤ 300
	2063	1688	368	276	105	99,34%	Cumpr ≥ 80%	Cumpr	≤ 300
DQO (mg/L)	4201	2575	1491	813	813	NA	NA	Não Cumpr	≤ 800
	6476	3475	738	682	369	NA	NA	Cumpr	≤ 800
SST (mg/L)	2540	1580	310	270	233	98,81%	Cumpr ≥ 80%	Cumpr	≤ 400
	3245	1645	332	280	270	98,92%	Cumpr ≥ 80%	Cumpr	≤ 400
Óleos e Graxas (mg/L)	616	123	20,10	14	21,4	99,55%	Cumpr ≥ 80%	Cumpr	≤ 100
	2428	1922	801	446	148	99,21%	Cumpr ≥ 80%	Não Cumpr	≤ 100
SAAM (mg/L)	3,40	1,80	3,04	3,72	2,61	≤ 8	Cumpr ≤ 8 mg/L	Cumpr	≤ 8
	9,16	14,90	1,88	1,51	2,9	≤ 8	Cumpr ≤ 8 mg/L	Cumpr	≤ 8

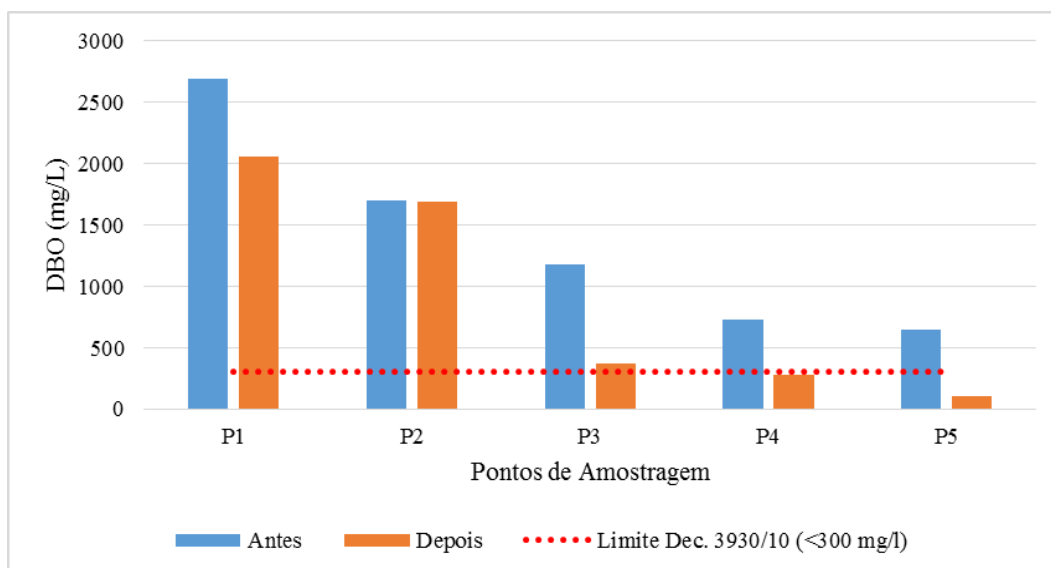
\* Entrada X saída .

\*\* Verificado com o valor da saída do sistema (ponto 5), os valores correspondem à versão preliminar do projeto da normatividade.

