



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**REMOÇÃO DE FOSFORO NA UNIDADE DE FLOTAÇÃO DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

FERNANDO RUAS MACHADO

Uberlândia

2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

REMOÇÃO DE FÓSFORO NA UNIDADE DE FLOTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Fernando Ruas Machado

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração Desenvolvimento de Processos Químicos (Engenharia Ambiental).

Uberlândia – MG

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M149r Machado, Fernando Ruas, 1968-

Remoção de fósforo de unidade de flotação da estação de tratamento de esgoto / Fernando Ruas Machado. - 2007.

79 f. : il.

Orientador: Carlos Henrique Ataíde.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Inclui bibliografia.

1. Esgotos domésticos - Tratamento - Teses. 2. Flotação - Teses. 3. Engenharia química - Teses. I. Ataíde, Carlos Henrique. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. III. Título.

CDU: 628.345

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela capacidade de realização deste trabalho.

À minha família pelo incentivo.

Aos meus filhos Fernando Filho e Anaisa, a minha esposa Ana Cláudia e ao meu irmão Rogério pela compreensão no decorrer desses anos.

Aos colegas de mestrado Sandra Mara Rocha, José Roberto Venturi e Marcelo Costa Araújo exemplo de coleguismo durante meus estudos e pesquisas.

Ao Diretor Técnico do DMAE, Sr. José Carlos Rosseti cuja acessibilidade aos equipamentos técnicos disponibilizou a execução deste trabalho.

Ao Orientador Prof. Dr. Carlos Henrique Ataíde, exemplo maior de dedicação ao ensino e pesquisa científica.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas	i
Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	iv
Resumo	v
<i>Abstract</i>	vi
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIGRÁFICA.....	04
2.1 - Fósforo no esgoto sanitário	04
2.2 - Flotação por Ar Dissolvido (FAD)	10
2.2.1 – Coagulação e floculação	13
2.2.2 – Fatores que interferem na Flotação por Ar Dissolvido (FAD).....	17
a) Tamanho das microbolhas.....	17
b) Produtos químicos empregados na floculação/flotação.....	18
c) Hidrofobicidade	19
2.3 - Flotação como sistema complementar de reatores anaeróbios	20
2.3.1 – Experiência da EESC/USP	20
2.3.2 - Experiência da CAESB	25
CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 – Acompanhamento da Instalação na Unidade de flotação.....	27
3.2 - Unidade de flotação	33
3.2.1 - Bacia de floculação	36
3.2.1.1 - Medição de vazão.....	36
3.2.1.2 - Sistema de aeração.....	36
3.2.1.3 – Dosagem de produtos químicos	38
3.2.1.4 – Armazenamento dos produtos químicos	41

3.2.2 – Bacia de flotação	41
3.2.2.1 – Sistema de microaeração	43
3.2.2.2 – Sistema de limpeza de paredes	45
3.2.3 - Sistema para remoção do lodo flotado	48
3.2.4 – Sistema para arraste e adensamento do lodo	49
3.2.5 – Tratamento do lodo	49
3.2.6 – Módulo de equipamentos	50
3.3 – Planejamento experimental	51
3.4 – Análise estatística das respostas	57
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 – Planejamento fatorial a dois níveis (2 κ).....	59
4.2 – Planejamento Composto Central (PCC)	63
4.3 – Análise das superfícies de resposta	68
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO	73
5.1 – Conclusões.....	73
5.2 – Sugestões	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE	

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO: Demanda Química de Oxigênio.

DMAE: Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia.

ETE: Estação de tratamento de esgoto.

ETA: Estação de tratamento de água.

FAD: Flotação Ar Dissolvido.

RAFA: Reator anaeróbio de fluxo ascendente.

PCC: Planejamento Composto Central.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Diagrama de equilíbrio de solubilidade para fosfatos de Fe, Al e Ca.....	07
Figura 2.2 - Curva característica da concentração de ortofosfato residual em função da ‘ dosagem de Fe.....	09
Figura 2.3 - Comportamento característico da concentração de fosfato total residual.....	10
Figura 2.4 - A unidade convencional do FAD, com água reciclada no saturador.....	11
Figura 2.5 - Definição esquemática da formação de pontes entre partículas com aplica- ção de polímeros orgânicos	16
Figura 2.6 – Ângulo de contato entre uma partícula numa superfície líquida	19
Figura 2.7 - Esquema geral do Flotateste.....	22
Figura 3.1 – Desarenador e gradeamento	28
Figura 3.2 – Reator anaeróbica e filtro biológico	28
Figura 3.3 – Módulo de escoamento	29
Figura 3.4 – Início das obras – 31/05/2005	30
Figura 3.5 – Fundação do canal de tratamento e módulo de equipamentos – 22/06/2005..	30
Figura 3.6 – Vista geral da construção – 22/07/2005	31
Figura 3.7 – Término da construção do canal de tratamento e módulo de equipamentos – 17/10/2005	31
Figura 3.8 – Término de construção do leito de secagem de lodo – 17/10/2005.....	32
Figura 3.9 – Fluxograma ETE Ipanema.....	33
Figura 3.10- Planta da unidade de flotação	34
Figura 3.11- Vista lateral do canal de tratamento	35
Figura 3.12- Sistema de aeração – floculação	37
Figura 3.13- Detalhe da tabulação de PVC – Floculação.....	37
Figura 3.14- Detalhe dos difusores – (a) vista lateral e (b) Corte C-C.....	38
Figura 3.15- Fluxograma da dosagem de produtos químicos	39
Figura 3.16- Planta do sistema de dosagem de produtos químicos	40
Figura 3.17- Detalhe do sistema de armazenamento de coagulante	41

Figura 3.18- Fluxograma bacia de flotação	42
Figura 3.19- Planta do sistema de microaeração.....	44
Figura 3.20- Corte transversal do sistema de microaeração.....	44
Figura 3.21- Corte lateral do sistema de microaeração.....	44
Figura 3.22- Detalhe da furação.....	45
Figura 3.23- Planta sistema de limpeza de paredes.....	46
Figura 3.24- Vista lateral do sistema de limpeza de paredes	47
Figura 3.25- Detalhe da furação.....	47
Figura 3.26- Detalhe da “Cortina de ar”.....	47
Figura 3.27- Vista lateral do sistema de remoção de lodo	48
Figura 3.28- Detalhes do sistema de remoção do lodo	48
Figura 3.29- Ventilador centrífugo	49
Figura 3.30- Planta leito de secagem.....	50
Figura 3.31- Planta do módulo de equipamentos	50
Figura 4.1 – Gráfico dos efeitos estimados <i>versus</i> escores normais	60
Figura 4.2 – Gráfico dos efeitos estimados <i>versus</i> escores normais	63
Figura 4.3 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das concentra- ções de coagulante e vazão de ar	69
Figura 4.4 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das concentra- ções de coagulante e polímero	70
Figura 4.5 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das concentra- ções de coagulante e velocidade roda dragagem.....	70
Figura 4.6 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das vazão de ar e polímero	71
Figura 4.7 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das velocidade da roda de dragagem e polímero.....	71
Figura 4.8 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função das velocidade Da roda de dragagem e vazão de ar	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Precipitados formados durante a precipitação químicas do fosfato	06
Tabela 3.1 – Esquema do planejamento fatorial 2^4	51
Tabela 3.2 – Esquema do planejamento composto central	52
Tabela 3.3 – Variáveis do processo	56
Tabela 3.4 – Matriz do planejamento composto central	57
Tabela 4.1 – Teores de fósforo (P) do efluente tratado	59
Tabela 4.2 – Resultados da remoção de Fósforo	60
Tabela 4.3 – Estimação dos efeitos das variáveis	61
Tabela 4.4 – Efeitos significativos.....	63
Tabela 4.5 – Resultados da remoção de Fósforo (PCC)	65
Tabela 4.6 – Resultados da regressão múltipla para a remoção de Fósforo	66
Tabela 4.7 – Parâmetro relevantes da regressão múltipla para a remoção de Fósforo.....	67

RESUMO

A flotação por ar dissolvido (FAD) é uma tecnologia eficaz na remoção do fósforo durante o tratamento de esgoto sanitário. A cidade de Uberlândia, atualmente, trata todo o esgoto doméstico, através de três estações equipadas com reatores anaeróbios seguidos de unidade de flotação. Os esgotos sanitários geralmente apresentam entre 4 e 15 mg/L de fósforo (METCALF; EDDY, 1991). O fósforo, que se encontra no esgoto sob a forma de fosfato, é o principal fator limitante da produtividade na maioria das águas continentais, sendo responsável pela eutrofização artificial. É necessário que se promova a coagulação química e a floculação das partículas dispersas na água para que a flotação de esgotos sanitários tenha sucesso. A hidrofobicidade, a presença de micro bolhas de ar, e os produtos químicos adicionados ao afluente, também são fatores indispensáveis no processo de flotação. A operação da unidade de flotação envolve diversas variáveis, sendo as principais vazão de ar, velocidade da roda de dragagem, concentração de coagulante e polímero. Assim, a análise e planejamento dos experimentos são mais confiáveis, quando se utiliza técnicas estatísticas. A determinação de uma relação entre as variáveis do processo e a remoção de fósforo proporciona uma melhor avaliação da eficiência da unidade de flotação. Dentro desta visão, realizou-se um planejamento composto central para determinar a equação de remoção de fósforo em função da vazão de ar, da velocidade da roda de dragagem, concentração de coagulante e polímero. De acordo com os principais resultados experimentais a eficiência média obtida foi de 85% na unidade de flotação, o que possibilitou uma melhoria na qualidade ambiental do corpo hídrico receptor destes efluentes tratados. As variáveis de concentração de coagulante e da vazão de ar influenciam significativamente na remoção de fósforo. O polímero catiônico utilizado durante o decorrer deste trabalho não se mostrou eficiente no tratamento do efluente pós-reator. As melhores condições operacionais para a ETE-Ipanema foram determinadas no nível intermediário da faixa experimental utilizada (concentração de coagulante de 80 ppm, concentração de polímero de 2,5 ppm, velocidade da roda de dragagem de 1,15 RPM e vazão de ar de 20 L/s), pois foram alcançados altos valores de remoção de fósforo aliados a uma diminuição do uso de insumos e menor desgaste da unidade de flotação.

Palavras-chave: Flotação, Tratamento de Esgoto Sanitário e Fósforo.

ABSTRACT

The flotation made by dissolved air (DFA) is an effective technology on the removal of the phosphorus during the treatment of the sewage system. The city of Uberlândia, nowadays, treats the whole domestic sewage, through three stations equipped with anaerobic reactors followed by the units of flotation. The sewage systems normally present between 4 and 15 mg / L of phosphate (METCALF; EDDY,1991). The phosphorus that is found in the sewage system under the format of phosphate is the most important limiting factor of the productivity in the most of the continental waters, being responsible for the artificial eutrophication . It's necessary to promote the chemical coagulation and the flocculation of the scattered particles in the water so that the flotation of the sewage system becomes successful. The hydrophobicity, the presence of micro air bubbles, and the chemical products added to the tributary, are also essential factors in the flotation process. The operation of flotation unit involves many variables, and the most important are the outflow of the air, the velocity of the dredging machine, the concentration of coagulant and polymer. This way, the planning and analysis of the experiments are more trustworthy, when statistic techniques are used. The determination of a relationship between the variables of the process and the removal of phosphorus provides a better evaluation of the efficiency of the flotation unit. From this perspective, a central compound planning was made to determine the equation of the removal of the phosphorus because of the outflow of the air, the velocity of the dredging machine, the concentration of coagulant and polymer. According to the main experimental results the average of the efficiency was 85% on the flotation unit, which provided an improvement of the environmental quality of the hydric body that receives the treated effluents. The variables of the concentration of coagulant and the outflow of the air influence significantly on the removal of the phosphorus. The cationic polymer used through this work did not prove efficient on the treatment of the pos reactor effluent. The best operational conditions for ETE-Ipanema were determined on the intermediary level of the experimental range used (the concentration of coagulant of 80 ppm, the polymer concentration of 2,5 ppm, the velocity of the dredging machine of 1,15 RPM and the outflow of the air of 20 L/s), since high values of phosphorus removal was reached together with a decrease of the use of inputs and a lesser wearing of the unit of flotation.

Keywords: flotation, treatment of the sewage and phosphorus

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O presente trabalho terá como objetivo avaliar a eficiência de remoção de fósforo na unidade de flotação instalada junto a ETE–Ipanema, operada pelo DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia. Para a realização dos objetivos deve-se utilizar um planejamento de experimentos para avaliar o efeito dos parâmetros operacionais (concentração de coagulante, concentração de polímero, velocidade da roda de dragagem e vazão de ar) na variável resposta (remoção de fósforo) e selecionar as melhores condições operacionais.

A remoção de nutrientes do efluente pós-tratamento de esgoto constitui, atualmente, uma séria preocupação ambiental. A presença desses componentes é considerada como fator de aceleração do processo de eutrofização, principalmente em ambientes sensíveis como lagos e represas. Assim como o nitrogênio, o fósforo é um dos principais nutrientes para os processos biológicos. Em decorrência de sua característica de macro-nutriente, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, contudo, conduz aos processos de eutrofização de águas naturais.

Em linhas gerais a eutrofização dos corpos d'água consiste no enriquecimento das águas por nutrientes tendo como consequência mais comum o crescimento de plantas aquáticas. Esse processo não é função exclusiva da presença de nutrientes na água, ocorrendo também por fatores físicos ambientais e naturais, dentre os quais se destacam a transparência e temperatura da água, bem como dinâmica de movimentação do corpo d'água. Em níveis baixos a eutrofização pode ser benéfica, aumentando a capacidade de manutenção da vida aquática do corpo hídrico. Entretanto, em níveis excessivos, a eutrofização passa a prejudicar os usos da água através de interferências variadas tais como: acúmulo de algas na superfície da água causando interferências estéticas e geração de odores fétidos; variações diurnas acentuadas de oxigênio dissolvido com conseqüente esgotamento no período da noite podendo causar mortalidade de peixes; sedimentação da matéria orgânica em decomposição no fundo dos corpos d'água, com redução do oxigênio dissolvido na camada do fundo do corpo d'água.

A remoção do fósforo durante o tratamento de esgoto sanitário é extremamente importante, visto que a mesma melhora a qualidade ambiental dos corpos hídricos e a flotação por ar dissolvido (FAD) torna-se uma alternativa para solucionar tais problemas e vem sendo

freqüentemente utilizada como técnica de polimento de efluente final de tratamentos biológicos de esgotos na Europa, nos EUA e também no Brasil.

A história do saneamento básico no Brasil mostra que até o início da década de 1980, a quase totalidade das estações de tratamento de esgoto eram projetadas com aplicação de processos aeróbios como unidade principal para a remoção de matéria orgânica. Processos físico-químicos eram utilizados apenas em condições especialmente favoráveis e os reatores anaeróbios, a exemplo do que compõe a ETE-Ipanema, eram usados principalmente para digerir o lodo. A partir da década de 1990, o uso dos reatores anaeróbios como unidade principal de remoção de matéria orgânica nas ETE's começou a se disseminar com maior intensidade no Brasil, principalmente em função da conjunção de alguns fatores: a compreensão de que os reatores anaeróbios podem ser empregados para a remoção de matéria orgânica dissolvida; a crise energética que resultou na busca por alternativas que envolvam baixo consumo de energia; e a alta quantidade de lodo produzida pelos processos aeróbios.

É consenso que devido à natureza do tratamento anaeróbio, na maior parte dos casos o efluente pós-reator necessita passar por tratamento suplementar para adequação aos padrões de emissão exigidos pela legislação vigente. Entretanto a aplicabilidade da tecnologia anaeróbia para o tratamento tem como condicionante relevante a temperatura do esgoto em função da baixa atividade das bactérias anaeróbias em temperaturas inferiores a 20° C e à inviabilidade de aquecimento dos reatores. No final da década de 90, nos países de clima tropical ou subtropical, como por exemplo no Brasil e México, onde as temperaturas são altas durante quase todo ano, diversas estações de tratamento anaeróbio já se encontravam em operação.

Durante os anos 1980 e até final dos anos 1990, os tratamentos suplementares do efluente pós-reator para adequação aos padrões de emissão eram freqüentemente efetuados por lagoas de estabilização, filtros aeróbios, lodos ativados e reatores seqüenciais em batelada. A associação desses processos, entretanto, além de apresentar problemas operacionais e exigir a implementação de muitas unidades não tem demonstrado a eficiência necessária e não promove a adequação do efluente final aos padrões de emissão exigidos.

Até recentemente constituía pensamento corrente que o tratamento de esgoto associando-se processos anaeróbios com processos físico-químicos não apresentaria resultados e custos competitivos. Entretanto a flotação por ar dissolvido (FAD) revela-se como uma das tecnologias mais promissoras e capazes de solucionar os problemas causados pela associação dos processos anaeróbios como tratamento primário seguido por tratamentos

físico-químicos suplementares. Isso ocorre, pois o processo físico-químico por flotação, utilizado na seqüência a sistemas de tratamento biológico de esgotos sanitários, apresenta elevada eficiência para a remoção de sólidos suspensos, fósforo (com a aplicação do coagulante adequado) e carga orgânica associada ao material coloidal e em suspensão presente neste tipo de esgoto.

A cidade de Uberlândia trata atualmente 100% do esgoto doméstico gerado no perímetro urbano através de um sistema de coleta dotado de 141.000 m de coletores, troncos, interceptores, emissários e 19 elevatórias interligadas a três estações de tratamento de esgoto (ETE-Ipanema, ETE-Aclimação e ETE-Uberabinha).

A ETE-Uberabinha possui 8 reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA) ligados a uma unidade de flotação tratando atualmente mais de 1.000 L/s de esgoto doméstico. As ETEs Aclimação e Ipanema são menores e possuem cada reator anaeróbio ligado a uma unidade de flotação. No caso da ETE-Ipanema, que é objeto deste trabalho, a eficiência na remoção de fósforo total no reator anaeróbio varia de 10% a 20%, sendo considerada relativamente insatisfatória. Isto implica na necessidade do “polimento” do efluente pós-reator utilizando a unidade de flotação para a adequação ambiental aos limites compatíveis com o lançamento nos corpos receptores.

Para discorrer sobre a remoção de fósforo da unidade de flotação será mencionado no Capítulo II sobre o fósforo presente nos esgotos sanitários, sobre a flotação por ar dissolvido (FAD) e os fatores que interferem na mesma, especialmente a coagulação e a floculação. No Capítulo III será mostrado o acompanhamento da construção da unidade de flotação, principalmente as bacias de floculação e de flotação, além do detalhamento dos componentes mais importantes para seu funcionamento. No Capítulo IV serão apresentados e discutidos os resultados obtidos conforme o planejamento composto central, as variáveis que interferem significativamente no processo de remoção de fósforo, e no Capítulo V será concluído o trabalho indicando as melhores condições operacionais para a ETE-Ipanema.

CAPÍTULO II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A qualidade dos efluentes de reatores anaeróbios, durante o tratamento de esgotos sanitários, em geral, não atende às exigências ambientais de descarte final. Conseqüentemente é necessária a aplicação de um sistema complementar, de pós-tratamento, para a melhoria do efluente final da estação. Uma alternativa atraente para o pós-tratamento desses efluentes anaeróbios é a flotação. A flotação remove sólidos em suspensão e, quando em combinação com agentes coagulantes, podem remover nutrientes, principalmente o fósforo, e parcela da matéria orgânica dissolvida.

2.1 Fósforo no Esgoto Sanitário

ESTEVES *apud* PENETRA (1998) comenta que a importância do fósforo nos sistemas biológicos deve-se à sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular (através de fosfolipídeos). O fósforo é o principal fator limitante da produtividade da maioria das águas continentais e tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Todo fósforo presente em águas naturais, seja na forma iônica, seja na forma complexada, encontra-se sob a forma de fosfato. Atualmente, a maioria dos pesquisadores tem empregado umas classificações sumárias, que agrega as várias formas em apenas cinco: fosfato particulado (P-particulado), fosfato orgânico dissolvido (P-orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo (P-orto), fosfato total dissolvido (P-total dissolvido) e fosfato total (P-total).

Dentre as formas de fosfato, o P-orto assume maior relevância, por ser a principal forma assimilada pelos vegetais aquáticos, e pode ser encontrado sob diferentes espécies iônicas, em função do pH do meio.

Ainda segundo o autor, o fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem em fontes naturais (rochas de bacias de drenagem, material particulado presente na atmosfera e fosfato, resultante da decomposição de organismos de origem alóctone) e artificiais (esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial, presente na atmosfera).

A disponibilidade de nitrogênio e fósforo nas águas superficiais tende a causar um crescimento excessivo da vida aquática, que utiliza esses elementos para sua síntese celular (notadamente os organismos autotróficos, como algas). Desta forma, pode ocorrer o crescimento exponencial da biomassa (autotrófica) nas águas, quando nitrogênio e fósforo estão disponíveis em abundância. Esta biomassa pode produzir oxigênio dissolvido (OD), durante o dia, pela fotossíntese, mas à noite haverá consumo de oxigênio e a concentração de OD pode atingir níveis baixos demais para sustentar a vida de outros organismos, como peixes, por exemplo. Essa deterioração da qualidade da água é denominada eutrofização conforme defendido por VAN HAANDEL; LETTINGA (1994). O fósforo presente nos esgotos sanitários é oriundo das seguintes fontes: de águas pluviais carreadoras de resíduos urbanos; de resíduos humanos; de usos comerciais e industriais; de detergentes sintéticos e produtos de limpeza doméstica conforme estabelecido por JENKINS; HERMANOWICZ (1991).

Os esgotos sanitários geralmente apresentam entre 4 e 15 mg/L de fósforo (METCALF; EDDY, 1991). YEOMAN *et al.* (1993) relatam que o interesse pelo fósforo tem aumentado nos últimos anos, devido ao aumento da eutrofização das águas. Uma das soluções é o tratamento químico, visando especificamente a remoção de fósforo nos pontos de origem, reduzindo sua carga de lançamento nos corpos d'água. Excelentes remoções de fósforo podem ser conseguidas utilizando coagulantes comuns, tais como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico, apesar das alterações na qualidade e na quantidade do lodo produzido.

A remoção do fosfato das águas residuárias envolve a incorporação do fosfato em uma forma particulada (sólidos suspensos) e, na seqüência, a remoção dos sólidos suspensos. Os tipos de sólidos suspensos nos quais os fosfatos podem ser incorporados são biológicos (microrganismos) ou químicos (fosfatos de metal precipitados pouco solúveis). A precipitação química do fosfato é necessária quando os limites de emissão de fósforo são menores do que aqueles alcançados pelo tratamento biológico. A precipitação do fosfato é conseguida pela adição de um metal, o que acarreta a formação dos fosfatos precipitados pouco solúveis. Este metal pode ser o cálcio (Ca^{+2}), o ferro (Fe^{+2} ou Fe^{+3}) ou o alumínio (Al^{+3}). Os sais normalmente empregados são a cal ($Ca(OH)_2$), o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), o aluminato de sódio ($NaAlO_2$), o cloreto férrico ($FeCl_3$), o sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$), o sulfato ferroso ($FeSO_4$) e o cloreto ferroso ($FeCl_2$).

O conhecimento da natureza dos fosfatos formados pela adição destes precipitantes às águas residuárias, de sua solubilidade e de suas variações de solubilidade, de acordo com as condições da solução, é essencial para a previsão e o controle dos resultados da remoção

química de fosfato. Uma lista de alguns sólidos que podem ser formados é apresentada na Tabela 2.1. É importante ressaltar que outros sólidos que não contenham fosfato também podem ser formados.

JENKINS; HERMANOWICZ (1991) defendem que durante a formação, estes sólidos consomem uma parcela dos precipitantes e há produção adicional de lodo.

Os fatores que afetam a escolha de determinado produto químico, visando remoção de fósforo são conforme observa METCALF; EDDY (1991):

- concentração de fósforo afluente;
- concentração de sólidos suspensos nos esgotos;
- alcalinidade;
- custos do produto químico (inclusive transporte);
- fornecimento garantido do produto;
- meios adequados para disposição final;
- compatibilidade com outros processos.

Tabela 2.1 – Precipitados formados durante a precipitação química do fosfato.

Metal	Precipitado	pH	Comentário
Ca^{+2}	Vários fosfatos de cálcio, ex: Fosfato de β -tricálcio: $Ca_3(PO_4)_2$ (s) Hidroxiapatia: $Ca_5(OH)(PO_4)_3$ (s) Fosfato de dicálcio: $CaHPO_4$ (s) Carbonato de cálcio: $CaCO_3$	≥ 10 $\leq 9,5$	Produz as menores concentrações residuais de P. A alcalinidade da água determina a dosagem por causa da formação de $CaCO_3$. P residual entre 1 e 2 mg/L.
Fe^{+2}	Fosfato Ferroso: $Fe_3(PO_4)$ (s) Fosfato Férrico: $Fe_x(OH)_y(PO_4)_3$ (s) Hidróxido ferroso: $Fe(OH)_2$ (s) Hidróxido férrico: $Fe(OH)_3$ (s)	6 a 8,5	Há alguma oxidação de Fe^{+2} a Fe^{+3} .
Fe^{+3}	Fosfato Férrico: $Fe_x(OH)_y(PO_4)_z$ (s) Hidróxido férrico: $Fe(OH)_3$ (s)	6 a 8,5	
Al^{+3}	Fosfato alumínio: $Al_x(OH)_y(PO_4)_3$ (s) Hidróxido de alumínio: $Al(OH)_3$ (s)	6 a 8,5	

Fonte: JENKINS; HERMANOWICZ (1991).

