



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DISCIPLINA: ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ORIENTADORA: ANNEMARIE KONIG

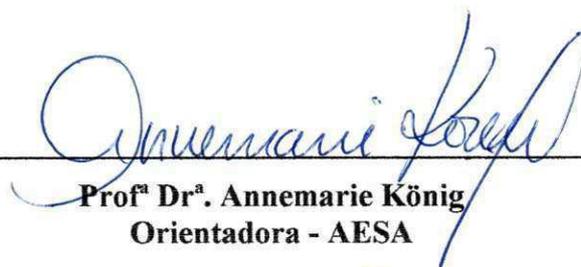
DISCENTE: HUGO BARBOSA DE PAIVA JÚNIORMAT.:29821508

**INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES DA IPELSA - CAMPINA GRANDE - PB**

CAMPINA GRANDE, 21 DE OUTUBRO DE 2003.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA IPELSA



Prof^a Dr^a. Annemarie König
Orientadora - AESA



Hugo Barbosa de Paiva Júnior
Discente



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

1.0 - Introdução -----	04
2.0 – Objetivo Geral -----	05
2.0 – Objetivos Específicos -----	05
3.0 – Revisão Bibliográfica -----	06
3.1 – Introdução -----	06
3.2 – Reciclagem de papéis -----	06
3.3 – Poder poluidor dos efluentes de indústrias de reciclagem de papel-----	07
3.3.1 – Demanda bioquímica de oxigênio -----	07
3.3.2 – Demanda química de oxigênio -----	08
3.3.3 – Sólidos suspensos -----	08
3.3.4 – Sólidos sedimentáveis-----	08
3.4 – Tratamento de efluentes -----	09
3.4.1 – Pré-tratamento -----	09
3.4.2 – Sedimentação primária-----	10
3.4.2.1 – Flotação -----	12
3.4.2.2 – Filtro prensa esteira -----	13
3.4.2.3 – Filtro prensa de placa-----	13
3.5 – Vazão -----	14
4.0 – Desenvolvimento -----	17
4.1 – Histórico da empresa-----	17
4.2 – Informações gerais da empresa-----	18
4.3 – Processo operacional de fabricação de papel com a utilização de aparas de papéis velhos -----	19
4.3.1 – Matéria prima utilizada -----	19
4.3.2 – Processo de fabricação de papel com aparas -----	20
4.3.2.1 – Preparação da polpa -----	20
4.3.2.2 – Fabricação do papel-----	24
4.3.2.3 – Conversão em produto final-----	27
4.3.2.4 – Armazenagem-----	27
4.4 – Acompanhamento das vazões -----	29
5.0 - Resultados -----	30

5.1 – Atividades específicas-----	30
5.1.1 – Fechamento do circuito de recirculação da água-----	30
5.1.2 – Leitura do memorial descritivo do projeto da ETE-----	33
5.1.2.1 – Clariflotador-----	33
5.1.2.2 – Tubo de ar dissolvido-----	34
5.1.2.3 – Filtro prensa placa-----	35
5.1.2.4 – Tubos de aço inoxidável-----	36
5.1.2.5 – Válvulas e acessórios-----	37
5.1.2.6 – Motor bombas-----	37
5.1.2.7 – Caixa de areia-----	38
5.1.2.8 – Tanques de misturas químicas-----	38
5.1.3 – Adequação e recuperação de instalações civis já existentes e a construção de novas obras para receber a infra-estrutura da ETE-----	40
5.1.3.1 – Estrutura de sustentação do clariflotador-----	40
5.1.3.2 – Reconstrução do poço de captação do efluente-----	41
5.1.3.3 – Serviços de superestrutura e infra-estrutura-----	42
5.1.3.4 – Serviços de estrutura-----	44
5.1.3.5 – Limpeza e recuperação dos tanques de concreto armado-----	44
5.1.4 – Montagem dos equipamentos da ETE e de tubulações necessárias para o encaminhamento do efluente final para tratamento e recebimento da água clarificada resultante do tratamento-----	45
5.1.5 – Início da operação da ETE com testes de adequação da quantidade de polímeros e monitoramento inicial-----	45
6.0 - Conclusões-----	48
7.0 - Referências bibliográficas-----	50
Anexos-----	51

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, as indústrias, usaram e usam de modo exacerbado sua capacidade de degradação ambiental, sem se preocupar em tratar os resíduos líquidos e/ou sólidos antes de retorná-los ao ambiente.

À medida que a evolução tecnológica, expansões industrial e populacional ocorreram ao longo do século XX, a capacidade depuradora do meio ambiente tende a atingir seu limite regenerador, colocando em risco a matéria-prima utilizada e a saúde humana.

Conhecimentos foram aprimorados e/ou desenvolvidos de maneira a auxiliar a natureza no seu processo de degradação dos resíduos gerados.

Hoje a consciência do homem faz com que o meio ambiente seja preservado através da adoção, no caso particular dos resíduos líquidos, de sistemas de tratamento de águas residuárias com método adequado a cada situação, no sentido de tratar e/ou reutilizar os resíduos, evitando seus efeitos sobre o meio ambiente.

No ramo de celulose e papel, as indústrias conscientes da importância que possuem no contexto industrial e do potencial do mercado, têm investido maciçamente no tratamento de seus efluentes, utilizando tecnologias aprimoradas nos países industrializados.

2.0 – OBJETIVO GERAL

Acompanhar a implantação da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos, gerados no processo de reciclagem de aparas de papel de uma indústria situada em Campina Grande (PB).

2.0 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os acompanhamentos destas atividades foram subdivididos nas seguintes etapas:

1. Fechamento do circuito de recirculação da água para reduzir o consumo de água no processo;
2. Leitura do memorial descritivo do projeto da ETE;
3. Adequação e recuperação de instalações civis já existentes e a construção de novas obras para receber a infra-estrutura da ETE;
4. Montagem dos equipamentos da ETE e de tubulações necessárias para o encaminhamento do efluente final para tratamento e recebimento da água clarificada resultante do tratamento;
5. Início da operação da ETE com testes de adequação da quantidade de polímeros e monitoramento inicial.

3.0 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Introdução

Pode-se definir reciclagem como o reaproveitamento de um material, o qual pode ser usado várias vezes para fazer o mesmo produto ou um produto equivalente.

Hoje, quando a sociedade se preocupa em difundir a prática da reciclagem, essa técnica aparece para muitos como uma conquista recente da ciência e tecnologia. Porém, o conhecimento técnico e científico não parte nunca do ponto zero. Ele é histórico, significa que o mesmo é acumulativo. Há muitas décadas, já presenciava a prática seletiva do lixo. Indivíduos coletores, de forma primária, munidos de pequenos veículos, muitos deles de tração humana e animal, recolhiam junto ao lixo de residências e de fábricas, latas, papéis e vidros, que eram posteriormente vendidos para empresas voltadas para esse tipo de comércio (SCARLATO & PONTIN, 1.992).

