

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**REMOÇÃO MICROBIOLÓGICA DE NITROGÊNIO,
FÓSFORO, DQO E DBO EM UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES NUMA FÁBRICA DE
CONCENTRADOS DE BEBIDAS**

SUZANE SILVA DE OLIVEIRA

MANAUS - AM

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

SUZANE SILVA DE OLIVEIRA

REMOÇÃO MICROBIOLÓGICA DE NITROGÊNIO, FÓSFORO,
DQO E DBO EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES NUMA FÁBRICA DE CONCENTRADOS DE
BEBIDAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química, Área de concentração: Química Analítica.

Orientador: Dr. Genilson Pereira Santana

Manaus - AM

2012

SUZANE SILVA DE OLIVEIRA

REMOÇÃO MICROBIOLÓGICA DE NITROGÊNIO, FÓSFORO,
DQO E DBO EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES NUMA FÁBRICA DE CONCENTRADOS DE
BEBIDAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química, Área de concentração: Química Analítica.

Aprovada em 16 de Abril de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Genilson Pereira Santana
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Dr. Josias Coriolano Freitas
Instituto Federal de Tecnologia do Amazonas - IFAM

Dr. Eduardo Ossamu Nagao
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

*Dedico a minha mãe Maria Vidal e
ao meu noivo Francisco Brito por
todo incentivo, compreensão e apoio
na execução deste projeto.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me provido com saúde e sabedoria para realização deste trabalho.

À minha mãe Maria Vidal por todo exemplo de vida que me proporcionou e proporciona, além de ser minha maior riqueza neste mundo e fonte de sabedoria e força mesmo nos momentos mais difíceis que a vida lhe tem mostrado.

Ao co-orientador e noivo Francisco Oliveira Brito pela orientação, sugestões, estímulo, paciência e amor dispensados.

Ao Prof.Dr. Genilson Pereira Santana pela orientação, amizade e confiança demonstrada.

A todos os membros do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas.

Aos meus amigos, os quais não cito nomes pois inevitavelmente esqueceria alguém, pela força e incentivo mesmo quando não estava próxima.

Agradeço

"O sucesso é construído à noite! Durante o dia você faz o que todos fazem."

Não conheço ninguém que conseguiu realizar seu sonho, sem sacrificar feriados e domingos pelo menos uma centena de vezes.

Da mesma forma, se você quiser construir uma relação amigável com seus filhos, terá que se dedicar a isso, superar o cansaço, arrumar tempo para ficar com eles, deixar de lado o orgulho e o comodismo.

Se quiser um casamento gratificante, terá que investir tempo, energia e sentimentos nesse objetivo.

O sucesso é construído à noite! Durante o dia você faz o que todos fazem.

Mas, para obter resultado diferente da maioria, você tem que ser especial. Se fizer igual a todo mundo, obterá os mesmos resultados.

Não se compare à maioria, pois infelizmente ela não é modelo de sucesso.

Se você quiser atingir uma meta especial, terá que estudar ou treinar no horário em que os outros estão tomando chope com batatas fritas. Terá de planejar, enquanto os outros permanecem à frente da televisão. Terá de trabalhar enquanto os outros tomam sol à beira da piscina. A realização de um sonho depende de dedicação.

Há muita gente que espera que o sonho se realize por magia.

Mas toda magia é ilusão. A ilusão não tira ninguém de onde está. Ilusão é combustível de perdedores.

.....

"Quem quer fazer alguma coisa, encontra um meio. Quem não quer fazer nada, encontra uma desculpa."

(Roberto Shinyashiki)

RESUMO

É indispensável que haja o tratamento adequado dos efluentes industriais antes do seu lançamento ao corpo receptor. Para tanto, torna-se necessário saber qual tipo de tratamento se adequa a determinado tipo de efluente gerado, a fim de que se possa cumprir com a legislação ambiental vigente para evitar danos ao meio ambiente, como a poluição das águas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência dos microorganismos em reduzir a quantidade de matéria orgânica (DQO, DBO), nitrogênio e fósforo em um sistema de lodos ativados em uma indústria de concentrados de bebidas não alcoólicas durante o período de 2009 e 2010, caracterizando o efluente antes e analisando-o após o tratamento, avaliando também as principais classes de microorganismos que participaram do processo de remoção das cargas de Nitrogênio e Fósforo, DBO e DQO, e avaliar estatisticamente as variáveis do processo determinando a relação do fator carga orgânica/microorganismos. As análises físico-químicas foram realizadas segundo as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition (1998) and 21st Edition (2005). Para a análise dos dados usaram-se as técnicas estatísticas de análise de variâncias, além de gráficos de tendência e eficiência a fim de verificar a possibilidade de otimização do tratamento. Todos os dados foram tabulados e os métodos estatísticos foram aplicados usando programas do MINITAB versão 14.0. Os resultados obtidos foram analisados através de boxplots referentes aos anos de 2009 e 2010, onde observou-se maior eficiência de remoção para os parâmetros de cor, DQO, DBO e fósforo. Correlacionou-se resultado de Nitrogênio amoniacal versus Nitrogênio Total, no qual foi possível verificar maior eficiência em remoção de Nitrogênio Total. A análise exploratória dos dados relativos aos dois anos estudados mostram dendogramas caracterizados por ter a formação de grupos diferentes resultado do tipo e característica do efluente gerado pelo processo produtivo no período em específico. A eficiência média da estação para remoção de SST, DQO, DBO, cor e fósforo foi de 91%, 94%, 88%, 98% e 99% no ano de 2009 e 95%, 95%, 95%, 99% e 98% no ano de 2010, respectivamente, mesmo com parâmetros variando na entrada o sistema foi capaz de reduzi-los a valores que atendessem aos requisitos legais da Resolução CONAMA 357/2005.

Palavras-Chave: tratamento de efluentes, eficiência da estação, demanda bioquímica de oxigênio, microorganismos

ABSTRACT

It is essential that there is proper treatment of industrial wastewater before its release to the receiving body. Therefore, it is necessary to know which type of treatment to suit particular type of effluent generated, so that it can comply with the environmental regulations to prevent damage to the environment, such as water pollution. This study aimed to evaluate the efficiency of microorganisms to reduce the amount of organic matter (COD, BOD), nitrogen and phosphorus in an activated sludge system in an industry concentrates of non-alcoholic beverages during the period 2009 and 2010, featuring the effluent before and after analyzing the treatment, assessing also the major classes of microorganisms that participated in the process of removing nitrogen and phosphorus loads, BOD and COD, and statistically evaluate the process variables determining the ratio of the organic load factor / microorganisms. The physico-chemical analyzes were performed according to methods described in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition (1998) and 21st Edition (2005). For data analysis techniques were used for statistical analysis of variance, and trend graphs and efficiency in order to check the possibility of optimizing the treatment. All data were tabulated and statistical methods were applied using Minitab software version 14.0. The results were analyzed using boxplots for the years 2009 and 2010, where there was greater removal efficiency for the parameters of color, COD, BOD and phosphorus. Correlated result Nitrogen ammonia versus Total Nitrogen, in which we observed greater efficiency in removing Total Nitrogen. Exploratory analysis of data for the two years studied show dendograms characterized by formation of groups have different type and characteristic result of the effluent generated during the production process in particular. The average efficiency station for removal of solids, COD, BOD, color, and phosphorus was 91%, 94%, 88%, 98% and 99% in 2009 and 95%, 95%, 95%, 99% and 98% in 2010, respectively, even with parameters ranging entry in the system was able to reduce them to values that met the legal requirements of CONAMA Resolution 357/2005.

Keywords: wastewater treatment, efficiency of the station, biochemical oxygen demand, microorganisms

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de Autodepuração dos recursos hídricos.....	17
Figura 2 – Curva típica do crescimento bacteriano.....	24
Figura 3 – Esquema da ETE da empresa estudada.....	29
Figura 4 – Variação da concentração média de SSV durante os meses de amostragem.....	38
Figura 5 – Boxplot relativo aos anos de 2009 e 2010 da eficiência na redução dos valores das variáveis estudadas.	40
Figura 6 – Corelação linear entre a N_2-NH_3 e N_2 -total.....	41
Figura 7 – Dendrogramas referente ao dois anos estudados.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Microorganismos indicadores das condições de depuração	23
Tabela 2 – Variáveis determinadas no monitoramento da ETE e frequência de amostragem .	32
Tabela 3 – Análises físico-químicas, Metodologias e Equipamentos utilizados.....	33
Tabela 4 – Microorganismos detectados na ETE durante o período de estudo.....	36
Tabela 5 – Fator A/M obtida durante o período de estudo	37
Tabela 6 – Dados obtidos em janeiro de 2009 e 2010.....	39
Tabela 7 – Eficiência anual (%) da ETE nos dois anos de estudo.....	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A/M – Alimento/Microorganismo

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

IL – Idade do Lodo

Log – Logaritmo

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidroxiliônico

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

MO – Matéria Orgânica

CO₂ – Gás Carbônico

CH₄ – Metano

N – Nitrogênio

NH₃ – Amônia

NH⁴⁺ - Cátion amônio

Al – Alumínio

Ca – Cálcio

Fe – Ferro

EI – Efluente Inicial

EF – Efluente Final

L – Licor

ml – Mililitro

N₂-NH₃ – Nitrogênio amoniacal

N₂ – Total – Nitrogênio Total

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Principais processos de Tratamento de Efluentes.....	18
2.1.1. Processos Físicos.....	19
2.1.2. Processos Químicos.....	19
2.1.3. Processos Biológicos.....	19
2.1.4. Lodos Ativados.....	21
2.1.5. Tanque de aeração prolongada e Tanque de Decantação.....	21
2.1.6. Microfauna presente no lodo ativado.....	22
2.1.7. Crescimento Microbiano.....	23
2.1.8. Remoção de DQO e DBO.....	24
2.1.9. Remoção de Nitrogênio.....	25
2.1.10. Remoção de Fósforo.....	26
2.2. Descrição do processo produtivo.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1. Descrição do Processo da ETE.....	28
3.2. Amostragem de Efluentes.....	31
3.3. Análises de monitoramento.....	32
3.4. Análise microbiológica.....	34
3.5. Tratamento Estatístico dos Dados.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÕES.....	44
6. REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE.....	50

1. INTRODUÇÃO

A água é uma das matérias-primas mais utilizada em processos industriais, sendo seu excedente descartado e classificado como efluente industrial. Dentre os problemas gerados pelo efluente industrial se encontram as condições mínimas de descarte exigidas pela Legislação em vigor nos diversos países (OKIDA, 2006).

A imposição de leis se deve à grande quantidade de despejo de efluentes industriais e esgotos domésticos sem tratamento prévio que poluem, entre outros, muitos ecossistemas aquáticos. Dentre as substâncias poluidoras, a matéria orgânica (MO) continua sendo aquela de maior impacto, pois as grandes quantidades lançadas diariamente já degradaram por eutrofização grandes áreas de ecossistemas aquáticos da Terra (KIMURA et al., 2002). Nesse contexto, a capacidade de autodepuração dos recursos hídricos, afeta não só os países ricos mas também os emergentes (INAMORI et al., 2005), receptores de efluentes orgânicos influenciam diretamente na adoção de tratamentos adequados dos efluentes industriais antes do seu lançamento ao ambiente (GIORDANO, 2004).

A contaminação desenfreada por efluentes é um problema ambiental que requer estratégia imediata no que diz respeito ao abastecimento e tratamento dos efluentes industriais para sua reutilização. Esta possibilidade requer um estudo de métodos eficazes em tratamentos que garantam a qualidade dos efluentes (MURO et al., 2009). Além disso, há uma necessidade urgente de reduzir a eutrofização reversa em lagos e pântanos (INAMORI et al., 2005). Fontes de cargas ambientais são divididas em duas categorias: a carga externa derivada de fábricas, estabelecimentos comerciais, criação de animais, campos agrícolas e pescas, e a carga interna derivada de dissolução de compostos de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Embora esses dois elementos sejam os responsáveis pelo crescimento do fitoplâncton, o seu excesso é responsável por diversos desequilíbrios ecológicos. Por causa disso, o controle de fontes de emissão, como efluentes, é importante não só na preservação mas também na restauração do ambiente aquático (INAMORI et al., 1995; SUDO, 2000).

Dentre as medidas de controle, destacam-se os sistemas avançados de tratamento para remoção de nitrogênio e fósforo, que se tornaram uma questão importante. Para lagos rasos, projetos em que a lama de fundo contendo nitrogênio e fósforo é dragado, foram conduzidos como medidas eficazes direta. No entanto, a disposição adequada do lodo gerado tornou-se um problema sério (INAMORI et al., 2001; MIZUOCHI et al., 2002).

Geralmente, os efluentes ricos em MO são tratados em estação de tratamento de águas residuais. No entanto, não são adequados para pequenos sistemas de tratamento de tais águas, devido a problemas relacionados à manutenção, custos de funcionamento, a produção de lodo e disposição (MATAKI et al., 1999; TAKAI et al., 2002).

O sistema de tratamento baseado em processo de autodepuração envolvendo microorganismos, cujo processo é baseado na respiração celular com a oxidação de compostos orgânicos, tem sido um dos mais utilizados (CUNHA, 2008). A eficiência de redução dos poluentes sendo o oxigênio o principal acceptor de elétrons gerado com a degradação destes (VAZOLLÉR et al., 1991). A base do processo depende do desenvolvimento de microorganismos em tanque de aeração ou reator biológico, parte do sistema de tratamento onde pode ser observada a formação colonial de microorganismos oriundos da “floculação biológica” ou lodo ativado.

Um dos problemas observados nesse tipo de tratamento é que com o decorrer do tempo, os microorganismos se adaptam a condições química, física e biológica do efluente em tratamento. A adaptação gera microorganismos especializados o que causa altos níveis de

crescimento a tal ponto que se torna necessário descartar o excedente para manter a eficiência de redução dos poluentes (CORDI et al., 2008).

Além do controle microbiológico em um sistema de tratamento é necessário o controle da quantidade de nitrogênio que é oxidado em outros compostos. Além disso, as condições ambientais propiciam o desenvolvimento e consumo de grandes quantidades de OD (ISOLDI et al., 2004).

Para tanto, é indispensável que haja o tratamento adequado dos efluentes industriais antes do seu lançamento ao corpo receptor, já que estes geralmente são rios e têm certa capacidade de autodepuração a qual ocorre através da biodegradação da matéria orgânica.

Esta pesquisa foi desenvolvida para mostrar a eficiência na remoção de nitrogênio Orgânico e total, fósforo, DBO e DQO através da caracterização do efluente, numa indústria de concentrados de bebidas, variáveis que quando controladas e otimizadas permitem aumentar a eficiência do tratamento. Nesse sentido, avaliar a eficiência dos microorganismos em reduzir a quantidade de DQO, DBO, nitrogênio e fósforo em um sistema de lodos ativados na indústria de bebidas é pré-requisito necessário.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma das principais ameaças à qualidade da água é a poluição causada pela quantidade de MO, metais pesados, solventes, tintas, pesticidas, produtos químicos, etc. Os problemas ocasionados com a poluição da água devem ter atenção especial, sua qualidade é um aspecto importante que requer um monitoramento e gerenciamento de efluentes mais rigorosos. Um indicador essencial da característica do efluente está relacionado com a qualidade e quantidade da MO presente na água. Além disso, torna-se necessário controlar também a quantidade de nutrientes despejada nos ecossistemas aquáticos (MEDEIROS, 2005).

O lançamento de cargas poluidoras sem tratamento e estabilização da MO em ecossistemas aquáticos tem como conseqüência a diminuição da concentração de OD. O impacto ambiental causado por esta depleção resulta no conhecido cenário dos rios urbanos sem vida aquática. O conhecimento da capacidade de assimilação do corpo receptor da MO do efluente é importante para determinar os níveis de tratamento dos efluentes industriais a ser despejado nos ecossistemas aquáticos (NASCENTES, 2004).

Dessa forma, no momento anterior ao lançamento da carga poluidora nos mananciais pressupõe-se um estado natural de equilíbrio, resultando de uma desordem inicial seguida de uma tendência posterior de reorganização (VON SPERLING, 1995). Os efeitos ou ausência de poluição é indicado pela modificação da diversidade de espécies do ecossistema aquático que recebe o efluente tratado ou não. Em condições naturais, os ecossistemas apresentam elevada diversidade de espécies. Em condições alteradas, apresentam-se com uma redução da diversidade de espécies. Os organismos que restam após o despejo de efluente são considerados resistentes à poluição e ou adaptados às novas condições. Geralmente, proliferam-se consideravelmente, resultando aquelas espécies resistentes, em detrimento das outras (RAMALHO,1983).

Dentro deste processo de autodepuração existem diferentes estágios da sucessão ecológica, que podem ser associados a zonas fisicamente identificáveis no decorrer do processo. Braga et al.(2002) define as diferentes zonas de autodepuração em: i) zona de águas limpas; ii) zona de degradação; iii) zona de decomposição ativa e iv) zona de recuperação (Figura 1).