Por causa da reação da cal com a alcalinidade do esgoto, a quantidade de cal necessária, em geral, será independente da quantidade de fósforo presente e dependerá basicamente da alcalinidade do esgoto. A quantidade de cal necessária para precipitar o fósforo no esgoto é, tipicamente, de 1,4 a 1,5 vezes a alcalinidade total, expressa em mg CaCO_3/L (METCALF ; EDDY, 1991). A curva de solubilidade para o “fosfato de cálcio”, mostrada na Figura 2.1, é uma das muitas que poderiam ter sido construídas, tendo em vista a ampla variedade possível de formação de fosfatos de cálcio. Entretanto, a curva apresentada refere-se somente a CaCO_3 (s) (calcita) e a $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ (s) (hidroxiapatita). A curva indica que, para alcançar baixa concentração residual de ortofosfato solúvel, o pH deve ser elevado a valores maiores que 10 (JENKINS; HERMANOWICZ, 1991). A cal é menos utilizada no tratamento de águas residuárias por causa do aumento substancial na massa de lodo, quando comparado aos sais de metal, e devido a problemas de operação e manutenção, associados à manipulação, estocagem e dosagem da cal (METCALF; EDDY, 1991).

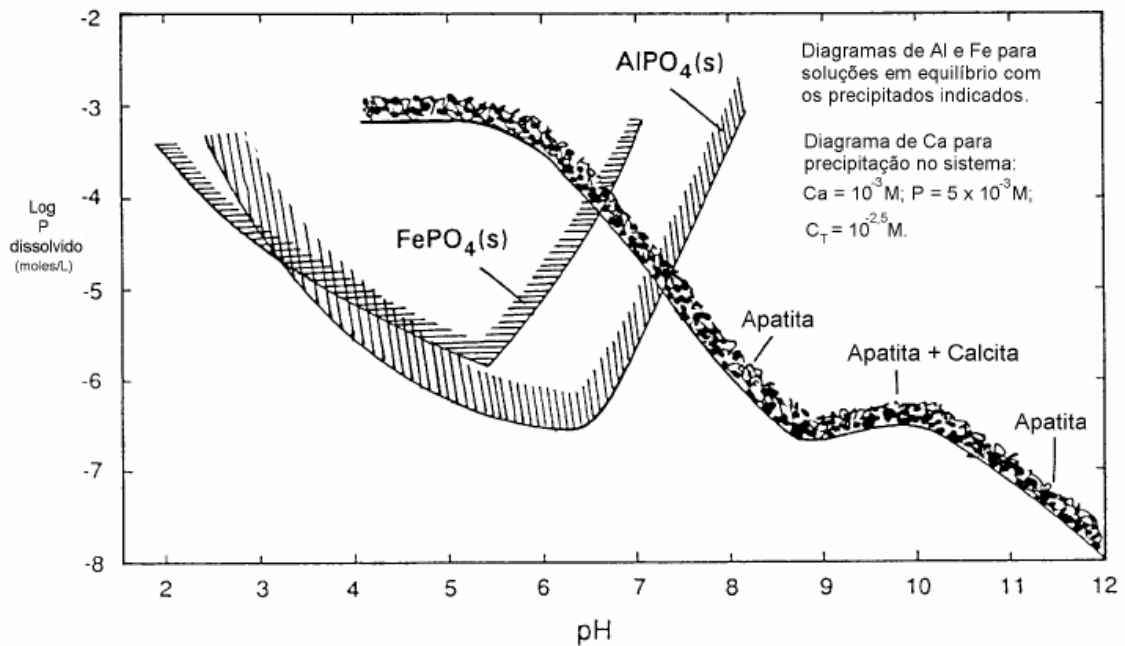


Figura 2.1. Diagrama de equilíbrio de solubilidade para fosfatos de Fe, Al e Ca.

Fonte: (JENKINS; HERMANOWICZ, 1991).

Quando sais de ferro são adicionados às águas residuárias brutas, eles reagem com o ortofosfato solúvel e produzem um precipitado, segundo as reações:



Em águas com baixa alcalinidade, devido ao consumo de OH^{-} , a adição de uma base ocasionalmente pode ser necessária para manter o pH entre 5 e 7. Os sais de ferro são geralmente utilizados em uma razão molar na faixa entre 1 a 3 íons de metal para 1 íon de fósforo. A razão molar exata de aplicação é determinada por meio de ensaios e depende das características da água residuária e da remoção desejada de fósforo (METCALF; EDDY, 1991).

As curvas de solubilidade de $FePO_4(s)$ e de $AlPO_4(s)$ têm formas similares, conforme Figura 2.2. A solubilidade mínima do $FePO_4(s)$ está ao redor de pH 5,3, enquanto a do $AlPO_4(s)$ está por volta de pH 6,3. A solubilidade mínima do $AlPO_4(s)$ aparenta ser menor do que a do $FePO_4(s)$. Essas duas curvas foram desenvolvidas a partir do precipitado formado pela adição gradual do reagente químico $FePO_4(s)$ ou $AlPO_4(s)$ à água destilada, em laboratório.

Com relação à dosagem de ferro necessária para precipitação de fosfato, duas regiões predominantes podem ser identificadas na curva da Figura 2.2. Uma região “estequiométrica”, com altas concentrações efluentes de fósforo, e uma região de “equilíbrio”, com baixas concentrações efluentes de fósforo. Na região estequiométrica, a remoção de ortofosfato solúvel é estequiometricamente proporcional à adição de sal de metal, enquanto na região de equilíbrio são necessários incrementos cada vez maiores na dosagem química, para remoções cada vez menores de ortofosfato solúvel.

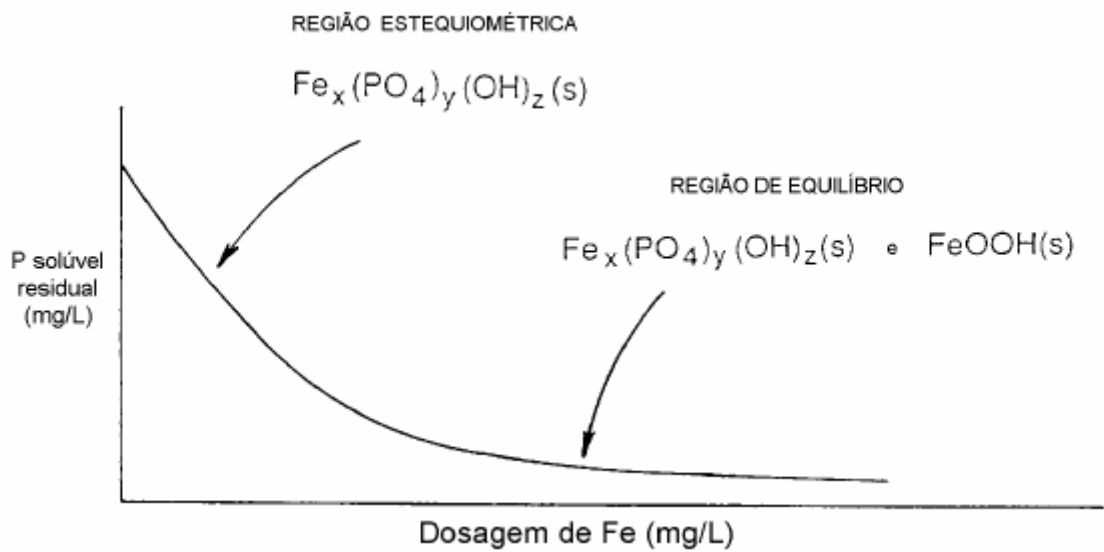


Figura 2.2. Curva característica da concentração de ortofosfato residual em função da dosagem de Fe.

Fonte: (JENKINS; HERMANOWICZ, 1991).

PENETRA (1998), ao estudar a remoção de fosfato de efluentes de reatores anaeróbios através da coagulação química com cloreto férrico e posterior separação dos flocos pelo uso da flotação por ar dissolvido, observou comportamento da remoção de fosfato bastante semelhante àquele divulgado por JENKINS; HERMANOWICZ (1991), conforme observado na Figura 2.3. O autor também constatou que dosagens acima de 65 mg/L de cloreto férrico (22,4 mg Fe/L) resultaram em remoção de pequenas frações adicionais de fosfato total.

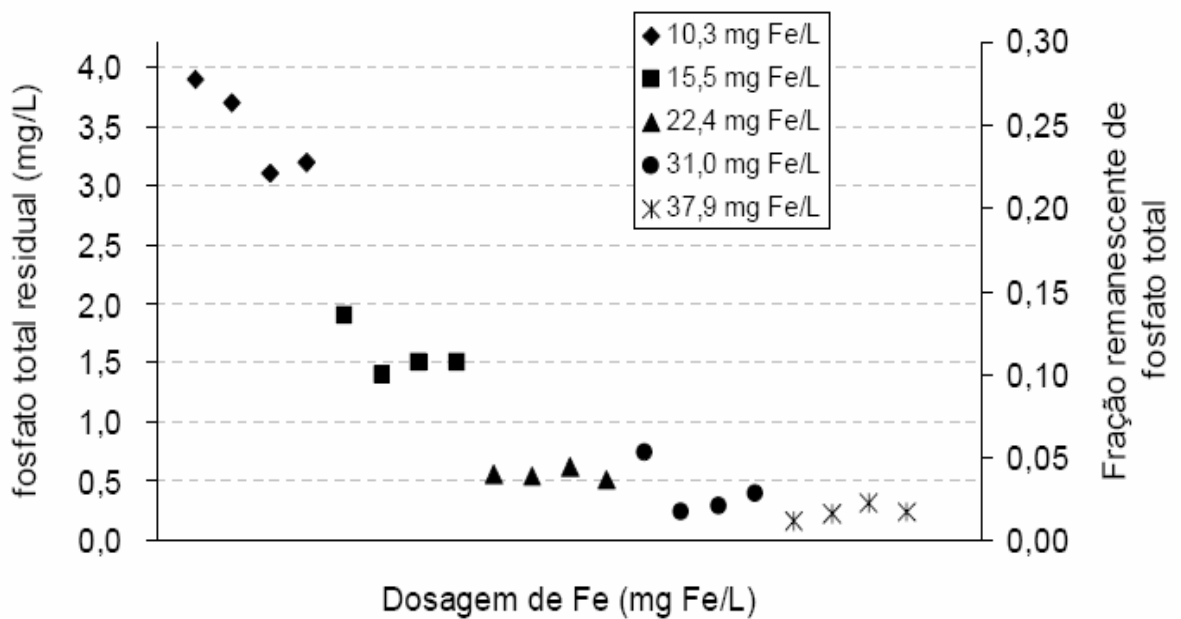


Figura 2.3 - Comportamento característico da concentração de fosfato total residual, em função da dosagem de Fe, observado em ensaios de flotação de efluentes anaeróbios.

Fonte: Adaptado de PENETRA (1998)

De acordo com pesquisas feitas em ETEs existentes, a remoção de fósforo é de, no máximo de 40%, para afluentes com concentração média de fósforo de 2,7 mg P/L. Isso ocorre porque o fósforo contido na água residuária excede a quantidade necessária para a síntese dos organismos. Sabe-se que o método de remoção de fósforo mais confiável é a precipitação química. A precipitação pode ser feita com cal e com sais metálicos, como por exemplo, sais de ferro e alumínio, e ambos os métodos removem o fósforo por meio da formação de compostos fosfóricos insolúveis e a posterior precipitação destes (XIE et al., 1994).

2.2 Flotação por Ar Dissolvido(FAD)

Flotação é um processo de separação de partículas coloidais (minerais ou células microbianas) de grande importância em tecnologia de separação, em minerais, processos químicos e também em biotecnologia, e de grande capacidade de separação seletiva da matéria. A separação dos microorganismos, realizada por flotação da matéria orgânica, é

efetuada borbulhando-se ar no meio. A matéria orgânica de um tanque de tratamento de esgoto, por exemplo, é capturada pelas bolhas de ar formando uma espuma que é retirada da superfície do esgoto e por lavagem flotadas são recuperadas.

É um processo que envolve três fases: líquida, sólida e gasosa. É utilizado para separar partículas suspensas ou materiais graxos ou oleosos de uma fase líquida. A separação é produzida pela combinação de bolhas de gás, geralmente o ar, com a partícula, resultando num agregado, cuja densidade é menor que a do líquido e, portanto, sobe à superfície do mesmo, podendo ser coletada em uma operação de retirada do lodo sobrenadante (METCALF; EDDY, 1991).

No sistema de flotação por ar dissolvido - FAD, conforme é ilustrado na Figura 2.4, o ar é dissolvido no esgoto sob pressão de algumas atmosferas, seguido pela liberação a pressão atmosférica. Em unidades de certo porte, uma porção do efluente do flotador (15 a 120%) é recirculada, pressurizada e semi-saturada com ar. Esta porção é então misturada com o afluente, antes de sua admissão ao tanque de flotação e o ar libera-se da solução, quando em contato com o material particulado, na entrada do tanque segundo METCALF; EDDY (1991).

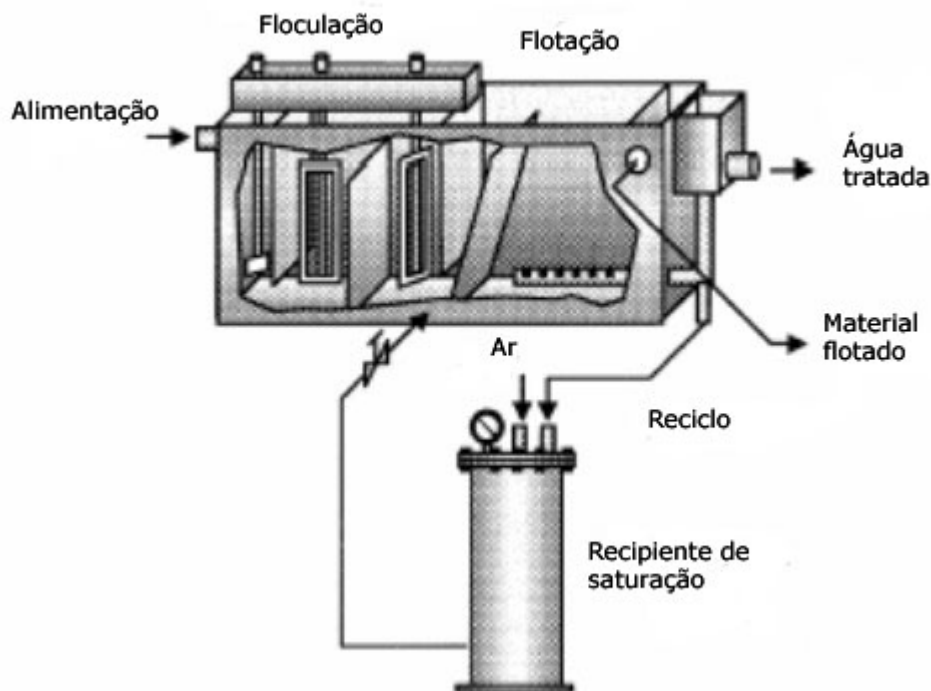


Figura 2.4: A unidade convencional do FAD, com água reciclada no saturador.

Na flotação por ar dissolvido, as bolhas são produzidas pela supersaturação do líquido, com o ar, podendo ser efetuada a vácuo ou a pressão. No caso da floculação a vácuo por ar dissolvido, ou simplesmente flotação a vácuo, o líquido é saturado com ar, à pressão atmosférica e, em seguida, é aplicado vácuo ao líquido, quando são formadas as bolhas de ar. Na flotação por ar dissolvido por pressurização, ou simplesmente flotação por ar dissolvido (FAD), o ar é injetado na entrada de uma câmara de saturação, enquanto o líquido se encontra sob pressão. No interior dessa câmara ocorre a dissolução de ar na massa líquida pressurizada, sendo, em seguida, o líquido exposto a condições atmosféricas. A redução brusca de pressão provoca o desprendimento do ar na forma de minúsculas bolhas, que aderem às partículas em suspensão, flutuando à superfície.

VRABLIK (1953) mostrou que as bolhas liberadas após a pressurização (140 a 350 kPa), variam de tamanho, de 30 a 120 μm . A flotação por ar dissolvido (FAD) permite maior flexibilidade ao processo, porque pode utilizar uma faixa de pressão maior, possibilitando um controle mais eficiente da quantidade de ar desprendido que, aliado ao pequeno tamanho das bolhas, constitui a principal vantagem no tratamento de efluentes.

A modalidade mais comumente empregada no tratamento de esgotos sanitários e de águas para abastecimento é a flotação por ar dissolvido com recirculação pressurizada. Isto deve-se principalmente por se ter a presença de flocos (frágeis) formados pela coagulação prévia das partículas a serem submetidas à flotação. Tais flocos não resistiriam aos esforços cizalhantes inerentes às outras modalidades. Desta forma, neste capítulo serão comentados apenas os aspectos operacionais e de projeto relacionados a essa modalidade de flotação, e que será designada simplesmente por FAD.

AISSE apud JÜRGENSEN e RICHTER (1994) estudaram a coagulação e flotação como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Segundo os autores, procurou-se aproveitar as características favoráveis à coagulação química que apresenta o efluente dos reatores de digestão anaeróbia. Essas características incluem concentração de sólidos totais suficientemente baixa, pH entre 6,5 e 7,5 e alcalinidade suficiente para as reações com coagulantes metálicos (sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc). Nos meses de agosto, setembro e outubro de 1992, foram realizados testes laboratoriais, na ETE Ronda, na cidade de Ponta Grossa – PR (Sanepar), com aplicação do processo de coagulação-floculação e flotação, no efluente do reator anaeróbio. Obteve-se os seguintes resultados: turbidez do efluente inferior a 1 UNT; demanda química de oxigênio inferior a 14mg/l, atingindo em algumas amostras 2 mg/l, resultando eficiências superiores a 90% em termos de remoção de DQO e SST (JÜRGENSEN; RICHTER, 1994).

2.2.1 Coagulação e Floculação

Para que a flotação de esgotos sanitários tenha sucesso, além da presença de microbolhas de ar com distribuição de tamanho adequada, é necessário que se promova a coagulação química e a floculação das partículas dispersas na água.

Segundo ODEGAARD (1979), o processo de formação e separação dos flocos pode ser dividido em três etapas: coagulação/precipitação, floculação e separação (sedimentação, flotação ou filtração). Em todas as etapas há a formação de flocos, mas a formação inicial ocorre na primeira etapa. Após a coagulação, as partículas possuem tamanhos na faixa entre 0,5 μm e 5 μm e são denominadas partículas primárias. Na segunda etapa (floculação), as partículas primárias agregam-se em consequência das colisões promovidas, ocorrendo a formação de flocos maiores, na faixa entre 100 μm e 5000 μm .

Na coagulação, o processo é consumado em questão de segundos e relaciona-se com a química do processo, enquanto na floculação e na separação dos flocos, etapas que demandam tempo superior a alguns minutos, prevalecem os aspectos físicos do processo. Quando sais de ferro, sais de alumínio ou cal são adicionados às águas residuárias, ocorrem pelo menos dois processos diferentes e de interesse ao tratamento: coagulação (ou desestabilização) das partículas (colóides) e precipitação de fosfato solúvel.

O processo de coagulação é responsável pela separação das impurezas associadas a partículas, causando remoção de DBO no esgoto bruto entre 70% e 75% e remoção de sólidos suspensos entre 95% e 98% (ODEGAARD, 1979). Ainda segundo o referido autor, a maioria dos contaminantes presentes nas águas residuárias são constituídos por partículas sólidas ou estão associadas a elas.

As partículas suspensas nas águas residuárias variam entre 0,005 μm e cerca de 100 μm . A dupla camada elétrica existente em sua superfície impede a ligação entre as partículas coloidais. A desestabilização química é conseguida através da adição de produtos químicos desestabilizantes (coagulantes), que aumentam a tendência de agregação ou fixação dos colóides. Os coagulantes mais comuns são sais de ferro ou de alumínio, cal e polímeros orgânicos sintéticos.

Há quatro mecanismos diferentes de coagulação: compressão da camada difusa; adsorção e neutralização de cargas; varredura; adsorção e formação de pontes. Segundo ODEGAARD (1979), todos esses mecanismos, com exceção do primeiro, podem ocorrer no tratamento de águas residuárias.

Os polímeros catiônicos tendem a atuar na neutralização das cargas negativas dos colóides das águas residuárias e, geralmente, têm peso molecular da ordem de 10^5 . Os polímeros não iônicos e aniônicos atuam na formação de pontes partícula-polímero-partícula e requerem peso molecular maior que 10^6 para serem efetivos (ODEGAARD, 1979).

A principal desvantagem dos coagulantes inorgânicos é a produção de um lodo volumoso, composto de produtos da hidrólise dos metais. Havia então a necessidade de melhorar as características do floco. A descoberta do uso de polímeros sintéticos para a produção de flocos maiores e mais fortes do que aqueles obtidos apenas com o uso de coagulantes inorgânicos aumentou a extensão das práticas para tratamento de água (HO & TAN, 1989).

Segundo GREGORY (1993) os polímeros catiônicos revestem as partículas através da mudança de carga. Já o iônico e o não-iônico não afetam significativamente a carga. Quando as partículas e o polieletrólito são de cargas opostas a possibilidade de desestabilização apenas por redução da carga cresce. A ação de polímeros catiônicos pode ser explicada em termos de sua forte adsorção às partículas negativas e a consequente redução da repulsão da dupla camada, permitindo que ocorra agregação. A configuração plana adotada por polieletrólitos que adsorvem em superfície de carga oposta faz com que o contato por pontes se torne desfavorável. Por isto os flocculantes catiônicos mais eficientes são frequentemente os de mais alta densidade de carga, com peso molecular sendo de menor importância.

Outro aspecto importante dos processos de coagulação/floculação é a natureza dos agregados formados, especialmente a densidade do floco. O crescimento de agregados se dá por passos, com pequenas partículas se combinando para formar pequenos agregados e seu subsequente crescimento, envolvendo colisões entre agregados de vários tamanhos.

Quando a eficiência de colisões entre as partículas é alta, ou seja, aproximadamente todas as colisões resultam em adesão permanente, os agregados tendem a possuir preferivelmente estrutura aberta. Isso porque os agregados que colidem se fixam no primeiro encontro, sem a possibilidade de se interpenetrar. Entretanto, quando existe repulsão entre partículas, gerando uma agregação lenta são formadas estruturas mais compactas, devido às partículas que se aproximam terem mais oportunidade de explorar diferente configuração e uma maior chance de interpenetração.

Conseqüentemente, as condições que levam a uma taxa ótima de coagulação também levam a flocos com densidades preferencialmente baixas. Estes têm também um raio de

colisão maior e, conseqüentemente, maior chance de colidir com outros agregados, resultando numa taxa de floculação mais alta. Em alguns casos, pode ocorrer o rearranjo da estrutura do floco para uma forma mais compacta, especialmente se for aplicada uma agitação adequada (GREGORY 1993).

ZABEL (1984) explica que, no tratamento de água em geral, o pH de coagulação deve ser otimizado, para que se obtenha eficiente clarificação do efluente, o que pode ser feito através de adição de um ácido ou de uma base. A recomendação também é válida para os sistemas de flotação por ar dissolvido (FAD). As condições de dosagem ótima de coagulante podem ser determinadas em equipamentos de flotação, em escala de laboratório, e verificadas em escala real, uma vez que o tempo de detenção hidráulica (θ_h) nos sistemas de FAD são relativamente curtos (aproximadamente uma hora). Ainda mais importante do que a dosagem de coagulante, são as condições de agitação e a manutenção do valor de pH de coagulação adequado. A maioria dos sistemas de FAD é equipada com agitadores rápidos em tanques de mistura rápida. Em sistemas de grande porte, para garantia de coagulação eficiente, a mistura pode ser realizada ao longo da tubulação afluente, com aplicação do coagulante *in-line*, por meio de dispositivos adequados.

Quanto à floculação de água bruta antecedendo a flotação, ZABEL (1984) comenta que a agitação fornecida deve ser suficiente para promover a colisão das partículas primárias, visando o crescimento do floco. As unidades de floculação são constituídas, geralmente, por dois ou mais tanques de volumes iguais, associados a equipamentos de agitação lenta. O tempo de floculação depende das características da água bruta, mas, em geral, assume valores entre 12 a 20 min. Além disso, o grau de agitação também é muito importante e é denominado gradiente médio de velocidade de floculação. O referido autor comenta que, em estudo realizado, o valor otimizado de gradiente médio de velocidade de floculação foi de 70 s^{-1} . Uma alternativa para a agitação mecânica é a agitação hidráulica, realizada na tubulação afluente ao sistema. Com isso, o tempo de floculação poderia ser reduzido para cinco minutos, mas o gradiente médio de velocidade deveria ser elevado para 150 s^{-1} .

AMIRTHARAJAH (1989), ao estudar a influência dos valores de gradiente de velocidade para a mistura rápida (G_m), relata que os melhores resultados no tratamento, com cloreto férrico, de partículas com tamanho médio de $3 \mu\text{m}$, foram conseguidos com G_m entre 700 e 1000 s^{-1} , ou acima de 3500 s^{-1} . Quando o tamanho médio das partículas foi aumentado para $6 \mu\text{m}$, os valores ótimos de G_m variaram entre 800 e 1000 s^{-1} e acima de 3000 s^{-1} .

Quanto ao uso de polímeros orgânicos, AMIRTHARAJAH (1989) explica que os mecanismos de coagulação resultantes da adição desses polímeros são a neutralização de cargas e a formação de pontes entre partículas (ver Figura 2.5). Os valores elevados de gradiente de mistura rápida não são essenciais para uma coagulação eficiente quando os polímeros são utilizados, pois diferentemente dos coagulantes inorgânicos (sais de ferro ou de alumínio, por exemplo), não ocorrem reações de adsorção dos colóides e de precipitação dos hidróxidos, reações competitivas entre si. Além disso, valores elevados de gradiente de velocidade podem provocar quebra dos flocos, diminuindo a eficiência da coagulação/floculação. Desta forma, o autor indica valores de gradiente de mistura rápida entre 400 e 650 s^{-1} e tempo de mistura rápida entre 30 e 60 s.