No decorrer da história, com o aumento da população humana e sua rápida distribuição, os resíduos gerados como subprodutos transcendem a capacidade de depuração no meio ambiente, que passa a não mais incorporar estas substâncias em seus ciclos originais (FIGUEIREDO, 1.994). A reciclagem é considerada uma das mais adequadas opções para estes problemas, por razões ecológicas e também econômicas: diminui os acúmulos de detritos na natureza, poupa os recursos naturais e renováveis e diminui o gasto com energia.

3.2 – Reciclagem de papéis

Reciclagem de papel é o aproveitamento das fibras celulósicas de papéis usados e de aparas para a produção de novos tipos de papéis. Qualquer tipo de papel pode ser reaproveitado.

O papel é o maior componente dos aterros sanitários em geral. Ele representa até 30% do total. Além de economizar árvores, o papel reciclado reduz a poluição das águas, quando é feito um tratamento dos efluentes, em até 35% e a do ar em 65%.

A quantidade de madeira economizada com a substituição de pastas celulósicas por aparas é de 2 a 4m³ por cada tonelada de aparas recicladas. Isto equivale a dizer que uma tonelada de aparas, dependendo do tipo, corresponde a um rendimento lenhoso de uma

área plantada de 100 a 350 m² (IPT, 1.988).

A qualidade do papel está relacionada com a extensão das fibras. As mais longas produzem papel com graduações mais elevadas, contudo todas tendem a romper-se com a reutilização e 20% das fibras se perdem nesse processo. Entretanto, muitos tipos de papel comuns podem ser reciclados, entre estes os sacos de compra e envelopes, caixas de papelão, material de escritório e papel de imprensa (REINFELD, 1.994).

O primeiro passo na reciclagem é a classificação do papel de acordo com sua graduação. Esta se baseia na qualidade do papel (seu tipo) e na quantidade de resíduos existentes no material, tais como cliques, grampos, revestimentos usados na fabricação e impressão originais e outros contaminantes. O papel limpo de fibras longas obtém melhor preço comparado aos papéis sujos, com pouco valor comercial (REINFELD, 1.994).

3.3 – Poder poluidor dos efluentes de indústrias de reciclagem de papel

Apesar de toda sua importância, as indústrias de reciclagem de papel apresentam efluentes líquidos decorrentes do processo com características que os tornam agressivos ao meio ambiente, ou seja, uma elevada concentração de matéria orgânica oriunda da matéria prima utilizada para o processo.

Entretanto, se observados isoladamente, essas indústrias apresentam despejos alcalinos, que se lançados sem tratamento também irão causar danos ao meio ambiente.

Devido à falta de tratamento os efluentes industriais ao serem lançados no corpo receptor introduzem uma carga poluidora muito elevada, em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Sedimentáveis (SS), Sólidos Suspensos (SS), e Turbidez.

3.3.1 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A DBO₅ é definida como a quantidade de oxigênio expressa em mgO₂/L, necessária para estabilizar (oxidar aerobicamente) a matéria orgânica, com a ajuda de uma população mista de microorganismos, principalmente bactérias, num período de cinco dias e a 20°C no escuro. É um teste importante para se conhecer a força dos esgotos domésticos e industriais, particularmente aqueles com elevado conteúdo de matéria orgânica biodegradável. Sua maior aplicação reside na quantificação da carga orgânica imposta a

uma estação de tratamento de esgotos e na avaliação da eficiência destas, desde que se faça em simultâneo a medição das vazões afluentes.

A matéria orgânica, contida nas águas residuárias tratadas e quando lançadas num corpo receptor é oxidada aerobicamente por bactérias que lá habitam, e que realizam este processo as custas do oxigênio dissolvido na água. Por isso, valores elevados de DBO₅ mostram redução no OD e conseqüentemente danos à biota aquática.

3.3.2 – Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Uma parcela da matéria orgânica contida nas águas residuárias não é biodegradável ou é mais resistente à degradação biológica. Mesmo não causando depleção significativa do oxigênio dissolvido, seus efeitos são extremamente nocivos à biota aquática.

O teste da DBO analisa somente os efeitos da matéria orgânica biodegradável imposta a um corpo receptor. Torna-se, então, necessário aplicar um outro teste que além de medir a fração orgânica biodegradável, também possa medir a matéria orgânica não-biodegradável. Este teste é denominado de DQO, que quantifica o O₂ necessário para a oxidação química, sem o auxílio de microorganismos. Sua principal vantagem é a rapidez na obtenção dos resultados que num prazo mínimo de três horas. Sua maior desvantagem é de não especificar a proporção da matéria orgânica biodegradável existente na amostra.

3.3.3. Sólidos Suspensos

A presença de sólidos suspensos nos efluentes industriais lançados sem tratamento no ambiente afetam a fauna e flora bentônica além de elevar a cor da água e assim reduzindo a penetração de luz na massa líquida, afetando assim o desenvolvimento das algas, que são as produtoras naturais de oxigênio e biomassa nos ecossistemas aquáticos.

3.3.4. Sólidos Sedimentáveis

O monitoramento deste parâmetro é importante, pois serve determinar o comportamento físico de escoamentos de despejos que entram no corpo d'água e para justificar a necessidade de unidades de sedimentação no sistema de tratamento (SAWYER *et al*, 1994).

A existência de diversos processos de reciclagem de papel, os valores de sólidos sedimentáveis são muito variados, e quando despejados em corpos receptores provocam a formação de bancos de lodos que contribuem para seu assoreamento.

3.4 – Tratamento de efluentes

Atualmente vêm sendo desenvolvidas tecnologias que tem como objetivo a diminuição do consumo de água no processo de reciclagem de papel e uma tendência na implementação do reuso das águas servidas desde que tenham recebido algum tratamento.

Caso esses efluentes sejam lançados sem tratamento, no ambiente podem produzir efeitos negativos no corpo receptor, como:

- Formação de bancos de lodo;
- Depleção de oxigênio pela oxidação biológica dessas substâncias;
- Produção de maus odores;
- Efeitos nocivos à vida aquática pela toxidez de algumas substâncias ou ausência de oxigênio;
- Produção de espumas, cor e turbidez (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

Por isso, o tratamento desses efluentes deve preencher as seguintes funções:

- Remover poluentes de tal maneira que as águas residuárias possam ser descarregadas nos cursos d'água ou rede de esgotos;
- Melhorar a qualidade dos efluentes a ponto de poderem ser reutilizados na fábrica (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

Para melhorar a qualidade dos efluentes para lançamento em corpos receptores ou para sua reutilização no processo, são considerados os seguintes tipos de tratamentos:

- Pré-tratamento;
- Tratamento primário;
- Tratamento secundário;
- Tratamento terciário.