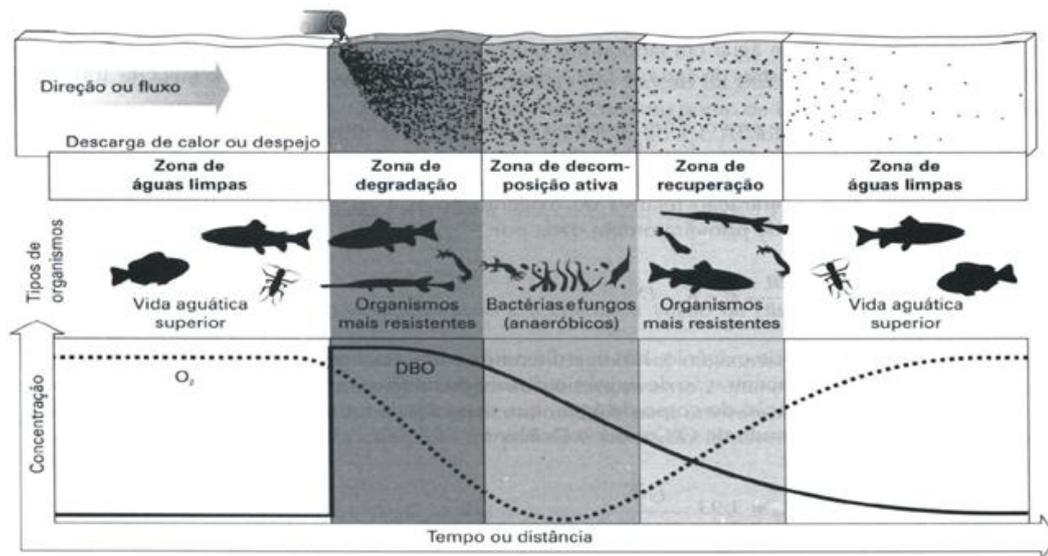


Figura 1 – Processo de Autodepuração dos recursos hídricos.
Fonte: Mota (1995).

Na zona de águas limpas a água está em seu estado inicial, com sua biota em equilíbrio e sua concentração de OD em níveis normais. A zona de degradação tem seu início logo após o lançamento do esgoto no curso d'água e sua principal característica química é a alta concentração de MO, ainda em seu estágio mais complexo. Na zona de decomposição ativa os índices de OD atingem suas menores concentrações em razão da elevada atividade decompositora dos microrganismos. Na zona de recuperação, grande parte do esgoto foi mineralizado e o curso d'água inicia sua recuperação até condições próximas às iniciais. Dependendo da quantidade despejada no ecossistema aquático ocorre a eutrofização.

A eutrofização aumento da concentração de nutrientes ricos em nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos, princípios lagos e lagoas. Esse enriquecimento, promove um

crescimento desordenado de algas, prejudicando toda a cadeia alimentar do ambiente aquático. Nesse processo, destacam-se os despejos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento (NASCENTES, 2004). Sperling (1995) afirma que os principais efeitos negativos são: i) problemas estéticos e recreacionais; ii) condições de anaerobiose no corpo d'água, iii) elevação nos custos do tratamento de água para abastecimento, iv) problemas com o abastecimento de água industrial; v) toxicidade das algas, vi) impacto sobre a ictiofauna; vii) perda de navegabilidade e viii) desaparecimento gradual do corpo d'água.

2.1. Principais processos de Tratamento de Efluentes

Historicamente, diversas providências foram adotadas para que tais poluentes não fossem despejados diretamente nos ecossistemas aquáticos, dentre as quais a implantação de estações de tratamento de águas residuais para efluentes industriais tornaram-se comuns nos parques industriais em torno do mundo (OLLER et al., 2011).

O princípio dessas estações no passado era a detecção direta de efeitos graves causados pelos poluentes, com isso os impactos negativos de curto prazo sobre os ecossistemas aquáticos eram evitados. Mas a avaliação ambiental, realizada em longo período de tempo, revelou que um número considerável de efeitos crônicos eram comuns. Concomitantemente a quantidade de substâncias poluidoras e seus despejos aumentaram significativamente, fato que levaram à mudança de atitude no tratamento de efluentes industriais (VARE, 2006; SCHINDLER e SMOL, 2006; MEYER e WANIA, 2007).

A descarga de efluentes industriais em quantidades superiores à capacidade de assimilação do corpo receptor ocasiona a contaminação do ambiente e conseqüentemente prejuízos à saúde pública. Especialmente nos ecossistemas aquáticos é comum ocorrer uma diminuição da concentração de OD. Em condições extremas, observa-se a mortandade de diversos organismos vivos presentes no ecossistema aquático poluído. De modo geral, os

processos de tratamento podem ser classificados, em função de seu mecanismo predominante, em processos físicos, químicos e biológicos (JORDÃO et al., 1997).

2.1.1. Processos Físicos

Os processos físicos se baseiam no fenômeno de separação de fases distintas, aplicáveis, principalmente, a substâncias em suspensão ou com densidade distinta do esgoto. Exemplo: areia e gorduras presentes no esgoto, respectivamente. Podem ser relacionados como processos físicos: i) remoção de sólidos grosseiros; ii) remoção de sólidos sedimentáveis; iii) remoção de sólidos flutuantes; iv) remoção da umidade do lodo; v) filtração; e vi) homogeneização.

2.1.2. Processos Químicos

Os processos químicos são aqueles em que há necessidade de dosagem de produtos químicos, e, para efluentes sanitários, raramente são adotados isoladamente, sendo utilizados, geralmente, quando os processos físicos ou biológicos, por si só, não são suficientes para obtenção da qualidade desejada para o efluente final (JORDÃO et al., 1997). Jordão e Pessôa (1995), citam como processos químicos mais comumente adotados no tratamento de esgotos os seguintes: i) floculação; ii) precipitação química; iii) elutriação; iv) oxidação química; v) cloração; e vi) neutralização de pH.

2.1.3. Processos Biológicos

O tratamento biológico do efluente é a indução forçada de fenômenos naturais. É um processo de degradação de certas substâncias orgânicas mediante enzimas secretadas por microorganismos. Em geral, podem-se distinguir duas formas de tratamento biológico:

Aeróbio: quando o oxigênio está associado às reações biológicas. O carbono orgânico se converte em CO_2 e lodos. O tratamento biológico aeróbio é uma reprodução do mecanismo de biodegradação que ocorre naturalmente nos rios, a autodepuração (VAZOLLÉR et al., 1991).

Anaeróbio: quando as reações bioquímicas têm lugar na ausência de oxigênio em um ambiente redutor. O carbono orgânico se converte em CO_2 , CH_4 (metano) e lodo (CHERNICHARO, 1997).

Os principais processos biológicos de tratamento de efluentes por oxidação biológica e digestão de lodo e suas respectivas variantes são (VON SPERLING, 1996): i) Lagoas de Estabilização; ii) lodos ativados; iii) sistemas aeróbios com biofilmes; iv) sistemas anaeróbios; e v) sistemas de Disposição no Solo.

No tratamento biológico ou secundário, o efluente proveniente do tratamento físico-químico já contendo teores menos elevados de substâncias nocivas necessita sofrer processos de depuração. Para isso, é necessário proporcionar condições favoráveis à oxidação biológica, pois as bactérias são providas de alta carga de MO (TORRES, 2005). A fundamentação do tratamento biológico com lodo ativado está sustentada na atividade metabólica de microorganismos responsáveis pela oxidação da MO (LESTER e BIRKETT, 1999). Sendo que, sua principal aplicação está orientada na remoção da MO, melhoria na DQO e DBO (FREIRE et al., 2000).

A eficiência do processo depende da relação da carga orgânica diária e a massa de microorganismos contida no reator. Existem outras relações que são utilizadas, como alimento/microorganismo; disponibilidade de oxigênio; forma de alimentação dos reatores; concentrações de biomassa nos reatores; forma de retenção da biomassa nos reatores (GIORDANO, 2004).

2.1.4. Lodos Ativados

O sistema de lodos ativados para o tratamento de despejos domésticos e industriais é amplamente utilizado, principalmente nas situações em que são necessárias elevada qualidade e área reduzida. Sua desvantagem é que exige o uso de mecanização superior aos outros sistemas de tratamento. Sua utilização implica em operações mais sofisticadas e maior consumo de energia elétrica (JORDÃO et al., 1997).

O processo de lodos ativados é fundamentado no fornecimento de ar atmosférico ou oxigênio puro para a degradação da MO por microorganismos. Durante o processo é formado gás carbônico, água e flocos biológicos. Por formarem boa sedimentabilidade, os flocos são separados da fase líquida; ou seja, do efluente tratado (GIORDANO, 2004).

O sistema convencional de lodos ativados é composto basicamente de um tanque de aeração, parte do sistema onde o efluente é estabilizado biologicamente por uma massa de microorganismos, um decantador secundário, que é responsável pela separação sólido-líquido.

Durante o processo, parte dos flocos biológicos formada retorna ao processo, constituindo o chamado retorno de lodo. Uma das finalidades do retorno é a manutenção de uma relação adequada entre a MO e a massa de microorganismos (VON SPERLING, 2002).

2.1.5. Tanque de aeração prolongada e Tanque de Decantação

O processo de aeração prolongada possui a idade do lodo de aproximadamente 20 a 30 dias e o tempo de detenção hidráulica é de 16 a 36 horas. Neste intervalo, há menos DBO disponível para as bactérias, induzindo-as a utilizarem a MO do próprio material celular para a sua manutenção (VON SPERLING, 1997). A eficiência do processo está relacionada à relação de carga orgânica afluyente diária e a massa de microorganismos contida no reator (GIORDANO, 2004).

2.1.6. Microfauna presente no lodo ativado

A presença da microbiota é indício importante de funcionamento do processo, sendo considerado bom indicador biológico. A intensa atividade biológica desenvolvida pelo processo favorece o desenvolvimento de grande variedade de microorganismos constituídos de bactérias aeróbias, facultativas e anaeróbias, predominando as bactérias facultativas. Os fungos também estão presentes nos filtros biológicos nas camadas aeróbias e competem com as bactérias no consumo de alimentos (FALCIONI et al., 2005; VILANOVA et al., 2005).

No sistema de lodos ativados está presente a seguinte população biológica: **bactérias** (**Heterótrofas:** *Pseudomonas* sp., *Zooglea ramigera*, *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Bdellovibrio* sp., *Mycobacterium* sp., *Alcaligenes* sp., *Arthrobacter* sp., *Citromonas* sp., **Filamentosas:** *Sphaerotillus natans*, *Beggiatta* sp., *Thiothrix* sp., *Leucothrix* sp., *Microthrix parvicella*, *Nocardia* sp., *Nostocoisa limicola*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Flexibacter* sp., *Geotrichum* sp., **Nitrificantes:** *Nitrosomonas* sp, *Nitrobacter* sp.) e **protozoários** (Classe Sarcodina: *Arcella discoides*, *Amoeba* sp., Classe Ciliata: (ciliados livre-natantes e sésseis) *Aspidisca costata*, *Trachelophyllum* sp., *Paramecium* sp., *Didinium* sp., *Chilodenella* sp, Classe Mastigophora: (flagelados) *Spiromonas* sp., *Bodo* sp., *Euglena* sp., *Monas* sp., *Cercobodo* sp) (VAZZOLER, 1989).

Os protozoários contribuem diretamente na estabilização da MO, mas alguns deles são indicadores qualitativos de boa qualidade de operação, entre eles a *Vorticella* sp., *Rotária* sp., *Philodina* sp. (GANTZER et al., 2001; FALCIONI et al., 2005; VILANOVA et al., 2005). A caracterização da comunidade de protozoários e metazoários, presentes no tanque de aeração do sistema de lodos ativados, é uma ferramenta bastante útil no julgamento da qualidade do tratamento realizado pelas ETE's (NICOLAU et al., 2001). Um bom

desempenho do sistema está relacionado às espécies dominantes no processo, conforme relações descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Microorganismos indicadores das condições de depuração

Predominância de Microorganismos	Características do Processo
Flagelados e amebas	Lodo jovem, início de operação ou baixa IL
Flagelados	Deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Ciliados pedunculados e livres	Boas condições de depuração
<i>Arcella</i>	Boa depuração
<i>Aspidisca costata</i>	Nitrificação
<i>Trachelophyllum</i>	Alta idade do lodo
<i>Vorticella microstoma</i> e baixa concentração de ciliados fixos	Efluente de má qualidade
Anelídeos	Excesso de OD
Filamentos	Intumescimento do lodo

Fonte: Jenkins et al. (2003), Madoni et al. (1996) e Figueiredo (1997).

2.1.7. Crescimento Microbiano

A Figura 2 mostra que o crescimento de microorganismos ocorre em quatro etapas distintas (VAZZOLER, 1989):

Fase Lag ou de Aclimação: não ocorre aumento do número de microorganismos, em decorrência da elaboração do arsenal enzimático necessário ao consumo de substratos. Velocidade nula;

Fase do crescimento: inicia-se o crescimento microbiano, face ao consumo de substrato. Velocidade aumenta com o tempo;

Fase Estacionária: a velocidade de crescimento retorna a ser nula, devido ao esgotamento dos substratos e/ou ao acúmulo de substâncias tóxicas em níveis incompatíveis com o desenvolvimento microbiano;

Fase de morte logarítmica: os microorganismos são forçados a metabolizar seu próprio protoplasma devido à concentração mínima de substrato disponível, causando a

diminuição do número de microorganismos. Durante esta etapa ocorre o fenômeno conhecido como ‘lise’ no qual os nutrientes remanescentes das células mortas ficam disponíveis para as células vivas.



Figura 2 – Curva típica do crescimento bacteriano.
Fonte: Metcalf e Eddy (1991).

2.1.8. Remoção de DQO e DBO

A estabilização e a remoção da MO, assim como a coagulação de sólidos coloidais não sedimentáveis, são realizadas biologicamente por microorganismos, principalmente por bactérias. Os microorganismos convertem a MO carbonácea dissolvida e particulada em vários gases e tecido celular. Como o tecido celular tem um peso específico ligeiramente maior do que o da água, esta pode ser removida da massa líquida por sedimentação (OGERA, 1995).

Na oxidação biológica do efluente (redução de DBO_5) as células armazenam MO na forma de glicogênio. Com a continuidade da aeração e a diminuição do teor de MO, as células passam a se multiplicar, transformando glicogênio (no caso de bactérias, para protozoários outros compostos) em material a ser utilizado na síntese (formação) de novas células e a oxidar ativamente parte desse glicogênio na produção de energia (respiração), até que, não possuindo mais reservas, entram em fase de declínio. Nesse ponto a DBO é realmente

consumida e a MO efetivamente oxidada; a DBO produzida pelo material orgânico em decomposição, atinge um teor máximo, onde se dá o lançamento, decrescendo gradativamente quando homogeneizado e com o tempo de retenção adequado até ser destinado a saída do tanque com teores significativamente mais baixos em relação ao local de lançamento.

Neste meio, microorganismos atingem altas concentrações, como as bactérias, fungos e protozoários, sendo estes últimos abundantes, como certas formas de ciliados que atingem concentrações superiores a $100\ 000\ \text{org}/\text{cm}^3$, por exemplo, os gêneros *Vorticella*, *Epistylis* e *Carchesium*. Neste sistema de tratamento a presença de algas é rara.

Gerardi (1995), afirma que quando a DBO_5 for de aproximadamente $15\ \text{g}/\text{m}^2$ ou menos, os organismos dominantes são: *Epistylis*, *Carchesium*, *Vorticella*, *Opercularia*, *Cinetochilum* e *Aspidisca*. A presença, de protozoários no floco, em grande número, especialmente ciliados, como *Vorticella*, *Paramecium* e *Blepharisma*, constitui indício importante de boas condições do lodo ativado, seja pela sua função como reguladores de bactérias, seja por contribuírem para a formação do seu próprio floco e também de removerem a DBO_5 . Estudos realizados em escala piloto monitorando populações de protozoários e metazoários têm demonstrado que algumas espécies ou grupos devem ser proveitosos indicadores da qualidade do efluente.

2.1.9. Remoção de Nitrogênio

A remoção biológica de nitrogênio pode ser conseguida através dos processos de nitrificação e desnitrificação, sendo o N-amoniaco (NH_3 e NH_4^+) oxidado, sob condições aeróbias (nitrificação), a nitrito e seqüencialmente a nitrato, que é subseqüentemente reduzido a gás nitrogênio sob condições anóxicas (desnitrificação). Essas condições podem ser atingidas em seqüência espacial ou temporal das fases anaeróbia, anóxica e aeróbia (IAMAMOTO, 2006).

A necessidade de nitrificação e desnitrificação no tratamento de águas residuárias decorre do deterioro da qualidade das águas, decorrente do efeito da amônia sobre o corpo receptor com relação ao consumo de OD, a toxicidade à vida aquática e a eutrofização, entre outras (METCALF e EDDY, 2003).

2.1.10. Remoção de Fósforo

As técnicas para remoção de fósforo se dividem em três categorias principais: físico, químicos e biológicos. Métodos físicos costumam ser muito caros, como nos casos de eletrodialise e osmose reversa (YEOMAN et al. 1988), ou ineficientes, retirando apenas 10% do total de fósforo (NESBITT, 1968).