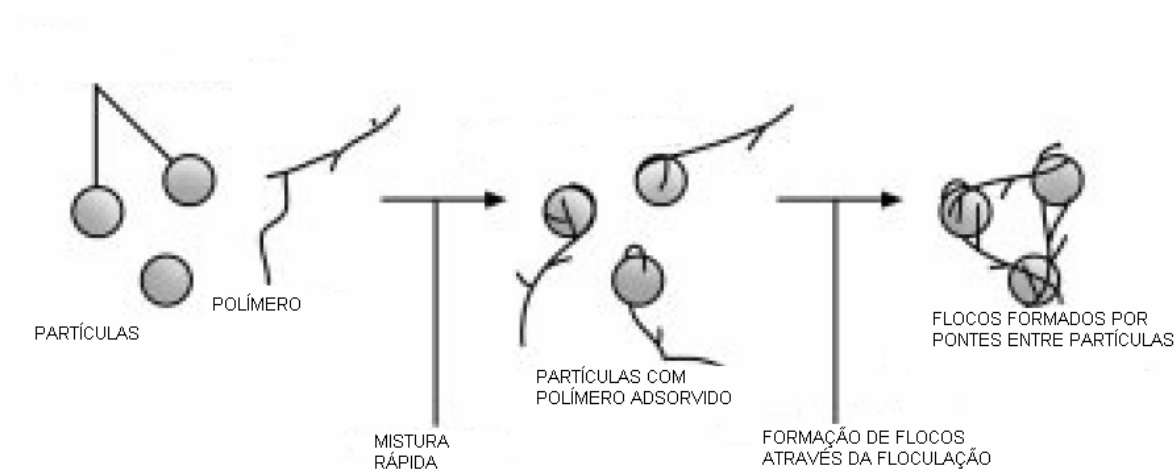


Figura 2.5 - Definição esquemática da formação de pontes entre partículas com aplicação de polímeros orgânicos.
Fonte: METCALF; EDDY (1991)

BRATBY (1982) investigou a eficiência da flotação por ar dissolvido aplicada no tratamento de esgotos sanitários quimicamente precipitados, na Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília – Sul (ETEB-Sul). O sistema de tratamento existente na ETEB-Sul baseava-se no processo de lodos ativados e o efluente final era encaminhado diretamente ao Lago Paranoá, bastante eutrofizado naquela época. O sistema não era capaz de tratar toda a vazão afluyente (0,90 m^3/s) e, desta forma, a vazão excedente (0,45 m^3/s), após sedimentação primária, era desviada do sistema de lodos ativados e encaminhada diretamente ao Lago Paranoá. Essa operação (“*by-pass*”) era realizada durante todo o ano e estava prevista ampliação futura desse sistema, de modo a tratar a vazão total afluyente. Segundo o mesmo, a

possibilidade de uso adicional de um flocculante em conjunto com o coagulante melhora a adesão bolha-partícula durante a flotação.

Segundo HO & TAN (1989) ao utilizar polímero catiônico Poliacrilamida na flotação de um efluente digerido anaerobicamente, a melhora na flocculação observada na presença do flocculante polimérico e sua forte dependência do peso molecular levaram a sugerir que o mecanismo de pontes predominou neste sistema. Como ambos, coagulante e auxiliar de flocculação, eram carregados positivamente quando ocorreu a flocculação, é razoável pensar que essa melhora na flocculação pode ter ocorrido por sinergia. Portanto o flocculante polimérico catiônico pode ter efeito duplo, neutralizando as cargas da superfície das partículas e também formando pontes.

2.2.2 Fatores que interferem na flotação por ar dissolvido(FAD)

a) Tamanho das microbolhas

Um dos fatores essenciais que determinam o sucesso de sistemas FAD é o tamanho das microbolhas de ar presentes no flotação. A faixa recomendada de tamanho de microbolhas situa-se entre 10 e 100 μm , sendo desejável que a maior parte esteja em torno de 50 μm ou menos.

É importante que a "nuvem" de microbolhas de ar produzidas na entrada das unidades FAD seja uniformemente distribuída, permitindo que essas microbolhas exerçam seu papel com o máximo de eficiência. A principal função das microbolhas de ar no processo FAD é, conforme já comentado, diminuir a densidade dos conjuntos "flocos + bolhas" em relação à densidade da água e, dessa forma, quanto maior o volume de bolhas ligadas aos flocos (ou sólidos), menor a densidade relativa e maior a velocidade ascendente dos conjuntos "flocos + bolhas". Outras funções secundárias das microbolhas, quando o processo FAD é empregado para tratamento de esgotos, é o aumento do nível de oxigênio dissolvido no esgoto tratado, além do arraste de parcela dos gases odoríferos para fora do efluente final.

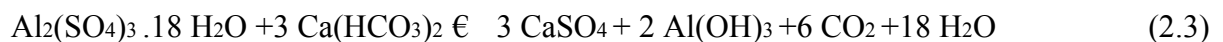
O tamanho das bolhas é uma função do equipamento de geração de bolhas, vazão de ar, viscosidade e/ou densidade do meio líquido, influenciando diretamente no rendimento da flotação. Em geral, o grau de flotação aumenta com a taxa de fluxo de ar. Diferentes equipamentos de injeção de ar levam a diferente grau de eficiência para um mesmo fluxo de ar.

Assim, evidencia-se a grande importância que os dispositivos de despressurização da recirculação apresentam em sistemas de FAD. Tais dispositivos são os maiores responsáveis pela definição da distribuição de tamanhos de microbolhas de ar a serem geradas na zona de reação dos flutuadores.

b) Produtos químicos empregados na floculação/flotação.

O grau de clarificação do efluente final depende da quantidade utilizada de coagulante e do cuidado com que o processo é operado. É possível obter efluentes bastante clarificados, livres da matéria orgânica em suspensão ou em estado coloidal. Remoções de 80 a 90% de sólidos suspensos totais, de 40 a 70% de DBO₅, de 30 a 60% de DQO e de 80 a 90% das bactérias, podem ser alcançadas por meio da precipitação química seguida de remoção dos flocos. Os produtos químicos adicionados às águas residuárias interagem com as substâncias que estão normalmente presentes no meio, por meio das reações abaixo (METCALF; EDDY, 1991):

Sulfato de alumínio: Quando o sulfato de alumínio é adicionado à água residuária contendo alcalinidade a bicarbonato de cálcio, a reação resultante pode ser assim descrita:



Caso a alcalinidade disponível seja insuficiente, esta deve ser adicionada. A cal é comumente utilizada para este fim, mas raramente essa medida é necessária no tratamento de esgotos sanitários. O conhecimento da solubilidade das diversas espécies hidrolisadas de alumínio, presentes em diferentes valores de pH, é de grande importância, pois os mecanismos da coagulação dependem da concentração de cada espécie na solução.

Cloreto férrico: As reações para o cloreto férrico no tratamento de águas residuárias são:



O conhecimento da solubilidade das diversas espécies hidrolisadas de ferro, presentes em diferentes valores de pH, é de grande importância pois os mecanismos da coagulação dependem da concentração de cada espécie na solução.

SILVA & BRANDÃO (2003) estudaram, por meio de ensaios de laboratório, a eficiência do uso do lodo de ETAs – estações de tratamento de água como coagulante, em substituição ao sulfato de alumínio, no polimento químico para remoção de fósforo de efluentes do tratamento do esgoto.

c) Hidrofobicidade

Outro fator que afeta a flotação é a hidrofobicidade, ou seja, uma superfície é hidrofóbica ou não apresenta grau de espalhamento da água sobre sua superfície. Dependendo do grau de hidrofobicidade, a água forma bolha de ângulos de contato variáveis sobre a superfície sólida, chamado ângulo de contato θ . Trata-se de um ângulo formado pela tangente da superfície da água com as três fases de contato, ou seja, água/ar/líquido conforme ilustra Figura 2.6.

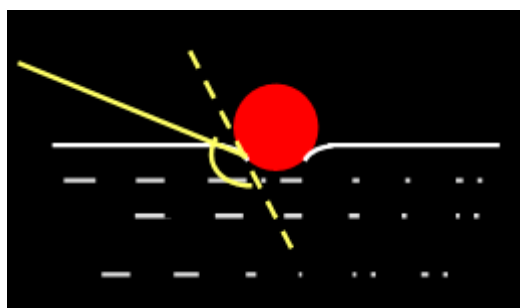


Figura 2.6: Ângulo de contato entre uma partícula numa superfície líquida.

A natureza da água que está próxima à superfície da partícula pode ser bem diferente da que se encontra no restante do volume líquido, por várias razões. Como a maioria das partículas carrega uma carga de superfície e, conseqüentemente, grupos iônicos de superfície, é esperado que ocorra alguma hidratação desses grupos, por analogia aos íons na solução. Algumas partículas, especialmente as de origem biológica, têm vários tipos de material

hidrófilo em sua superfície, como proteínas e polissacarídeos, que têm uma grande quantidade de água circundante, interferindo na interação das partículas.

A aproximação de duas partículas com superfícies hidratadas geralmente será dificultada por uma interação repulsiva extra, diferente da repulsão devido à camada elétrica. Essa repulsão devido a hidratação deriva essencialmente da necessidade das superfícies em se tornar desidratadas se houver um contato real entre as partículas. Isso envolve trabalho e conseqüentemente aumento de energia livre no sistema.

A faixa dessas forças de hidratação é considerável quando comparada com a faixa de repulsão da dupla camada e espera-se que tenha um efeito na estabilidade dos flocos, especialmente sob força iônica alta. Quando uma superfície não possui grupos polares ou iônicos ou sítios para formação de pontes de hidrogênio, não há afinidade com a água, e a superfície é chamada hidrófoba. A natureza da água em contato com tal superfície será diferente da que ocorre com a água que se encontra no restante do volume líquido, que é significativamente estruturada devido às pontes de hidrogênio entre moléculas. A presença de uma superfície hidrófoba pode restringir a tendência natural de estruturação da água, simplesmente impondo uma barreira que previne o crescimento de aglomeração numa certa direção. A água confinada no espaço entre tais superfícies será incapaz de formar flocos maiores do que um determinado tamanho. Há uma atração entre as superfícies hidrófobas, como conseqüência da migração das moléculas de água que se encontram entre elas para o restante do volume líquido, onde as oportunidades de formar pontes de hidrogênio são irrestritas e há uma baixa energia livre (GREGORY 1993).

Segundo MORETTI apud EDZWALD (1995) além da desestabilização das partículas por neutralização de sua carga de superfície, a produção de partículas hidrófobas é outra condição necessária para que haja flotação favorável. Tudo indica que uma hidrofobicidade alta é pré-requisito para um alto grau de flotação. No entanto, os métodos de medida fornecem dados contraditórios, sobretudo quando a partícula sólida é um microrganismo.

2.3- Flotação como Sistema Complementar de Reatores Anaeróbios

2.3.1 Experiência da EESC/USP

A Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP desenvolveu vários estudos referentes à flotação de efluentes anaeróbios, em escala de laboratório.

CAMPOS *et al.* (1996) realizaram estudos preliminares em escala de laboratório, com vistas à avaliação da potencialidade do emprego de pós-tratamento por coagulação/floculação/flotação de efluente de reator anaeróbio tratando esgotos sanitários, visando remoção adicional de DQO, DBO, fósforo, nitrogênio, sólidos suspensos e coliformes. O efluente anaeróbio era proveniente de um reator anaeróbio compartimentado, de volume igual a 11 m³ e 12 h de tempo de detenção hidráulica, construído na Escola de Engenharia de São Carlos-USP. Os produtos químicos empregados para a coagulação foram o cloreto férrico, o sulfato de alumínio e a cal hidratada.

Durante todos os ensaios, foram mantidos fixos os seguintes parâmetros: mistura rápida: 30 s e gradiente médio de velocidade em torno de 600 s⁻¹; floculação: 20 min e gradiente médio de velocidade em torno de 40 s⁻¹; flotação: amostras coletadas com taxa de escoamento superficial (q_A) equivalente a 70 m³ / m² /dia, fração de recirculação de 20% (em volume) e pressão de saturação de 450 kPa (22 °C).

Os resultados obtidos por CAMPOS *et al.* (1996), a partir do sistema composto por reator anaeróbio de chicanas (11 m³), flotação por ar dissolvido (escala de laboratório) e desinfecção por radiação ultravioleta (escala piloto), indicaram potencialidade de remoção de DBO superior a 85% e de coliformes fecais superior a 99,999%. Os melhores resultados quanto à remoção de SSV, fósforo, DQO, DBO e turbidez foram obtidos com a aplicação de cal. Entretanto, o uso da cal resultou em dosagens elevadas e pH efluente ao redor de 9,3. Considerando as remoções obtidas e as dosagens empregadas, o melhor resultado foi obtido através da aplicação de 100 mg/L de cloreto férrico, associada com 50 mg/L de cal. Neste caso, a remoção de DQO e de DBO foram idênticas e iguais a 73%. A remoção de fósforo alcançou 84%, enquanto a de nitrogênio (NTK) chegou a 49%.

Além de promover remoção significativa de DBO e de DQO, o uso de tratamento químico proporcionou valores de remoção de fósforo dificilmente atingidos por processos biológicos.

Ainda segundo os autores, o uso de flotação por ar dissolvido, com a adição de cloreto férrico e cal, melhorou a remoção de patogênicos. O lodo flotado pode receber a adição de cal (pH>12) para efetuar sua desinfecção, podendo ser reaproveitado na agricultura, após um período de repouso. O uso de cloreto férrico em vez de sulfato de alumínio é justificado, pois a presença de ferro em lodos não redundava em aspectos negativos, como aqueles decorrentes da presença de sulfato de alumínio, pois o alumínio é muito danoso ao solo e também pode provocar malefícios aos seres humanos, caso ocorra sua ingestão.

O equipamento (flotateste), desenvolvido por REALI (1991), possibilitou o seguimento de uma série de pesquisas junto ao SHS-EESC-USP. É composto por quatro vasos cilíndricos (2,1 L), independentes entre si, e interligados à câmara de saturação. Para efetuar a floculação, cada vaso possui agitador próprio e, para efetuar a flotação, a câmara de saturação possui entrada de água, proveniente de rede de abastecimento público, e do ar comprimido, proveniente de compressor de ar conforme REALI *et al.* (1998), conforme ilustra Figura 2.7.

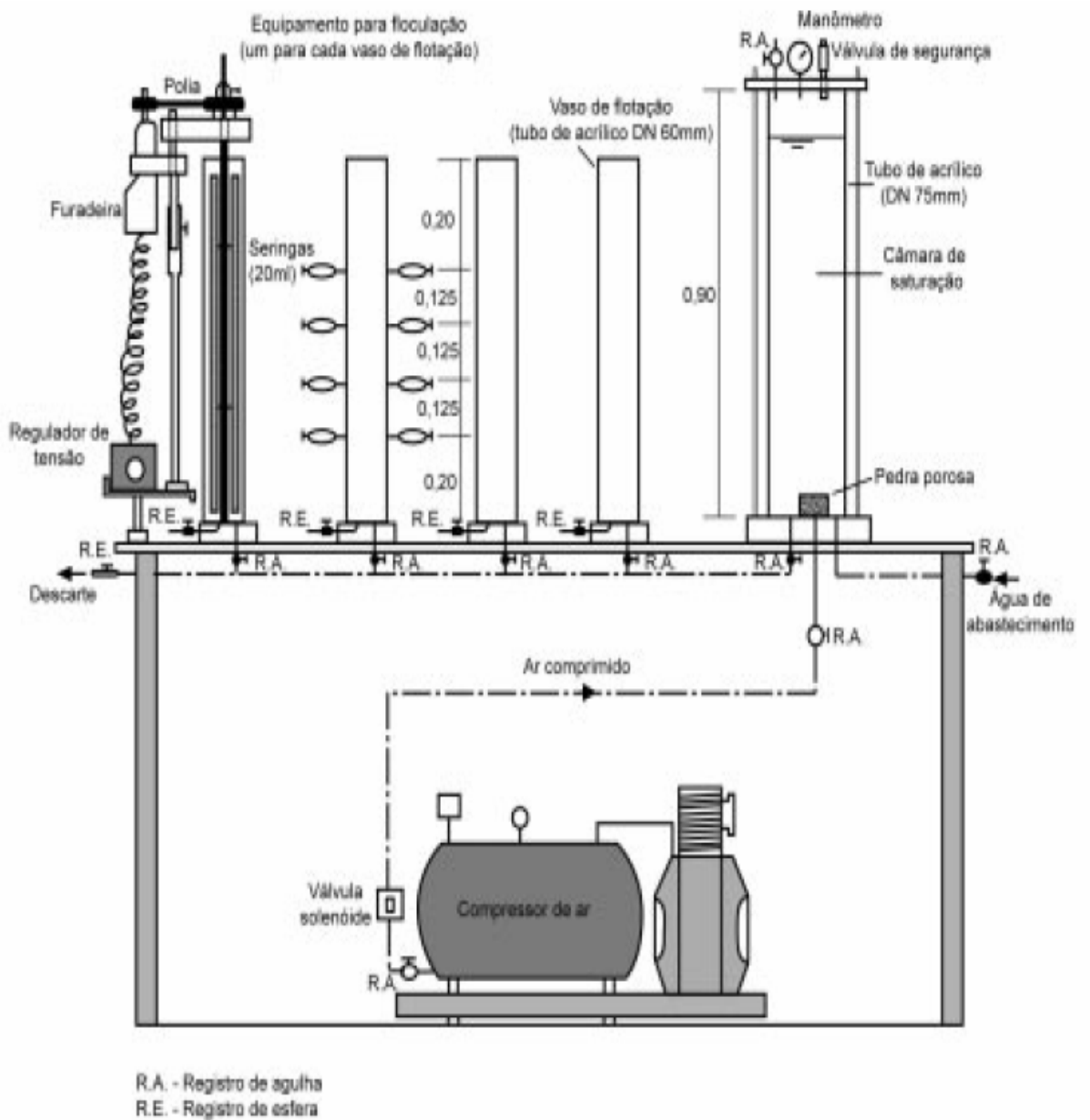


Figura 2.7 – Esquema Geral do Flotateste. Fonte: REALI (1991).

PENETRA *et al.* (1998) citam os resultados e conclusões de investigação realizada, visando estudar o efeito da dosagem de cloreto férrico e da variação de pH, na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator UASB (18 m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator UASB era de 8 horas.

Os ensaios foram conduzidos com variação da dosagem do cloreto férrico de 30 a 110 mg/L, e da variação do pH de 5,1 a 7,6 com a aplicação de cal. O tempo de floculação (60 minutos), o gradiente de velocidade (60 s⁻¹), a pressão de saturação (450 kPa) e a fração de recirculação (20%) foram mantidos constantes ao longo dos ensaios. A velocidade de flotação foi variável, entre 5 e 25 cm/min.

Os melhores resultados na remoção da DQO (91%) foram obtidos com dosagem de 65 mg/L de cloreto férrico e pH de 5,3. Nesta dosagem, a remoção de fosfato total, SST, turbidez e cor foram de 95%, 95%, 97% e 92%, respectivamente. A dosagem citada foi também a menor que permitiu uma aparente estabilidade do sistema de flotação, para diferentes velocidades de flotação. Maiores dosagens podem aparentemente não significar aumento na remoção da turbidez, a ponto de justificar custos adicionais associados à aquisição de produtos químicos e à disposição do excesso de lodo.

REALI *et al.* (1998) apresentaram o resultado de investigação realizada com vistas à avaliação do gradiente médio de velocidade (G_f) e do tempo de floculação (θ_{hf}), na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator UASB (18 m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator UASB era de 8 horas. Após a realização de ensaios preliminares, foram mantidas constantes a dosagem de cloreto férrico (65 mg/L), as condições de mistura rápida (30s e G_m de 1100 s⁻¹), fração de recirculação de 20%, na etapa de flotação, e pressão de saturação de 450 kPa.

O tempo de floculação de 15 min, associado a valores de G_f entre 50 e 80 s⁻¹, e o tempo floculação de 25 min, associado a valores de G_f em torno de 50 s⁻¹, forneceram valores bastantes satisfatórios e próximos entre si na remoção de turbidez (entre 97 e 98%, para velocidade de flotação entre 5 e 15 cm/min).

A DQO foi positivamente influenciada pelo aumento do tempo de floculação, de 15 para 25 minutos, mas foi reduzida a influência dos diferentes valores de G_f estudados (entre 30 e 100 s⁻¹) na remoção de DQO. Assim, obtiveram-se eficiências entre 89,1% e 91,5%, com residuais entre 28 e 22 mg/L, para θ_{hf} de 25 min e V_f de 10 cm/min.

Para θ_{hr} de 15 min, associado a G_f de 80 s^{-1} , e para θ_{hr} de 25 min, associado a G_f de 50 s^{-1} , não foi detectada a presença de sulfetos no efluente final. Para essas mesmas condições, verificou-se remoção marginal de NTK, ao redor de 31%. As maiores remoções de fosfato total (em torno de 96%) foram observados nos ensaios com G_f entre 80 e 100 s^{-1} , em ambos os tempos de floculação testados. Aparentemente, esses valores de G_f influenciam positivamente a cinética da remoção de fosfato.

PENETRA *et al.* (1999), apresentaram o resultado de investigação realizada mediante variação da fração de recirculação do efluente pressurizado a 450 kPa, com emprego de equipamento de flotação em escala de laboratório, alimentado com o efluente de reator tipo UASB (18 m^3), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulico no reator UASB era de 8 horas.

Durante os ensaios de floculação/flotação foram mantidos fixos a dosagem de cloreto férrico (65 mg/L), mistura rápida com tempo de 30 s e G de 1100 s^{-1} , e floculação com tempo de 15 min e G de 80 s^{-1} . A fração de recirculação foi variada de 5 a 30%, em volume, e a velocidade de flotação entre 5 e 25 cm/min.

Como conclusão, a fração de recirculação de 20% (16 a 19 g ar/m^3), proporcionou grande estabilidade ao processo e forneceu excelentes resultados quanto à remoção de DQO (85%), de fosfato total (95,4%) e de SST (95,1%). Considerando-se a eficiência global do sistema UASB e flotação, obteve-se até 97% de remoção de DQO (concentração do efluente na faixa de 20 a 30 mg/L), até 98% de fosfato total (concentração na faixa de 0,5 a $0,6 \text{ mg/L}$) e até 99% de SST (concentração em torno de 2 mg/L).

Quanto aos parâmetros NTK e sulfetos, foram determinados apenas para a amostra obtida no ensaio, que forneceu a maior remoção de DQO (recirculação de 20%), sendo observadas eficiências de 24,3% (residual de $25,8 \text{ mg/L}$) e 51,9% (residual de $0,52 \text{ mg/L}$), respectivamente.

REALI *et al.* (2000) estudaram o uso de polímero e cloreto férrico na coagulação e flotação de efluente anaeróbio, proveniente de reator de leito expandido, com 14,9 m de altura útil, volume de 32 m^3 , tratando esgoto da cidade de São Carlos - SP. O reator anaeróbio possuía 6 m^3 de carvão ativado, para permitir o desenvolvimento da biomassa, e o equipamento de flotação utilizado era em escala de laboratório.

A grande aglomeração de microbolhas ($50 \text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro), na zona de reação, criou condições satisfatórias para a colisão e fixação destas na superfície dos flocos formados durante a coagulação prévia. Mesmo sem a adição de coagulantes, com velocidade de flotação de 10 cm/min. , considerável remoção de pequenos flocos biológicos foi observada, 60% de

DQO (residual de 94,5 mg/L), 50% de fosfato e turbidez residual de 20 UNT. As condições de floculação foram mantidas constantes em 20 min, e G_f de 80 s^{-1} , $19 \text{ g ar/m}^3\text{esg.}$, fração de recirculação de 20% e pressão de saturação de 450 kPa, na etapa de flotação.

Para investigar a combinação de cloreto férrico (dosagem de 15 a 65 mg/L) e polímeros (0,25 a 7 mg/L), 26 tipos de polímeros com diferentes características de carga (catiônico, aniônico e não-iônico), densidade de carga (alta, média e baixa) e massa molecular, foram observadas. Os resultados indicaram que, independente da categoria, os polímeros com alta massa molecular e densidade de carga produziram melhores resultados. Geralmente, o polímero catiônico e o não-iônico, com as características anteriormente citadas, apresentaram os melhores resultados.

Segundo os autores, os polímeros foram investigados buscando as reduções do uso de coagulante e da produção de lodo. Quando o reator anaeróbio operou em condição de regime permanente aparente, foi possível reduzir a dosagem de cloreto férrico de 65 a 30 mg/L, aplicando 0,4 mg/L de polímero não-iônico. As análises revelaram reduções de 79% para a DQO (residual 23 mg/L), 86% para o fosfato (residual 0,9 mg/L) e 98% de turbidez (residual de 2,6 UNT). Foi observado também que os flocos tiveram taxas de ascensão significativamente maiores que as obtidas sem o uso dos polímeros, com velocidades de floculação ensaiadas entre 5 e 25 cm/min.

Em etapa subsequente de desenvolvimento dessa mesma linha de pesquisa, REALI *et al.* (2001) investigaram uma unidade FAD em escala real (com capacidade de $10 \text{ m}^3/\text{h}$), aplicada no pós-tratamento do efluente do mesmo reator anaeróbio de leito expandido (tratando esgoto sanitário) descrito nos parágrafos anteriores. Foram obtidas as seguintes eficiências médias de remoção: 89% de DQO (residual de 68mg/L), 96% de sólidos suspensos (residual de 5mg/L) e 89% de remoção de fósforo (residual de 2mg/L). Durante os ensaios foi aplicada dosagem de 65 mg/L de cloreto férrico.