 Situação Diagnóstico

 Após Intervenções

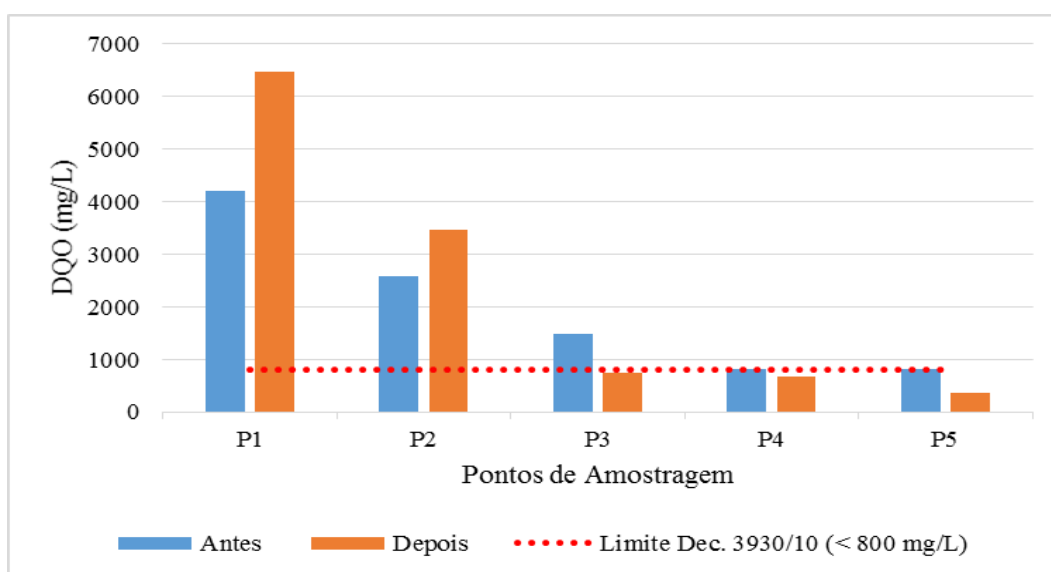
Com os resultados pós intervenções, pode-se evidenciar o aumento da eficiência de remoção da carga orgânica (DBO e DQO), que passaram a apresentar abaixo dos valores citados na versão preliminar do projeto de valores máximos, chegando a uma condição idealmente desejada, cumprindo para com o tratamento com uma eficiência de remoção de 95% tanto para DBO (Fig. 3) e também DQO (Fig.4).



**Figura 3-** Perfil da Demanda Bioquímica de Oxigênio no sistema de tratamento antes e após intervenções.

Na figura 3, pode perceber que o valor de DBO no efluente final fica bem abaixo do limite estabelecido na norma, isso indica que o sistema está operando em boas condições, o que se traduz em alta eficiência de remoção de matéria orgânica, garantindo uma melhor qualidade do efluente final, e com menor impacto ao corpo hídrico receptor, além de manter-se dentro das exigências legais.

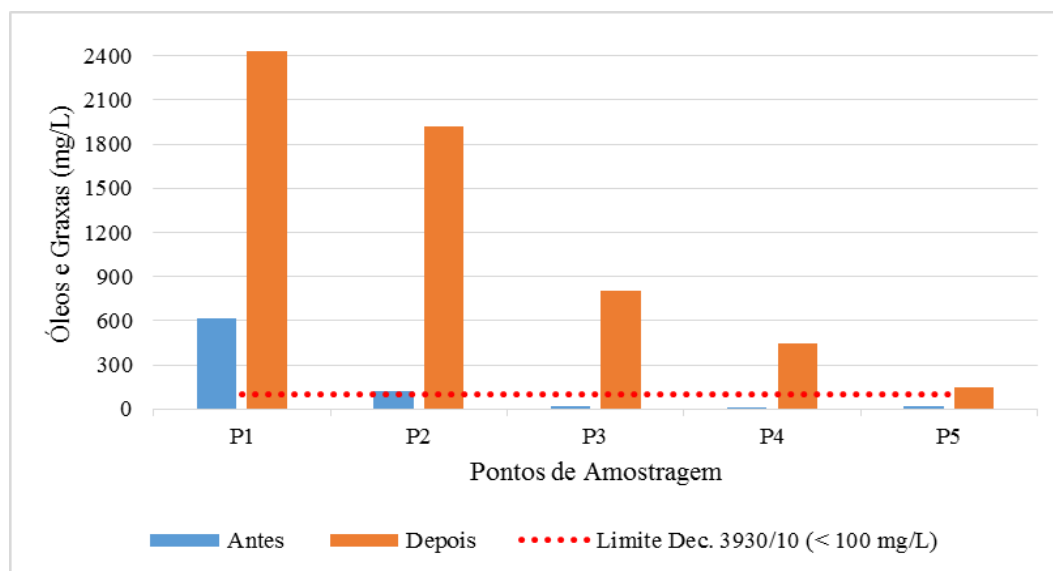
A eficiência do sistema pode ser também comprovada pelo perfil de DQO, que entra no sistema com valores acima de 6000 mg/L, e ao passar pelo tratamento é reduzida a valores próximos de 369, notavelmente abaixo do valor que estabelece o decreto 3930/10, como pode ser observado na figura 4.