3.4.1 - Pré-tratamento

Consiste na desarenação (remoção de materiais pesados, de cinzas inorgânicas, de areia e pedregulhos). A remoção destes sólidos é feita freqüentemente por grades de

barras, mas pode ser usada também peneira rotativa, vibratória com auto limpeza, de tambor e hidráulicas. A desaeração (retirada do ar), constitui um outro processo de pré-tratamento e torna-se necessária para prevenir a flotação de fibras no clarificador, principalmente quando a água branca é tratada isoladamente ou quando são usados coagulantes (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

3.4.2 – Sedimentação primária

Por ser o processo mais barato e o menos sensível às variações de fluxo, a sedimentação é feita por meio de bacias de sedimentação no terreno ou em decantadores mecanizados (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

O tempo de sedimentação nas bacias construídas no terreno (custo muito elevado) é de 12h. Quando limpas em intervalos regulares, produzem um efluente comparável ao dos decantadores mecanizados, ou seja, contém de 0,1 a 0,3 kg de SS por m³ de despejos.

O decantador que melhores resultados tem dado é o tipo decantador adensado de lodos, de forma circular. A taxa de projeto geralmente aceita é de 32m³/m².d, com tempo de detenção de 3 a 4h, sendo a profundidade das paredes laterais de 3,0 a 3,6 m.

A maior parte do lodo dos decantadores dos efluentes das fábricas de celulose e papel pode ser adensada, no decantador primário, até o ponto em que possa ser mecanicamente desaguado.

Alguns dos problemas que podem prejudicar esse adensamento são:

- Capacidade insuficiente de armazenagem;
- Falta de peso no mecanismo de arraste do lodo;
- Bomba incapaz de trabalhar com o lodo adensado;
- Falta de um aparelho limitador de torque (mecanismo de arraste com um torque de 10x o quadrado do diâmetro do decantador) (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

O lodo das unidades de decantação primária, normalmente não necessita de adensamento adicional antes da secagem que pode ser feita por meio de leito de secagem de lodo, filtro rotativo a vácuo, centrífuga e filtro-prensa.

O lodo dos decantadores secundários contém apenas 1% de sólidos. O emprego de adensadores de lodos secundários por gravidade, aumenta o teor de sólidos, nos lodos de 1 para 3%. Se não for possível obter o adensamento dos lodos secundários por gravidade, eles podem ser misturados e secos com o lodo primário. Pode-se, também, obter seu

adensamento por meio de flotação por ar dissolvido ou centrifugação. A flotação produz lodo com 4 a 5% de sólidos e a centrifugação com 5 a 8% (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

Com poucas exceções, os lodos resultantes do tratamento biológico com alta taxa, podem ser secos quando combinados com os lodos do decantador primário.

O método mais barato para secagem de lodo do decantador primário é o leito de secagem. Se existir lodo da oxidação biológica, não é aconselhável o emprego de leitos de secagem, devido aos maus odores advindos da decomposição do lodo.

Os efluentes das fábricas de papel e celulose contêm substâncias orgânicas em suspensão e dissolvidas, primeiramente sob a forma de componentes da madeira solubilizada e de fibras que intencionalmente ou inadvertidamente foram descarregadas do processamento da celulose e do papel. A maior parte dessas substâncias exerce efeitos deletérios nas águas receptoras, sendo que os principais são os seguintes:

- Depleção de oxigênio devido à oxidação biológica dessas substâncias;
- Produção de maus odores devido à redução biológica na ausência de oxigênio;
- Efeitos nocivos à vida aquática devido à toxidez de algumas substâncias ou ausência de oxigênio;
- Produção de espumas, cor e turbidez;
- Crescimento de excessivo de algas.

Os tipos de tratamento biológico utilizados pela indústria de celulose e papel são:

- Lagoas de estabilização
- Lagoas aeradas;
- Lodos ativados;
- Filtros biológicos.

Com o objetivo de diminuir a quantidade de poluentes lançados no riacho Bodocongó pelo seu efluente, a indústria irá tratar seus efluentes através de uma estação de tratamento compacta, com a utilização de processo de flotação dos sólidos suspensos que serão posteriormente desidratados em filtro prensa. Para melhor entender o processo de tratamento a ser adotado serão descritos a seguir os processos de flotação e o funcionamento de um filtro prensa.

3.4.2.1 – Flotação

Para separar materiais de peso específico maior que a água ou remover óleos emulsionados, é necessário insuflar ar comprimido ou dissolvido, cujas bolhas arrastam para a superfície líquida, sólidos e líquidos de difícil separação, que são removidos por um sistema mecânico de superfície, enquanto o efluente clarificado fica nas camadas mais baixas do tanque onde é removido.

Em relação à sedimentação, a flotação apresenta as seguintes vantagens:

- Lodos mais concentrados;
- Remoção de sólidos de difícil sedimentação;
- Ocupação de menor área e volume;
- Taxas maiores de aplicação superficial. (NUNES, 1996).

O tempo de detenção varia de 10 a 30 minutos e a flotação é empregada geralmente no tratamento de águas residuárias de curtumes, refino de óleo, conservas, lavanderias, recuperação de lanolina, matadouros e frigoríficos, petroquímica, celulose e papel, mineração, etc (NUNES, 1996).

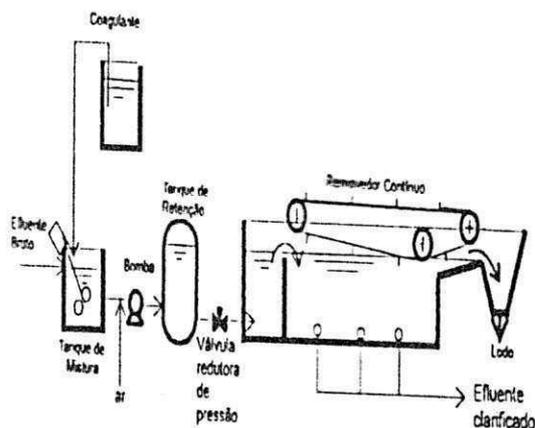


Figura 3.1 - Tanque de flotação sem recirculação.

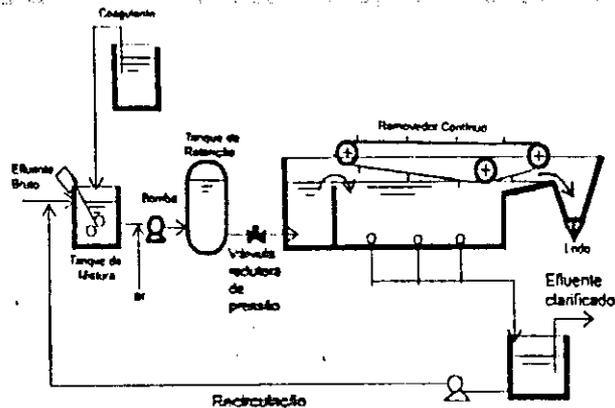


Figura 3.2 - Tanque de flotação com recirculação

3.4.2.2 – Filtro-Prensa de Esteira (BELT-PRESS)

O filtro prensa de esteira é um equipamento utilizado na desidratação de lodo, reduzindo consideravelmente o volume. O processo de desidratação é efetuado primeiramente por gravidade, removendo nesta primeira etapa grande quantidade de água presente no lodo. Em seguida o lodo é prensado em esteiras, aplicando-se uma pressão contínua, retirando o excesso de água remanescente. A torta é recolhida através de lâmina de raspagem e coletada por correia transportadora ou recipiente, com concentração de massa seca variando entre 25 a 35%, a depender da natureza do lodo (NUNES, 1996).