2.3.2 Experiência da CAESB

PINTO FILHO & BRANDÃO (2000) também estudaram, em Brasília - DF, o uso da flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluentes anaeróbios de reatores tipo UASB. Os trabalhos foram estimulados pelo fato da CAESB já utilizar a FAD no pós-tratamento dos efluentes secundários das ETES Sul e Norte (processos aeróbios). Utilizou-se uma unidade de flotação, em escala de laboratório, similar à citada por REALI *et al* (1991).

No entanto, o coagulante foi o sulfato de alumínio, com melhores resultados na faixa de dosagem de 160 a 240 mg/L.

O aumento do tempo de floculação de 2,5 a 10 min elevou o desempenho da FAD. Contudo, na medida em que o tempo evoluiu para 15 minutos, os flocos visualmente começaram a ficar mais pesado, causando redução na eficiência. Em todos os experimentos, foram mantidos constantes tempo de mistura rápida de 1 minuto, Gm ao redor de 1000 s^{-1} , Gf de 100 s^{-1} e pressão de saturação de 500 kPa.

A taxa de aplicação na flotação, que revelou melhores resultados, foi de $8,1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Ao ser duplicada para 16,2, apresentou notável redução da eficiência. Segundo os autores, a redução na eficiência pode estar associada às características dos sólidos em suspensão presentes nos efluentes do UASB, compostos de grânulos de lodo anaeróbio, de consistência densa, de separação mais difícil por flotação. O emprego de elevadas dosagens de coagulante, adicionando mais massa ao sistema, pode ter sido outro fator prejudicial à FAD, quando operada com taxas de aplicação superiores às utilizadas nas unidades em escala real.

O emprego de taxa de recirculação de 5% revelou-se inadequada ao processo, diante do fornecimento insuficiente de ar para uma flotação eficiente. Taxas de recirculação na faixa de 10% a 20% revelaram-se adequadas, fornecendo dosagens aproximadas de ar de 7 mg/L e 14 mg/L, respectivamente, calculadas de acordo com valores de dissolução de ar citados por REES *et al.*

A FAD, em condições operacionais adequadas, alcançou elevada eficiência, com remoções de 79% para turbidez, 73% para DQO, 74% de turbidez para SST e 99% para PO_4 (filtrado), produzindo um efluente com 7 UNT de turbidez, 77 mg/L de DQO, 16 mg/L de SST e 0,25 mg/L de PO_4 filtrado.

CAPÍTULO III MATERIAIS E MÉTODOS

A estação de tratamento de Esgoto Ipanema está instalada às margens do Córrego Terra Branca é operada pelo DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia, atendendo atualmente uma população de 7.000 habitantes. Sua premissa final será garantir da qualidade do efluente pós-reator lançado no Córrego Terra Branca, corpo hídrico de aproximadamente 8,2 Km, afluente do Córrego Marimbondo que deságua no Rio Araguari, conforme previsto no licenciamento ambiental da UHE Capim Branco I junto ao COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental.

Ao longo da dissertação de mestrado verificou-se o desenvolvimento de ações para promover melhoras ambientais que consistiram nas obras de reforma e expansão da ETE-Ipanema, especificamente o projeto de instalação da unidade de flotação, onde se acompanhou desde a conformação do terreno, a construção das obras civis e montagem dos equipamentos até a partida e operação da mesma.

3.1 – Acompanhamento da Instalação da Unidade de Flotação

A ETE-Ipanema era, no início deste trabalho, composta por grades grossas, uma caixa de areia, um reator anaeróbio de fluxo ascendente(UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), um filtro biológico e um módulo de escoamento, conforme ilustra as Figuras 3.1 a 3.3 a seguir.



Figura 3.1- Desarenador e gradeamento. Fonte: Autor.



Figura 3.2 – Reator anaeróbio e filtro biológico. Fonte: Autor.



Figura 3.3 – Módulo de escoamento. Fonte: Autor.

A unidade de flotação e remoção de flutuantes foi projetada e construída de forma padronizada, possibilitando a sua implantação nas estações de tratamento com reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) operadas pelo DMAE. O canal de tratamento, o módulo de equipamentos e tanques de produtos químicos localizam entre o reator e o curso d'água. As Figuras 3.4 a 3.7 a seguir ilustram o histórico da construção da unidade de flotação, desde a fundação até partida da mesma.

Em função da conformação do terreno, foi realizada adequação do mesmo. A edificação foi posicionada na lateral do canal de tratamento.



Figura 3.4 - Início das obras – 31/05/2005. Fonte: Autor.



Figura 3.5 - Fundação do canal de trat. e módulo de equip. – 22/06/2005. Fonte: Autor.



Figura 3.6 - Vista geral da construção – 22/07/2005. Fonte: Autor.



Figura 3.7 - Término da construção do canal de tratamento e módulo de equipamentos – 17/10/2005. Fonte: Autor.



Figura 3.8 - Término da construção do leito de secagem de lodo – 17/10/2005.

Fonte: Autor.

A melhoria preconizada para a eficiência da ETE Ipanema, consistiu na implementação de tratamento suplementar pós-reator através de flotação por ar dissolvido (FAD) de forma a adequar a qualidade ambiental do efluente final no que se refere ao parâmetro Fósforo Total para o lançamento no corpo receptor, enquadrado na Classe 2, da Resolução CONAMA 357/2005. A construção da unidade de flotação em fluxo variável para receber o efluente pós-reator substituiu o “polimento” realizado pelo filtro biológico e tanque de decantação. A Figura 3.9 ilustra o fluxograma esquemático da ETE Ipanema.

A captação do efluente do reator UASB (RAFA) é composta de uma tubulação de 150 mm dotada de válvulas que permitem a manobra para desvio do efluente para o filtro biológico e lagoa ou envio para unidade de flotação.

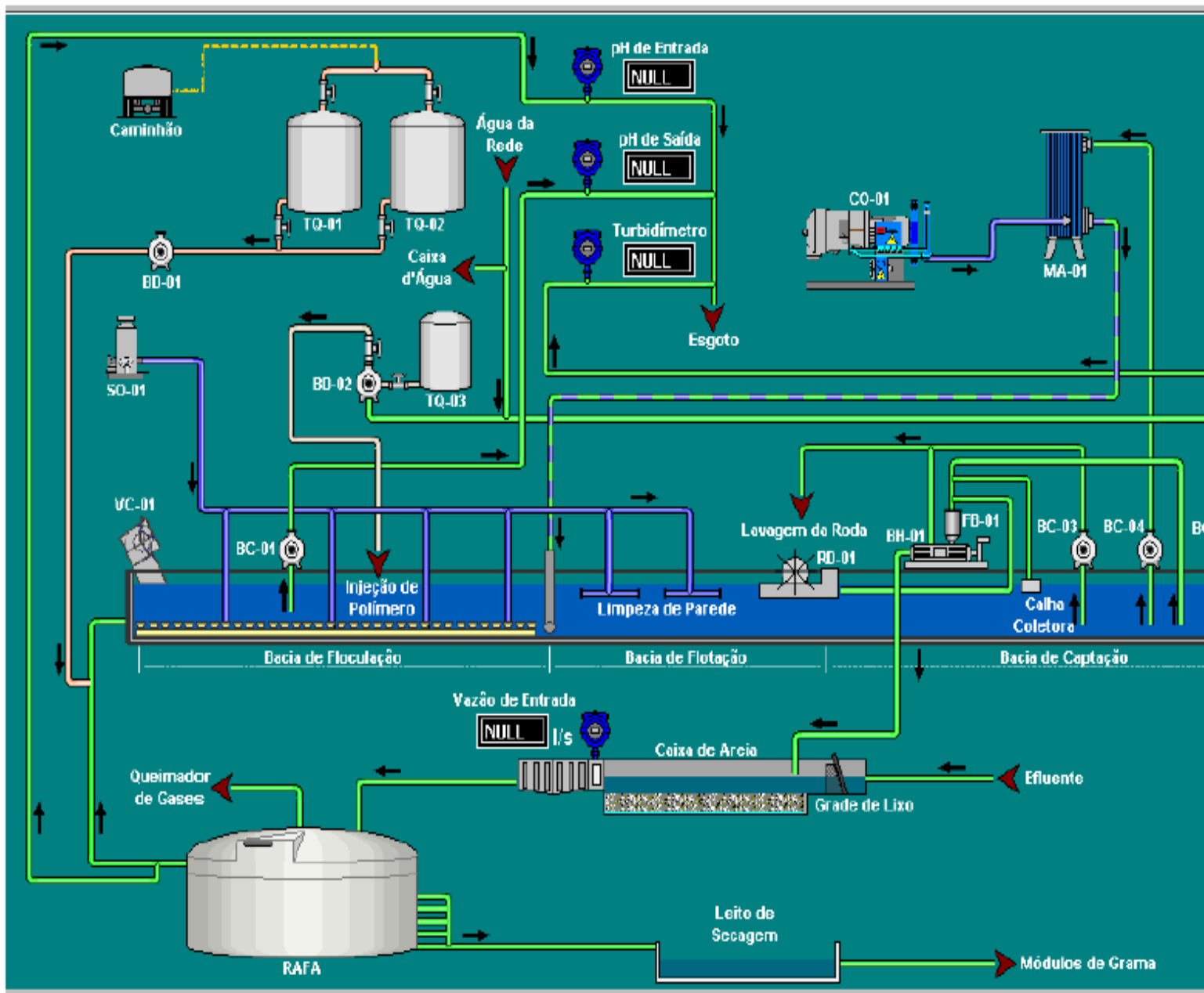


Figura 3.9 – Fluxograma ETE Ipanema. Fonte: DMAE.

3.2 – Unidade de Flotação

A unidade de flotação é composta pelo módulo de equipamentos, leito para secagem do lodo e um canal de tratamento, que tem formato prismático, sendo construído em bloco estrutural e laje de concreto armado, chapas de aço carbono, conforme mostrado na planta (Figuras 3.10 e 3.11).

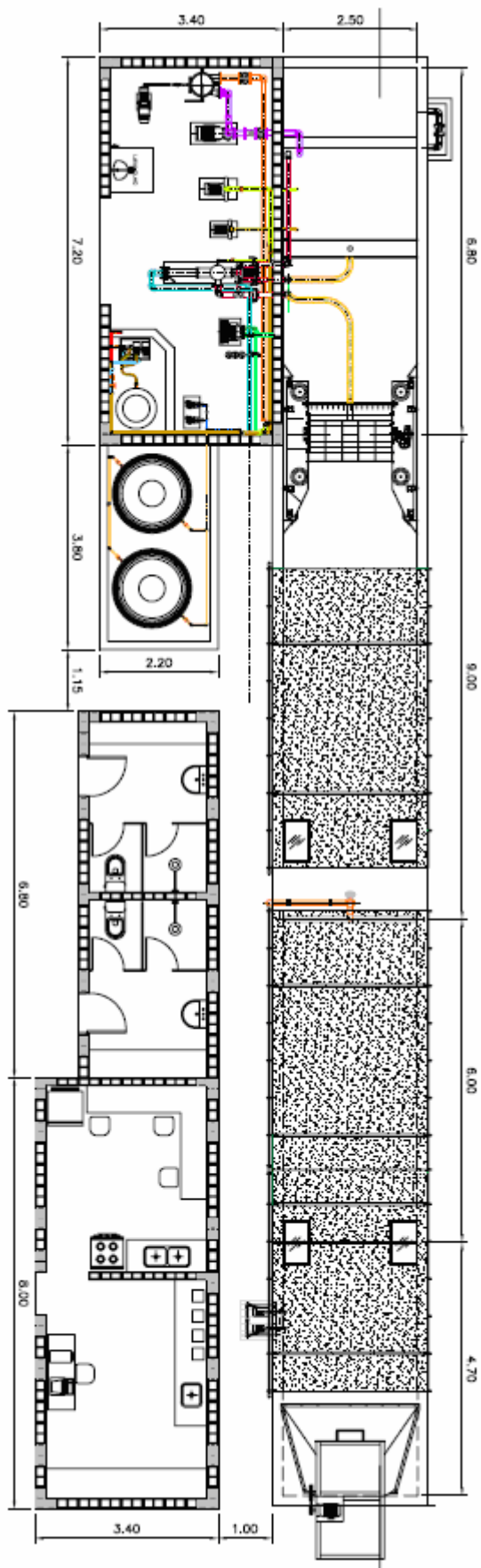


Figura 3.10 – Planta da unidade de flotação. Fonte: DMAE.

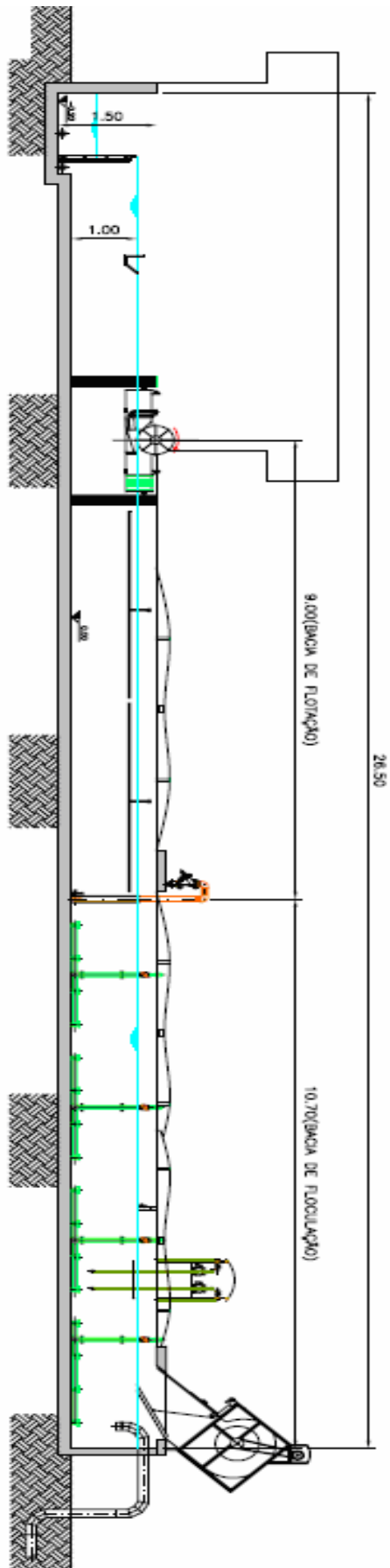


Figura 3.11 – Vista lateral do canal de tratamento. Fonte: DMAE.

3.2.1 - Bacia de Flocculação

A bacia de flocculação do canal de tratamento foi dimensionada em função das características e vazões do efluente. A extensão para ocorrência da flocculação prevista na bacia é de 10,70 m, com largura de 2,50 m. As dimensões estabelecidas para a bacia são suficientes para que o processo de flocculação ocorra de forma eficiente.

Considerando as vazões de tratamento, a seção média no trecho da bacia, e uma lâmina d'água de 1,00 m, obtêm-se as velocidades de escoamento e as distâncias percorridas pelas partículas em suspensão. Avaliando as velocidades de escoamento obtidas, nota-se, entretanto, que a condição não impedirá que os flocos sedimentem no canal.

3.2.1.1 – Medição de vazão

A medição de vazão é feita através de um transmissor de nível contínuo, *Echosound* ES-80, instalado no final do canal de tratamento, e é um parâmetro primordial para o nosso trabalho. O sensor mede distância através de um transdutor que envia ondas ultra-sônicas. O disparo contém uma série de ondas que transitam pelo ar, refletindo a altura da coluna d'água, retornando sob forma de eco para o transdutor. A altura da coluna d'água é calculada pelo sensor levando-se em conta o intervalo de tempo entre a transmissão e a recepção das ondas ultra-sônicas. Com a altura da coluna d'água e as dimensões do canal, a vazão de efluente é calculada instantaneamente.

3.2.1.2 - Sistema de aeração

O sistema de aeração é utilizado tanto na bacia de flocculação quanto na bacia de flotação, e composto por um conjunto de soprador tipo radial, de vazão de ar de 142 m³/h e potência de 3 CV, tubulação de PVC de 60 mm e difusores de ar de membrana, conforme ilustra a Figura 3.12 a seguir.

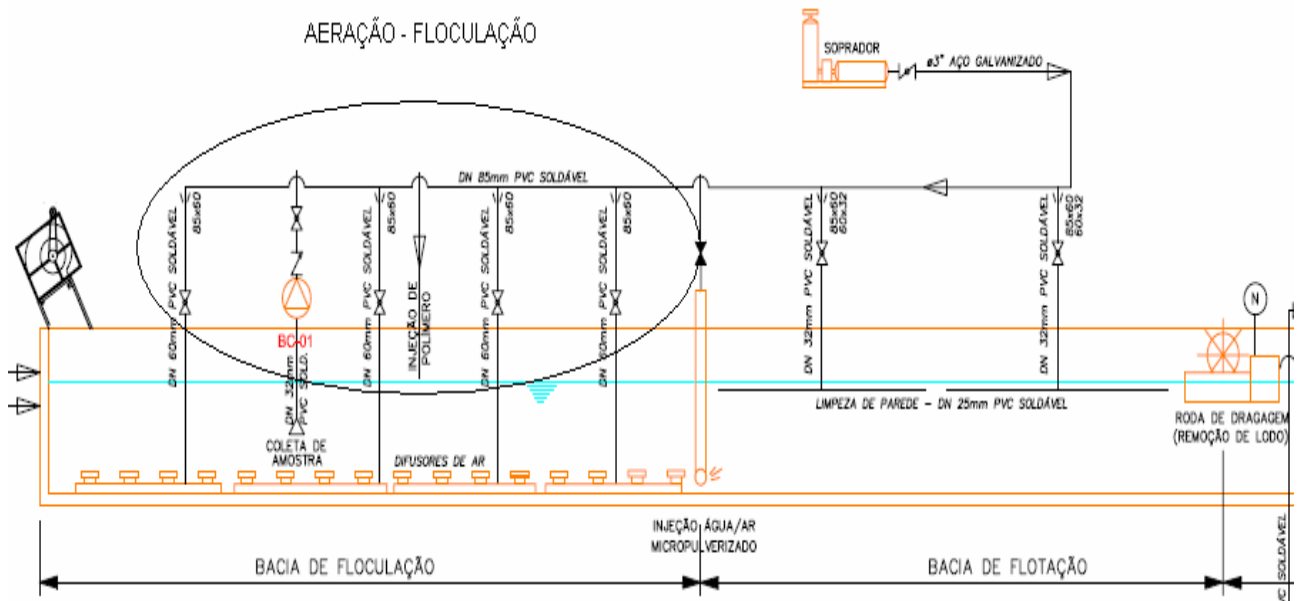


Figura 3.12 – Sistema de Aeração – Floculação. Fonte: DMAE.

Para evitar que os coágulos sedimentem antes de atingir os pontos de injeção de água/ar micro pulverizado, foi criado um fluxo vertical, de sentido ascendente, através da instalação de um sistema de aeração por um ar difuso na bacia de floculação, conforme ilustra a Figura 3.13, a seguir. O controle da vazão de ar será manual, através da manobra de registros e válvulas instalados nas tubulações e a operação do conjunto será contínua.

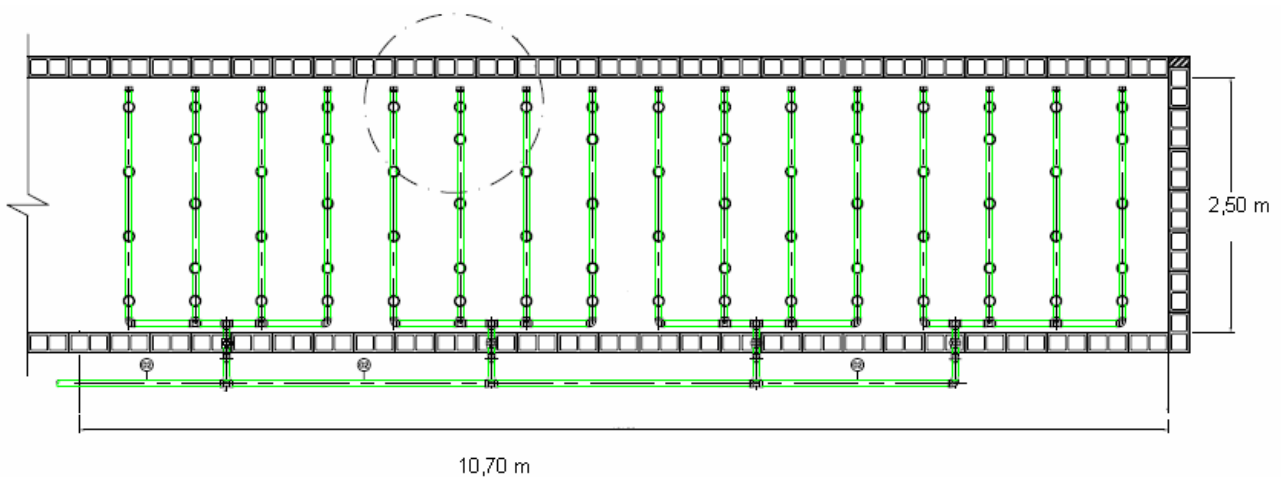


Figura 3.13 – Detalhe da tubulação de PVC – Floculação. Fonte: DMAE.

O conjunto formado pelo soprador e pela tubulação dotada de difusores de ar, instalada ao longo da bacia de floculação, possibilitará a homogeneização adequada dos produtos químicos na massa líquida e evitará a decantação prematura dos flocos.

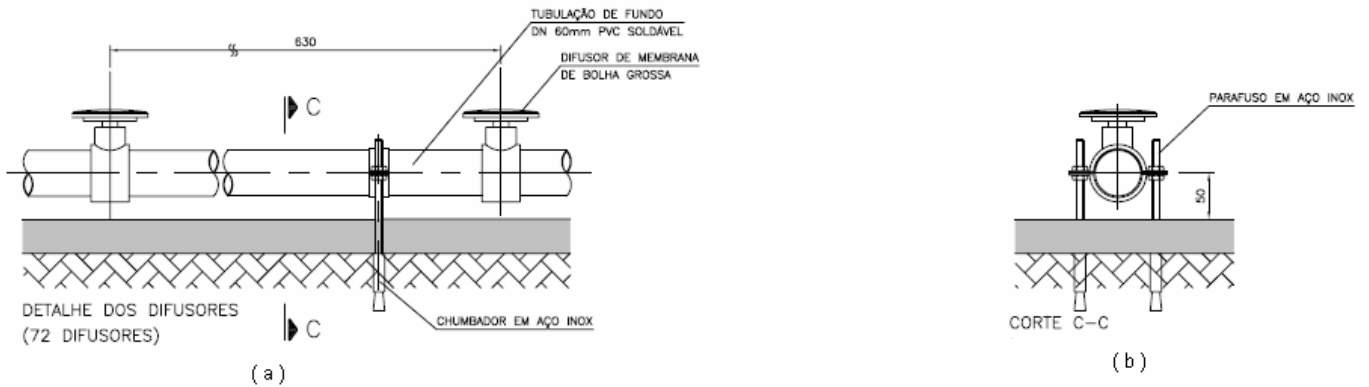


Figura 3.14 – Detalhe dos difusores – (a) vista lateral

(b) Corte C - C

Fonte: DMAE.

A função dos difusores é, também, de permitir a mistura homogênea do coagulante no efluente, proporcionando uma mistura lenta e favorecendo a sua coagulação.

3.2.1.3 - Dosagem de produtos químicos

O sistema de dosagem de coagulante, conforme mostrado na Figuras 3.15 e 3.16, utiliza duas bombas dosadoras, do tipo diafragma eletromagnética, com vazão máxima de 50 L/h e potência de 0,5 CV para dosagem do coagulante, que serão utilizadas alternadamente, e trabalharão com faixa de variação de vazão entre 2,5 L/h a 25 L/h, com pressão mínima 2 bar.