O tratamento biológico aprimorado pode remover até 97% do total de fósforo (DEVRIES e RENSINK, 1985), mas este processo pode ser altamente variável devido às dificuldades de operação (FULKASE et al., 1985).

As técnicas de remoção química, usando sais de metal, são confiáveis e seus processos bem estabelecidos, (JENKINS et al, 1971). Os três principais sais metálicos disponíveis para remoção de fósforo são de Al, Ca e Fe. Cálcio, que é usado como cal, é o menos comumente empregado devido a dificuldades de manuseio e alta produção de lodo (COOPER et al, 1993). Seu pH de dosagem ideal de 11 também é inadequado para uso antes ou durante o tratamento biológico. Alumínio como um precipitante muito eficaz, no entanto, é o mais caro e tem recebido do público opiniões adversas devido às suas ligações não comprovadas com Alzheimer (demência senil). Apesar dos sais de ferro não serem os precipitantes mais eficientes, são relativamente baratos (CLARK et al, 1997).

2.2. Descrição do processo produtivo

O processo produtivo da empresa de concentrados de bebidas estudada baseia-se em dois tipos principais: processos líquidos e sólidos, os quais são constituídos por matérias-primas como concentrados, base, edulcorante, corantes, etc para bebidas não alcoólicas com características químicas ácidas, neutras e básicas.

A empresa em questão tem uma ampla linha de bebidas não alcoólicas, que inclui águas, sucos, refrigerantes, chás, achocolatado, energéticos e isotônicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado utilizado era de operação de fluxo contínuo a fim de remover ao máximo a carga orgânica proveniente do efluente gerado. Foram realizadas análises físico-químicas de pH, nitrogênio orgânico total, nitrogênio amoniacal, DQO, DBO₅, OD, fósforo, SST, SSV e STD do efluente de entrada, licor e efluente de saída num período de 2 anos (Janeiro 2009 - Dezembro/2010) no laboratório de efluentes da ETE de uma empresa localizada no Distrito Industrial de Manaus.

Juntamente com estas análises foi realizado o acompanhamento qualitativo e quantitativo da microfauna presente no lodo. As possíveis mudanças que vieram a ocorrer na sua composição foram relacionadas com a sedimentabilidade e com os diversos parâmetros estudados nesta pesquisa.

3.1. Descrição do Processo da ETE

O tratamento de efluentes industriais da empresa é realizado através de um sistema de lodos ativados, constituído por um tanque de recepção, um tanque de processo físico-químico, um tanque de equalização de pH do efluente, um tanque de neutralização, dois tanques de aeração para remoção da carga orgânica, seguido por um tratamento secundário que compreende um decantador visando a separação do floco remanescente do efluente biologicamente tratado, bem como clarificação do efluente por meio da adição de polímero D-104 a base de poliaminas, assim como processo físico-químico para tratamento de remoção de cor, com adição de hipoclorito de cálcio seguido de filtração com carvão ativado. A vazão de entrada encontra-se na faixa de 90 a 144 m³/dia. A ETE funciona em dois turnos (16 horas

às próximas etapas do tratamento um efluente de características constantes, evitando cargas de choque no restante do sistema. Posteriormente, o efluente é enviado por bombeamento para o tanque de neutralização, onde ocorre o controle de pH, por meio da adição de CO_2 , para valores aproximados de 7,0.

O efluente do tanque de neutralização é enviado por gravidade para o tratamento biológico, composto pelos dois tanques de aeração interligados entre si, nestes o efluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados para promover a estabilização.

O processo é o de aeração prolongada, onde o oxigênio é introduzido ao sistema através de aeradores mecânicos, sendo dois em funcionamento e dois em *stand by*, no primeiro tanque e dois em funcionamento no segundo tanque. A vazão de entrada nesta unidade é em torno de $114 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Ocorrida a estabilização do efluente no reator biológico, faz-se a separação entre lodo e o efluente tratado, através de sedimentação em decantador. Parte dos sólidos biológicos retorna ao tanque de aeração (retorno do lodo) e o restante da massa é descartada para o tanque de acúmulo de lodo (digestor aeróbio). A vazão de ciclo de lodo recirculado é em torno de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, de forma a manter o manto de lodo em no máximo $1/3$ do volume do decantador.

O decantador secundário, é uma unidade circular mecanizada, provida de uma ponte móvel radial removedora de lodo equipada com um dispositivo de raspagem de fundo, para a remoção do lodo decantado, e de um raspador de superfície para a retirada de espuma e outras formas de sobrenadantes.

O efluente que transborda do decantador segue para o sistema de remoção de cor, que constitui a adição de hipoclorito de cálcio por bombeamento, seguindo para filtração com carvão ativado, que possui duas fases distintas num único corpo, sendo a primeira com uso de areia e cascalho e a segunda com uso de carvão ativado. Na fase de areia e cascalho se dá

predominantemente a remoção de particulados em suspensão, bactérias e partículas coloidais. Na fase do carvão ativado predomina a ação de adsorção, onde serão removidas as substâncias voláteis, substâncias odoríferas, e também complementa a remoção de nitrogênios e possibilita a clarificação.

O líquido clarificado é enviado ao tanque de peixes para monitoramento da qualidade deste efluente, e posteriormente será enviado ao corpo receptor.

A massa de lodo retida no tanque de digestão aeróbia, é recalçada para a linha de alimentação da prensa desaguadora, que consiste em dois rolos cilíndricos de borracha, onde se dá a desaguagem do lodo realizando uma separação das fases sólido líquido do resíduo. A água de lavagem das telas da prensa e o líquido clarificado obtido na prensagem do lodo retornam para o tanque de equalização para posterior tratamento.

3.2. Amostragem de Efluentes

As amostras de efluente foram coletadas por amostragem composta no período de Janeiro/2009 a Dezembro/2010 nos seguintes locais: tanque de acumulação (efluente bruto), tanques de aeração 1 e 2 (lodo ativado), tanque de clarificação (efluente tratado). A coleta nos dois tanques de aeração foi realizada em frascos de vidro tipo âmbar, não preenchidos completamente, a fim de manter oxigênio suficiente para os microorganismos até o momento da avaliação microbiológica, que ocorreu logo após a coleta e as amostragens no tanque de acumulação e clarificação foram coletadas em béquer de vidro e submetidas imediatamente as análises de nitrogênio total orgânico, nitrogênio amoniacal, fósforo, DBO₅, DQO, pH e sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão total e voláteis, além de avaliação microscópica qualitativa.

O descarte de lodo foi realizado diariamente, de forma manual do tanque decantador para o tanque de digestão aeróbia. A vazão de descarte foi de aproximadamente 16 m³/dia.

3.3. Análises de monitoramento

As análises realizadas nesta pesquisa tiveram como objetivo principal mostrar a eficiência do tratamento bem como servir de apoio para o controle de processo. A frequência de análises variou de diária para três ou duas vezes na semana, dependendo do tipo de análise a ser realizada (Tabela 2), uma vez que a variação dos parâmetros não é significativa entre os dias, já que o tanque de acumulação tem capacidade de armazenamento de até 5 dias produtivos tornando o efluente de entrada mais uniforme e conforme histórico de comportamento de efluente anteriormente observado foi determinada essa frequência.

Tabela 2 – Variáveis determinadas no monitoramento da ETE e frequência de amostragem

Variável	Amostra ¹	Frequência Semanal
Nitrogênio Total Orgânico	EI,EF	2 vezes
Nitrogênio Amoniacal	EI,EF	1 vez
Fósforo	EI,EF	3 vezes
DBO ₅	EI,EF	1 vez
DQO	EI,EF	Diária
pH	EI, EF	Diária
Sólidos em Suspensão (SST,SSV)	EI, L, EF	Diária
Sólidos em Suspensão (STD)	EF	1 vez
OD	EI, L, EF	Diária
Exame Microscópico	L	2 vezes

¹Ponto de amostragem de cada tanque: EI-Efluente Inicial; L-Licor; EF-Efluente Final

Todas as análises foram realizadas no laboratório de tratamento de efluentes da empresa de concentrados de bebidas, de acordo com o *Standard Methods for the Examination*

of *Water and Wastewater, 21st Edition (2005)*. A Tabela 3 apresenta a referência para as análises efetuadas.

Tabela 3 – Análises físico-químicas, Metodologias e Equipamentos utilizados

Análise físico-química	Metodologia	Equipamento
pH	Potenciométrico	pHmetro Mettler MP 225
DQO	Espectrofotométrico (Método DQO 5220-D)	Reator HACH modelo COD Reactor 170, EUA e Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
DBO ₅	Diluições com semeadura e incubação a 20°C (Método DBO ₅ 5210-B)	Conjunto de seis garrafas de medições de OD marca Merck, modelo Oxitop, Alemanha e Incubadora Nova Ética a 20°C
Nitrogênio Total Orgânico	Titulometria de Kjeldhal (Método 4500-B)	Aparato de destilação convencional, chapa de aquecimento marca IKA modelo RTC Basic, Brasil e Titulador automático Metrohm, Dosimat modelo 725, Suíça
Nitrogênio Amoniacal	Nessler	Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
Fósforo	Espectrofotométrico (Método 4500-P-D)	Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
SST, SSV e STD	Gravimétrico (Método 2540-B)	Balança analítica Mettler Toledo, modelo XP205, Suíça e Estufa FANEM, modelo Orion, Brasil e Mufla QUIMIS
OD	Oximetria (Método OD 4500-0-G)	Conjunto de 6 garrafas de medições de OD marca Merck, modelo Oxitop, Alemanha
Exame Microscópico	Microscopia óptica	Microscópio Olympus CH-2
Cor	Espectrofotométrico (Método 120)	Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition (2005)*.

3.4. Análise microbiológica

As observações dos microorganismos foram realizadas duas vezes por semana, ou seja, segundas e sextas-feiras, devido à variação dos parâmetros analisados não ser significativa entre os dias. Para a descrição e qualificação da microfauna foi usado um microscópio da marca Olympus, modelo CH-2, com uma magnitude de 200 e 500 vezes. Os parâmetros de calibração do microscópio foram a luminosidade e os seguintes: i) luminosidade do microscópio em torno de 10, luz; ii) luz transmitida, filtro; iii) filtro A; magnificação; iv) magnificação 20 ou 50x, ocular; v) ocular de 10x e campo; e vi) campo de visão aproximadamente 0,4mm.

Para a observação microscópica coletaram-se pequenas parcelas homogêneas do lodo dentro do tanque de aeração 1 e 2, sendo disposto entre lâmina e lamínula com o auxílio de uma pipeta graduada de 10 ml, procedendo a retirada do excesso com papel absorvente. Após tal procedimento as amostras eram analisadas no microscópio. Com o auxílio de bibliografia especializada, e observando-se a curva de sucessão ecológica de um sistema de lodos ativados, registraram-se os microorganismos de importância no processo em documento controlado, contendo as diversas espécies (Anexo 01). Com este procedimento objetivou-se avaliar a sucessão microbiana no sistema de tratamento de efluentes industriais.

As bibliografias utilizadas para a identificação de protozoários e metazoários foram Vazzoler (1989) e Jenkins et al. (2004).

3.5. Tratamento Estatístico dos Dados

Os resultados obtidos pelo sistema de tratamento para os diversos parâmetros estudados e monitorados foram compilados em planilhas, dendogramas, correlação linear, boxplot e calculados os seguintes dados mensais: máximo, mínimo, média e desvio-padrão, utilizando o Programa Minitab, versão 15.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O licor analisado da ETE durante o período de estudo apresentou 11 tipos de microorganismos diferentes (Tabela 4) para um descarte de lodo diário que variou de 2,5 a 24,1 m³ dia⁻¹ (média de 15,6 m³ dia⁻¹). Dentre os microorganismos listados na tabela abaixo, notou-se que em sua maioria os grupos de microorganismos presentes nos dois anos são os mesmos, exceptuando-se a presença de amebóides e diatomeas em 2009, o que caracteriza presença de lodo jovem e baixa idade de lodo (Jenkins et al., 2003; Madoni et al., 1996 e Figueiredo, 1997) e bactérias filamentosas em 2010, caracterizando intumescimento do lodo causando perda de sólidos.

Tabela 4 – Microorganismos detectados na ETE durante o período de estudo

Ordem	2009	2010
1	Amebóides	
2	Bactérias bioindicadoras	Bactérias bioindicadoras
3		Bactérias filamentosas
4	Cianofíceas	Cianofíceas
5	Ciliados Fixos	Ciliados Fixos
6	Ciliados livres	Ciliados livres
7	Ciliados reptantes	Ciliados reptantes
8	Clorofíceas	Clorofíceas
9	Criptofíceas	Criptofíceas
10	Diatomeas	
11	Nematodos	Nematodos
12	Rotíferos	Rotíferos

Os resultados obtidos para SSV nos meses de Janeiro a Março e Junho e Julho de 2010 reiteram a afirmação acima, uma vez que os mesmos foram inferiores aos apresentados no ano de 2009, conforme pode ser verificado na

Figura 4, assim como produção de espuma, observada nos tanques de aeração nos meses relacionados acima para o ano de 2010, organismos filamentosos que produzem espuma

incluem: *Nacardioforms* e *Microthrix parvicella* que diferenciam a população de microorganismos (Gerardi, 2006; Martins et al., 2004).

Dentre as condições operacionais que provocam a proliferação de microorganismos do tipo filamentosos podemos citar a diminuição da razão alimento-microorganismo (fator A/M) (Gaval e Pernelle, 2003; Martins et al., 2004) que de acordo com a Tabela 5 abaixo representada apresentou uma variação média de 0,028 (2009) e 0,035 (2010), e nos meses de Março a Maio e Julho e Agosto de 2010 apresentaram resultados inferiores aos obtidos em 2009. De modo geral, percebe-se que durante os dois anos de estudos essa variável favoreceu que a ETE tivesse alta eficiência.

Tabela 5 – Fator A/M obtida durante o período de estudo

Mês	Ano	
	2009	2010
Janeiro	0,012	0,014
Fevereiro	0,013	0,035
Março	0,016	0,015
Abril	0,018	0,015
Maio	0,028	0,011
Junho	0,013	0,020
Julho	0,023	0,018
Agosto	0,016	0,006
Setembro	0,017	0,017
Outubro	0,004	0,017
Novembro	0,007	0,013
Dezembro	0,005	0,019
Média±desvio padrão	0,014±0,007	0,017±0,007
Mínimo	0,004	0,006
Máximo	0,028	0,035

A concentração de sólidos suspensos voláteis variou de 6714 a 13240 mg L⁻¹ (média de 9510 mg L⁻¹), de 2009 para 2010. A

Figura 4 mostra a variação da concentração de biomassa, representada pelos sólidos suspensos voláteis (SSV). Observa-se que o comportamento da concentração de SSV é bastante regular ao longo dos dois anos estudados.

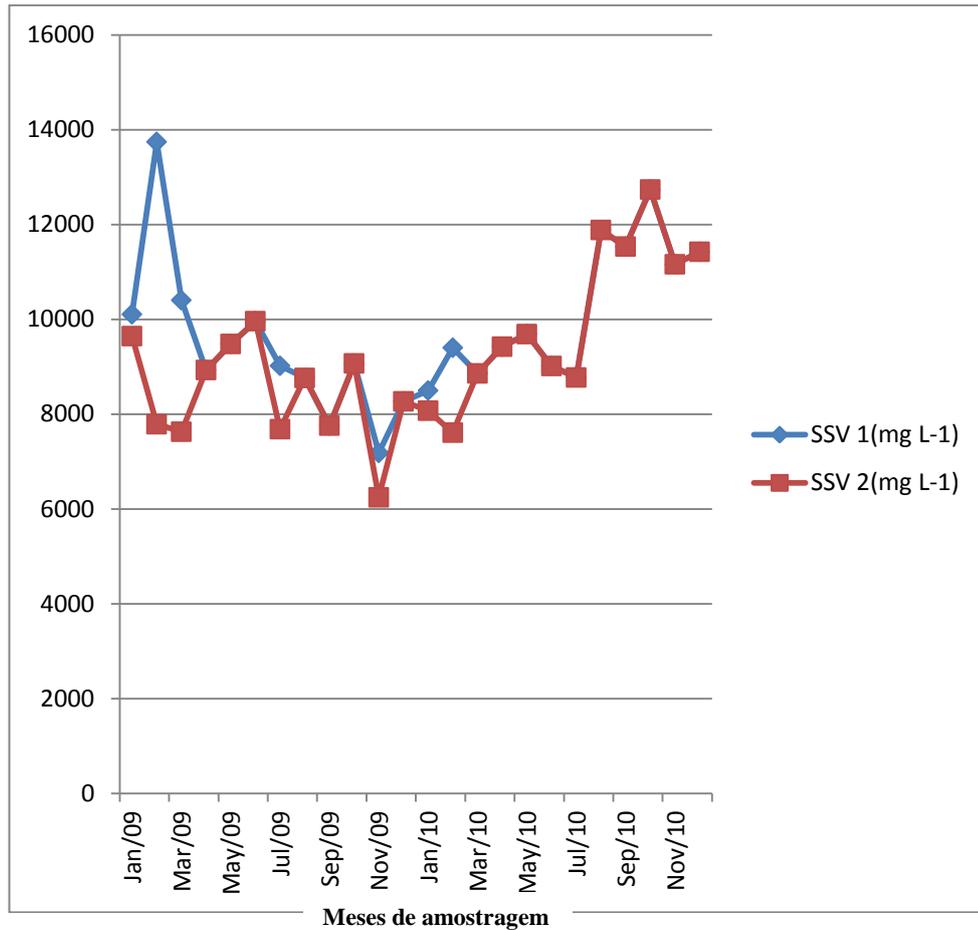


Figura 4 – Variação da concentração média de SSV durante os meses de amostragem

Os resultados obtidos para as variáveis analisadas são caracterizados por valores mínimos e máximos de entrada extremamente altos (Tabela 6)¹, conseqüentemente os coeficientes de variação também são muito altos (Anexo). Esse resultado pode ser considerado normal, pois são valores que tratam de efluentes cuja composição química está diretamente relacionada aos processos industriais que os produziram. Por outro lado, os valores de saída tem como principal informação a redução considerável de praticamente todas as variáveis, além de “regularizar” o pH do efluente tratado.