Sua grande vantagem é operar continuamente, enquanto que os filtros-prensa de placa operam por bateladas. Sua utilização é vantajosa para médias e grandes indústrias. No caso de lodos biológicos, é necessário o uso de flocculantes para formação de flocos volumosos, adensando-se facilmente, podendo ser prensados sem dificuldades.

3.4.2.3 – Filtro-Prensa de Placa

Este equipamento tem a mesma finalidade do filtro-prensa de esteira, diferindo apenas na sua operação, pois o filtro-prensa de placa opera efetuando a prensagem em bateladas.

O tempo de filtração pode durar cerca de 4 horas, considerando a carga, filtração propriamente dita e descarga, podendo efetuar até 6 ciclos por dia. A filtração é realizada por meio de telas de pano filtrante ajustado entre placas retangulares verticais em série com orifícios para saída do líquido. O lodo é encaminhado à entrada de alimentação e distribuído pelos espaços existentes entre as placas, onde é submetido a uma pressão de até

15 kg/cm². O líquido intersticial se separa da massa de lodo, passa pela tela e pelos orifícios das placas caindo dentro de containers ou esteira transportadora, e daí, para seu destino final.

Na operação são utilizados cal e cloreto férrico ou polieletrólito, a depender do tipo de tratamento. O dimensionamento é feito em função do volume de lodo a ser desidratado.

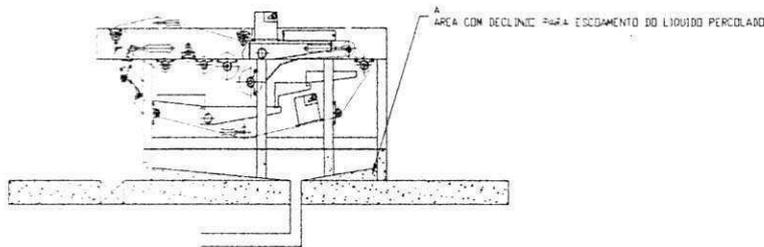


Figura 3.3 – Filtro prensa de placa.

3.5 – Vazão

Como o processo de reciclagem de papel requer grandes volumes de água e os efluentes produzidos geralmente são lançados sem tratamento adequado no meio ambiente. Então se faz necessário avaliar a quantidade de efluentes gerados para então estimar as cargas poluidoras e um dos parâmetros necessários para esta estimativa é a medição das vazões. Defini-se vazão, como sendo o volume de um líquido por unidade de tempo. Para medir as vazões é comum a utilização de vertedouros. Estes podem ser definidos como simples abertura ou entalhes sobre as quais um líquido escoar, também denominados de orifícios sem o bordo superior (AZEVEDO NETTO,1991). Estes têm sido utilizados, intensiva e satisfatoriamente, na medição de vazão de pequenos cursos de água e condutos livres, assim como no controle do escoamento em galerias e canais.

Os vertedouros assumem as mais variadas formas e disposições. Dependendo de suas características eles apresentam comportamentos diversos, os quais podem servir de base para sua classificação:

1. Forma

- a) simples (retangulares, trapezoidais, triangulares);
- b) compostos (seções combinadas)

2. Altura relativa da soleira

- a) vertedores completos ou livres;
- b) vertedores incompletos ou afogados;

3. Natureza da parede

- a) vertedores em parede delgada (chapas ou madeiras chanfrada);
- b) vertedores em parede espessa.

4. Largura relativa

- a) vertedores sem contrações laterais;
- b) vertedores contraídos (com uma contração e com duas contrações).

Os vertedouros triangulares são os mais utilizados, pois possibilitam maior precisão na medida de cargas correspondentes a vazões reduzidas. São geralmente trabalhados em chapas metálicas. Na prática, somente são empregados os que têm forma isósceles, sendo mais usuais os de 90°.



Figura 3.4 - Vertedor triangular.

Para esses vertedores, adota-se a fórmula de Thomson,

$$Q = 1,42 H^{5/2},$$

(3.1)

Relatório de Estágio Supervisionado

Onde: Q é a vazão, dada em m^3/s , e
 H , a altura, dada em m.

O coeficiente de 1,4 na realidade, pode assumir valores entre 1,40 e 1,46.
(AZEVEDO NETTO,1991).

4.0 – DESENVOLVIMENTO

4.1 – Histórico da empresa

A Indústria de Papel e Celulose da Paraíba S/A – IPELSA, esta localizada na Rua Antônio Vieira da Rocha no bairro de Bodocongó em Campina Grande (PB). Fundada em 1960, iniciou seus trabalhos fabricando papel plano para embrulhos e embalagens. O processo consistia em um cozimento do bagaço da cana-de-açúcar com soda caústica, cal e água, até ocorrer o desfibramento, com posterior decantação para eliminar o licor negro. Com o tempo o processo foi ficando antieconômico devido a não recuperação dos produtos químicos contidos no licor. A empresa diante desses problemas decidiu utilizar aparas de papel como matéria prima (reciclagem), pois, este tipo de processo possui tecnologia mais simples. Isto possibilitou uma diminuição dos custos, além de contribuir com a preservação dos recursos naturais e energéticos e com a redução do acúmulo de papel no meio ambiente.

Mas a utilização da reciclagem nos equipamentos existentes na IPELSA, só permitiram a produção de 02 (dois) tipos de papéis reciclados: papéis para fins sanitários e ou papéis para a produção de caixas de ondulado. Como não havia um consumo regional que viabilizasse a instalação de uma unidade para produzir caixas de papel ondulado, a IPELSA optou por produzir papéis sanitários (higiênicos).

Em 1976, a IPELSA iniciou a produção de papel higiênico na máquina de papel nº 03, atendendo a demanda regional. Como a demanda era crescente, em 1987 foi instalada a 2ª máquina para a produção de papel sanitário, a máquina de papel nº 04, equipamento com tecnologia avançada, que permitiu atingir uma parcela muito significativa da demanda de papéis sanitários na região nordeste. Com o decorrer do tempo, a tecnologia utilizada na produção de papel da máquina nº 03, foi ficando superada e sua rentabilidade operacional entrou em declínio, obrigando a IPELSA a desativar a mesma.

Desde 1993 que somente temos em operação a máquina de papel nº 04, que vem sendo modernizada e automatizada para poder concorrer, com as demais congêneres, tanto do ponto de vista de qualidade quanto em relação aos preços.