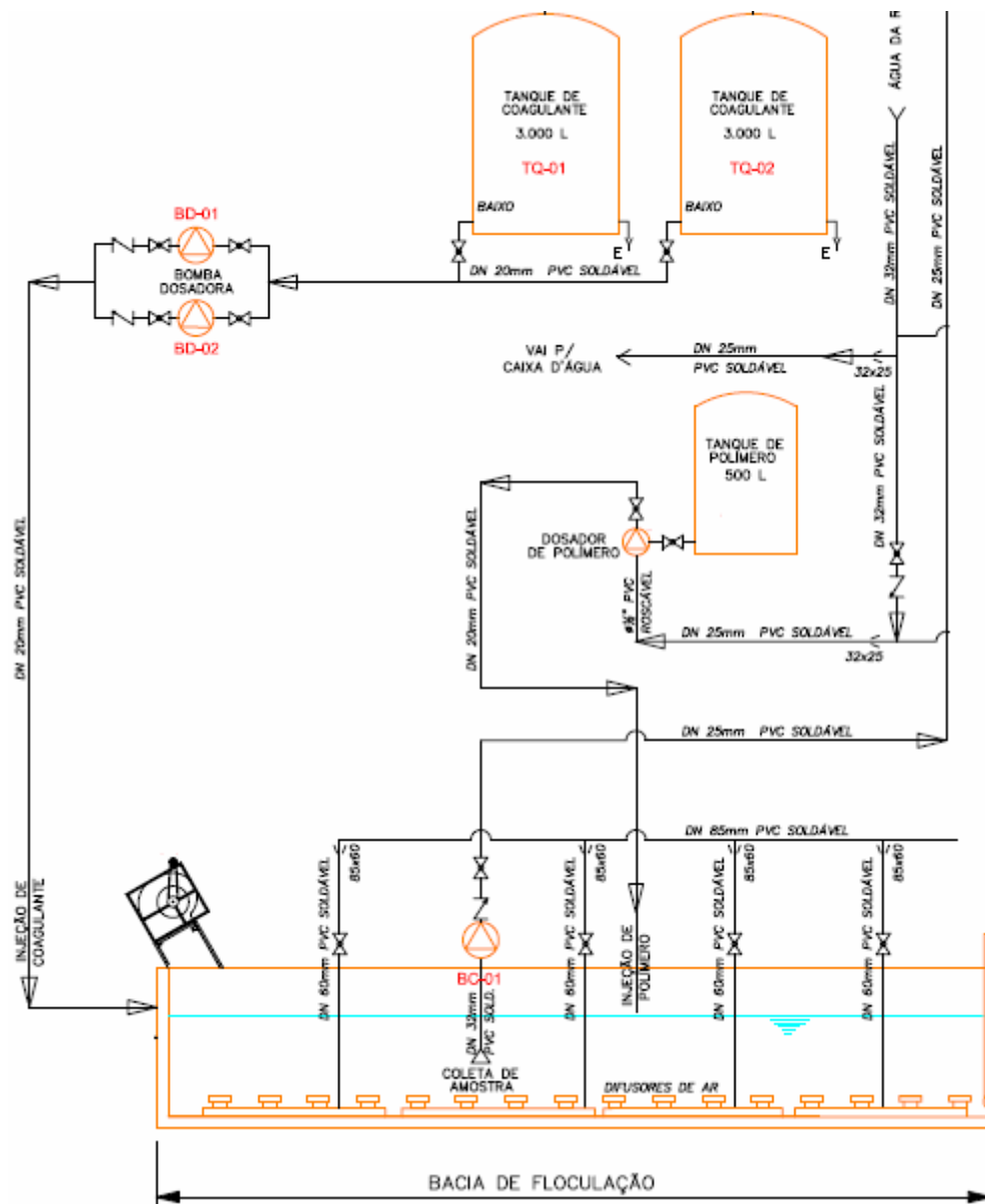


Figura 3.15 – Fluxograma da dosagem de produtos químicos. Fonte: DMAE.

O coagulante utilizado foi o Cloreto Férrico (FeCl_3) solução aquosa com densidade 1,4 Kg/L e teor de FeCl_3 de 40%. O coagulante é injetado no canal de tratamento em uma tubulação localizada no início do mesmo, através da bomba dosadora.

O sistema de dosagem de polímero é composto por duas bombas de dosagem de polímero, do tipo centrífuga horizontal, vazão máxima de 7,9 L/h e potência 0,5 CV e um agitador de polímero, tipo hélice rotativa e potência de 1 CV. O polímero em emulsão é colocado no tanque. Para manter a emulsão homogênea o agitador deve ficar ligado 15 min/hora. O polímero é injetado no canal em uma tubulação localizada na bacia de floculação, conforme mostra a Figura 3.16.

O polímero utilizado é o floculante comercial FLONEX 1251 K. Trata-se de um polímero catiônico em emulsão para coagulação e flotação. É um líquido fosco, com densidade de 1,05 Kg/L, pH 4,0 e seu material ativo é 40% Poliácrilamida.

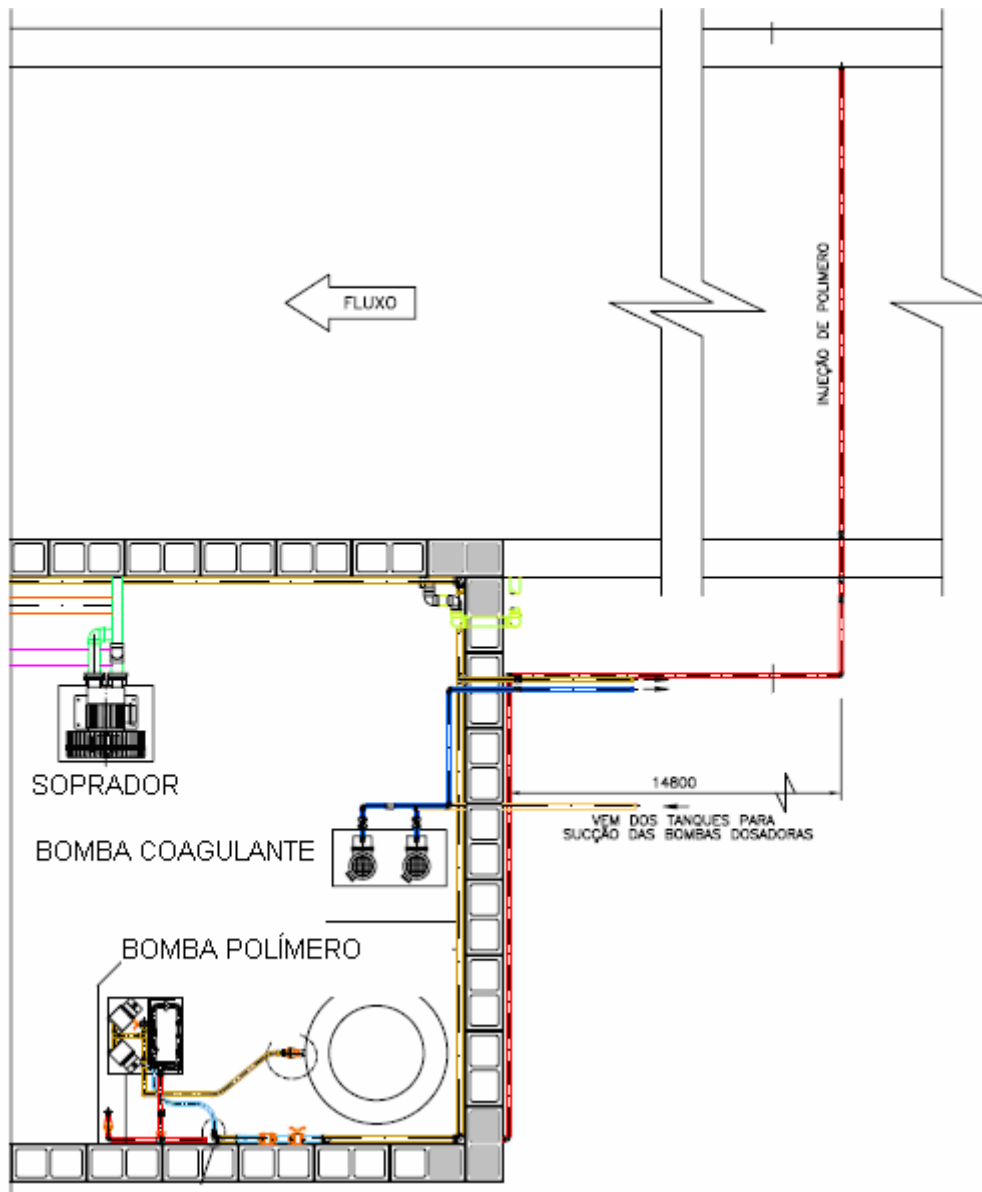


Figura 3.16 – Planta do sistema de dosagem de produtos químicos. Fonte: DMAE.

3.2.1.4 - Armazenamento dos produtos químicos

O sistema de armazenamento de coagulante foi instalado fora do módulo de equipamentos da estação. Para o armazenamento do coagulante utiliza-se 4 tanques cilíndricos de 3.000 L, executados em polietileno, conforme ilustra a Figura 3.17. O tanque de armazenamento de polímero tem capacidade de 500 L.

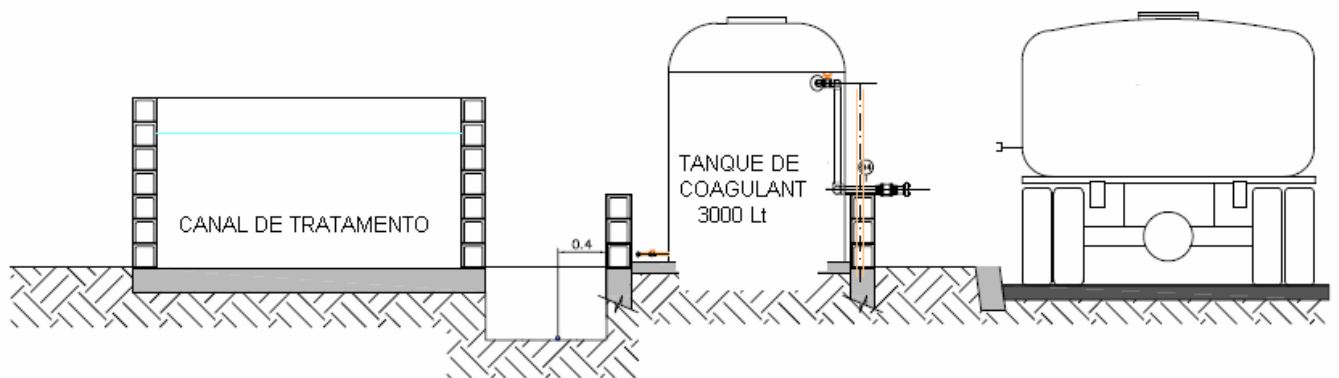


Figura 3.17 – Detalhe do sistema de armazenamento de coagulante. Fonte: DMAE.

3.2.2 - Bacia de Flotação

O processo de flotação ocorre através da injeção da mistura água/ar micro pulverizada na massa líquida. As micro bolhas de ar se agregam aos flocos formados no processo de floculação, diminuindo a densidade das partículas para valores inferiores à água, viabilizando a flutuação do material na superfície do corpo hídrico. Após a passagem da massa líquida pela cortina de ar micro pulverizado, ocorre o processo de flotação.

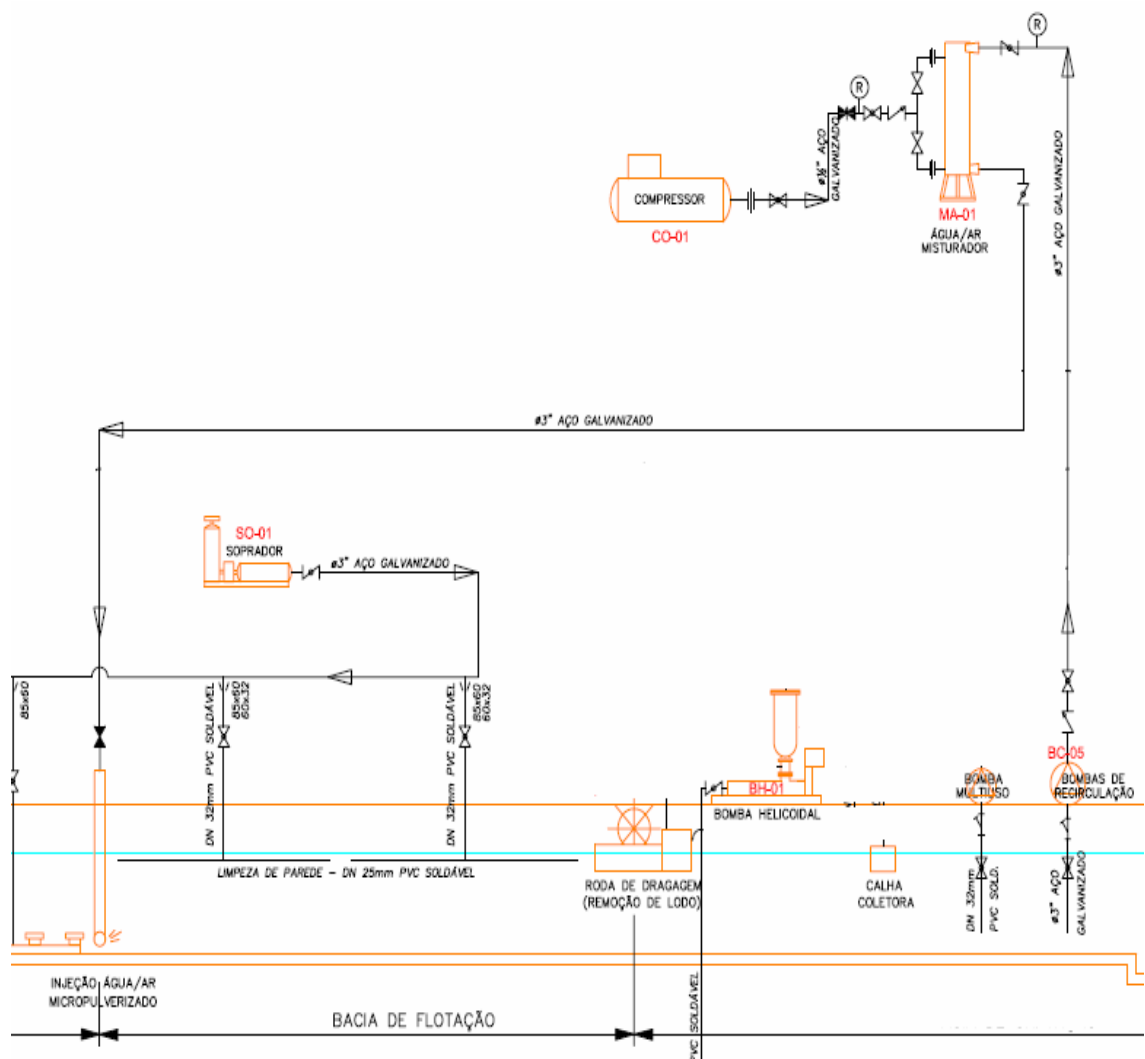


Figura 3.18 – Fluxograma bacia de flotação. Fonte: DMAE.

Para ocorrência desse processo dimensionou-se a bacia de flotação que tem 9,00m de comprimento, conforme ilustrado na Figura 3.11 acima, proporcionando condições para que as partículas floculadas sejam flotadas. Para o dimensionamento da bacia de blotação admitiu-se que o canal suportará vazão máxima de tratamento de 26 L/s. Admitiu-se também que o processo a necessite da seguinte taxa de aplicação água/ar em relação à vazão a ser tratada: vazão de recirculação máxima 6,25 L/s e consumo de ar comprimido máximo 1,37 NL/s. A bacia de flotação é limitada pela cortina de injeção de água/ar micro pulverizado e pelas rodas de dragagem de captação do lodo flotado.

3.2.2.1- Sistema de microaeração

O sistema de microaeração é composto por um compressor de ar tipo rotativo de palheta, um misturador de água/ar, uma bomba de recirculação tipo centrífuga horizontal bipartida e tubulação de PVC de 3" com furos de 10 mm.

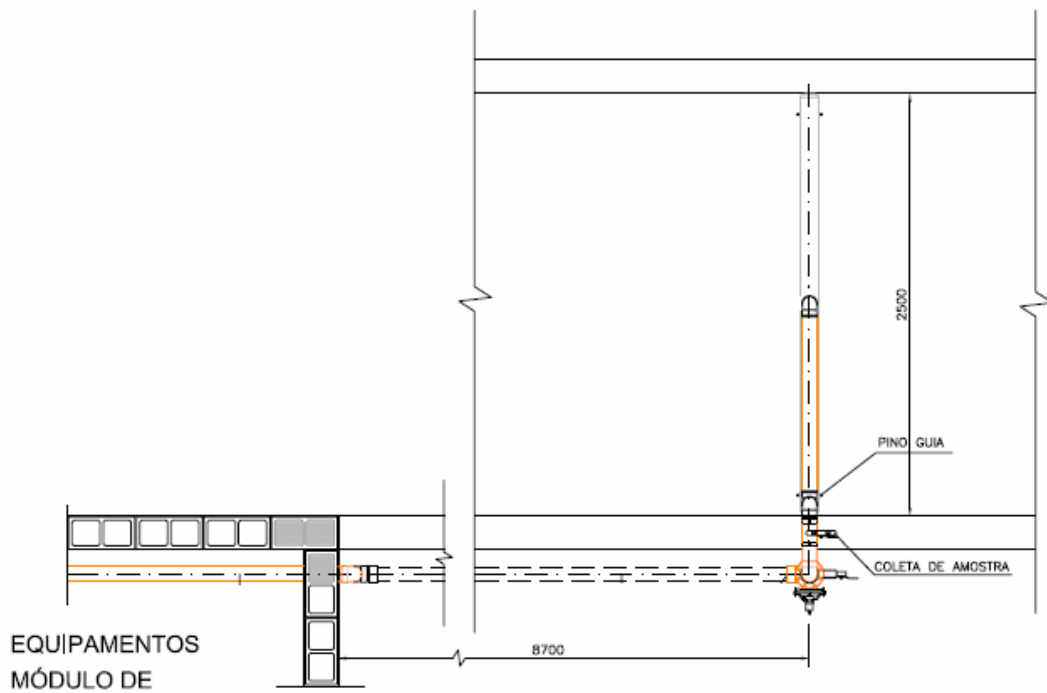


Figura 3.19 – Planta do sistema de microaeração. Fonte: DMAE.

O compressor, o misturador de água/ar e a bomba de recirculação se encontram localizados no módulo de equipamentos. A mistura água/ar comprimido deverá ser feita no equipamento dissolvedor de ar antes da aplicação no canal. A tubulação de água/ar dissolvido é ligada aos equipamentos que compõem o módulo de flotação, ou seja, bomba centrífuga, compressor de ar e misturador água/ar, conforme ilustra Figuras 3.20 e 3.21 No fundo do canal serão instaladas tubulações transversalmente, que efetuarão a microaeração da massa líquida.

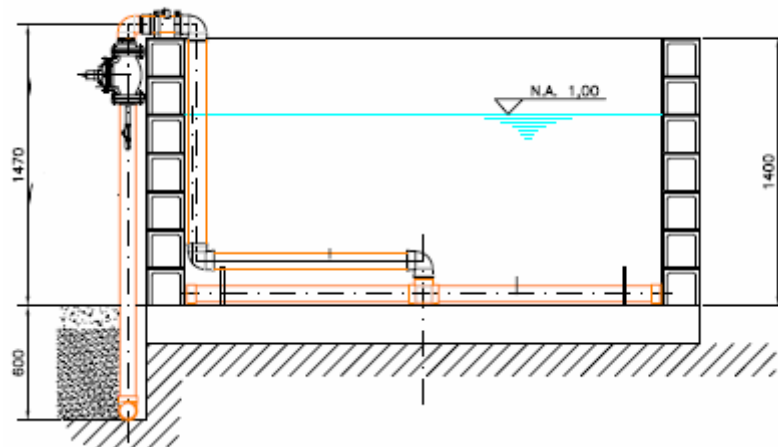


Figura 3.20 – Corte Transversal do sistema de microaeração. Fonte: DMAE.

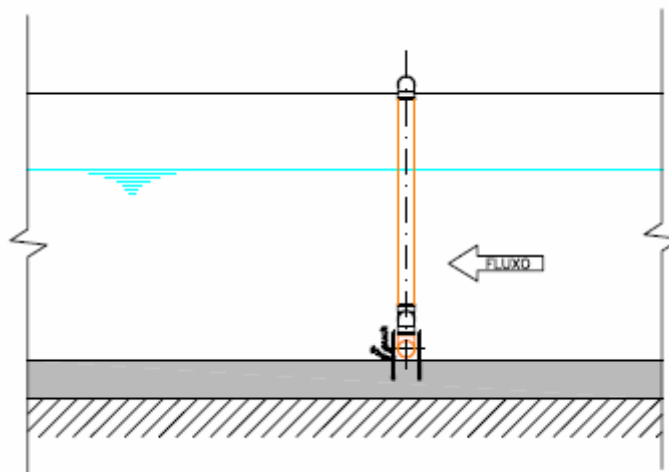


Figura 3.21 – Corte Lateral do sistema de microaeração. Fonte: DMAE.

Essa tubulação, de diâmetro de 3", terá furos de 10 mm, com espaçamentos entre furos adequados, evitando a coalescência das micro bolhas, conforme ilustrado na Figura 3.22 a seguir.

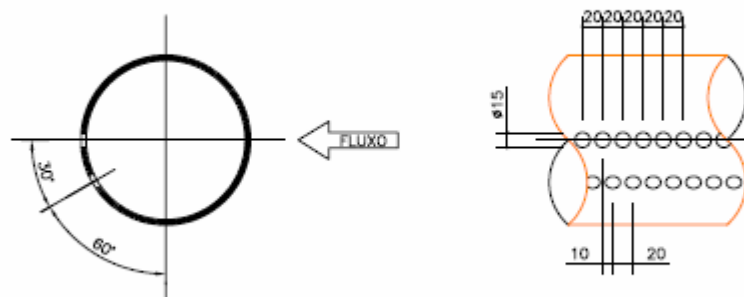


Figura 3.22 – Detalhe da furação. Fonte: DMAE.

3.2.2.2 - Sistema de limpeza de paredes

O sistema de limpeza de paredes da bacia de flotação utiliza o mesmo soprador descrito no sistema de areação da floculação acoplado a uma tubulação de PVC de diâmetro 60 mm, conforme ilustra as Figuras 3.23 e 3.26 a seguir.

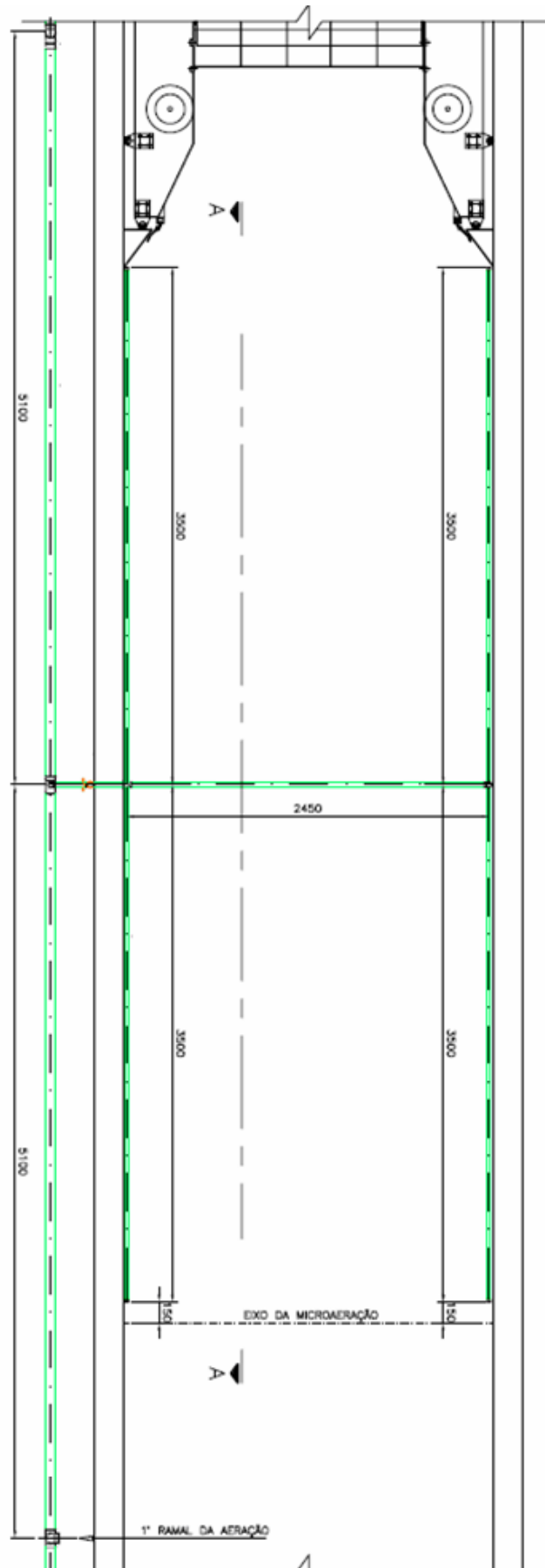


Figura 3.23 – Planta sistema de limpeza de paredes. Fonte: DMAE.

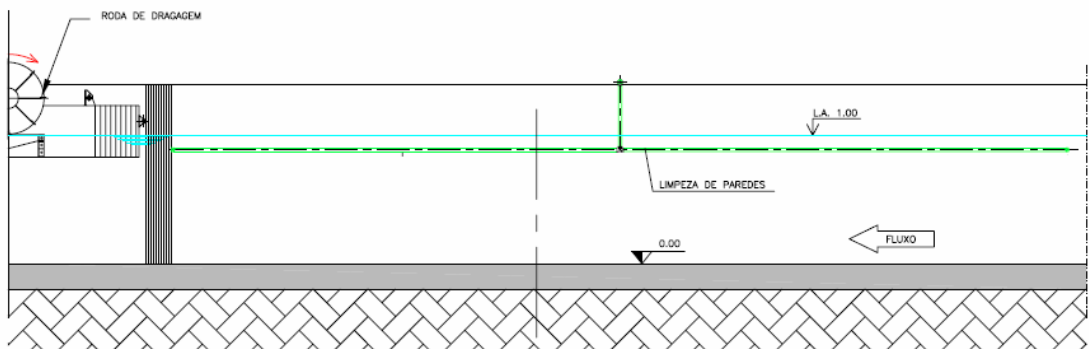


Figura 3.24 – Vista lateral do sistema de limpeza de paredes. Fonte: DMAE.

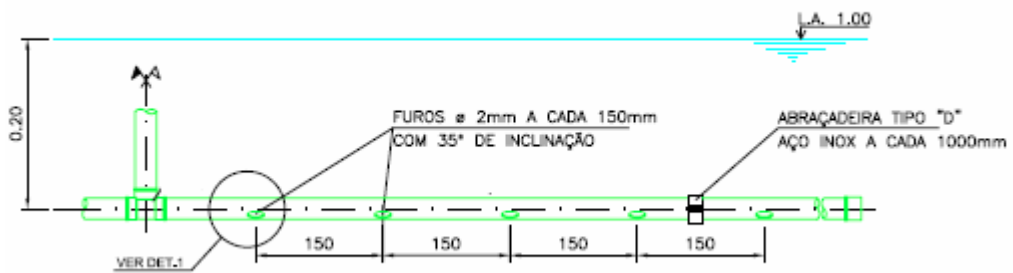


Figura 3.25 – Detalhe da furação. Fonte: DMAE.