Dentre as variáveis é possível verificar que o efluente é predominantemente ácido na entrada, com quantidade elevada de sólidos suspensos totais, fósforo, DQO e DBO. Após

¹ No apêndice foram colocadas as tabelas referentes ao período estudado.

tratamento físico-químico e biológico do efluente nota-se que os resultados acima obtidos se adequam às especificações da Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 6 – Dados obtidos em janeiro de 2009 e 2010

Ano	Variável	Entrada				Saída				
		Máx.	Mín.	Média	dp	Máx.	Mín.	Média	dp	LMP (CONAMA 357/05)
2009	pH	6,14	1,49	3,83	1,31	8,00	7,35	7,73	0,20	5,0 a 9,0
	COR PtCo*	10100	255	2950	2201	73,0	9,00	39,1	16,0	-
	SST*	154	20,0	79,8	36,7	34,0	2,00	10,9	8,01	-
	P*	198	37,9	99,2	49,5	1,08	0,13	0,56	0,28	-
	N ₂ -NH ₃ *	11,2	3,70	8,55	3,33	2,50	0,90	1,81	0,67	<20,00
	N ₂ -TOTAL*	26,4	7,60	14,5	5,88	2,86	1,16	2,15	0,61	-
	DQO*	1995	886	1608	340	105	59,0	86,4	13,6	-
	DBO ₅ *	596	320	465	118	32,0	23,0	29,0	4,08	-
2010	pH	7,59	2,30	4,51	1,36	7,92	7,17	7,60	0,23	5,0 a 9,0
	COR PtCo*	27500	1040	4301	5747	90,0	12,0	58,1	23,8	-
	SST*	578	48,0	166	110	52,0	8,00	18,6	10,5	-
	P*	370	50,0	118	91,0	2,90	0,30	0,88	0,71	-
	N ₂ -NH ₃ *	15,8	0,70	9,49	6,71	2,31	0,40	1,47	0,79	<20,00
	N ₂ -TOTAL*	21,0	9,00	13,9	4,59	4,80	2,37	3,74	0,88	-
	DQO*	4000	970	1739	748	142	73,0	99,3	16,9	-
	DBO ₅ *	550	210	390	171	55,0	25,0	37,5	13,2	-

Máx.= valor máximo, Mín.=mínimo, média e dp = desvio padrão, n=5. *Unidade: mg.L⁻¹.

Em termos anuais foram usados para a construção do Boxplot, em que os resultados mostram pouca variabilidade nas medianas de um ano para outro para a cor (Figura 5). O mesmo não pode ser afirmado para as outras variáveis, cujas variâncias, representadas pelas dimensões das caixas, aumentam de um para outro. Segundo as medianas a quantidade de fósforo e a qualidade da cor são as duas variáveis que a estação de tratamento tem a maior

eficiência. Essas variáveis são seguidas pela DQO e DBO₅, porém os sólidos totais, amônia e nitrogênio total apresentam altas variâncias no ano e entre os anos.

No caso dos composto nitrogenados, nota-se que existe uma variabilidade muito grande para N₂-NH₃ e N₂-total. Essa variabilidade permite afirmar que na ETE estudada são as duas variáveis que devem ser acompanhadas com maior rigor e conseqüentemente devem ser monitoradas com maior frequência.

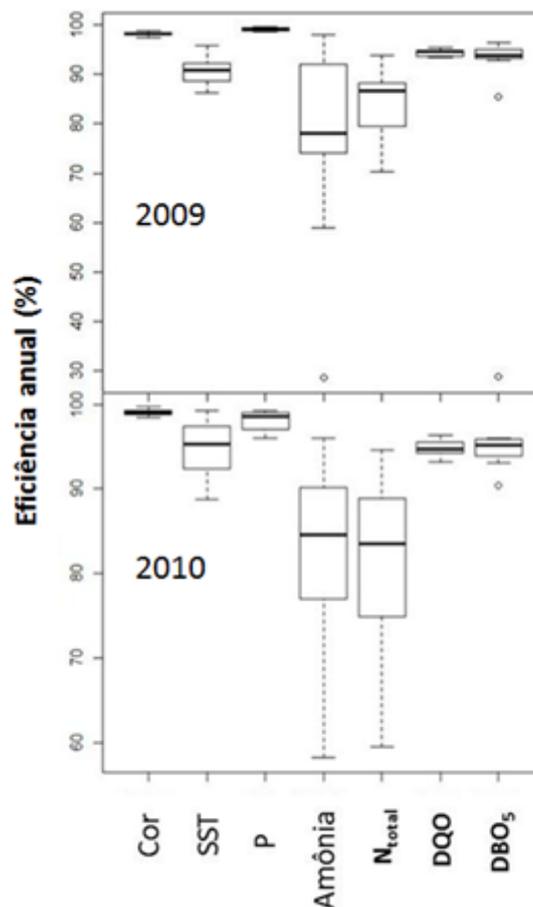


Figura 5 – Boxplot relativo aos anos de 2009 e 2010 da eficiência na redução dos valores das variáveis estudadas.

Em princípio o comportamento dos dois compostos nitrogenados estão relacionados em 2009 a eficiência da remoção do N₂-total foi maior que N₂-NH₃. Quando as concentrações dos dois compostos estão próximas a eficiência na remoção reduz significativamente. Isso pode ser comprovado pelos gráficos construídos usando N₂-NH₃ *versus* N₂-total, em que é

possível notar que quando a correlação é forte ($r^2 \sim 0,90$) a eficiência de extração de N_2 -total é alta, o contrário quando r^2 diminui consideravelmente (Figura 6).

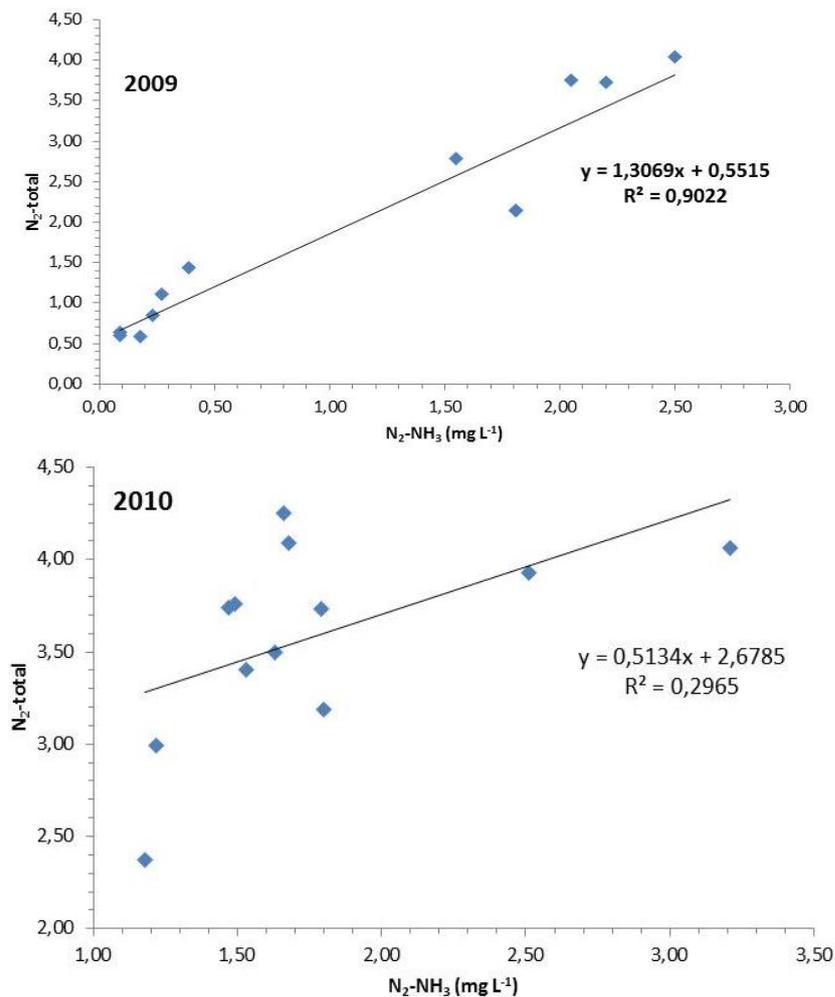


Figura 6 – Corelação linear entre a N_2 -NH₃ e N_2 -total.

As eficiências de remoção de SST (sólido em suspensão total), fósforo, DQO, DBO₅ e cor durante os dois anos podem ser consideradas excelentes (Tabela 7). Após tratamento físico-químico e biológico do efluente nota-se que os resultados acima obtidos se adequam às especificações da Resolução CONAMA 357/2005, considerável redução dos SST e toda MO proveniente do efluente bruto. Os dados revelam que apesar da grande variação observada durante o funcionamento da estação de tratamento de efluentes, sendo caracterizado pela

grande quantidade de matéria orgânica, as bactérias heterotróficas foram capazes de melhorar os parâmetros físico-químico do efluente. Na verdade, a remoção de DQO em sistemas de lodos ativados em fluxo contínuo está relacionada ao metabolismo das bactérias presentes no sistema, geralmente um terço da matéria orgânica do efluente é oxidada e dois terços incorporados ao lodo (MARAIS e EKAMA, 1976 *apud* CYBIS et al., 2003).

Tabela 7 – Eficiência anual (%) da ETE nos dois anos de estudo

Variável	2009			2010		
	Máximo	Mínimo	Média± desvio padrão	Máximo	Mínimo	Media±desvio padrão
SST	96	86	91±0,029	99	89	95±0,034
Fósforo	100	99	99±0,003	99	96	98±0,011
N ₂ -NH3	98	22	77±0,208	96	58	83±0,106
N ₂ -TOTAL	94	70	84±0,063	95	59	82±0,102
DQO	95	93	94±0,007	96	93	95±0,009
DBO ₅	97	29	88±0,189	96	90	95±0,017
COR	99	97	98±0,004	100	98	99±0,003

A literatura mostra que em um sistema de lodos ativados, as bactérias heterotróficas utilizam carbono e energia na fase aeróbia (no tanque de aeração) onde ocorre a oxidação da matéria orgânica (HORAN, 1990).

A análise exploratória dos dados relativos aos dois anos estudados mostram dendrogramas caracterizados por ter a formação de grupos diferentes (Figura 7). Os grupos são formados por meses próximos, indicando que o processo de tratamento da ETE é bastante regular, ou é adotado um sistema no qual as modificações ocorrem em média de três em três meses. Um fato que chama a atenção é que em todos os grupos formados sempre há a existência de dois meses seguidos, por exemplo, janeiro-fevereiro, abril-maio etc. Esse comportamento permite sugerir que no processo de tratamento do efluente na ETE é adotado uma mesma sistemática. Esse sistemática é ajustada para não ser modificada drasticamente durante o ano.

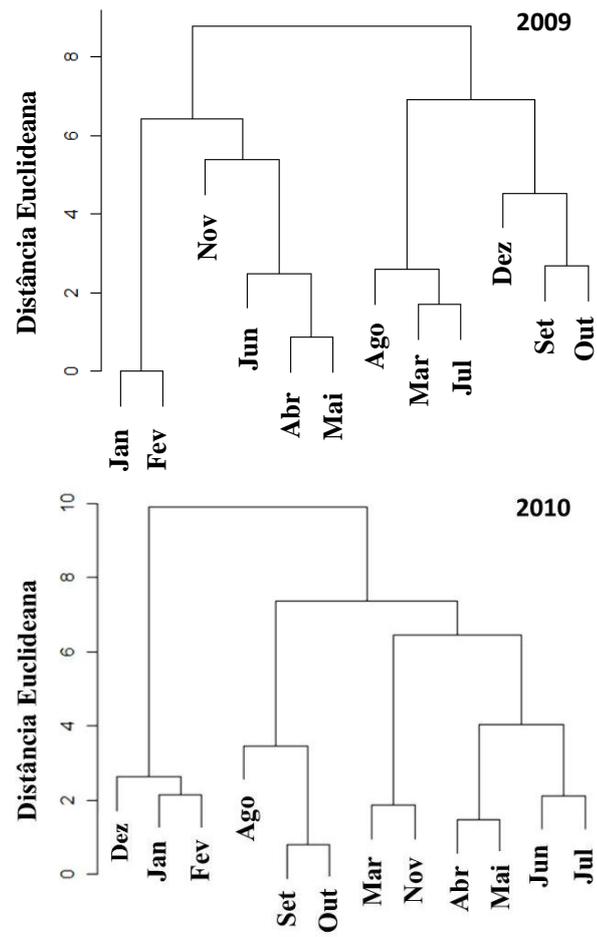


Figura 7 – Dendrogramas referente ao dois anos estudados.

5. CONCLUSÕES

Da análise dos resultados obtidos durante os dois anos de estudo deste trabalho, pode-se concluir que a qualidade físico-química do efluente da estação de tratamento de efluentes, em relação a Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentaram elevadas taxas de remoção de matéria orgânica. Os valores do efluente estiveram dentro das especificações dos padrões de qualidade para o lançamento de efluentes previsto pela Resolução CONAMA 357/2005.

A eficiência da estação para remoção de DQO apresentou-se elevada, mesmo com valores de DQO e DBO variando bastante na entrada a estação foi capaz de estabilizar esta Matéria Orgânica e manter uma excelente eficiência, confirmando assim que estes dois parâmetros estão sob controle.

Os dados mostraram também que existe uma diferenciação de grupos de microrganismos de 2009 (ameboides e datomeas) para 2010 (bactérias filamentosas). Apesar da diferenciação, o fator A/M sugere que a quantidade de “alimentos” presentes no efluente favoreceu a eficiência da estação de tratamento. Mesmo assim, os dados de saída do tratamento de efluente indicam que fósforo, SST, DQO e DBO estão dentro das especificações da Resolução CONAMA 357/2005.

Dentre as variáveis estudadas os composto nitrogenados (N₂-NH₃ e N₂-total) devem ser acompanhados com maior rigor por causa da sua alta variabilidade. A análise exploratória dividiu os dados em grupos de dois meses sugerindo que o processo de tratamento de efluente possui a mesma sistemática.

Com o fim desta pesquisa pode-se dizer que a eficiência da estação de tratamento de efluente em remoção de fósforo, nitrogênio total, DBO, DQO, foi muito satisfatória para um sistema de lodo ativado, atingido todos os parâmetros estabelecido na legislação em vigor.

6. REFERÊNCIAS

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2002.

CHERNICHARO, C. A. L. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores Anaeróbios*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, Belo Horizonte, 1997.

CLARK, T.; STEPHENSON, T.; PEARCE, P. A. PHOSPHORUS REMOVAL BY CHEMICAL PRECIPITATION IN A BIOLOGICAL AERATED FILTER. *Water Research*, 1997, 31(10): 2557-2563.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 2005.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 397 de 2008.

COOPER, P.; DEE T.; YANG G. *Nutrient removal-methods of meeting the EC urban wastewater directive*. In: 4th Annual Conference on Industrial Wastewater Treatment, Esher, Surrey. 10 March 1993.

CORDI, L.; ASSALIN, M. R.; DIEZ, M. C.; DURAN, N. *Montagem, partida e operação de um sistema de lodos ativados para o tratamento de efluentes: parâmetros físico-químicos e biológicos*. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, 2008, 5(1): 097–115.

CUNHA, V. D. *Estudo para propostas de critérios de qualidade da água para reuso urbano*. Tese de Doutorado – Universidade São Paulo, Escola Politécnica São Paulo – SP, 2008.

CYBIS, L.F.; SANTOS, A.V.; GEHLING, G.R. *Eficiência do reator sequencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa*. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, SC, 2003.

DE VRIES, H. P.; RENSINK, J. H. *Biological phosphorus removal at low sludge loadings by partial stripping*. In: International Conference for management strategies for phosphorus in the environment, Lisboa, Portugal. July 1985.

FALCIONI, T.; MANTI, A.; BOI, P.; CANONICO, B.; BALSAMO, M.; PAPA, S. *Enumeration of activated sludge bacteria in a wastewater treatment plant*. Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents, 2005, 19(3-4):176-9.