**Figura 4-** Perfil da Demanda Química de Oxigênio no sistema de tratamento antes e após intervenções.



Chama-se atenção especial para os valores de remoção de óleos e graxas (Fig.5) que apesar, de atingir eficiência de remoção de 94%, ainda apresentou valor no efluente final acima do limite estabelecido na versão preliminar do projeto de valores máximos para lançamento à rede publica de esgoto permitidos no Decreto 3930/2010.



**Figura 5-** Valores de Óleos e Graxas no sistema de tratamento antes e após intervenções.

Acredita-se que o efeito do valor superior ao esperado ocorra em função das técnicas de operação e controle, com possível sobrecarga, no sistema de separação de água e óleo e por a ocorrência de eventos de derrame de sebo que incidem diretamente nas lagoas e são perceptíveis visualmente dias após ocorrido o evento para o qual a correção fica a cargo das respectivas áreas de trabalho, assim como da área de manutenção e operação do sistema conforme diretrizes elaboradas para o plano de operação e controle ambiental.

## CONCLUSÕES

O resultado obtido na fase de diagnóstico possibilitou constatar a necessidade de implementações de melhorias e aprimoramento do sistema de tratamento de águas residuárias existente. Foi verificado que os sistemas apresentavam deficiências nas instalações, principalmente na lagoa anaeróbia, que apresentava estágio avançado de assoreamento, e na lagoa facultativa, que apresentava recobrimento vegetal de superfície. O fator de maior peso para a situação encontrada foi pela falta de manutenção e operação inadequada do sistema que culminou em efeitos negativos a eficiência geral da estação. Após obras de intervenções e treinamento de colaboradores para operação e controle da estação, pode-se verificar a retomada da eficiência de remoção, principalmente da carga orgânica, que antes estava em desacordo com a legislação vigente, e passou então a apresentar resultados de uma situação idealmente desejada, com valores do parâmetro de DBO e DQO abaixo dos limites permitidos. É possível concluir que em sistemas de tratamento de águas residuais, mesmo sendo de baixa complexidade operacional, é necessário o contínuo acompanhamento e manutenção, para garantir o perfeito funcionamento, e assim poder cumprir com a função de tratar o efluente, atendendo as exigências normativas e principalmente para garantir a redução do potencial de impacto ambiental que os efluentes podem oferecer, e assegurar a manutenção da qualidade ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio e incentivo realizado pela FAPEMIG, na participação deste evento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2005.
2. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinu y San Jorge. Diagnóstico regional de producción más limpia en Córdoba. Montería: C.V.S. 2007.
3. Förstner, U., Wittmann, G.T.W. Metal Pollution in the Aquatic Environment. **Springer-Verlag**, Berlin. 486p. 1979.
4. Metcalf & Eddy. Wasterwater engineering: treatment and reuse. Metcalf & Eddy, inc., 4 ed., 1540p.2003.
5. COLÔMBIA, Presidencia De La Republica. Decreto 3930 de 2010. Bogotá D.E: 201.
6. VON Sperling, M. Princípios Biológicos do Tratamento de Águas Residuárias. Lodos ativados. Vol4. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 428p. 2002.