Como esse processo de reciclagem requer grande quantidade de água e libera sob forma de efluentes líquidos, grande quantidade de pequenas fibras (substâncias orgânicas em suspensão) constituindo não apenas um desperdício, mas também, um fator de

poluição dos cursos d'água, a empresa se viu obrigada a se adequar às normas ambientais, ou seja, teve que solicitar o pedido de outorga do uso da água do Açude de Bodocongó junto a SEMARH para a utilização no processo industrial. No ano de 2000 a mesma conseguiu diminuir significativamente a quantidade de efluentes lançados no corpo receptor (canal de Bodocongó) através de modificações internas no fluxograma operacional fazendo com que houvesse ao máximo a recirculação da água dentro do próprio processo (alterações de circuitos internos, peneira de recuperação de finos e filtragem, mudanças comportamentais e etc).

Apesar de todo o esforço da IPELSA, as características dos efluentes produzidos não se adequavam às leis ambientais vigentes, portanto a SUDEMA (órgão orientador e fiscalizador do estado da Paraíba), estabeleceu um prazo para que a mesma tomasse as providências cabíveis quanto ao efluente produzido e lançado ao meio ambiente sem nenhum tratamento.

Com isto a IPELSA contratou a empresa Prática – Projetos e Consultoria Ltda para elaborar um Projeto de Tratamento de Efluentes Industriais com o objetivo de atender as Leis Ambientais vigentes a nível Federal, Estadual e Municipal.

O projeto contempla três etapas distintas:

- fechamento do circuito da água para diminuição da vazão efluente (etapa 1);
- análise do projeto após a etapa 1. Concluídas em Abril/2000 permitindo a IPELSA reavaliar quantitativamente e qualitativamente o seu efluente final;
- em novembro 2002 iniciou-se a implementação e instalação de um clari-flotador tipo – KWI Supercell – SPC da Krofta – baseado na tecnologia que permite por meio de floculação química a recuperação em até 70% de fibras e finos existentes no efluente e de 80 a 90% da água clarificada.

4.2 – Informações gerais da empresa

A IPELSA contém uma área total de aproximadamente 22.000m², sendo de área construída 3.500m² e os 18.500m² restantes de área verde. Atualmente, trabalham aproximadamente 187 funcionários distribuídos nas áreas administrativa e industrial. Seu período de funcionamento compreende 3 turnos em regime contínuo e ininterrupto de 8 horas, 7 dias por semana.



Figura 4.1 - Vista geral das instalações da IPELSA – Campina Grande (PB).

4.3 – Processo operacional de fabricação de papel com a utilização de aparas e papéis velhos

As instalações operacionais da IPELSA seguem um padrão usual das fábricas de papel tipo “tissue”.

4.3.1 – Matéria prima utilizada

A matéria prima utilizada é chamada de apara de papel. Chama-se de apara a todo pedaço de papel cuja sua finalidade principal tenha sido cumprida, e não tendo mais utilidade na forma como foi utilizado, sendo assim descartado. São classificadas em:

- Branco, para fabricação de papel “tissue” branco;
- Mista, para papeis do tipo natural ou não brancos.

As aparas são adquiridas de fornecedores conhecidos como “aparistas”, que são empresas especializadas na coleta, classificação e enfardamento destes materiais.



Figura 4.2 - Fardo de aparas de papel mista ao chegar na IPELSA – Campina Grande (PB).

4.3.2 - Processo de fabricação de papel com aparas

O processo de fabricação de papel utilizada na IPELSA é dividido em 03 fases distintas: preparação da polpa, fabricação do papel e conversão em produto final.

4.3.2.1 – Preparação da polpa

As etapas para a preparação da polpa a partir das aparas de papel são:

- Desagregador – o desagregador, também comumente chamado de “pulper” ou “hidrapulper”, é o equipamento que tem por função desagregar as fibras contidas em um pedaço de papel em água, transformando as aparas em polpa. Seu funcionamento é muito semelhante ao de um liquidificador doméstico. Além de desagregar as aparas, seu rotor deve preservar as impurezas contidas nas aparas no seu tamanho original, para facilitar a retirada das mesmas. A polpa obtida no desagregador é normalmente dissolvida em água numa consistência que deve ficar entre 4,0 a 5,5% de sólidos, para facilitar a descarga por uma bomba centrífuga.



Figura 4.3 - Desagregador.

- Tanque de massa nº 01 – é um tanque construído em concreto, com capacidade para aproximadamente 70m³ de polpa. Nele está instalado um agitador semelhante a uma hélice que tem por finalidade manter um regime de agitação para manter a polpa homogênea durante o período de tempo que a mesma permanecer depositada no tanque . A transferência da polpa do de tanque de massa para fase seguinte do processo é realizada por uma bomba centrífuga própria para polpa de papel.

- Depuração em média consistência – a depuração é uma limpeza a ser realizada na polpa, para tentar retirar todos os materiais contidos na polpa e que não são fibras e presentes no fardo da apara que foi desagregado. A média consistência da polpa a se trabalhar tem um percentual de fibra de 4,0 a 5,5%. A depuração normalmente é realizada em duas fases distintas para obter melhor rendimento nas fases subseqüentes do processo de reciclagem:

- Depuração por centrifugação - nesta fase da depuração retira-se da polpa as impurezas que têm peso específico maior que o da polpa como: pedras, cliques, grampos, areia, peças metálicas e outros. O equipamento que realiza esta depuração provoca uma centrifugação da polpa, forçando as impurezas mais pesadas que a polpa sejam projetadas para fora da massa em circulação, coletando as mesmas em uma câmara selada na parte inferior.

- Depuração por peneiramento - esta é a fase seguinte à depuração e nela retiram-se as impurezas contidas na polpa, cujo peso específico é menor que ela como: plásticos, isopor, madeira, aglomerados de fibras, fibras sintéticas e outras. Este equipamento trabalha jogando a polpa contra uma placa com pequenos furos, pelos quais as fibras já devidamente desagregadas passam, ficando retidas as partículas das impurezas maiores

que os furos da placa. Por este motivo é que no desagregador, o rotor somente deve fracionar as fibras e preservar com o tamanho original as impurezas contidas nas aparas.

- Tanque de massa nº 02 – após a polpa passar pelas duas fases da depuração de média consistência a mesma é depositada em um tanque de concreto com as mesmas características do tanque de massa nº 01.

- Depuração á baixa consistência – após a polpa ter passado pela depuração de média consistência e ter sido depositada no tanque de massa nº 02, inicia-se um novo processo de depuração, denominado de baixa consistência (1,0 a 1,5% de sólidos). Para a polpa atingir a consistência desejada, esta é diluída com a água proveniente de um tanque que coleta do excesso de água da mesa plana. Esta depuração em consistência mais baixa permite a retirada de impurezas que passaram pela depuração de média consistência. Na depuração centrífuga o peso específico da solução é bastante próximo ao da água, permitindo assim a retirada de partículas muito pequenas de impurezas como areia, pó de metais, vidro picado. Este equipamento trabalha em série, e após a polpa diluída em água passará para a fase seguinte do processo.

- Engrossador – nesta fase do processo a polpa diluída e já depurada passará por um equipamento cuja finalidade é aumentar novamente a consistência da polpa. Este equipamento é um tambor metálico revestido em sua superfície por uma tela com malha muito fina que permite a passagem da água e retendo sobre a tela as fibras. As fibras são retiradas de seu interior e depositadas no tanque de massa nº 04, e água retorna para um tanque de água.