FIGUEIREDO, M. G. *Microbiologia de lodos ativados*. In: I Curso Internacional sobre Controle de Poluição das Águas, CETESB, 1997.

FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURAN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. *Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas*. Química nova, 2000, 23(4): 504-511.

FULKASE, T.; SHIBATA, M.; MIYAJI, Y. *Factors affecting biological removal of phosphorus*. Water Science and Technology, 1985, 17: 187-198.

GANTZER, C.; GASPARD, P.; GALVEZ, L.; HUYARD, A.; DUMOUTHIER, N.; SCHWARTZBROD, J. *Monitoring of bacterial and parasitological contamination during various treatment of sludge*. Water Research, 2001, 35(16):3763-70.

GAVAL, G.; PERNELLE, J-J. *Impact of the repetition of oxygen deficiencies on the filamentous bacteria proliferation in activated sludge*. Water Research, 2003, 37(9):1991–2000.

GERARDI, M. H.; HORSFALL, F.L. *Wastewater Biology: The Microlife*. Alexandria, Virginia: Madison, 196 p, 1995.

GERARDI, M. H. *Wastewater Bacteria*. Wiley Interscience, John Wiley and Sons, 255 p, 2006.

GIORDANO, G. *Tratamento e Controle de efluentes industriais*. Apostila da ABES. Mato Grosso, 2004.

HORAN, N.J. *Biological wastewater treatment systems: theory and operation*. New York: Wiley, 310 p, 1990.

IAMAMOTO, C. Y. *Remoção de Nitrogênio de Águas Residuárias com Elevada Concentração de Nitrogênio Amônico em Reator Contendo Biomassa em Suspensão Operado em Batelada Seqüenciais e Sob Aeração Intermitente*. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo – SP, 2006.

INAMORI, Y.; YANG, Y.; OJIMA, H.; MACHII, H.; SHIMIZU, Y. *Development of an advanced biological treatment system applied to the removal of nitrogen and phosphorus using the sludge ceramics*. Water Research, 39(20): 4859-4868, 2005.

INAMORI, Y.; IWAMI, N.; ITAYAMA, T. *Project for water environmental renovation of Lake Kasumigaura*. Basic Des. Mater. (Civil Eng. Ed.) 9 (110), 53–57 (in Japanese), 2001.

INAMORI, Y.; NISHIMURA, O.; TAKAI, T.; SUDO, R. *The development and popularization of advanced treatment septic tank technology for water resource protection*. Mon. Residential Wastewater, (4): 1–10 (in Japanese), 1995.

ISOLDI, L. A.; KOETZ, P. R. *Tratamentos biológicos para remoção de matéria carbonada e nitrogenada*. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, p.12, 2004.

JENKINS, O.; FERGUSSON, J. F.; MENAR, A. B. *Chemical processes for phosphate removal*. Water Research, 5: 369-387, 1971.

JENKINS, D.; RICHARD, M.; DAIGGER, G. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. USA, 3ª Ed, 115p, 2003.

JENKINS, D.; RICHARD, M.; DAIGGER, G. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming and other solids separation problems*. London, 3ª Ed, 190p, 2004.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. Rio de Janeiro: ABES. 720 p. 1995.

JORDÃO, E. P.; BÔAS, D. V.; CONCEIÇÃO, J. R.; SILVA, T. C. R.; SOBRINHO, P. A. *Controle Microbiológico na operação de um sistema de lodos ativados – Estudo em escala piloto*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1–114, 1997.

Kimura, A, K.; Nakamura, M.; Watanabe, Y. *Nitrate removal by a combination of elemental sulfur-based denitrification and membrane filtration*. *Water Res* 36: 1758-1766, 2002.

LESTER, J. N.; BIRKETT, J. W. *Microbiology and chemistry for environmental scientists and engineers*. 2nd ed, London: E & FN Spon, 386 p, 1999.

MADONI, P.; DAVOLI, D.; GESSICA, G.; VESCOVI, L. *Toxic effect of heavy metals on the activated sludge protozoan community*. *Water Research*, 30(10): 135-141, 1996.

MARTINS, Antonio M. P.; PAGILLA, Krishna; HEIJNEN, Joseph J.; LOOSDRECHT, Mark C. M van. *Filamentous Bulking Sludge. A Critical Review*. *Water Research*. V. 38. p. 793-817 2004.

MATAKI, K.; NIWA, K.; MOURI, M.; INAMORI, Y.; MIZUOCHI, M. *Advanced domestic wastewater treatment and development of phosphate recovering system using phosphate adsorption method*. *Proceedings of the 33rd Annual Conference of Japan Society on Water Environment*, p. 52 (in Japanese), 1999.

MEDEIROS, D. R. *Eficiência, sedimentabilidade e composição da micro fauna de sistemas de lodos ativados de fluxo contínuo e em batelada, removendo Nitrogênio*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS, 2005.

METCALF & EDDY, INC. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. George Tchobanoglous, 3ªEd., New York: McGraw-Hill, 1334p, 1991.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse*. 4th Edition. New York: McGraw - Hill, International Editions, 2003.

MEYER, T; WANIA, F. *What environmental fate processes have the strongest influence on a completely persistent organic chemical's accumulation in the Arctic?* *Atmosphere Environment*, p. 41:2757–67, 2007.

MIZUOCHI, M.; YANG, Y.F.; YAMAMOTO, Y. *Advanced wastewater treatment system by biological filtration process using ceramics contact material made of ooze from Lake Kasumigaura*. *Proceedings of the Fifth Japan Society on Water Environment Symposium*, p. 117–118 (in Japanese), 2002.

MOTA, S. *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos*. Rio de Janeiro: ABES, p. 83, 1995.

MURO, C.; ESCOBAR, J.; ZAVALA, R. E.; ESPARZA, M.; CASTELLANOS, J.; GÓMEZ, R. M.; GARCÍA, M. *Evaluación del proceso de microfiltración en un efluente residual de una industria alimenticia para su reuso*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4): 229-238, 2009.

NASCENTES, A. L. *Avaliação da eficiência de sistema de tratamento de esgotos do tipo manta de lodo – filtro biológico aeróbio, aplicado em escala piloto*. Dissertação de Mestrado – Fundação Oswaldo Cruz – RJ, 2004.

NESBITT, J. B. Phosphorus removal--the state of the art. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 1968, 41: 701-713.

NICOLAU, A.; DIAS, N.; MOTA, M.; LIMA, N. Trends in the use of protozoa in the assessment of wastewater treatment. *Research in Microbiology*, 2001, 152: 621-630.

OGERA, R.C. *Remoção de Nitrogênio do Esgoto Sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP – SP, 1995.

OKIDA, J.R. *Estudo para minimização e reaproveitamento de resíduos sólidos de fundição*. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Parana – PR, 2006.

OLLER, I; MALATO, S.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(20):4141-66.

RAMALHO, R.S. *Introduction to wastewater treatment processes*. 2.ed. Academic press, Nashville and Austin, 1983.

VON SPERLING, M. *Lodos Ativados*. 2.ed, Belo Horizonte: DESA – UFMG, 428 p, 2002.

SCHINDLER, D.W; SMOL, J.P. *Cumulative effects of climate warming and other human activities on freshwaters of Arctic and subarctic North America*. *Ambio*, p. 35:160–8, 2006.

SUDO, R. The development of counter measures for lake and sea environment. *Japan Society on Water Environment*, p. 23 (10): 608–613 (in Japanese), 2000.

TAKAI, T.; MIYASAKA, A.; INAMORI, Y. Phosphorus removal and recovery technique using zirconium-ferrite adsorbent. *Journal of Water and Waste* 2002, p. 44 (7), 54–60 (in Japanese).

TORRES, D. P. C. *Estudo Microbiológico da Influência da adição química de ácido fólico em sistemas de lodos ativados*. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – SP, 2005.

VARE, L. Who is polluting the Arctic? *Planet Earth*, 2006, 14–5.

VAZOLLÉR, R. F.; GARCIA, M. A. R.; GARCIA, A. D.; CONCEIÇÃO, J. *Microbiologia de lodos ativados*. São Paulo: CETESB, 1989.

VAZOLLÉR, R. F.; GARCIA, A. D.; CONCEIÇÃO, J. *Microbiologia de lodos ativados*. São Paulo: CETESB, 1991, p. 23.

VILANOVA, X.; BLANCH, A.R. Distribution and persistence of fecal bacterial populations in liquid and dewatered sludge from a biological treatment plant. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 2005, 51(6):361-8.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, volume 1*. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1995.

VON SPERLING, M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos, volume 2*, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996, v.2, 211 p. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, volume 4*. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1997. 416 p.

YEOMAN, S.; STEPHENSON, T.; LESTER, J. N.; PERRY, R. The removal of phosphorus during wastewater treatment: a review. *Environmental Pollution*, 1988, 49: 183-233.

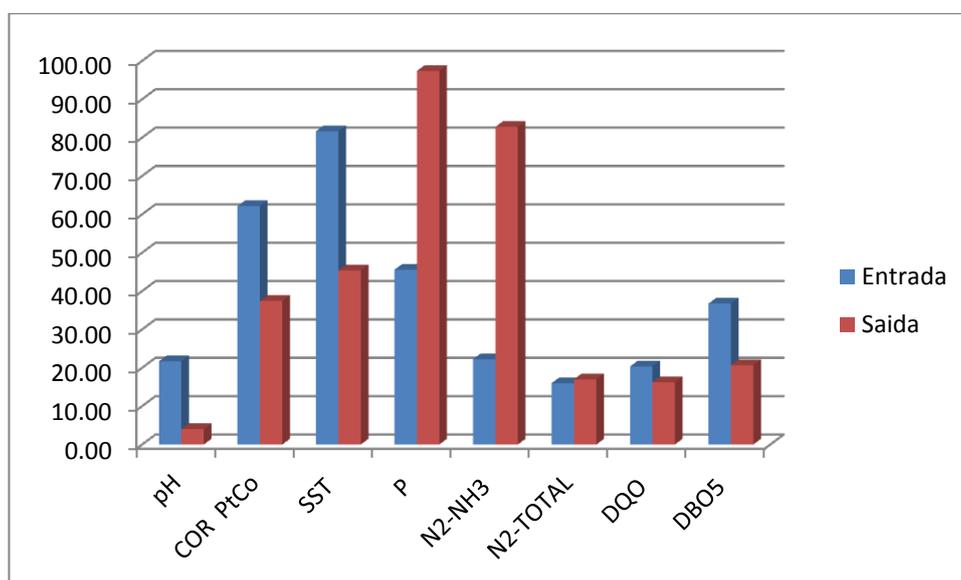
APÊNDICE

A) TABELAS DE RESULTADOS USADAS NO ESTUDO

Principais características do efluente em Fevereiro/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,13	3,02	4,60	1,00	7,90	6,70	7,24	0,29
COR PtCo	6280	2116	3768	1385	100	43,0	78,3	16,2
SST *	330	34,0	133	83	26,0	6,00	14,4	5,37
P *	297	22,9	111	91,0	1,96	0,39	1,28	0,58
N₂-NH₃ *	3,12	0,95	2,17	0,99	1,22	0,07	0,60	0,58
N₂-TOTAL*	13,7	9,15	11,0	2,44	2,74	0,05	1,31	1,08
DQO *	1970	1080	1652	264	129	65,0	105	17,9
DBO₅ *	623	373	518	105	38,0	26,0	34,3	5,56

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L



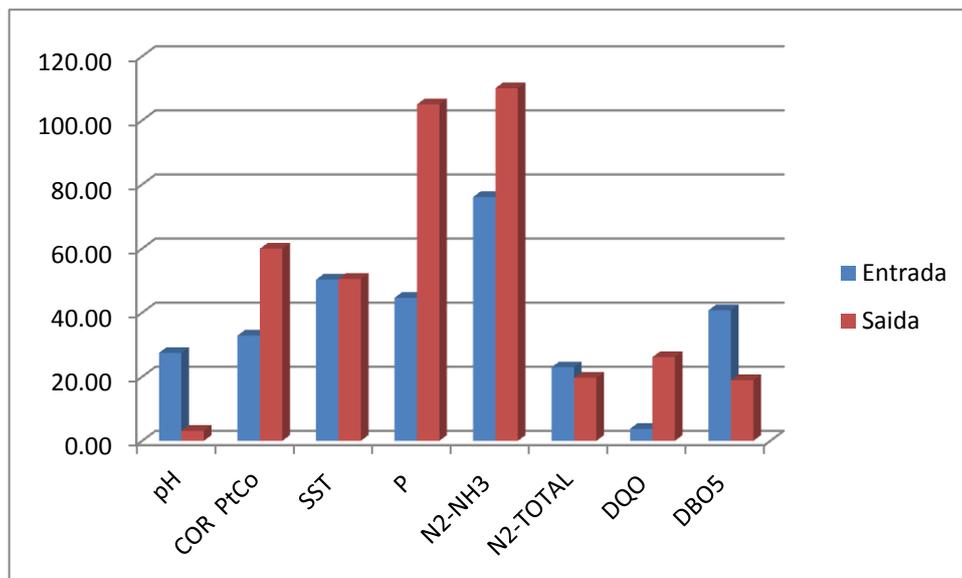
Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Fevereiro/2009 ²

² Considerar 1º barra de cada parâmetro estudado como Entrada e 2º barra como saída para todos os gráficos apresentados nesta seção.

Principais características do efluente em Março/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,15	1,85	4,58	1,26	7,95	7,05	7,57	0,24
COR PtCo	6300	1500	3428	1397	95,0	48,0	74,0	14,0
SST *	148	45,0	82,1	27,0	29,0	4,00	9,73	5,83
P *	188	21,8	88,8	44,7	1,70	0,18	0,85	0,43
N₂-NH₃ *	0,25	0,08	0,14	0,06	0,40	0,02	0,18	0,18
N₂-TOTAL *	9,40	0,71	4,98	3,79	1,77	0,00	0,58	0,64
DQO *	2200	770	1526	350	149	70,0	97,4	19,2
DBO₅ *	546	500	521	19,6	43,0	23,0	31,8	8,30

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

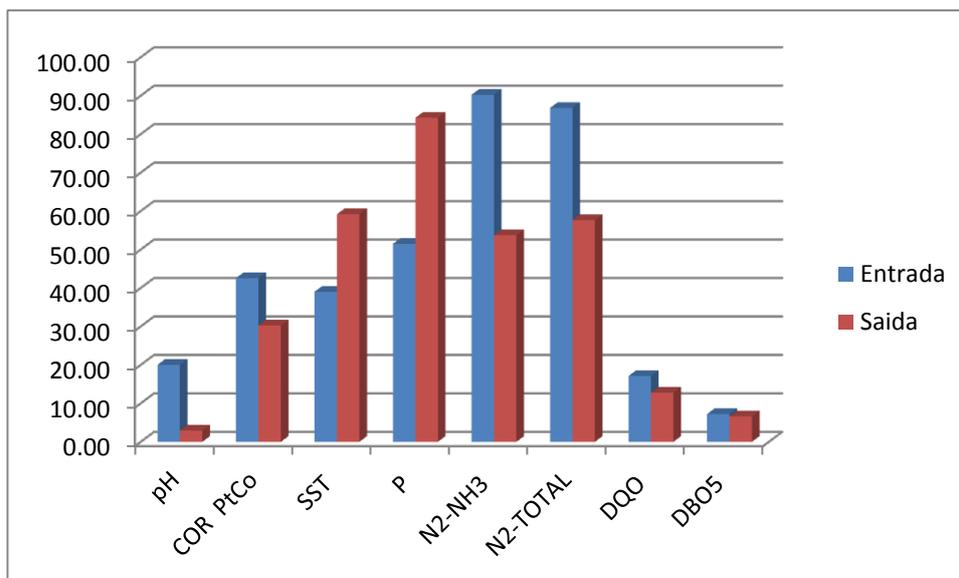


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Março/2009

Principais características do efluente em Abril/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,40	2,76	5,24	1,05	7,90	7,15	7,62	0,23
COR PtCo	5300	840	2337	995	97,0	25,0	59,6	18,0
SST *	158	24,0	83,7	32,7	19,0	2,00	6,40	3,79
P *	108	10,9	60,3	31,1	1,07	0,10	0,42	0,35
N₂-NH₃ *	7,38	0,12	4,07	3,67	0,50	0,15	0,27	0,14
N₂-TOTAL *	23,7	1,50	8,19	7,11	2,00	0,10	1,11	0,64
DQO *	2210	1015	1638	280	98,0	53,0	84,2	10,8
DBO₅ *	626	510	576	41,7	31,0	26,0	29,2	1,92