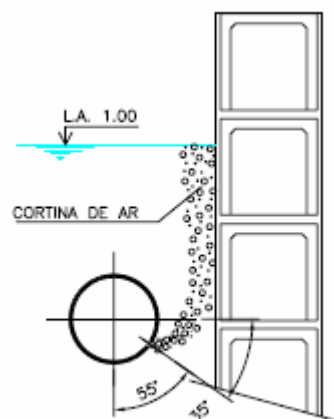


Figura 3.26 – Detalhe da “cortina de ar”. Fonte: DMAE.

3.2.3- Sistema para Remoção do Lodo Flotado

Para a remoção do lodo flotado adotamos um sistema composto de roda de drenagem flutuante, instalada jusante da bacia de flotação, com a função de remover o lodo do canal e bomba helicoidal de 5 CV de potência e vazão máxima de 15 m³/h, para transporte do lodo até o RAFA.

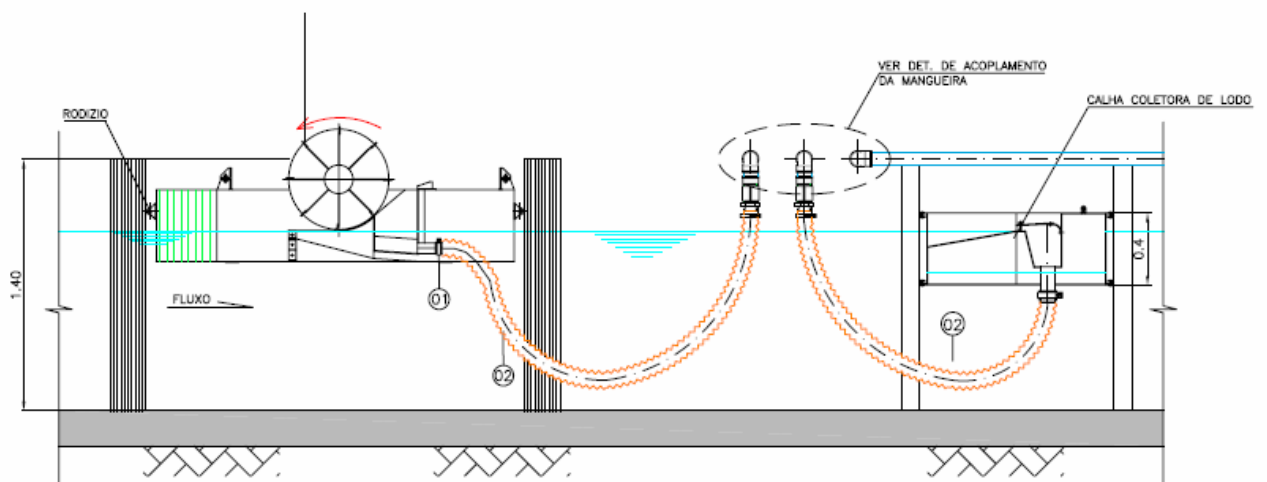


Figura 3.27 – Vista lateral do sistema de remoção de lodo. Fonte: DMAE.

O lodo flotado será bombeado para o tratamento preliminar, retornando para o RAFA.

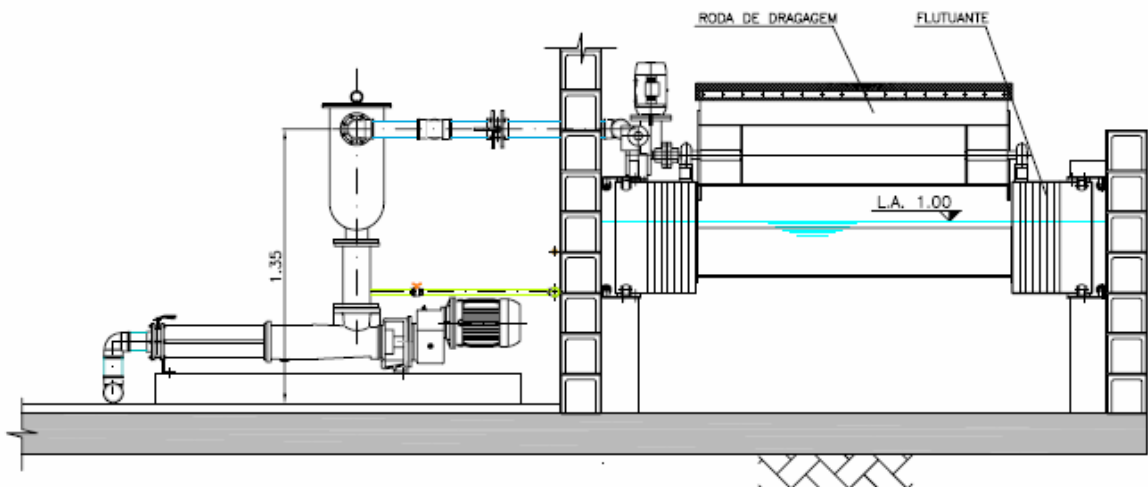


Figura 3.28 – Detalhes do sistema de remoção de lodo. Fonte: DMAE.

3.2.4 - Sistema para Arraste e Adensamento do Lodo

Para arraste e adensamento do lodo flotado adotamos um sistema com ventilador centrífugo de dupla aspiração, instalado a montante da bacia de floculação, conforme ilustrado na Figura 3.29.

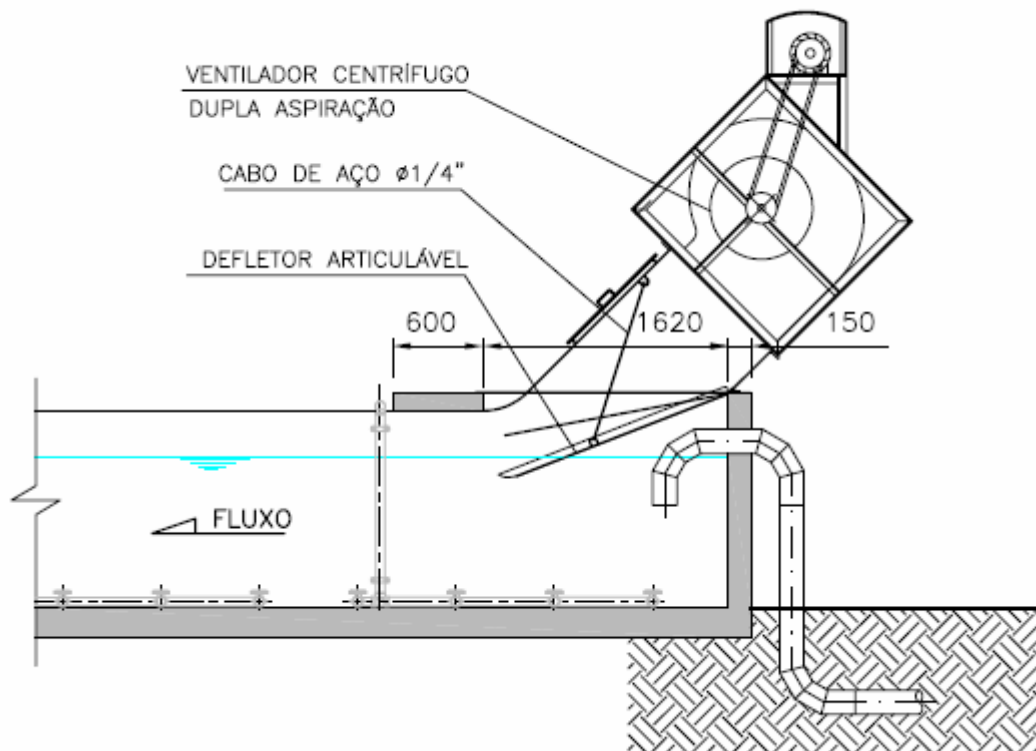


Figura 3.29 – Ventilador centrífugo. Fonte: DMAE.

3.2.5 - Tratamento do Lodo

O lodo gerado pelo reator UASB (RAFA) será disposto em leitos de secagem instalados ao lado da unidade de flotação. Esses leitos serão em número de dois com dimensões de 10,0m x 10,0m.

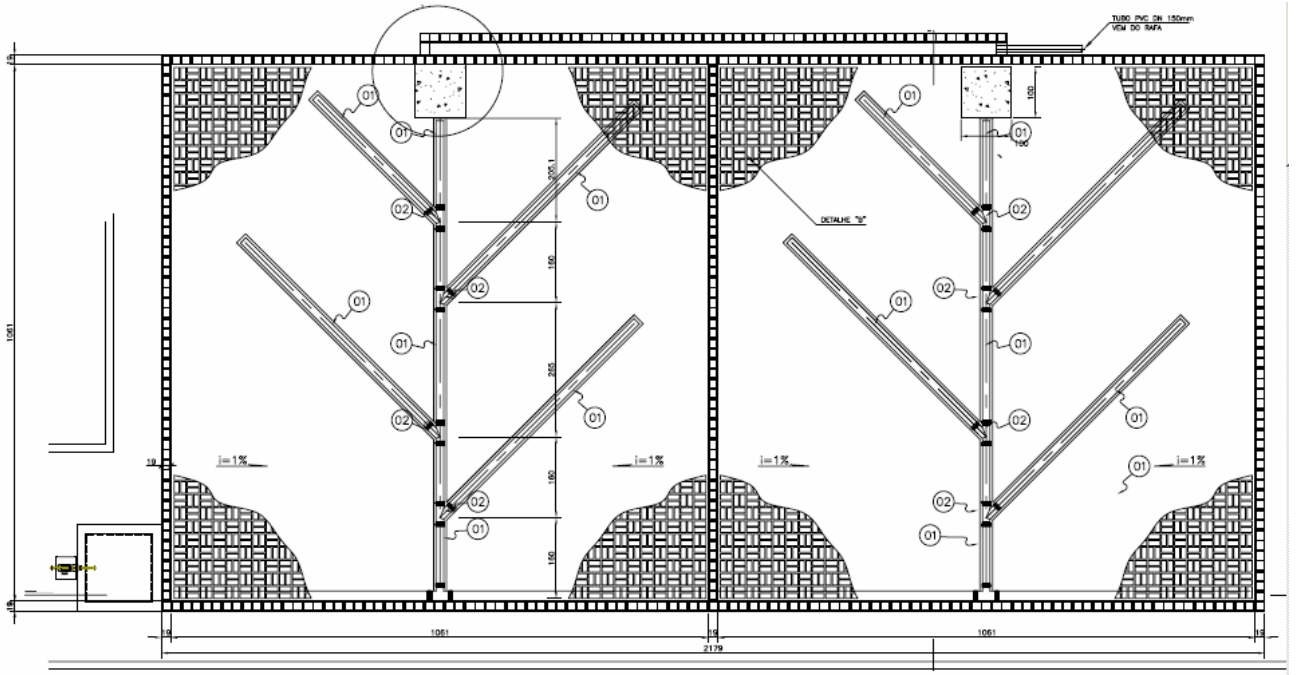


Figura 3.30 – Planta leito de secagem. Fonte: DMAE.

3.2.6 - Módulo de Equipamentos

Concentrou-se os equipamentos relacionados aos processos de floculação e flotação dos poluentes no módulo de equipamentos, que abriga todos compressores e bombas.

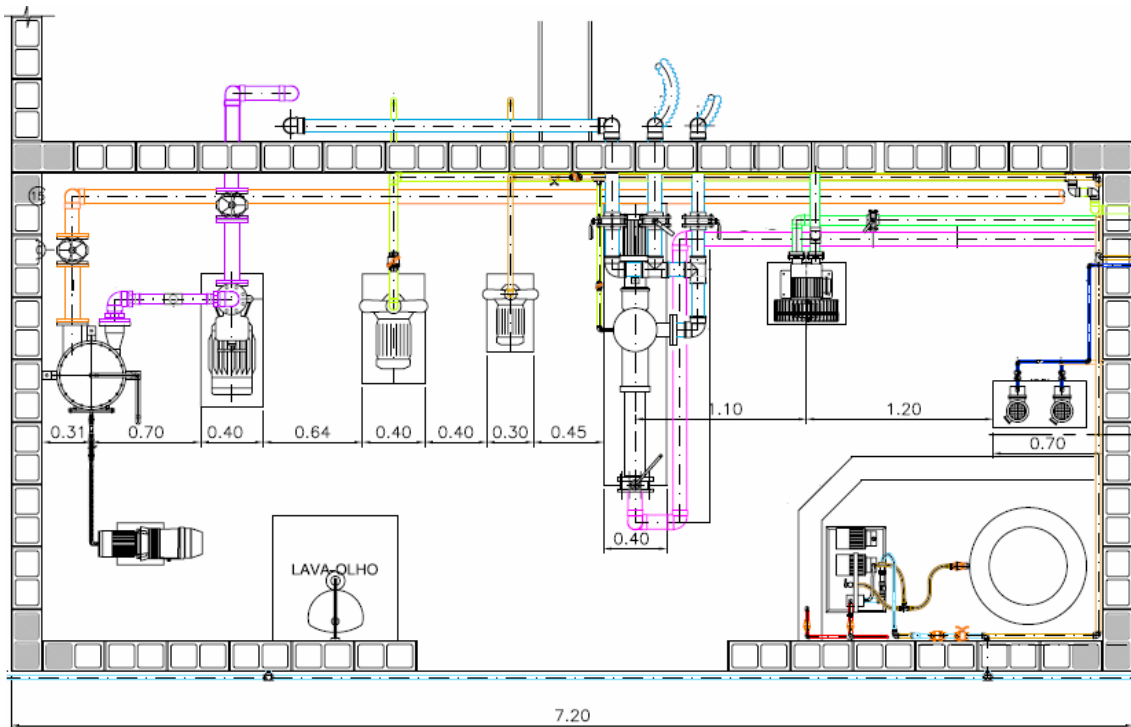


Figura 3.31 – Planta do módulo de equipamentos. Fonte: DMAE.

3.3 – Planejamento Experimental

Quando existem diversas possibilidades de combinação das variáveis relevantes ao processo, como no caso do processo de flotação, a análise dos experimentos é mais confiável utilizando técnicas estatísticas para este fim. O planejamento fatorial dos experimentos permite verificar a influência de feitos principais com também de interação entre as variáveis (BOX *et al.*, 1978).

O planejamento fatorial, conforme apresenta a Tabela 3.1, seleciona os níveis das variáveis estudadas e todas as combinações possíveis do experimento são determinadas. A determinação da quantidade de experimentos é feita de acordo com a quantidade de variáveis estudadas e com os níveis estipulados para estas variáveis. Um planejamento do tipo 2^k determina a quantidade de experimentos de um estudo em dois níveis com k variáveis. Os planejamentos fatoriais a dois níveis são recomendados para sistemas cujas equações experimentais são de primeira ordem. Quando um sistema for representado por equações de segunda ordem, ou seja, mais complexos, um planejamento fatorial com mais níveis, avaliados em cada fator, se faz necessário (BOX *et al.*, 1978).

Tabela 3.1 – Esquema do planejamento fatorial 2^4 .

X_1	X_2	X_3	X_4
-1	-1	-1	-1
+1	-1	-1	-1
-1	+1	-1	-1
+1	+1	-1	-1
-1	-1	+1	-1
+1	-1	+1	-1
-1	+1	+1	-1
+1	+1	+1	-1
-1	-1	-1	+1
+1	-1	-1	+1
-1	+1	-1	+1
+1	+1	-1	+1
-1	-1	+1	+1
+1	-1	+1	+1
-1	+1	+1	+1
+1	+1	+1	+1

O número de variáveis a serem estudadas aliadas à necessidade de obter uma estimativa de parâmetros de uma superfície de segunda ordem e ainda, a redução do esforço experimental, levou à utilização do Planejamento Composto Central (PCC). O PCC, conforme apresenta a Tabela 3.2, é um planejamento fatorial de 1ª ordem aumentada por pontos adicionais para permitir a estimação dos parâmetros de uma superfície de 2ª ordem. Portanto, foi realizado um PCC composto por um planejamento fatorial a dois níveis com quatro variáveis acrescido de duas réplicas no ponto central e ainda 8 experimentos nos pontos axiais (α), totalizando 26 experimentos.

Tabela 3.2 – Esquema do planejamento composto central.

X_1	X_2	X_3	X_4
-1	-1	-1	-1
+1	-1	-1	-1
-1	+1	-1	-1
+1	+1	-1	-1
-1	-1	+1	-1
+1	-1	+1	-1
-1	+1	+1	-1
+1	+1	+1	-1
-1	-1	-1	+1
+1	-1	-1	+1
-1	+1	-1	+1
+1	+1	-1	+1
-1	-1	+1	+1
+1	-1	+1	+1
-1	+1	+1	+1
+1	+1	+1	+1
0	0	0	0
0	0	0	0
$-\alpha$	0	0	0
$+\alpha$	0	0	0
0	$-\alpha$	0	0
0	$+\alpha$	0	0
0	0	$-\alpha$	0
0	0	$+\alpha$	0
0	0	0	$-\alpha$
0	0	0	$+\alpha$

A técnica de superfície de resposta, que tem como base o planejamento fatorial dos experimentos, é de fundamental importância neste trabalho, pois permite verificar os efeitos individuais e as interações entre as variáveis, a avaliação dos erros experimentais e de regressão e o equacionamento empírico dos resultados em função das variáveis escolhidas (BOX *et al.*, 1978).

A flotação por ar dissolvido (FAD) envolve diversas variáveis, assim a análise e planejamento dos experimentos são mais confiáveis utilizando técnicas estatísticas para esse fim. Considerando que objetivo deste trabalho é a avaliação da remoção de fósforo na ETE do DMAE, foram analisados relatórios de operação da estação, realizadas reuniões com a equipe técnica responsável pelo setor e selecionadas as variáveis mais importantes:

- Concentração de coagulante (X1);
- Concentração de polímero (X2);
- Vazão de ar (X3);
- Velocidade da roda de dragagem (X4).

Além disso, em comum acordo com a área técnica do DMAE, definiu-se também os níveis destas variáveis, levando-se em consideração as condições operacionais do canal de tratamento e visando buscar uma economia de produtos químicos.

Os níveis das variáveis estudadas foram colocados na forma codificada (adimensionalizada), utilizando as seguintes equações de codificação:

$$\text{Equação geral: } X_n = \frac{(X - X_0)}{\frac{X_{+1} - X_{-1}}{2}} \quad (4.1)$$

sendo: X_n é o valor da variável no experimento na forma codificada;

X é o valor real da variável a ser calculado;

X_0 é o valor real da variável no ponto central;

X_{+1} é o valor real da variável no nível superior;

X_{-1} é o valor real da variável no nível inferior.

$$\text{- CONC. COAGULANTE } X_1 = \frac{C(ppm) - 80(ppm)}{20(ppm)} \quad (4.2)$$

$$\text{- CONC. POLÍMERO } X_2 = \frac{P(ppm) - 2,5(ppm)}{1,0(ppm)} \quad (4.3)$$

$$\text{- VAZÃO DE AR } X_3 = \frac{Q(L/s) - 20,0(L/s)}{8,0(L/s)} \quad (4.4)$$

$$\text{- VELOC. RODA DRAGAGEM } X_4 = \frac{V_R(RPM) - 1,15(RPM)}{0,45(RPM)} \quad (4.5)$$

O valor de $\alpha = 1,483$ foi calculado, para se obter a ortogonalidade, ou seja, essa escolha deve ser feita de forma a deixar a matriz de variância e covariância diagonal, o que elimina todas as correlações entre os parâmetros (MYERS, 1976).

O valor de α , foi calculado através da equação 4.6:

$$\alpha = \left(\frac{Q \cdot G}{4} \right)^{1/4} \quad (4.6)$$

$$\text{sendo, } Q = \left[(G + T)^{1/2} - G^{1/2} \right]^2$$

G = número de pontos fatoriais ($G = 2^k$, se completo);

T = número de pontos adicionais no PCC; $T = 2k +$ número de réplicas centrais.

Para ajustar as variáveis acima descritas, a medição de vazão de esgoto no canal de tratamento é essencial, visto que em função dela toda regulagem é calculada.

Com a vazão de esgoto obtida através do medidor instalado no canal de tratamento e o valor real $C_{-\alpha}$, C_{-1} , C_0 , $C_{+\alpha}$ e C_{+1} de cada experimento do planejamento, regula-se a bomba dosadora para injetar no canal de tratamento o valor da variável coagulante. Para se aferir o valor correto utiliza-se uma proveta e um cronômetro. A concentração de coagulante C_{Reg} [mL/min] é calculada através da equação 4.7 a seguir:

$$C_{\text{Reg}} (\text{mL} / \text{min}) = \frac{C(\text{ppm}) * V(\text{L} / \text{s})}{9,33} \quad (4.7)$$

Sendo: C_{Reg} é a o volume de coagulante dosado por minuto no canal;
 V é o valor medido da vazão de esgoto em L/s;
 C é o valor real da variável no ponto.

Seguindo o mesmo procedimento da variável anterior, ajusta-se a bomba dosadora de polímero para injetar no canal de tratamento o valor da variável polímero. Para se aferir o valor correto utiliza-se uma proveta e um cronômetro. A concentração de polímero P_{Reg} [mL/min] é calculada através da equação 4.8:

$$P_{\text{Reg}} (\text{mL} / \text{min}) = \frac{P(\text{ppm}) * V(\text{L} / \text{s})}{7,0} \quad (4.8)$$

Sendo: P_{Reg} é o volume de polímero dosado por minuto no canal;
 V é o valor medido da vazão de esgoto em L/s;
 P é o valor real da variável no ponto.

A regulagem da vazão de ar Q é feita do através do acionamento de uma válvula tipo borboleta existente na tubulação que vai do soprador ate o canal de tratamento. Para a medição da vazão de ar foi adaptado um anemômetro na tubulação que nos fornece a velocidade média do ar. Multiplicando a mesma pela área da seção transversal do tubo obtive-se o valor necessário para realização de cada experimento.

A velocidade da roda de dragagem V_R é regulada através de inversor de frequência do motor elétrico. Para aferir o valor correto utiliza-se um cronômetro e marca-se o tempo médio de cada giro da mesma.

As amostras coletadas foram enviadas ao Laboratório Bioagri Ambiental e foi realizada a determinação espectrofotométrica de fósforo total pelo Método do Metavanadato de amônio. Os procedimentos de coleta e preservação são baseados na Norma Preservação e Técnica de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.

A remoção de fósforo foi calculada utilizando-se a equação 4.9:

$$R(\%) = \frac{(T_{\text{afluente}} - T_{\text{efluente}})}{T_{\text{afluente}}} * 100 \quad (4.9)$$

sendo: R é remoção de fósforo;

T_{afluente} é teor de fósforo da entrada da unidade de flotação;

T_{efluente} é teor de fósforo da saída da unidade de flotação.

Abaixo, na Tabela 4.3, estão relacionadas às variáveis do processo e seus respectivos valores, de acordo com seus níveis: inferior, central e superior.

Tabela 4.3 - Variáveis do processo.

Variáveis	Descrição	NÍVEIS				
		- α	-1	0	+1	+ α
X₁	Conc. Cloreto (ppm)	50,3	60	80	100	109,7
X₂	Conc. Polímero (ppm)	1,06	1,5	2,5	3,5	3,98
X₃	Vazão de Ar (L/s)	8,14	12	20	28	31,86
X₄	Vel. Roda Drag (RPM)	0,48	0,7	1,15	1,6	1,82

Tabela 4.4 - Matriz do planejamento composto central.

	X₁	X₂	X₃	X₄
EXP. 1	60	1,5	12	0,7
EXP. 2	100	1,5	12	0,7
EXP. 3	60	3,5	12	0,7
EXP. 4	100	3,5	12	0,7
EXP. 5	60	1,5	28	0,7
EXP. 6	100	1,5	28	0,7
EXP. 7	60	3,5	28	0,7
EXP. 8	100	3,5	28	0,7
EXP. 9	60	1,5	12	1,6
EXP. 10	100	1,5	12	1,6
EXP. 11	60	3,5	12	1,6
EXP. 12	100	3,5	12	1,6
EXP. 13	60	1,5	28	1,6
EXP. 14	100	1,5	28	1,6
EXP. 15	60	3,5	28	1,6
EXP. 16	100	3,5	28	1,6
EXP. 17	80	2,5	20	1,15
EXP. 18	80	2,5	20	1,15
EXP. 19	50,3	2,5	20	1,15
EXP. 20	109,7	2,5	20	1,15
EXP. 21	80	1,06	20	1,15
EXP. 22	80	3,98	20	1,15
EXP. 23	80	2,5	8,14	1,15
EXP. 24	80	2,5	31,86	1,15
EXP. 25	80	2,5	20	0,48
EXP. 26	80	2,5	20	1,82

4.4 – Análise Estatística das Respostas

A análise estatística dos dados foi feita utilizando o programa *Statistica 5.1*[®] a partir da análise de regressão múltipla, pelo método dos mínimos quadrados, para cada uma das respostas, tendo como parâmetros os termos isolados, de interação e quadráticos das quatro variáveis estudadas.

A equação empírica de 2ª ordem proposta para representar cada uma das respostas segue a seguinte forma:

$$Y = \beta_0 + aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_1X_2 + fX_1X_3 + gX_1X_4 + hX_2X_3 + iX_2X_4 + jX_3X_4 + kX_1^2 + lX_2^2 + mX_3^2 + nX_4^2 \quad (4.9)$$

Sendo:

Y = resposta estudada;

β_0 = valor médio da resposta;

a, b, c, \dots, m = constantes ou parâmetros da equação;

X_1 = Concentração de coagulante (ppm);

X_2 = Concentração de polímero (ppm);

X_3 = Vazão de ar (L/s).