- Tanque de massa nº 04 – trata-se de um tanque de concreto com as mesmas características dos tanques de massa nº 01 e 02, que serve para depositar a polpa entre uma fase e outra do processo.

- Refinação – nesta fase do processo, por intermédio de uma bomba centrífuga, retira-se à polpa depositada no tanque de massa nº 04 e esta será injetada em um refinador de duplo disco, cuja finalidade é promover uma homogeneização das características das fibras contidas na polpa. Na reciclagem de aparas produzem-se polpas com diversos tipos de

fibras e características estrutural distintas devido sua origem: fibras curtas obtidas de espécies vegetais folhosas, fibras longas, de espécies vegetais como coníferas, fibras longas e extremamente finas, obtidas de bambus. Todas elas obtidas de processos químicos distintos. No processo de reciclagem deseja-se obter uma folha de papel com características homogêneas então é necessário desenvolver uma etapa para obtenção de uma polpa uniforme em suas características. Este trabalho é realizado pelo refinador, que promove uma série de impactos efetuados nas fibras e sua injeção entre discos paralelos revestidos com lâminas de aço de extrema dureza. O resultado desses impactos contra as fibras é chamado de hidratação. Este tratamento na parede das fibras permite que uma maior quantidade de água seja absorvida por elas e esta maior absorção favorece a ligação entre as fibras quando na formação da folha, produzindo-se assim um papel mais uniforme e conseqüentemente mais resistente ao rasgo e a tração. Como a polpa é injetada continuamente para dentro do refinador sua saída também continua, havendo necessidade de armazenamento num tanque de massa.

- Tanque de massa nº 05 e 06 – nestes tanques a polpa é depositada após ter passado pela refinação. Estes dois tanques têm as mesmas características construtivas dos demais tanques de massa. A polpa neles depositada está pronta para ser transferida para a máquina de papel. O processo de reciclagem de papel termina com o preparo desta massa.
- Caixa de nível constante - ao ser retirada dos tanques de massa 05 e 06, a polpa é bombeada para uma caixa de nível constante, para manter constante o volume a ser transferido para o sistema de diluição e assim não sofrer influência de variações de vazão e pressão e evitar variações no volume de fibras diluídas. A água é o veículo que irá conduzir as fibras para a mesa plana, onde será formada a nova folha de papel e assim evitando variações no volume da água e nem no volume das fibras, proporcionando a formação de uma folha de papel com peso por metro quadrado constante.
- Fluxo de aproximação – na fabricação de papel “tissue” procura-se trabalhar com uma consistência na caixa de entrada, numa faixa de 0,45 a 0,30 % de sólidos. Para se obter esta consistência utiliza-se um grande volume de água proveniente de um tanque chamado de “wire-pit”, que contém a água em circulação entre o fluxo de aproximação e os elementos desaguadores da tela. Esta água é succionada por uma bomba que também injeta a polpa que vem da caixa de nível constante. No rotor da bomba estes dois

elementos são misturados homogeneamente e recalçados para uma depuração em duas fases como as anteriores com objetivo de retirar impurezas ainda contidas na solução de água e polpa. Todos estes processos de diluição, ajuste da consistência, depuração centrífuga e depuração por peneiramento são chamados de fluxo de aproximação. Esta solução de água e fibras que vêm do fluxo de aproximação é injetado em um vertedouro contínuo com características construtivas próprias para se obter um fluxo uniforme e constante chamado de caixa de entrada. Nela inicia-se a fase de fabricação da folha de papel ou propriamente inicia-se o processo contínuo da máquina de papel.

4.3.2.2 – Fabricação do papel

• Máquina de papel – a máquina de papel para fabricação de papel tipo “tissue”, é composta normalmente das seguintes partes:

a – Caixa de entrada

b - Mesa plana

c - Secção de prensas e circuito de feltro

d - Cilindro Yankee (monolúcido)

e - Raspas de crepagem

f - Enroladeira

a - Caixa de entrada – a caixa de entrada é um vertedouro contínuo pelo qual a solução de água e polpa é depositada sobre a tela formadora; a caixa de entrada é construída de maneira que o fluxo da solução de água e polpa seja uniformemente distribuído por toda largura da tela e também na espessura da folha. Dentro da caixa de entrada existem barreiras hidrodinâmicas que provocam a estabilização da velocidade do fluxo da solução e absorvem as pulsações dos equipamentos. O transbordo da caixa de entrada ocorre com uma pressão preestabelecida, em função da velocidade da tela formadora, é necessário que a velocidade do jato de transbordo esteja ajustado a velocidade da tela formadora. Neste ajuste se obtém algumas das características de resistência da folha.

b - Mesa plana – a mesa plana tem por finalidade servir de sustentação para o circuito da tela formadora, a equivale a uma esteira contínua e sem fim, sobre a qual é depositada a solução de água e polpa. Esta esteira é de um material sintético especial, semelhante a uma tela de janela, com uma malha muito mais fechada, de aproximadamente 30 malhas por

cm². Sobre ela ficam depositadas as fibras e a água é gradualmente retirada, primeiro por gravidade, depois por sucção forçada por uma bomba de vácuo. Ao ser despejada sobre a tela a consistência da solução é aproximadamente 0,43% e após passar por todos elementos da drenagem da mesa plana a consistência fica em torno de 12,0%. Toda a água que serviu como veículo para conduzir as fibras é coletado por um sistema de calhas e bandejas que estão colocadas sob a tela e esta água é conduzida novamente para o fluxo de aproximação. A tela após percorrer um percurso plano no qual estão instalados os elementos desaguadores ela retorna pela parte inferior guiada por rolos até a caixa de entrada, e assim permanecendo continuamente em ciclos.



Figura 4.4 - Mesa plana.

c - Circuito de feltro e seção de prensas - na mesa plana, no fim do percurso de drenagem, e após o último elemento desaguador, a folha de papel já formada, é transferida para um tecido especial chamado de feltro, que também é uma esteira sem fim que roda em ciclos. O feltro tem duas finalidades: retirar a folha de papel da tela e conduzir à mesma para ser calandrada entre o cilindro secador e um rolo revestido com borracha e também para absorver parte da água que é retirada da folha no momento em que é calandrada entre o cilindro secador e o rolo revestido de borracha. A consistência da folha de papel ao sair da calandragem é em torno de 25%. Os rolos revestidos com borracha são chamados de prensas, e são acionados pneumaticamente contra o cilindro secador e por este motivo esta etapa é chamada de prensa ou prensagem.

d - Cilindro secador monolúcido (Yankee) – após a folha de papel ser calandrada contra o cilindro secador, a mesma, por capilaridade, adere a superfície do mesmo e inicia-se o processo de secagem térmica, por evaporação da água contida na folha. A consistência

neste ponto é de 25% ou seja 1 parte de sólidos e 3 partes de água, que deve ser evaporada. O cilindro secador é aquecido por vapor saturado, a uma pressão que deve ser ajustada à necessidade de troca térmica realizada pela face do cilindro. Sobre o cilindro secador há uma coifa que retira da área próxima ao cilindro o vapor produzido que reaquece o mesmo e injeta-o novamente sobre a folha em uma velocidade calculada para retirar o vapor sobre a folha e aumentar a eficiência de secagem.