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

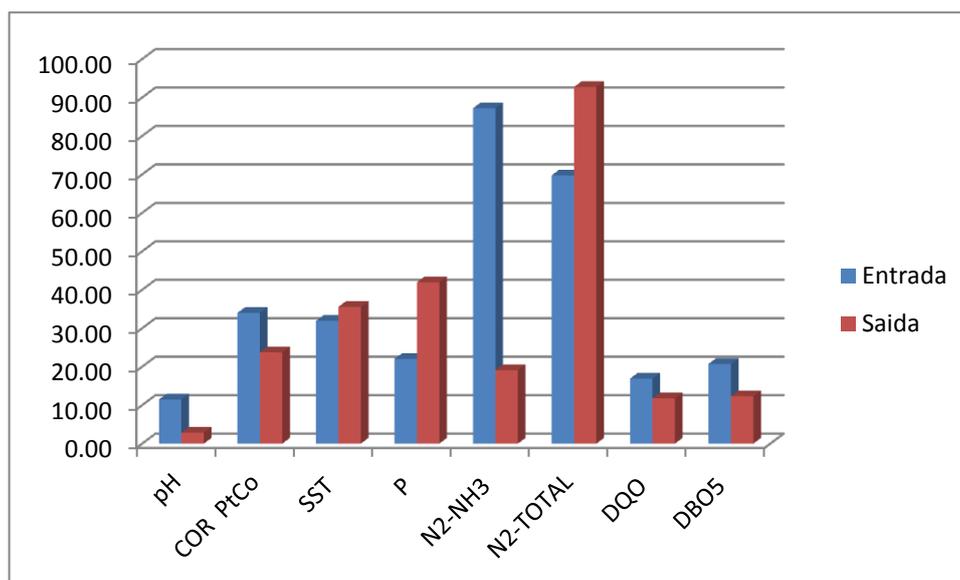


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Abril/2009

Principais características do efluente em Maio/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,37	4,19	5,17	0,59	7,90	7,20	7,61	0,22
COR PtCo	5800	1950	3733	1270	86,0	40,0	60,5	14,4
SST *	162	46,0	90,5	28,9	17,0	4,00	8,10	2,88
P *	108	52,0	76,4	16,8	0,65	0,20	0,37	0,15
N₂-NH₃ *	5,70	0,98	2,51	2,19	0,28	0,18	0,23	0,04
N₂-TOTAL *	16,3	1,50	7,74	5,40	2,08	0,12	0,85	0,79
DQO *	2840	1450	1880	318	110	65,0	86,1	10,1
DBO₅ *	946	636	722	150	32,0	25,0	28,5	3,51

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

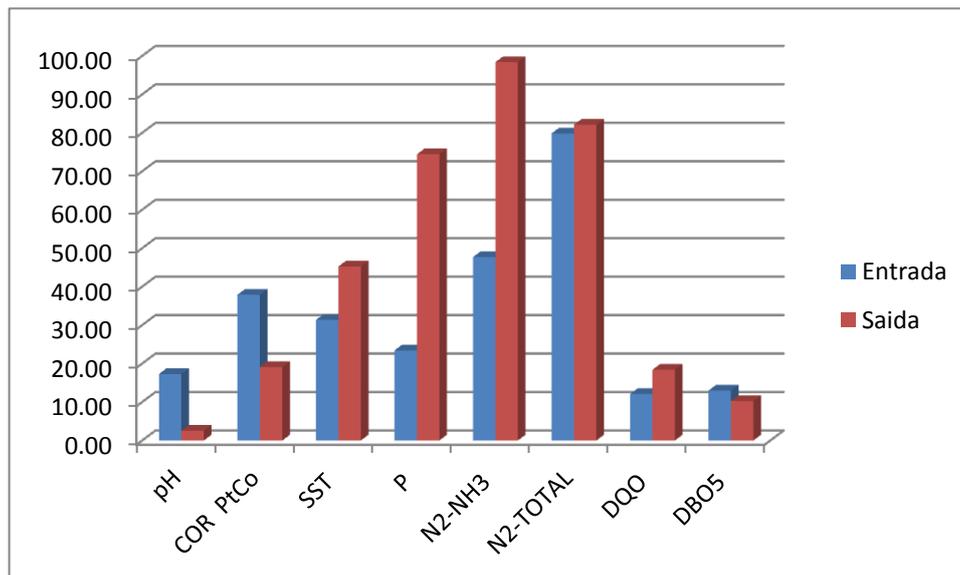


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Maio/2009

Principais características do efluente em Junho/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	5,98	3,04	4,82	0,83	7,95	7,15	7,70	0,20
COR PtCo	6300	2160	3936	1492	93,0	47,0	67,1	12,8
SST *	122	42,0	79,7	25,0	21,0	3,00	9,62	4,35
P *	106	49,5	72,3	16,9	0,97	0,10	0,37	0,28
N₂-NH₃ *	1,70	0,56	0,95	0,45	0,96	0,13	0,39	0,38
N₂-TOTAL *	20,1	1,29	7,14	5,70	3,98	0,30	1,44	1,18
DQO *	1780	1015	1593	192	148	56,0	98,4	18,1
DBO₅ *	593	460	520	67,6	35,0	29,0	31,3	3,21

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

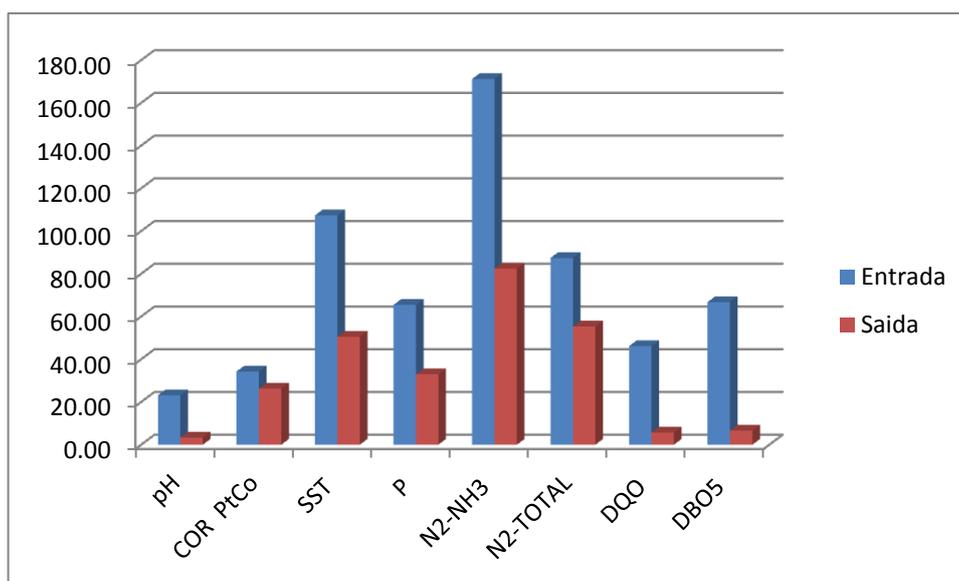


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Junho/2009

Principais características do efluente em Julho/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,43	2,45	5,27	1,22	8,14	7,06	7,71	0,26
COR PtCo	6300	1530	3767	1290	98,0	41,0	68,4	18,0
SST *	696	42,0	126	135	20,0	4,00	10,1	5,10
P *	160	12,0	62,4	40,8	1,40	0,50	0,89	0,29
N₂-NH₃ *	10,1	0,14	2,84	4,86	0,20	0,03	0,09	0,07
N₂-TOTAL *	11,2	0,45	5,04	4,41	1,20	0,19	0,64	0,35
DQO *	5490	860	1818	839	101	81,0	92,8	5,30
DBO₅ *	1830	483	838	560	32,0	27,0	29,2	1,92

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

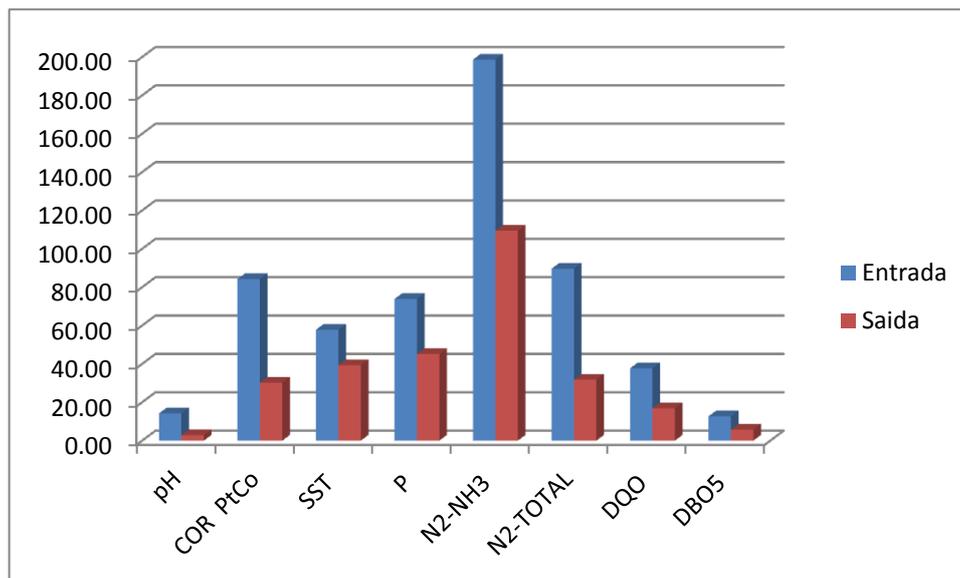


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Julho/2009

Principais características do efluente em Agosto/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,61	4,18	5,36	0,76	8,11	7,40	7,71	0,22
COR PtCo	18700	1806	4139	3487	96,0	35,0	68,1	20,6
SST *	462	80,0	164	95,0	24,0	4,00	14,0	5,49
P *	195	14,00	65,69	48,51	1,30	0,00	0,72	0,32
N₂-NH₃ *	21,2	0,10	4,66	9,26	0,20	0,01	0,09	0,10
N₂-TOTAL *	32,1	0,80	9,86	8,84	1,00	0,43	0,60	0,19
DQO *	4200	1280	1918	723	118	33,0	100	16,9
DBO₅ *	620	461	529	67,2	36,0	31,7	34,6	1,98

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

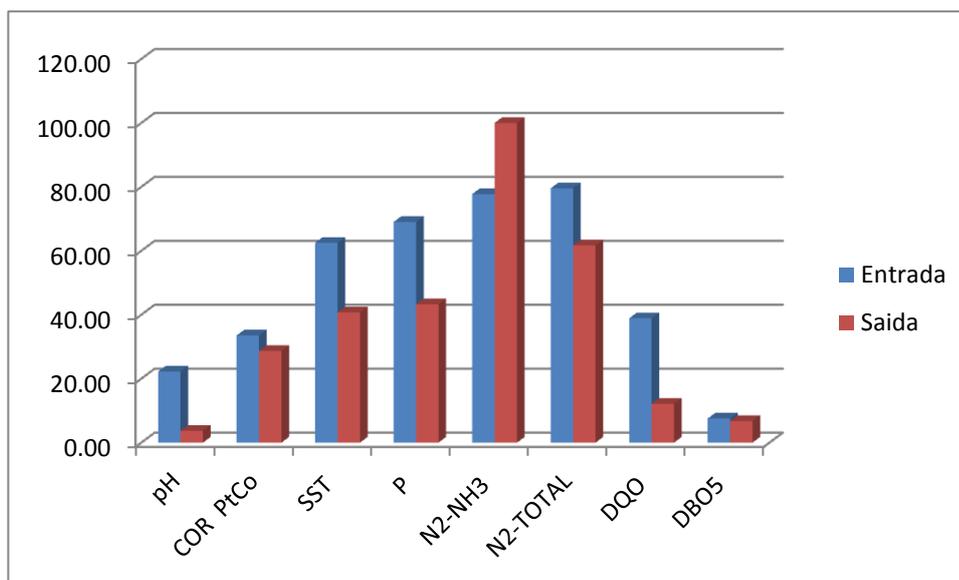


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Agosto/2009

Principais características do efluente em Setembro/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,00	3,23	5,21	1,16	7,93	7,02	7,57	0,28
COR PtCo	5400	1390	3391	1137	92,0	34,0	71,1	20,4
SST *	364	52,0	150	93,5	25,0	4,00	13,8	5,63
P *	149	13,0	66,8	46,1	1,30	0,30	0,79	0,34
N₂-NH₃ *	10,8	1,00	6,40	4,98	3,85	0,00	1,55	1,55
N₂-TOTAL *	53,4	6,11	21,2	16,8	4,72	0,60	2,78	1,71
DQO *	4030	1200	1882	732	120	68,0	105	12,7
DBO₅ *	580	483	528	39,9	40,0	34,0	37,6	2,54

DP = Desvio Padrão, n=5* Unidade: mg/L

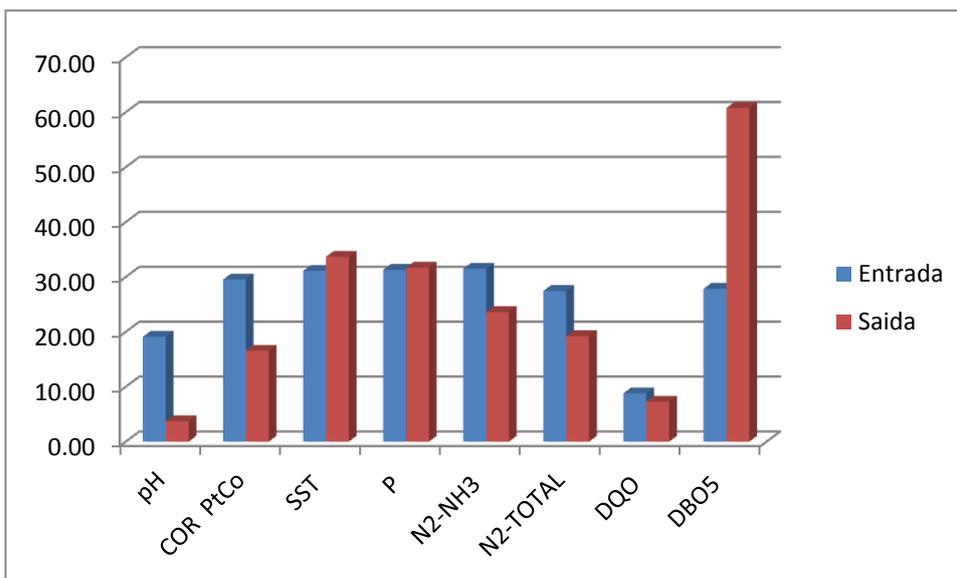


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Setembro/2009

Principais características do efluente em Outubro/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,62	3,30	5,17	0,99	7,99	7,00	7,67	0,29
COR PtCo	5380	1260	3720	1098	98,0	49,0	77,1	12,8
SST *	196	28,0	112	34,8	20,0	5,00	11,2	3,77
P *	94,0	29,0	63,7	19,9	1,20	0,43	0,75	0,24
N₂-NH₃ *	13,7	7,06	10,9	3,42	3,35	2,00	2,50	0,59
N₂-TOTAL *	26,3	11,8	19,4	5,32	4,98	2,80	4,04	0,78
DQO *	2100	1490	1767	156	132	98,0	117	8,52
DBO₅ *	190	100	128	35,6	37,0	6,00	18,6	11,3

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

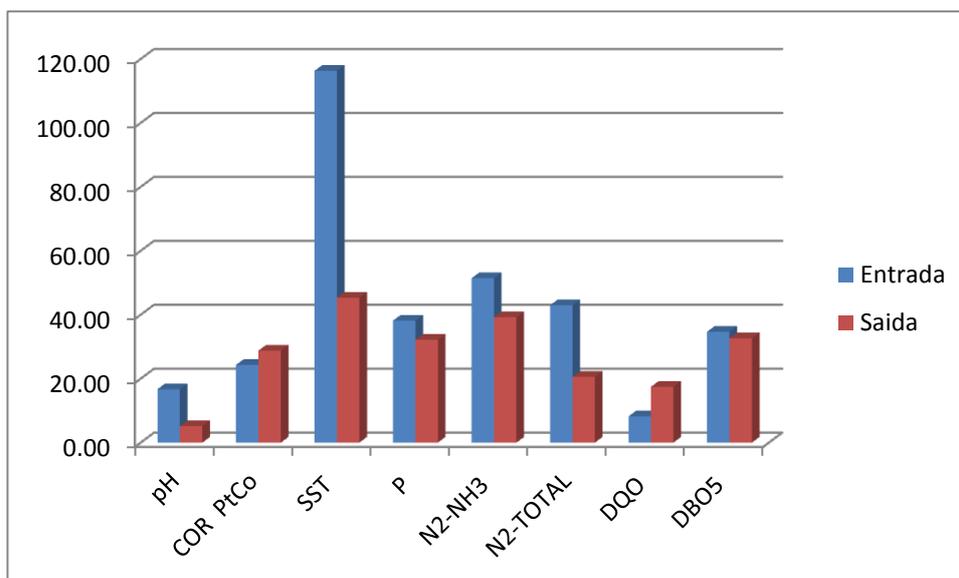


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Outubro/2009

Principais características do efluente em Novembro/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,90	3,92	5,29	0,89	7,98	7,00	7,43	0,38
COR PtCo	5420	2170	4024	979	87,0	28,0	48,9	14,1
SST *	1104	44,0	194	225	15,0	1,00	8,00	3,63
P *	64,0	22,0	37,3	14,2	0,72	0,30	0,48	0,15
N₂-NH₃ *	24,9	8,40	16,1	8,30	2,80	0,94	2,20	0,86
N₂-TOTAL *	32,8	10,4	17,6	7,54	4,87	3,00	3,73	0,77
DQO *	1910	1460	1669	137	115	65,0	89,6	15,6
DBO₅ *	165	100	133	46,0	8,00	5,00	6,50	2,12