X_4 = Velocidade da roda de dragagem (RPM).

A esta equação foram aplicados os resultados obtidos e feita uma avaliação estatística da estimação dos parâmetros através dos valores de t de *Student* para cada um, sendo eliminados aqueles com nível de significância (p) superior a 10%, ou seja, as variáveis relacionadas a estes são consideradas não relevantes quando p superior a 10%. Os parâmetros não significativos foram eliminados, obtendo-se assim, uma equação que representa os efeitos das variáveis na resposta que está sendo analisada e que determina qual das variáveis mais afeta tal resposta. Pode-se, ainda, prever qual a melhor condição para o processo. O valor do R^2 e a comparação entre F (*Fisher*) calculado e F tabelado foram utilizados para constatação da significância ou não do modelo (MYERS, 1976).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após levantamento realizado nas outras unidades do DMAE que já operavam com unidade de flotação, discutiu-se com a equipe técnica a melhor maneira executar o planejamento de experimentos sem provocar uma interrupção no tratamento de esgoto da região, uma vez que a unidade experimental está em plena operação.

Decidiu-se que para os níveis superiores de coagulante (100 ppm), de polímero (3,5 ppm), de vazão de ar (28 L/s) e velocidade de roda de dragagem (1,6 RPM) seriam utilizados os valores usuais de operação da unidade, pois se buscava a constatação através de dados reais, que a economia de insumos era perfeitamente viável. Optou-se fazer a variação para o valor do nível inferior de coagulante (60 ppm), de polímero (1,5 ppm), de vazão de ar (12 L/s) e velocidade de roda de dragagem (0,7 RPM) visando não comprometer a remoção de fósforo bem como valores que não fossem operacionais.

4.1 – Planejamento fatorial a dois níveis (2^k)

Foi realizado inicialmente um planejamento fatorial a dois níveis e quatro variáveis (2^4), totalizando 16 experimentos, para verificar a influência de efeitos principais e também da interação das variáveis que interferem significativamente no processo de remoção do Fósforo(P). A Tabela 4.1 apresenta os resultados da remoção de fósforo(P) na unidade de flotação.

Os resultados foram obtidos a partir de testes realizados do planejamento de experimentos e com base nos resultados de remoção de fósforo, verificou-se que foram alcançadas eficiências maiores de 70%, ou seja, possibilitando atender legislação vigente, conforme ilustra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Resultados da remoção de fósforo.

	X₁[ppm]	X₂[ppm]	X₃[L/s]	X₄[RPM]	REMOÇÃO[%]
EXP. 1	60	1,5	12	0,7	73,61
EXP. 2	100	1,5	12	0,7	79,71
EXP. 3	60	3,5	12	0,7	85,71
EXP. 4	100	3,5	12	0,7	81,16
EXP. 5	60	1,5	28	0,7	81,25
EXP. 6	100	1,5	28	0,7	89,86
EXP. 7	60	3,5	28	0,7	82,54
EXP. 8	100	3,5	28	0,7	81,16
EXP. 9	60	1,5	12	1,6	75,00
EXP. 10	100	1,5	12	1,6	86,11
EXP. 11	60	3,5	12	1,6	79,17
EXP. 12	100	3,5	12	1,6	87,30
EXP. 13	60	1,5	28	1,6	74,76
EXP. 14	100	1,5	28	1,6	96,88
EXP. 15	60	3,5	28	1,6	80,95
EXP. 16	100	3,5	28	1,6	93,06

Com o objetivo de identificar as variáveis que interferem significativamente na remoção de fósforo estimamos os efeitos utilizando os 16 pontos da Tabela 4.1, apesar de ser um pequeno número de experimentos podem indicar tendências e direções do trabalho, tendo a possibilidade de aumentar os experimentos para formar planejamento compostos e a interpretação dos resultados é dada por aritmética elementar. O planejamento fatorial 2^4 pertence à uma classe de planejamentos ortogonais, ou seja, planejamentos onde $X'X$ é uma matriz ortogonal e assim os parâmetros estimados não são correlacionados entre si. Tabela 4.2 ilustra os estimadores de efeitos utilizando 16 experimentos.

A influência das variáveis sobre a remoção de fósforo pode ser facilmente visualizada através da estimação do efeito das variáveis isoladas e suas interações. A determinação dos parâmetros significativos foi realizada através de um teste de hipótese utilizando uma *t* de *Student* com nível de significância de 10%, sendo desconsiderados os parâmetros que apresentaram nível de significância maior que este valor. A Tabela 4.3 apresenta os valores adimensionais que foram considerados significativos no trabalho.

Tabela 4.2 – Estimação dos efeitos das variáveis.

<i>Fatores</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Nível de significância (p)</i>
X ₁ (Cloreto)	7,79	0,0020
X ₂ (Polímero)	1,74	0,2494
X ₃ (Vazão)	4,11	0,0273
X ₄ (Velocidade)	2,29	0,1470
X ₁ X ₂	-4,19	0,0257
X ₁ X ₃	2,59	0,1101
X ₁ X ₄	5,56	0,0087
X ₂ X ₃	-3,01	0,0734
X ₂ X ₄	0,21	0,8796
X ₃ X ₄	0,44	0,7562

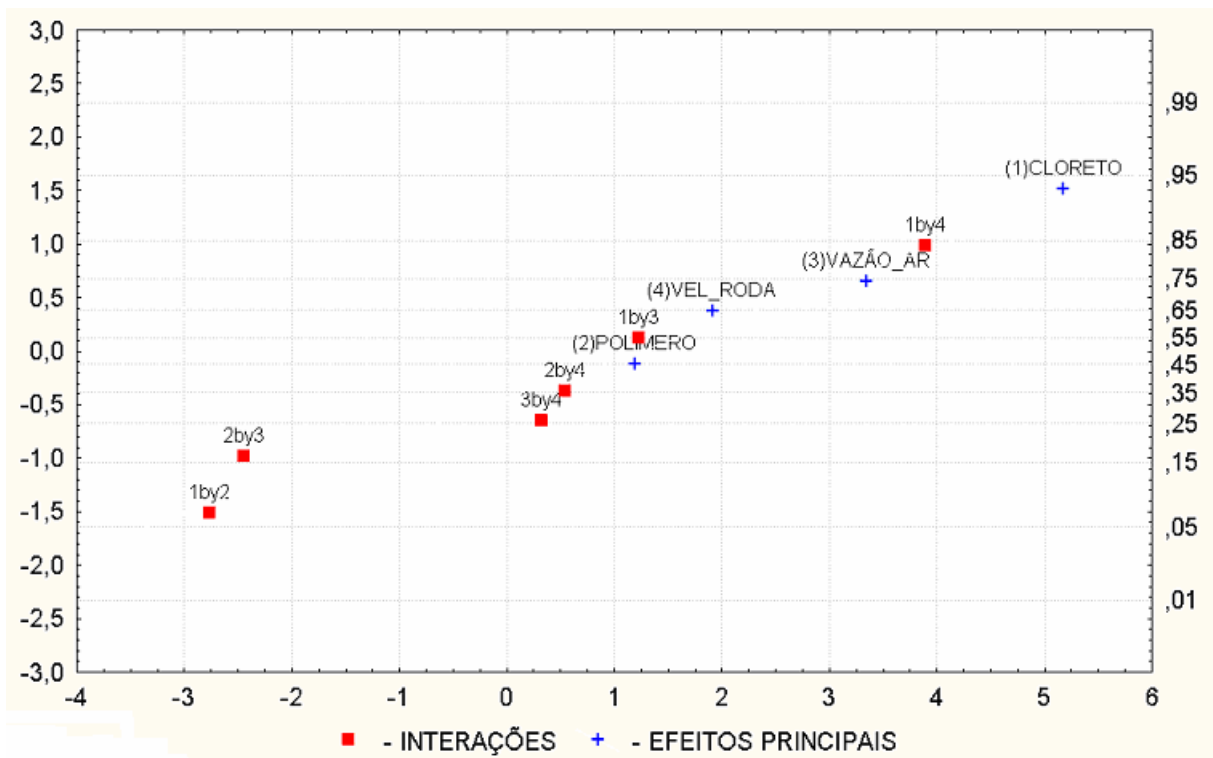


Figura 4.1 – Gráfico dos efeitos estimados versus escores normais.

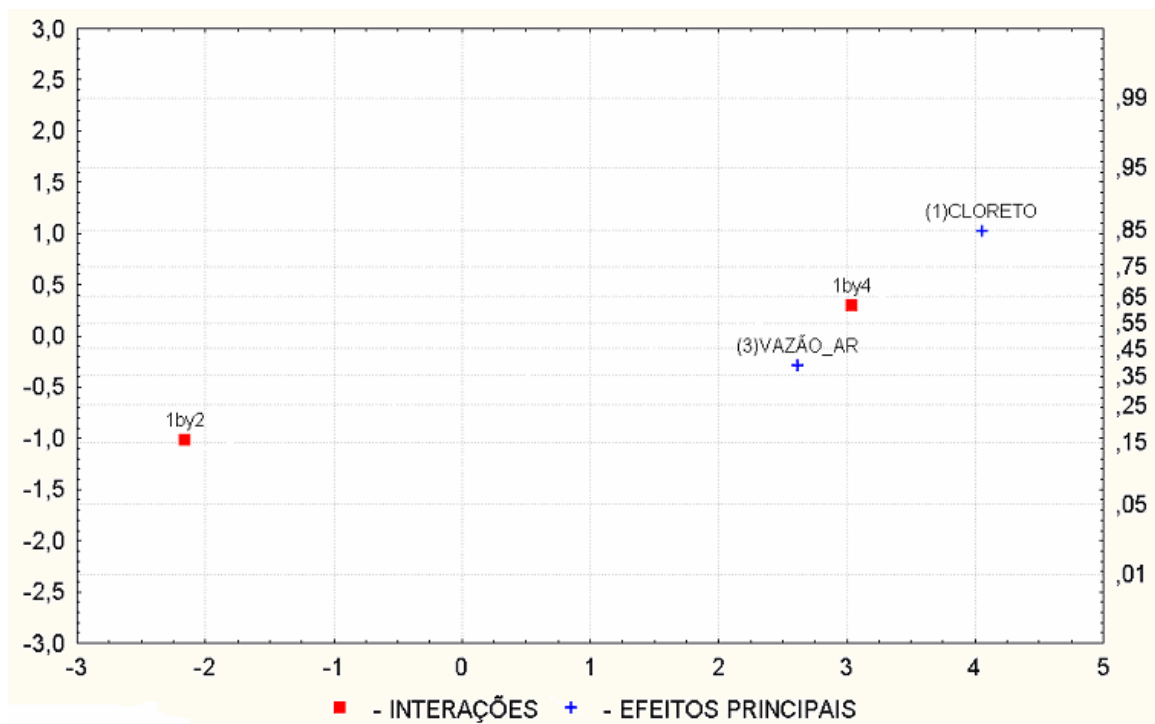


Figura 4.2 – Gráfico dos efeitos estimados versus escores normais.

Tabela 4.3 – Efeitos significativos.

<i>Fatores</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Nível de significância (p)</i>
X_1 (Cloreto)	7,79	0,0009
X_3 (Vazão)	4,11	0,0372
$X_1 X_2$	-4,19	0,0344
$X_2 X_3$	-3,01	0,0809
$X_1 X_4$	5,56	0,0084

Todas variáveis adimensionais, concentração de coagulante (X_1), concentração de polímero (X_2), vazão de ar (X_3) e velocidade da roda de dragagem do lodo flotado (X_4) foram consideradas significativas, seja pelo seu efeito principal (X_1 e X_3) ou pelo efeito de interação entre os fatores (X_1X_2 , X_2X_3 e X_1X_4). Portanto tornou-se necessário aumentar estes experimentos para formar o planejamento composto centra (PCC), visto que para que modelos de 2ª ordem, que devem envolver 3 níveis de cada variável, possam ser estimados.

4.2 – Planejamento Composto Central (PCC)

O planejamento experimental, conforme descrito na Tabela 4.4, foi utilizado para descobrir as possíveis variáveis que influenciam na remoção de fósforo.

Tabela 4.4 – Teores de fósforo(P) do efluente tratado.

	X ₁ [ppm]	X ₂ [ppm]	X ₃ [L/s]	X ₄ [RPM]	Teor P[mg/L]
EXP. 1	60	1,5	12	0,7	1,9
EXP. 2	100	1,5	12	0,7	1,4
EXP. 3	60	3,5	12	0,7	0,9
EXP. 4	100	3,5	12	0,7	1,3
EXP. 5	60	1,5	28	0,7	1,2
EXP. 6	100	1,5	28	0,7	0,7
EXP. 7	60	3,5	28	0,7	1,1
EXP. 8	100	3,5	28	0,7	1,3
EXP. 9	60	1,5	12	1,6	1,8
EXP. 10	100	1,5	12	1,6	1,0
EXP. 11	60	3,5	12	1,6	1,5
EXP. 12	100	3,5	12	1,6	0,8
EXP. 13	60	1,5	28	1,6	1,3
EXP.14	100	1,5	28	1,6	0,2
EXP. 15	60	3,5	28	1,6	1,2
EXP. 16	100	3,5	28	1,6	0,5
EXP. 17	80	2,5	20	1,15	0,4
EXP. 18	80	2,5	20	1,15	0,1
EXP. 19	50,3	2,5	20	1,15	1,2
EXP. 20	109,7	2,5	20	1,15	0,3
EXP. 21	80	1,06	20	1,15	0,9
EXP. 22	80	3,98	20	1,15	0,8
EXP. 23	80	2,5	8,14	1,15	1,4
EXP. 24	80	2,5	31,86	1,15	0,5
EXP. 25	80	2,5	20	0,48	0,8
EXP. 26	80	2,5	20	1,82	0,9
AFLUENTE	DATA	COLETA	26-12-06	Média	7,2
AFLUENTE	DATA	COLETA	28-12-06	Média	6,9
AFLUENTE	DATA	COLETA	02-01-07	Média	6,3
AFLUENTE	DATA	COLETA	16-01-07	Média	5,2
AFLUENTE	DATA	COLETA	17-01-07	Média	5,9

A Tabela 4.5 apresenta o planejamento composto central (PCC) e nota-se pela observação dos valores da remoção nos pontos centrais (experimentos 17 e 18) que ocorreu uma variação de aproximadamente 6%, ou seja, a flutuação da entrada de esgoto gera um erro experimental em torno de 6% que é perfeitamente tolerável por se tratar de uma unidade em plena operação. Durante ensaios realizados em dias de chuvas fortes devem-se descartar os mesmos, visto que a diluição do esgoto torna muito maior a flutuação.

A variação de X_1 em 2,2 vezes (experimentos 19 e 20) provocou um aumento de 23% na remoção de fósforo e a variação de X_3 em 3,9 vezes (experimentos 23 e 24) provocou um aumento de 20% na remoção mostrando serem estas as variáveis que tem os efeitos principais mais significativos para o processo. No nível central (coagulante 80 ppm, polímero 2,5 ppm, vazão de ar 20 L/s e velocidade de roda de dragagem 1,15 RPM) utilizando-se uma quantidade menor de insumos atingiu-se a praticamente mesma média de remoção (95,15 %) que o experimento 16 da Tabela 4.5 (93,06%) em que todas as variáveis estavam nos níveis superiores, ou seja, com um consumo menor de insumos obteve-se a mesma remoção.

A variação de X_2 em 3,8 vezes (experimentos 21 e 22) não provocou uma variação significativa na remoção e também a variação de X_4 em 3,8 vezes (experimentos 25 e 26) não afetou de forma expressiva a remoção, confirmando o que já havia sido observado no planejamento fatorial (2^4), que estas variáveis não tinham seu efeito principal significativo, somente a interação entre eles.

Tabela 4.5 – Resultados da remoção de fósforo(PCC).

	X₁[ppm]	X₂[ppm]	X₃[L/s]	X₄[RPM]	REMOÇÃO[%]
EXP. 1	60	1,5	12	0,7	73,61
EXP. 2	100	1,5	12	0,7	79,71
EXP. 3	60	3,5	12	0,7	85,71
EXP. 4	100	3,5	12	0,7	81,16
EXP. 5	60	1,5	28	0,7	81,25
EXP. 6	100	1,5	28	0,7	89,86
EXP. 7	60	3,5	28	0,7	82,54
EXP. 8	100	3,5	28	0,7	81,16
EXP. 9	60	1,5	12	1,6	75,00
EXP. 10	100	1,5	12	1,6	86,11
EXP. 11	60	3,5	12	1,6	79,17
EXP. 12	100	3,5	12	1,6	87,30
EXP. 13	60	1,5	28	1,6	74,76
EXP.14	100	1,5	28	1,6	96,88
EXP. 15	60	3,5	28	1,6	80,95
EXP. 16	100	3,5	28	1,6	93,06
EXP. 17	80	2,5	20	1,15	92,23
EXP. 18	80	2,5	20	1,15	98,06
EXP. 19	50,3	2,5	20	1,15	76,70
EXP. 20	109,7	2,5	20	1,15	94,17
EXP. 21	80	1,06	20	1,15	84,75
EXP. 22	80	3,98	20	1,15	86,44
EXP. 23	80	2,5	8,14	1,15	76,27
EXP. 24	80	2,5	31,86	1,15	91,53
EXP. 25	80	2,5	20	0,48	86,44
EXP. 26	80	2,5	20	1,82	84,75

A partir dos resultados obtidos para a remoção de fósforo, efetuou-se uma regressão múltipla, tendo como fatores os termos isolados, as interações e os quadráticos das quatro variáveis estudadas. A Tabela 4.6 apresenta os resultados obtidos para a regressão múltipla da remoção de fósforo.

Tabela 4.6 – Resultados da regressão múltipla para a remoção de fósforo

Fatores	Parâmetros	Nível de significância (p)
Constante (β_0)	92,85	0,0000
X_1 (Cloreto)	4,32	0,0001
X_2 (Polímero)	0,80	0,2646
X_3 (Vazão)	2,22	0,0077
X_4 (Velocidade)	0,77	0,2840
X_1^2 (Cloreto) ²	-2,79	0,0167
X_2^2 (Polímero) ²	-2,72	0,0189
X_3^2 (Vazão) ²	-1,95	0,0745
X_4^2 (Velocidade) ²	-2,72	0,0189
$X_1 X_2$	-2,10	0,0197
$X_1 X_3$	1,29	0,1208
$X_1 X_4$	2,79	0,0039
$X_2 X_3$	-1,49	0,0784
$X_2 X_4$	0,10	0,8966
$X_3 X_4$	0,22	0,7815

Nesta regressão foram eliminados os parâmetros com nível de significância do teste *t* de *Student* superiores a 10%, sendo as variáveis relacionadas a estes consideradas não relevantes. Assim, foram desprezados os termos relacionados às variáveis isoladas da concentração de polímero (X_2), da velocidade da roda de dragagem(X_4) e as interações concentração de polímero/velocidade da roda de dragagem (X_2X_4) e vazão de ar /velocidade da roda de dragagem (X_3X_4).

Analisando a Tabela 4.7, constatam-se as variáveis que influenciam na remoção de fósforo. Esta tabela mostra que altas concentrações de cloreto e de vazão de ar proporcionam altas remoções de fósforo.

Tabela 4.7 – Parâmetros relevantes da regressão múltipla para a remoção de fósforo.

Fatores	Parâmetros	Nível de significância (p)
Constante (β_0)	92,85	0,0000
X_1 (Cloreto)	4,32	0,0000
X_3 (Vazão)	2,22	0,0040
X_1^2 (Cloreto) ²	-2,79	0,0100
X_2^2 (Polímero) ²	-2,72	0,0117
X_3^2 (Vazão) ²	-1,95	0,0574
X_4^2 (Velocidade) ²	-2,72	0,0117
$X_1 X_2$	-2,10	0,0122
$X_1 X_3$	1,29	0,0994
$X_1 X_4$	2,79	0,0017
$X_2 X_3$	-1,49	0,0609

O coeficiente quadrático de correlação R^2 de 0,88 indica que 88% da variabilidade dos dados foram explicados pela equação.

O resultado de F (*Fischer*) calculado (F_c) foi superior ao F tabelado (F_T) para um nível de significância de 1%. Esta comparação pode ser interpretada através de um teste de hipótese. A hipótese de nulidade (H_0) diz que o modelo não é significativo. A hipótese alternativa (H_1) afirma que o modelo é significativo.

O resultado do teste F mostrou que se pode rejeitar H_0 no nível de significância de 1%, ou seja, tem-se uma confiança de 99% de que o modelo é significativo.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, obteve-se a seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 REMOÇÃO(\%) = & 92,85 + 4,32X_1 + 2,22X_3 - 2,79X_1^2 - 2,72X_2^2 - 1,95X_3^2 \\
 & - 2,74X_4^2 - 2,10X_1X_2 + 1,29X_1X_3 + 2,79X_1X_4 - 1,49X_2X_3
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Analisando a Equação 4.1 pode-se observar pelos valores dos coeficientes das variáveis X_1 e X_3 que a concentração de coagulante (X_1) e a vazão de ar (X_3) influenciam na remoção de fósforo, pois são diretamente proporcionais. Logo, um aumento tanto da concentração de coagulante (X_1), como da vazão de ar (X_3) sempre favorecerão a remoção.

4.3 - Análise das Superfícies de Resposta

O efetivo aumento da remoção de fósforo é estabelecido para altos valores de concentração de coagulante, pois a superfície de resposta revela que com o valor adimensional $-1,483$ ($-\alpha/50,3$ ppm) se obteve uma remoção de 76,7% e ao se aumentar esta concentração para $+1,483$ ($+\alpha/109,7$ ppm) aumentou-se a remoção para 94,17%. Entorno do ponto central (80 ppm) utilizando-se uma quantidade menor de coagulante se atinge a aproximadamente a mesma média de remoção (95,15 %), ou seja, com um consumo 37% menor de coagulante obteve-se a mesma remoção.

A superfície de resposta também mostra que em relação à vazão de ar o efetivo aumento da remoção de fósforo é estabelecido para altos valores, já que com o valor adimensional $-1,483$ ($-\alpha/8,14$ L/s) se obteve uma remoção de 76,27% e ao se aumentar a vazão de ar $+1,483$ ($+\alpha/31,86$ L/s) aumentou-se a remoção para 91,53%. Novamente, em relação à vazão de ar, no ponto central (20 L/s) utiliza-se uma menor quantidade de ar atingindo praticamente a mesma remoção de fósforo.

O ponto ótimo, conforme ilustra a Figura 4.3, se encontra entre 0,6 e 1,2 para concentração de coagulante, ou seja, para altos valores de X_1 . Quanto à vazão de ar (X_3), o comportamento é semelhante, visto que o ótimo também se encontra entre 0,6 e 1,2.

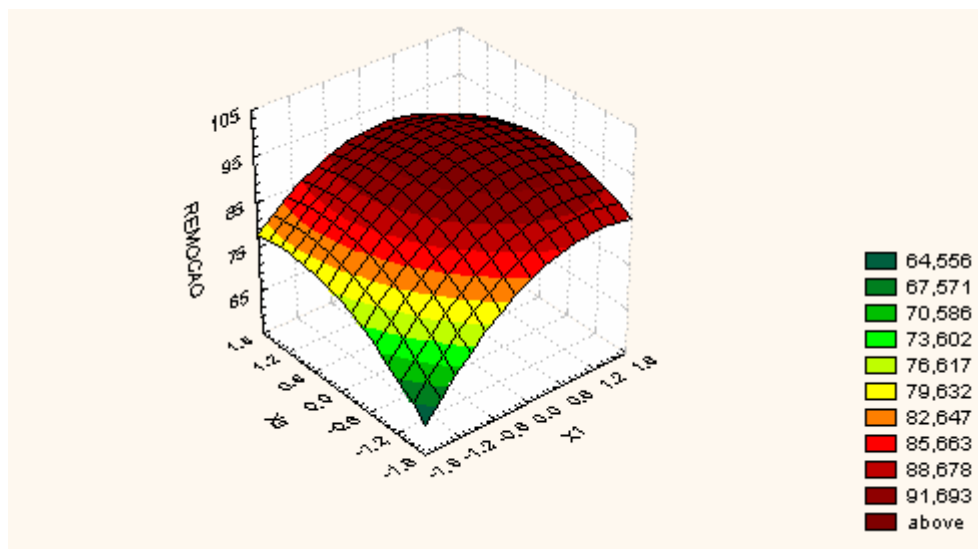


Figura 4.3 – Superfície de resposta da remoção de fósforo em função da concentração de coagulante e vazão de ar.

Destacam-se as condições operacionais estabelecidas pelo nível central (concentração de coagulante de 80 ppm e vazão de ar de 20 L/s), visto que a obtivemos altos valores de remoção de fósforo aliados a uma diminuição do uso de insumos e menor desgaste (corrosão) dos componentes da unidade de flotação.

Analisando a Figura 4.4 novamente nota-se que a concentração de coagulante influencia significativamente no processo, principalmente para concentrações acima do ponto central (80 ppm). E conforme já havia sido observada no planejamento composto central (Tabela 4.5), a concentração de polímero isoladamente não influencia na remoção, pois ao variá-la do extremo $-1,483$ ($-\alpha$) a $+1,483$ ($+\alpha$) a remoção teve uma variação que não foi expressiva.