Figura 4.5 - Cilindro secador monolúcido.

e - Raspa de secagem – após a folha de papel passar pela área de secagem a mesma chega na parte frontal do cilindro secador já seca e aderida a superfície do mesmo. No fim deste percurso a folha irá encontrar uma lâmina de bronze encostada na superfície do cilindro. No choque da folha contra a raspa há formação de uma onda de enrugamento da folha chamada crepagem e neste enrugamento há um encolhimento da folha. O percentual de encolhimento é variável conforme a característica técnica do papel em fabricação.

f - Enroladeira – após o papel receber o crepe ele é destacado da superfície do cilindro secador, e enrolado sobre um tubo de papelão. Como a produção é contínua, a folha vai sendo enrolada até atingir um diâmetro pré-estabelecido. Há um diferencial entre a velocidade do cilindro secador e a velocidade da enroladeira, e este é o percentual de crepagem do papel. Quando o rolo atinge o diâmetro estabelecido é substituído por outro tubo de papelão e se reinicia o processo.



Figura 4.6 - Enroladeira.

4.3.2.3 – Conversão em produto final

Nesta fase do processo as bobinas de papel são transformadas em rolos de papel higiênico, devidamente embaladas com plástico ou papel, dependendo do tipo, e acondicionadas em pacotes de plástico com o número de unidades adequadas para a comercialização. Após passar por esta fase de industrialização o produto final é estocado em uma área apropriada e fica a disposição para comercialização.



Figura 4.7 - Cortadeira de papel higiênico.

4.3.2.4 – Armazenagem

Após o papel ser enrolado no diâmetro pré-estabelecido é retirado e depositado em área específica para este fim até o momento de seguir para a comercialização.

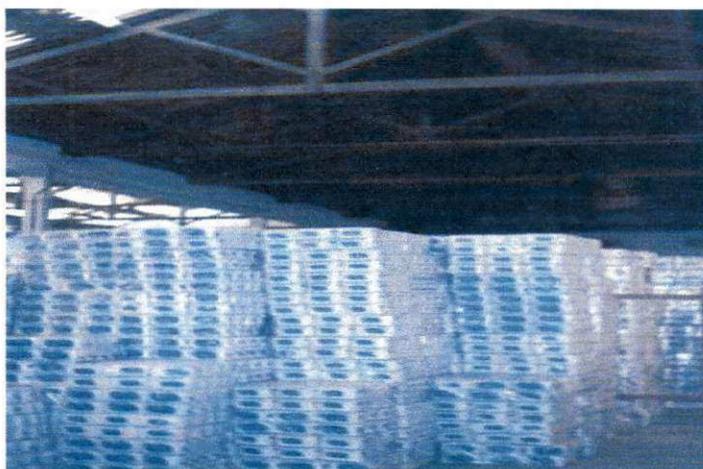


Figura 4.8 - Lotes de papel higiênico armazenados.

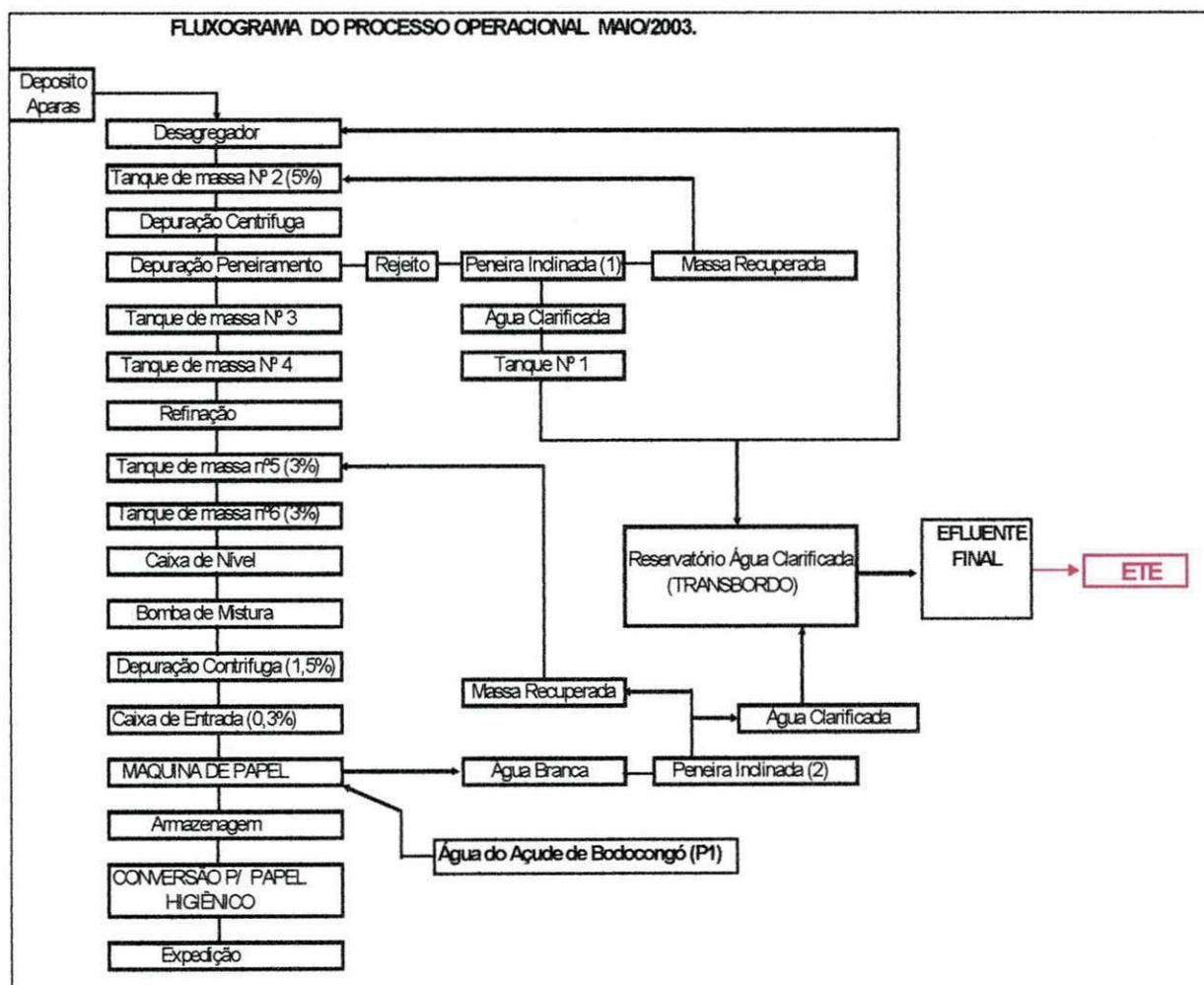


Figura 4.9 - Fluxograma do processo operacional maio de 2003.