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

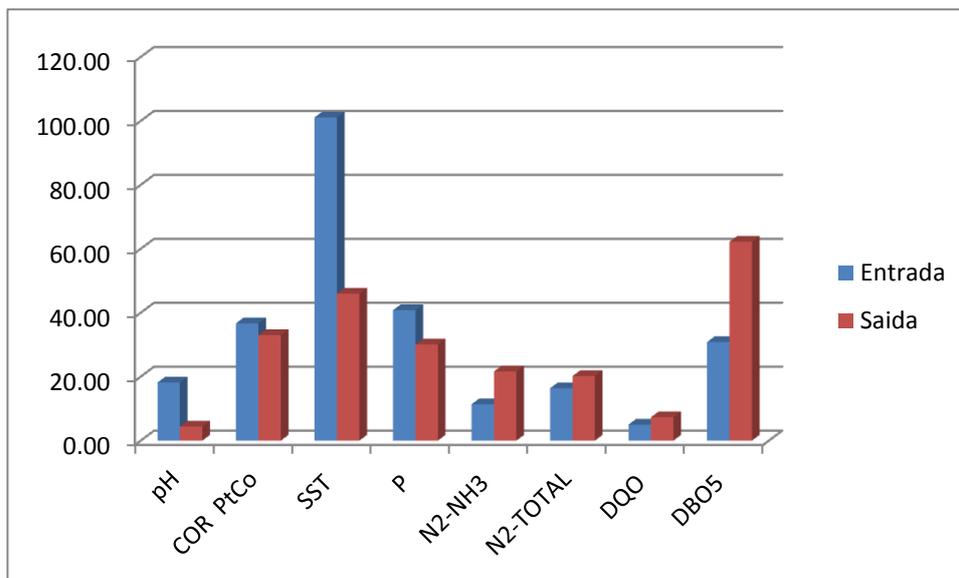


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Novembro/2009

Principais características do efluente em Dezembro/2009

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,87	3,55	5,07	0,92	7,95	6,80	7,57	0,33
COR PtCo	5380	550	3807	1397	90,0	22,0	58,8	19,4
SST *	1228	110	258	261	26,0	0,00	11,1	5,11
P *	133	36,0	73,8	30,1	0,70	0,20	0,45	0,14
N₂-NH₃ *	9,70	7,80	8,97	1,02	2,50	1,50	2,05	0,44
N₂-TOTAL *	15,5	9,80	12,7	2,08	4,56	3,05	3,76	0,76
DQO *	1870	1510	1671	84,1	119	95,0	107	7,84
DBO₅ *	165	100	122	37,5	125	25,0	86,7	53,9

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

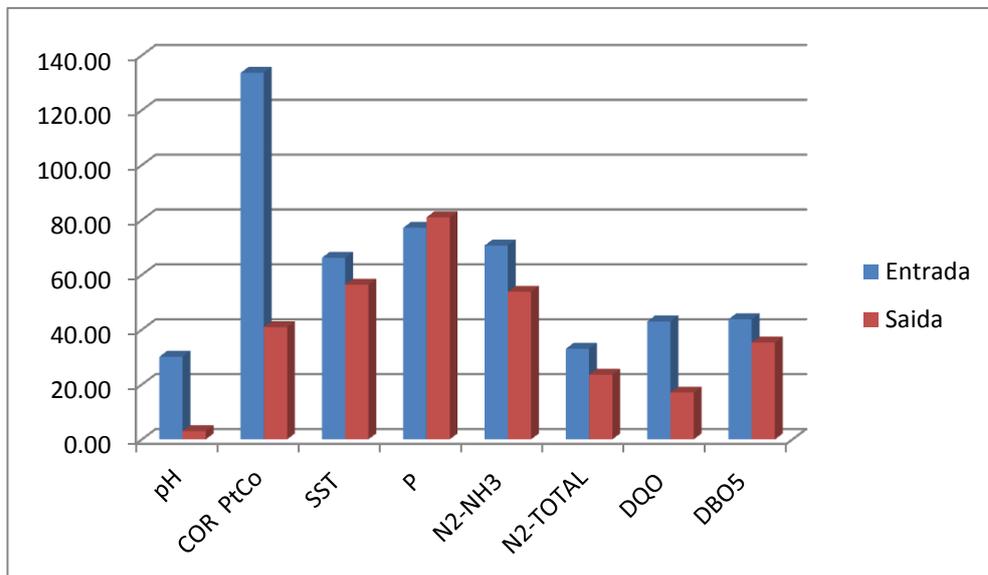


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Dezembro/2009

Principais características do efluente em Janeiro/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,59	2,30	4,51	1,36	7,92	7,17	7,60	0,23
COR PtCo	27500	1040	4301	5747	90,0	12,0	58,1	23,8
SST *	578	48,0	166	110	52,0	8,00	18,6	10,5
P *	370	50,0	118	91,0	2,90	0,30	0,88	0,71
N₂-NH₃ *	15,8	0,70	9,49	6,71	2,31	0,40	1,47	0,79
N₂-TOTAL *	21,0	9,00	13,9	4,59	4,80	2,37	3,74	0,88
DQO *	4000	970	1739	748	142	73,0	99,3	16,9
DBO₅ *	550	210	390	171	55,0	25,0	37,5	13,2

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

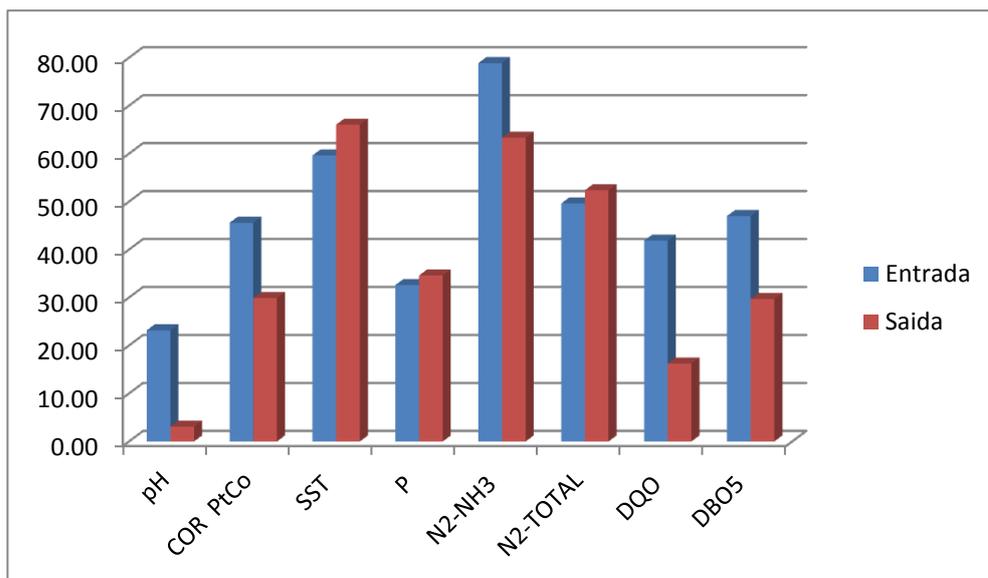


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Janeiro/2010

Principais características do efluente em Fevereiro/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,00	2,63	4,54	1,05	8,00	7,25	7,64	0,24
COR PtCo	8000	1430	4566	2082	96,0	26,0	58,6	17,5
SST *	328	62,0	122	73,0	37,0	4,00	12,9	8,55
P *	130	45,0	78,1	25,5	1,90	0,70	1,15	0,40
N₂-NH₃ *	10,6	0,80	6,40	5,05	2,63	0,50	1,80	1,14
N₂-TOTAL *	26,8	8,00	14,2	7,02	4,90	0,50	3,19	1,67
DQO *	5300	1250	2936	1229	130	64,0	107	17,4
DBO₅ *	1246,00	430	886	416	46,0	25,0	35,3	10,5

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

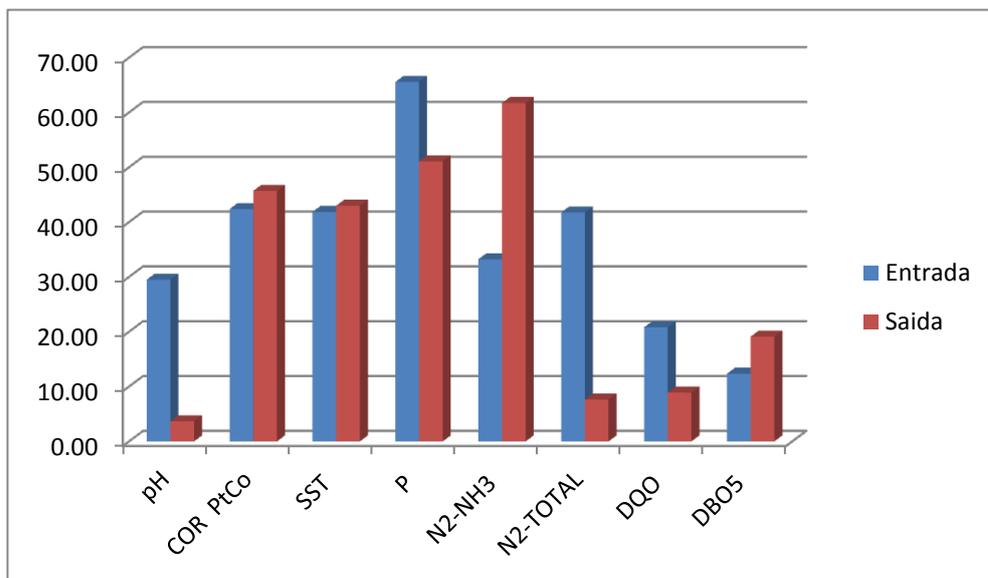


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Fevereiro/2010

Principais características do efluente em Março/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,13	1,49	3,95	1,17	7,81	6,90	7,38	0,27
COR PtCo	5900	1170	3436	1456	78,0	15,0	35,0	16,0
SST *	220	52,0	107	44,9	21,0	5,00	9,59	4,12
P *	275	32,0	101	66,1	1,80	0,40	0,71	0,36
N₂-NH₃ *	7,36	2,50	6,01	2,00	3,90	0,20	2,51	1,55
N₂-TOTAL *	27,3	7,40	14,7	6,12	4,35	3,50	3,93	0,30
DQO *	2080	360	1619	337	119	87,0	100	8,92
DBO₅ *	520	398	469	57,9	32,0	20,0	27,5	5,26

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

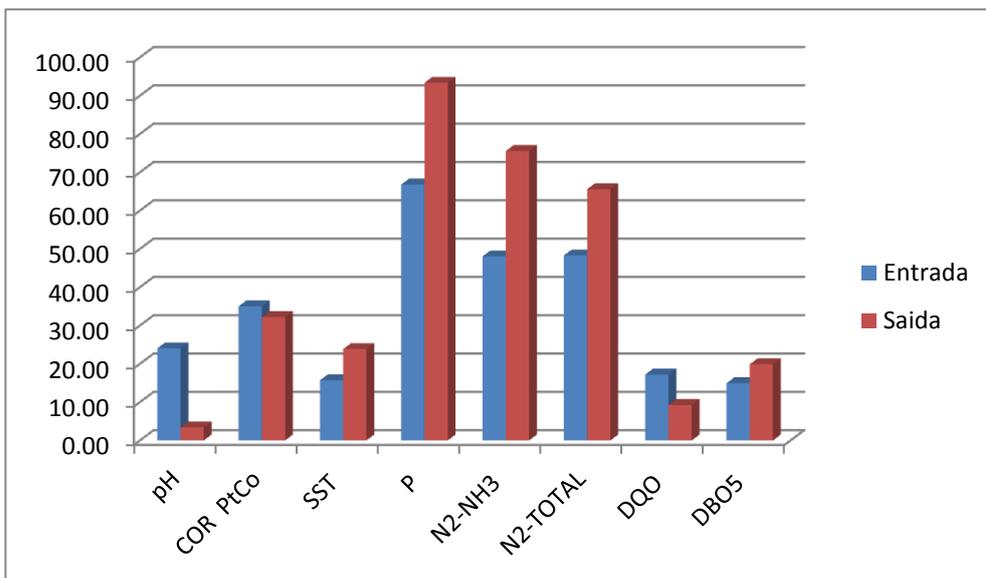


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Março/2010

Principais características do efluente em Abril/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,52	2,63	4,53	1,09	7,99	7,12	7,61	0,26
COR PtCo	8200	2010	4916	1722	52,0	15,0	30,4	9,79
SST *	126	62,0	90,3	14,2	9,00	4,00	5,65	1,35
P *	151	17,0	59,0	39,4	3,00	0,30	0,80	0,75
N₂-NH₃ *	11,0	2,40	7,90	3,80	2,15	0,20	1,22	0,92
N₂-TOTAL *	31,0	8,40	15,2	7,36	4,92	0,20	2,99	1,96
DQO *	2500	760	1687	290	100	72,0	90,9	8,43
DBO₅ *	630	420	512	76,6	25,0	14,0	20,6	4,10

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

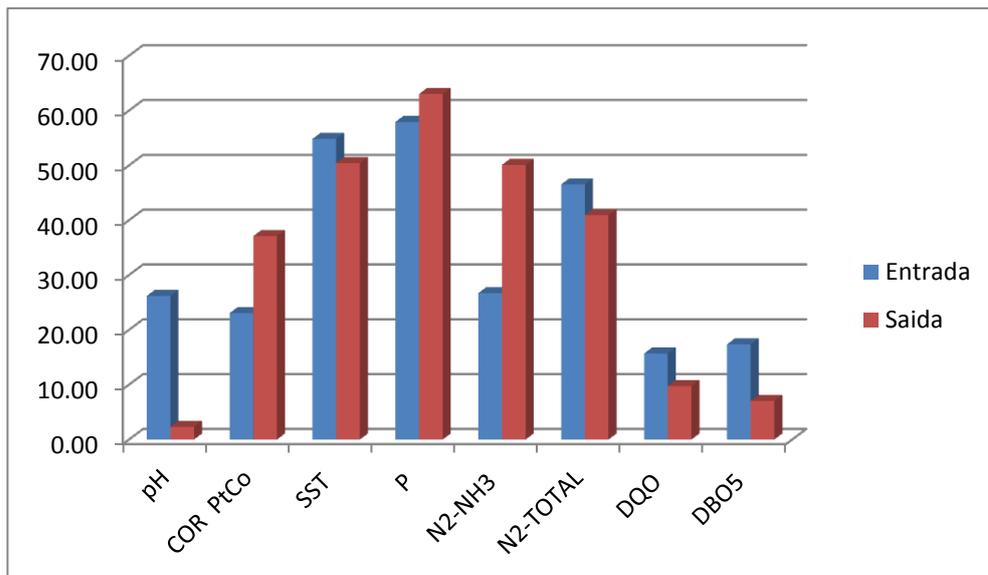


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Abril/2010

Principais características do efluente em Maio/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,64	2,16	4,83	1,26	8,00	7,36	7,63	0,18
COR PtCo	5100	2350	3503	808	58,0	12,0	30,9	11,5
SST *	342	72,0	122	66,7	14,0	2,00	6,17	3,11
P *	160	19,0	74,4	43,1	1,80	0,25	0,96	0,60
N₂-NH₃ *	13,6	7,75	10,5	2,79	2,05	0,76	1,18	0,59
N₂-TOTAL *	31,7	10,3	17,8	8,30	4,16	1,50	2,37	0,97
DQO *	1790	1010	1519	238	98,0	68,0	89,7	8,75
DBO₅ *	424	280	377	65,4	26,0	22,0	24,3	1,71

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

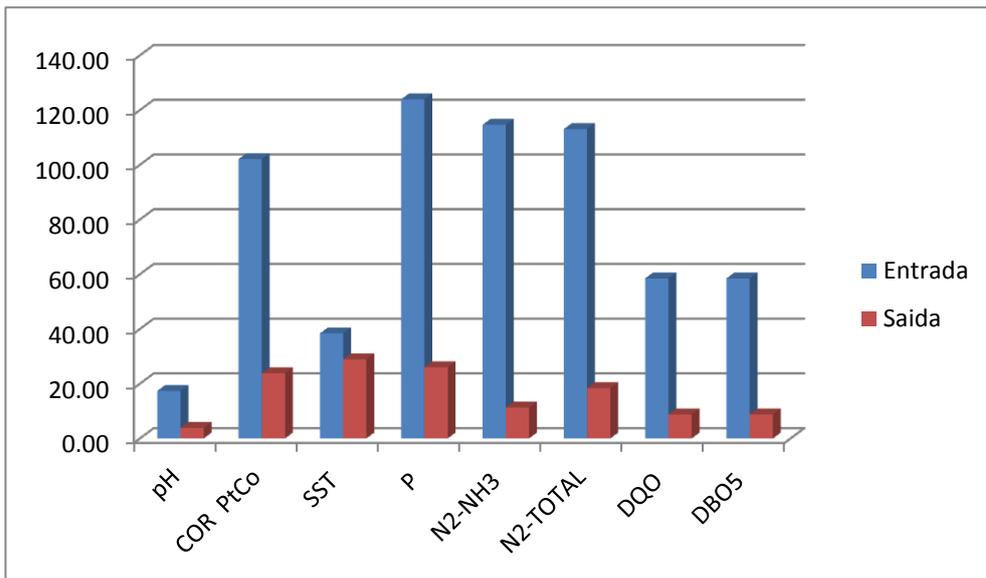


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Maio/2010

Principais características do efluente em Junho/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	5,97	3,15	4,60	0,80	7,97	7,06	7,62	0,30
COR PtCo	29500	3020	7098	7248	32,0	11,0	24,1	5,73
SST *	320	96,0	163	62,7	7,00	3,00	4,59	1,33
P *	600	43,0	129	160	1,60	0,60	1,01	0,26
N₂-NH₃ *	69,0	9,60	29,7	34,1	2,00	1,52	1,79	0,20
N₂-TOTAL *	110	12,1	33,5	37,9	4,81	3,00	3,73	0,69
DQO *	5900	1490	2174	1272	99,0	64,0	91,5	8,02
DBO₅ *	1967	497	725	424	33,0	21,3	30,5	2,67