Observa-se pela Figura 4.4 que o ponto ótimo se encontra no nível central (0) para concentração de polímero (X_2) e para valores entre 0,6 e 1,2 para concentração de coagulante (X_1). Sugere-se testar outros tipos de polímeros, pois ao utilizar polímero catiônico na flotação de um efluente digerido anaerobicamente, normalmente ocorre melhora na floculação devido presença de floculante polimérico.

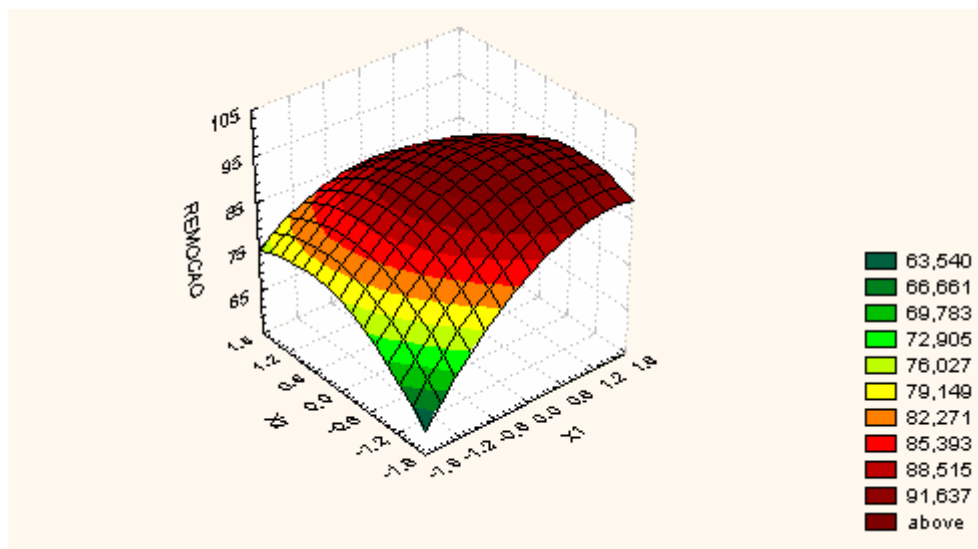


Figura 4.4 – Superfície de resposta para remoção de fósforo em função das concentrações de coagulante e polímero.

Analisando a Figura 4.5, observa-se que a remoção aumenta para concentrações de coagulante entre o ponto de 80 e 109,3 ppm (0 e +1,483) e para toda faixa da velocidade da roda de dragagem.

Nota-se pela Figura 4.5 que o ponto ótimo se encontra no nível central (0) para velocidade da roda de dragagem (X_4) e para valores entre 0,6 e 1,2 para concentração de coagulante (X_1).

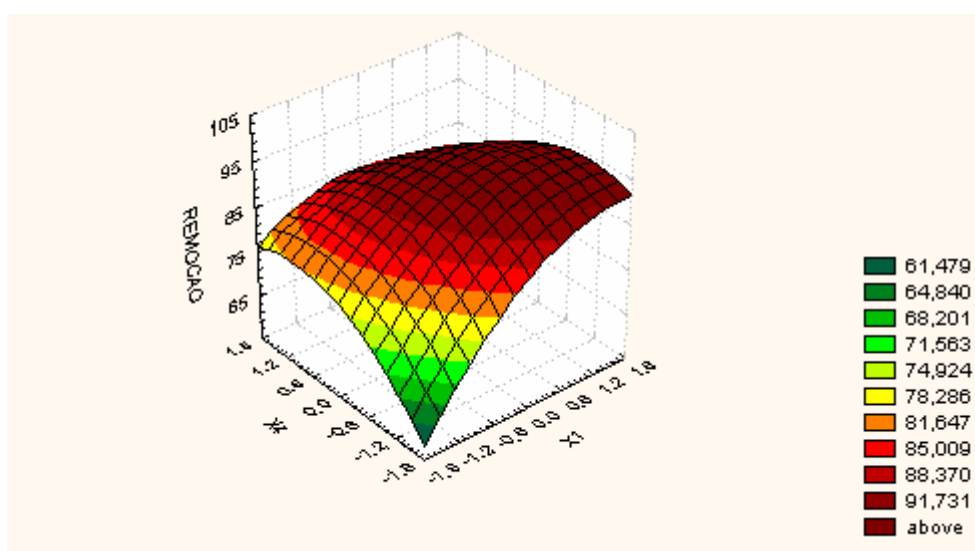


Figura 4.5 – Superfície de resposta para remoção de fósforo em função das concentrações de coagulante e velocidade roda dragagem.

Analisando a Figura 4.6, observa-se que a remoção aumenta para vazões de ar entre de 20 e 31,86 L/s (ponto 0 e +1,483) e a partir de 1,5 ppm (ponto -1) da concentração de polímero. Nota-se também que o ponto ótimo se encontra entorno do nível central (0) para concentração de polímero (X_2) e para valores entre 0,6 e 1,2 para vazão de ar (X_3).

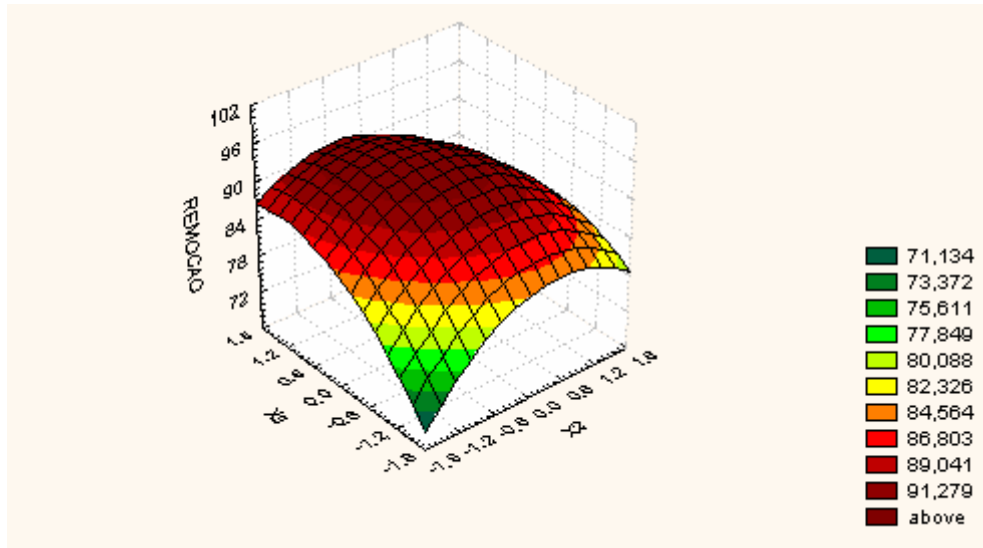


Figura 4.6 – Superfície de resposta para remoção de fósforo em função da vazão de ar e concentração de polímero.

O comportamento da superfície de resposta da Figura 4.7 é análogo ao anterior.

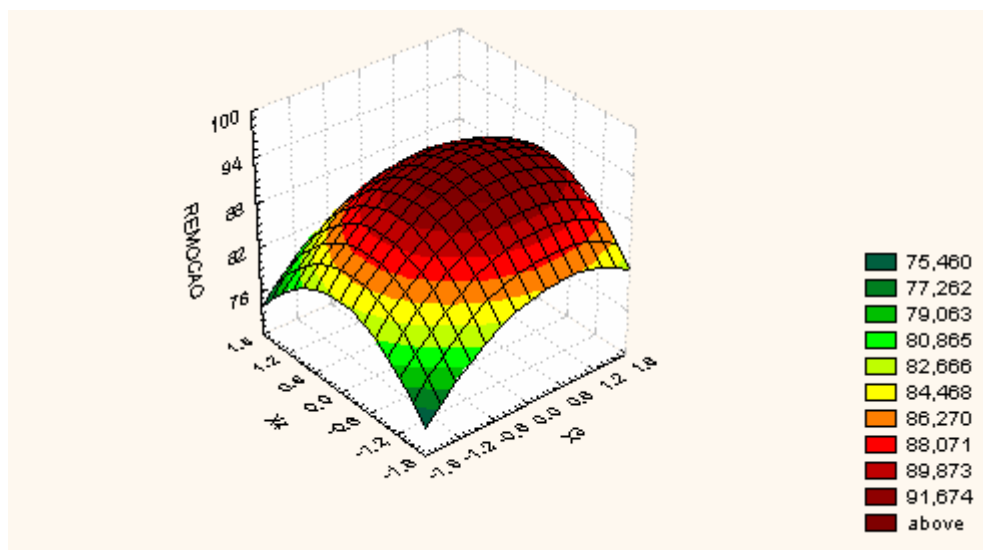


Figura 4.7 – Superfície de resposta para remoção de fósforo em função da velocidade da roda de dragagem e vazão de ar.

A Figura 4.8 revela que o ponto ótimo se encontra entorno do ponto central para concentração de polímero, ou seja, para valores intermediários de X_2 . No que se refere a velocidade da roda de dragagem (X_4), o comportamento é semelhante, visto que o ponto ótimo também se encontra entorno do nível central.

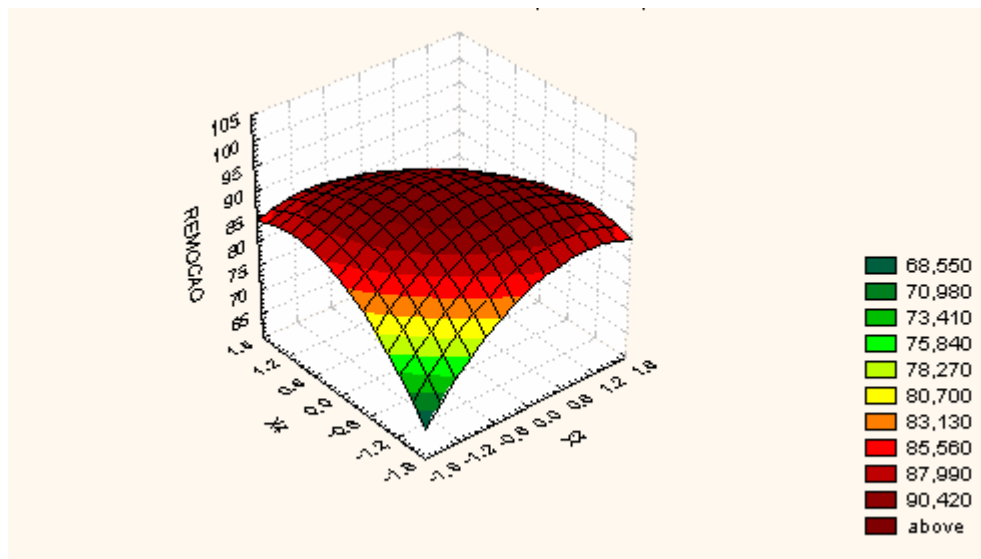


Figura 4.8 – Superfície de resposta para remoção de Fósforo em função da velocidade da roda de dragagem e concentração de polímero.

CAPÍTULO V CONCLUSÃO

5.1 – Conclusões

De acordo com os resultados experimentais obtidos neste trabalho de estudo da remoção de fósforo no esgoto doméstico pós-reator, podemos concluir que:

- O fósforo que aparece em águas naturais principalmente em função das descargas de esgoto sanitário, dos detergentes superfosfatados de uso doméstico comum, empregados em larga escala em áreas urbanas, além da matéria fecal rica em proteína, foi removido com eficiência média 85% na unidade de flotação da ETE-Ipanema, possibilitando melhorar a qualidade ambiental do corpo hídrico receptor destes efluentes tratados;
- A remoção do fósforo de estações de tratamento de esgoto (ETE) pode se dar por processos físico-químicos ou biológicos. A precipitação química do fósforo com adição de sais de ferro, seguidos da separação das fases sólido/liquido através da aplicação de processos de flotação por ar dissolvido (FAD) tornou-se uma tecnologia viável para a remoção do fósforo, pois se trata de um processo de separação de fases que promove a ascensão das partículas no interior do canal de tratamento, através da aderência de micro bolha de gás às partículas previamente floculadas, propiciando sua rápida remoção na parte superior da unidade de flotação. Os resultados mostraram que a concentração de coagulante (Cloreto Férrico) e a vazão de ar foram as variáveis que mais influenciaram na remoção de fósforo, ou seja, o incremento nos valores destas variáveis eleva a eficiência da remoção;
- O tratamento de esgoto por processos biológicos associados ao processo físico-químico tem condições de oferecer resultados e custos compatíveis com a realidade brasileira, visto que o processo físico-químico por flotação, utilizado na seqüência dos sistemas de tratamento biológico de esgotos sanitários, apresenta elevada eficiência para remoção de sólidos suspensos, fósforo (com aplicação de coagulante adequado) e carga orgânica associada ao material coloidal e em suspensão presentes nesse tipo de

efluente. Entretanto o polímero catiônico utilizado durante o decorrer deste trabalho não se mostrou eficiente no tratamento do efluente pós-reator, já que a concentração de polímero isoladamente não influenciou significativamente na remoção de fósforo, visto que se variando sua concentração de 1,06 a 3,98 ppm a remoção se manteve a mesma;

- As melhores condições operacionais para a ETE-Ipanema foram determinadas pelas condições estabelecidas no nível central (concentração de coagulante de 80 ppm, concentração de polímero de 2,5 ppm, velocidade da roda de dragagem de 1,15 RPM e vazão de ar de 20 L/s), visto que a obteve-se altos valores de remoção de fósforo aliados a uma diminuição do uso de insumos e menor desgaste dos componentes da unidade de flotação.

5.2 – Sugestões

Considerando que o estudo realizado foi executado na ETE – Ipanema, que é considerada de pequeno porte, são propostas as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Testar outros polímeros catiônicos utilizados no tratamento do efluente pós-reator, já que a concentração de polímero não influenciou significativamente na remoção de fósforo;
- Avaliar o desempenho da ETE-Uberabinha, visto que a mesma é considerada de grande porte, ou seja, atende a aproximadamente 500.000 habitantes com a vazão de projeto de 2335 L/s e possui atualmente oito reatores anaeróbios em série (14 no projeto) acoplados a uma unidade de flotação (2 no projeto);
- Avaliar o aumento da eficiência da ETE-Uberabinha com a utilização de sacos de desidratação de lodo (geomembranas) entre a unidade de flotação e o reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

AISSE, M.M.; JÜRGENSEN, D.; LOBATO, M.B. & ALÉM SOBRINHO, P. Avaliação do sistema reator RALF e flotação por ar dissolvido, no tratamento de esgoto sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa, 2001. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 2001. 8p. (II – 049).

AISSE, M.M.; Van HAANDEL, A; Von SPERLING, M; CAMPOS, J.R; CORAUCCI FILHO, B & ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento e destino final do lodo gerado em reatores anaeróbios. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. José Roberto Campos (coordenador). Rio de Janeiro, ABES, 1999. p. 271 – 99.

AMIRTHARAJAH, A. Velocity gradients in rapid mix units. Seminário Nacional sobre Coagulação e Filtração Direta. Anais. São Carlos, Brasil, 1989.

BOX, M.J., HUNTEL, W.G; HUNTEL, J.S. Statistics for experimenters. An introduction to design, data analysis and model building, John Wiley and Sons, New York 1978.

BRATBY, J.R. Treatment of Raw Wastewater Overflows by Dissolved Air Flotation. Journal WPCF, 54(12):1558-65, 1982.

CAMPOS, J. R.; REALI, M.A.P.; DOMBROSKI, S.A.G.; MARCHETTO, M. & LIMA, M.R.A. Tratamento físico-químico por flotação de efluentes de reatores anaeróbios. In: XXV Congreso Interamericano Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Anais. México, 1996.

CAMPOS, J.P. & POVINELLI, J. Coagulação e floculação. In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. São Paulo, CETESB, 2v. 1987. p. 91-120.

CHERNICHARO, C. A. L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios : coletânea de trabalhos técnicos. Carlos Augusto Lemos Chernicharo (coordenador). PROSAB, Belo Horizonte, 2001.

DI BERNARDO et al. Emprego de flotação por ar dissolvido para tratamento de despejos líquidos Industriais Provenientes de Laticínios. Revista DAE, São Paulo, 42(130):44-53, 1982.

DICK, R. I. – Sludge treatment In: WEBER, W. J. Physicochemical Processes for Water Quality Control, New York, John Wiley, 1972. Cap. 12, p.533-596

DROSTE, R.L. Theory and practice of water and wastewater treatment. USA, John Wiley & Sons, Inc., 1997.

EPA – ENVIRONMENTAL AGENCY PROTECTION – Process Design Manual for Suspended Solids Removal, USEPA Technology Transfer, 1975.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, Ed. Interciência Ltda., 1988.Cap.14, p.216-36.

GREGORY, J (1993). The Role of Colloid Interactions in solid-Liquid Separation. Wat. Sci. & Tech., v.27, n.10, pp. 1-17.

HO , C. & TAN, Y. K. (1989). Comparison of Chemical Flocculation and Dissolved Air Flotation of Anaerobically Treated Palm Oil Mill Effluent. Water Research, v.23, n.4, pp. 395-400.

JENKINS, D. & HERMANOWICZ, S.W. “Principles of chemical phosphate removal”, in Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater, 2 nd ed., R.I. Sedlak,ed.,Chelsea,MI, Lewis Publishers, 1991.

JÜRGENSEN, D. & RICHTER, C. A. Tratamento de esgotos por digestão anaeróbia – Coagulação e flotação. SANARE. Curitiba, SANEPAR. 1 (1): 19-20. Jul/Set 1994.

JÜRGENSEN, D. ETE Cambuí; Fluxograma do processo. SANEPAR. 1999.

JÜRGENSEN, D.; RICHTER, C. A. Tratamento de esgotos por digestão anaeróbia: coagulação e flotação. SANARE, Curitiba, v.1, n.1, p. 19-20, jul./set. 1994.

KAWAI, H. Avaliação do desempenho de estações de tratamento de esgotos. São Paulo, CETESB, . 1991. p. 14-17.

MAIA,J.C.C.& BEZERRA,J.F.M.Aplicação de flotação por ar dissolvido no tratamento de despejos líquidos industriais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, Fortaleza, 1981. Anais. Fortaleza, ABES, 1981.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse.3 rd ed. New York,Mc Graw Hill, 1991. 1334p.

METCALF; EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3. ed. New York: Mc Graw Hill, 1991. 1334p.

MORETTI, R.C. Tratamento de esgoto sanitário em sistema conjugando processos anaeróbio (UASB), aeróbio (lagoa aerada) e físico-químico por flotação (FAD), dispostos sequencialmente. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

MYERS, R.H. Response surface methodology, Virginia, Ann Arbor, 1976.

ODEGAARD, H. Chemical Floc Formation in Wastewater Treatment - An Introduction. Prog. Wat. Tech., Supl. 1, p. 103-110, Pergamon Press, 1979.

PARLATORE, A. C. Mistura e floculação. In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água.São Paulo, CETESB, 2V. 1987. p. 131-68.

PENETRA, R. G. et al. Post-treatment of effluents from anaerobic reactor treatin domestic sewage by dissolved: air flotation. In: TALLER Y SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE AGUAS RESIDUALES, 5., 1998, Viña del Mar. Anais..., 1998.

PENETRA, R. G.; REALI,M.A. P. & CAMPOS,J.R.Influência da quantidade de ar fornecida no pós-tratamento por flotação de efluentes de reatores anaeróbios UASB. In: 34 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, Rio de Janeiro, 1999. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p. 192-9.

PENETRA, R.G. Pós-tratamento físico-químico por flotação de efluentes de reatores anaeróbios de manta de lodo. São Carlos, 140 p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

PENETRA, R.G.; REALI, M.A.P.; FORESTI, E. & CAMPOS, J.R. Post-Treatment of Effluents from Anaerobic Reactor Treating Domestic Sewage by Dissolved-Air Flotation. *Wat. Sci. Tech.*, 40(08), 137-143, 1999.

PINTO FILHO, A.C.T. & BRANDÃO, C.C.S. Avaliação do potencial da flotação por ar dissolvido sob pressão como pós - tratamento para efluentes de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. In: Congresso da AIDIS, XXVII, Porto Alegre - RS, 2000. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 2000. 8p (I-001).

RAMALHO, R. S. Introduction to Wastewater Treatment Process. New York, Academic Press, 1977. 409p.

REALI, M.A.P. Aplicação da flotação por ar dissolvido ao tratamento de água de abastecimento. São Carlos, 186p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos-SP, Universidade de São Paulo, 1984.

REALI, M.A.P. Avaliação de um sistema original compacto para clarificação de águas de abastecimento utilizando o processo de flotação e filtração com taxa declinante. São Carlos-SP, 373p. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

REALI, M.A.P. Proposição de uma equação teórica para o processo de flotação por ar dissolvido. In: XXIV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS, Buenos Aires, Argentina, 1994.

REALI, M.A.P., PENETRA, R.G. & CAMPOS, J.R. Influência da floculação na flotação de efluentes de reatores anaeróbios UASB. In: XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Lima, Peru, 1 a 5 de novembro. Anais eletrônicos, 1998.

REALI, M.A.P.; CAMPOS, J.R. & PENETRA, R.G. Sewage treatment by anaerobic biological process associated with dissolved air flotation. In: International Dissolved Air Flotation Conference in Water and Wastewater Treatment. Helsinki, Finlândia, 11 a 13 de setembro, 2000a.

REALI, M.A.P.; PENETRA, R.G. & CARVALHO, M. E. Flotation Technique With Coagulant and polymer application applied to the post-treatment of effluents from anaerobic reactor treating sewage. In: VI Latinamerican Workshop-Seminar on Anaerobic Digestion. Recife, Brasil. Novembro. Anais. 2000b.

REALI, M.A.P.; PENETRA, R.G. & CARVALHO, M.E. (2001). Flotation Technique with Coagulant and Polymer Application Applied to the Post-treatment of Effluents from Anaerobic Reactor Treating Domestic Sewage. Water Science and Technology, London-uk (no prelo).

REALI, Marco A P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro, ABES, 1999. 250p.

SAWYER, C.N. Fertilization of lakes by agricultural and urban drainages. Journal of the New England Waterworks Association.(51):109-127, 1947.

SOLARI SAAVEDRA, J. A. Avanços recentes no tratamento de efluentes por flotação e ar dissolvido. Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 20 (3): 332-335, 1981.

VRABLIK, E. R. Fundamental Principles of Dissolved Air Flotation of Industrial wastes. In: Industrial Waste Conference, Proceedings of the 14 th, Lafayette, Purdue University, 1953, p.743-779.

XIE, W.; KONDO, M. & NAITO, Y. (1994). Study on Phosphorus Removal Using a New Coagulation System. Wat. Sci. & Tech., v.30, n.6, pp. 257-262.

YEOMAN, S.; LESTER, J.N. & PERRY, R. Phosphorus removal and its influence on metal speciation during wastewater treatment. Water Research, 27(3):389-95, 1993.

BOLETIM DE ANÁLISE N° 178/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Inicial		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	7,4

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 3848/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Inicial		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	5,9

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

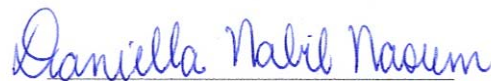
Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 3844/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Inicial		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	5,1

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 69677/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Inicial		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	9,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70208/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Inicial		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	6,5

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 177/2007-0

Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Final		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	5,2

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 3849/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Final		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	4,4

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 3845/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Final		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	6,7

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.


Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 2488/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Final		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	5,1

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70044/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Afluente do Flotador – Final		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	7,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 69676/2007-0

Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 1		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,9

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70204/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 2		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,4

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 182/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038 .
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 3		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,9

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

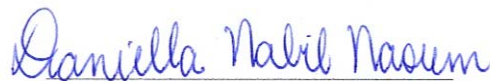
Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70205/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 4		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum
Coordenadora de Projeto
CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 69678/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 5		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,2

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

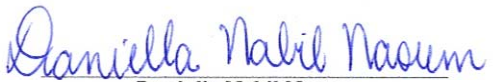
Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70207/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 6		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,7

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.


Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 185/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 7		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,1

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70206/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 8		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 69679/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 9		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,8

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.


Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 69679/2007-0
Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 9		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,8

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.


Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 179/2007-0

Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 11		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,5

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 186/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 12		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	28/12/2006
Data da entrada no laboratório:	28/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,8

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 2470/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 13		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 70043/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 14		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	26/12/2006
Data da entrada no laboratório:	26/12/2006		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,2

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 188/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 15		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,2

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE N° 180/2007-0

Processo Comercial N° 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 16		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	02/01/2007
Data da entrada no laboratório:	02/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,5

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4300/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 17		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,4

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4307/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 18		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,1

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum

Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4305/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 19		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,3

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4302/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 20		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/01/2007
Data da entrada no laboratório:	16/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,2

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4301/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 21		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,9

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4306/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 22		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,8

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4304/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 23		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	1,0

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4311/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 24		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,5

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4299/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 – JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 25		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,8

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 4298/2007-0
Processo Comercial Nº 8402/2006-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fundação Universidade Federal de Uberlândia
Endereço:	Avenida Amazonas, 2210 - JD. Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38.400-038.
Nome do Solicitante:	Prof. Carlos Henrique Athaide

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Efluente Tratado – Exp. 26		
Amostra Rotulada como:	Efluente		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	17/01/2007
Data da entrada no laboratório:	17/01/2007		

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fósforo Total	mg/L	0,9

Abrangência

O(s) resultado(s) refere-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra SQB 008 da Bioagri Ambiental, e condições descritas na proposta comercial referente a este trabalho. Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Fósforo Total: SMEWW 4500 - P - B - Sample Preparation (Sulfuric Acid-Nitric Acid Digestion) / SMEWW 4500 - P - C - Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method

Revisores

Rodrigo Oliveira Guimarães

Daniella Nabil Naoum



Daniella Nabil Naoum

Coordenadora de Projeto

CRQ LP 10.280 - 2ª Região MG