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

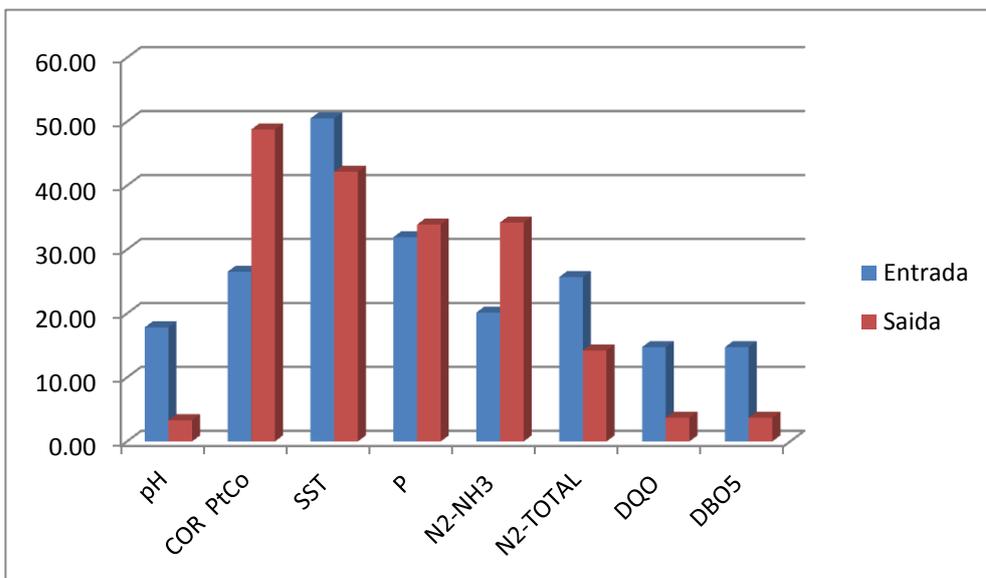


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Junho/2010

Principais características do efluente em Julho/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,02	3,60	5,28	0,94	7,81	6,98	7,51	0,25
COR PtCo	5540	2050	3362	892	91,0	20,0	42,2	20,6
SST *	558	112	179	90,5	28,0	6,00	10,7	4,52
P *	111	16,0	72,2	23,0	1,90	0,60	1,08	0,36
N₂-NH₃ *	12,6	8,24	10,1	2,04	2,00	0,80	1,63	0,56
N₂-TOTAL *	21,0	10,0	15,0	3,84	4,50	2,90	3,50	0,50
DQO *	2080	1120	1579	233	96,0	80,0	90,4	3,35
DBO₅ *	693	373	526	77,6	32,0	26,7	30,1	1,12

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

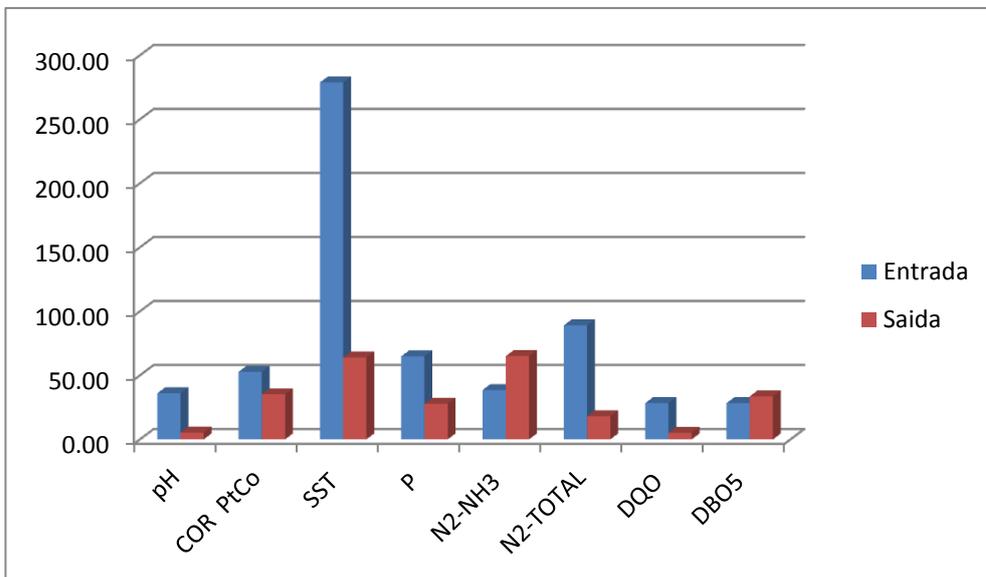


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Julho/2010

Principais características do efluente em Agosto/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	6,11	1,76	3,93	1,42	7,89	6,50	7,07	0,37
COR PtCo	10400	2080	4834	2554	82,0	24,0	55,9	19,7
SST *	9030	92,0	687	1916	40,0	2,00	16,7	10,7
P *	94,0	1,50	57,1	37,1	1,90	0,80	1,38	0,38
N₂-NH₃ *	11,3	4,60	7,26	2,80	2,63	0,69	1,53	1,00
N₂-TOTAL *	84,0	11,7	28,4	25,3	4,10	2,50	3,40	0,61
DQO *	3460	1100	1951	553	100	80,0	90,7	4,64
DBO₅ *	1153	367	650	184	33,3	0,00	27,4	9,22

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

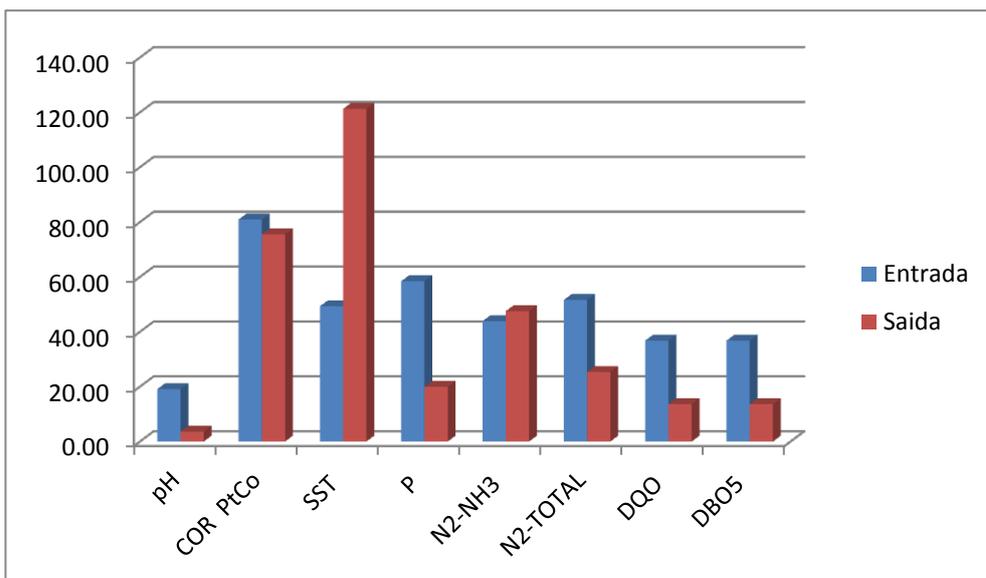


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Agosto/2010

Principais características do efluente em Setembro/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,15	3,21	5,59	1,07	7,67	6,74	7,24	0,26
COR PtCo	10100	1060	3837	3107	99,0	7,00	36,3	27,4
SST *	772	124	370	182	49,0	1,00	11,4	13,8
P *	121	24,0	53,3	31,1	1,90	1,00	1,64	0,33
N₂-NH₃ *	48,0	18,4	37,2	16,3	2,50	0,89	1,49	0,71
N₂-TOTAL *	124	14,0	69,0	35,6	4,76	2,38	3,76	0,95
DQO *	3280	1260	1964	723	96,0	66,0	81,5	11,1
DBO₅ *	1093	420	655	241	32,0	22,0	27,2	3,70

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

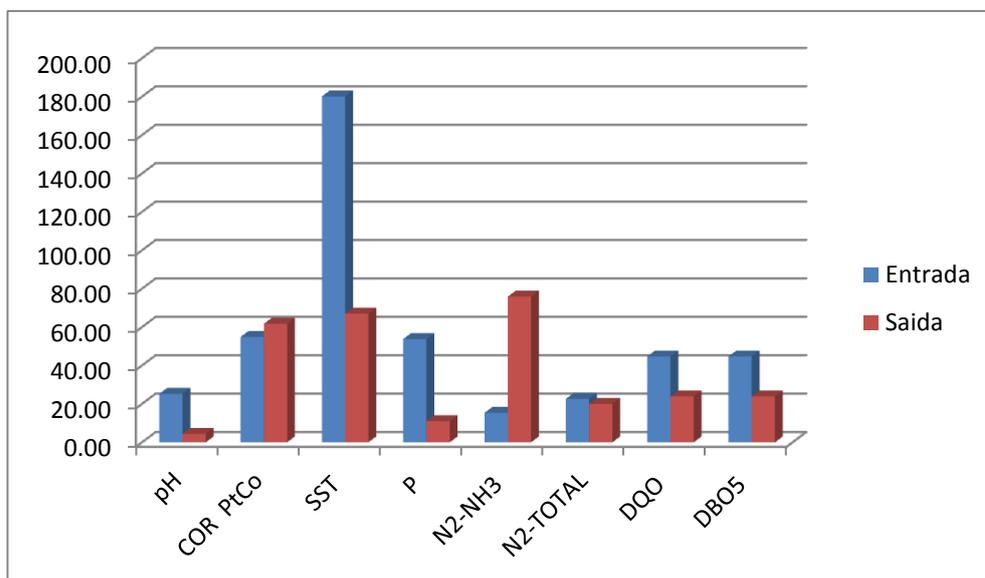


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Setembro/2010

Principais características do efluente em Outubro/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,20	1,98	5,29	1,34	7,90	6,71	7,25	0,32
COR PtCo	10000	990	5225	2870	90,0	8,00	33,7	20,8
SST *	10396	156	1419	2558	25,0	2,00	10,4	6,97
P *	104	12,0	50,8	27,3	1,90	1,30	1,71	0,19
N₂-NH₃ *	23,6	16,4	20,1	3,10	3,50	0,60	1,68	1,27
N₂-TOTAL *	78,7	37,7	58,9	13,3	4,90	2,24	4,09	0,82
DQO *	4620	290	1719	769	100	25,0	80,5	19,2
DBO₅ *	1540	96,7	573	256	33,3	8,33	26,8	6,41

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

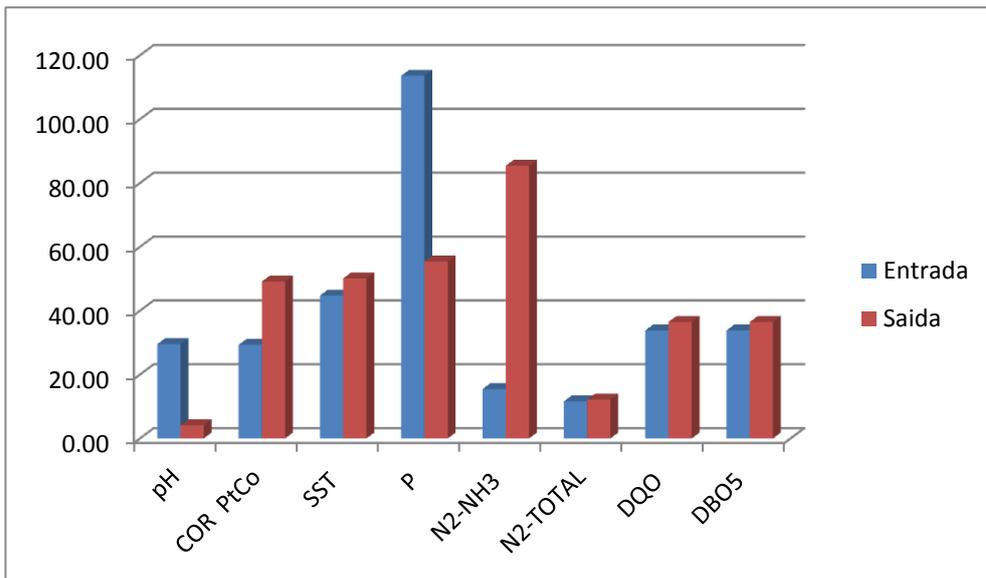


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Outubro/2010

Principais características do efluente em Novembro/2010

	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	5,72	1,24	4,02	1,19	7,84	6,92	7,24	0,30
COR PtCo	5500	1480	4275	1254	70,0	7,00	39,1	19,2
SST *	610	140	257	115	28,0	3,00	11,4	5,72
P *	90,0	1,20	22,0	25,0	1,90	0,20	0,87	0,48
N₂-NH₃ *	28,4	21,3	24,2	3,74	6,30	1,04	3,21	2,75
N₂-TOTAL *	43,6	31,4	37,0	4,30	4,50	3,10	4,06	0,49
DQO *	1860	134	1381	467	141	13,3	94,7	34,6
DBO₅ *	620	44,7	460	156	47,0	4,43	31,6	11,5

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L

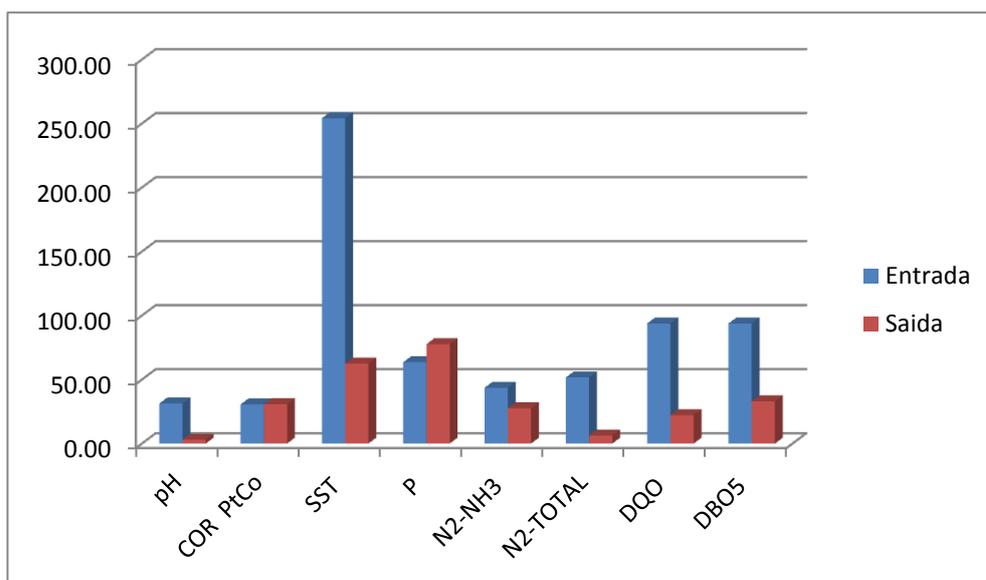


Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Novembro/2010

Principais características do efluente em Dezembro/2010

Variável	ENTRADA				SAÍDA			
	MAX	MIN	MEDIA	DP	MAX	MIN	MEDIA	DP
pH	7,80	2,66	4,76	1,49	8,17	7,25	7,79	0,23
COR PtCo	5500	1770	3957	1212	90,0	11,0	61,4	18,9
SST *	9608	110	821	2086	47,0	6,00	14,9	9,32
P *	52,0	2,50	20,9	13,3	1,60	0,18	0,62	0,48
N₂-NH₃ *	8,70	2,50	6,65	2,90	2,17	1,20	1,66	0,46
N₂-TOTAL *	23,2	5,80	10,5	5,41	4,60	3,90	4,25	0,27
DQO *	8500	1280	2189	2055	149	78,0	113	25,1
DBO₅ *	2833	427	730	685	49,7	0,00	36,1	11,9

DP = Desvio Padrão, n=5 * Unidade: mg/L



Coeficiente de Variação dos parâmetros do efluente em Dezembro/2010