4.4 – Acompanhamento das vazões

A Tabela. 4.1 inclui as vazões já calculadas para o acompanhamento das cargas mais comuns na entrada e saída da ETE.

Tabela 4.1 - Vertedores triangulares para paredes delgadas e lisa (Fórmula de Thomson).

ALTURA H (cm)	ALTURA H (m)	VAZÃO Q (l/s)	VAZÃO Q (m³/h)
5,0	0,050	0,79	2,86
5,5	0,055	1,01	3,63
6,0	0,060	1,25	4,51
6,5	0,065	1,53	5,51
7,0	0,070	1,84	6,63
7,5	0,075	2,19	7,87
8,0	0,080	2,57	9,25
8,5	0,085	2,99	10,77
9,0	0,090	3,45	12,42
9,5	0,095	3,95	14,22
10,0	0,100	4,49	16,17
10,5	0,105	5,07	18,26
11,0	0,110	5,70	20,52
11,5	0,115	6,37	22,93
12,0	0,120	7,08	25,50
12,5	0,125	7,84	28,24
13,0	0,130	8,65	31,15
13,5	0,135	9,51	34,23
14,0	0,140	10,41	37,49
14,5	0,145	11,37	40,93
15,0	0,150	12,37	44,55
15,5	0,155	13,43	48,35
16,0	0,160	14,54	52,35
16,5	0,165	15,70	56,53
17,0	0,170	16,92	60,91
17,5	0,175	18,19	65,49
18,0	0,180	19,52	70,27
18,5	0,185	20,90	75,25
19,0	0,190	22,34	80,44
19,5	0,195	23,84	85,84
20,0	0,200	25,40	91,45

5.0 – RESULTADOS

Durante o período de acompanhamento da implantação da ETE da IPELSA, foram executados diversos serviços, como:

5.1 – Atividades específicas

5.1.1 – Fechamento do circuito de recirculação da água

Com o intuito de diminuir o volume de efluente final lançado no canal de Bodocongó e de evitar o desperdício de fibras (Figuras 5.1 e 5.2), a IPELSA deu início a um projeto de redução de consumo de água constituído das seguintes medidas internas:

- Redução máxima do consumo de água fresca nos “chuveiros” na mesa plana;
- Reutilização de água branca (efluente com finos provenientes da mesa plana) em operação contínua;
- Reutilização de águas recuperadas em chuveiros, separadores e mangueiras de limpezas diversas.

Essas medidas internas foram constituídas de mudanças nas próprias instalações tais como:

- Alterações de circuitos internos;
- Peneira de recuperação de finos e filtragem;
- Mudanças comportamentais, etc.

Após essas mudanças internas, a vazão final do efluente industrial caiu de 70 m³/h para 35 m³/h em média e a IPELSA pode reavaliar quantitativamente e qualitativamente as cargas poluidoras do mesmo.

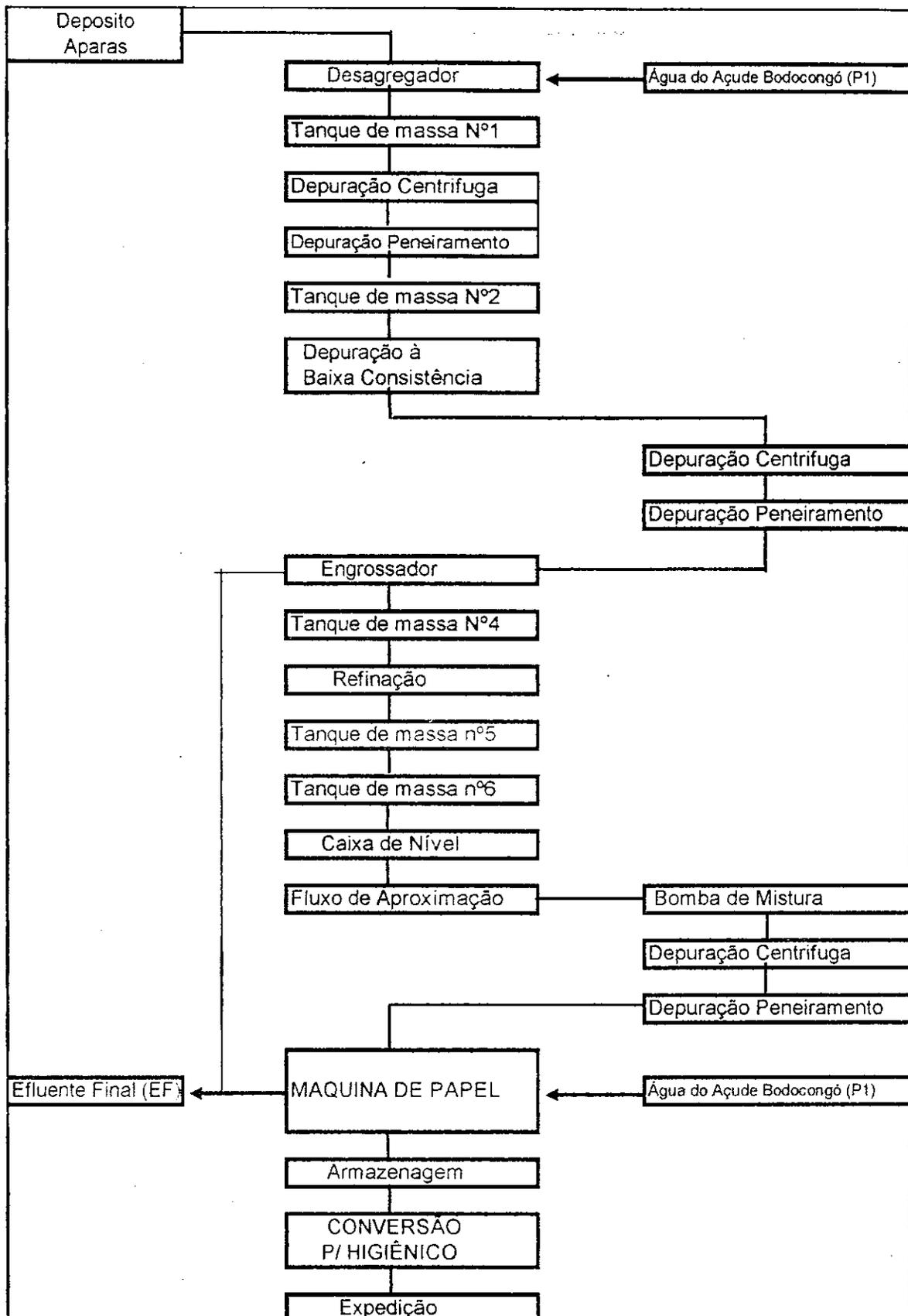


Figura 5.1 - Fluxograma do processo operacional no período de jan/99 à dez/99 (Batista 2000, Costa 2000).

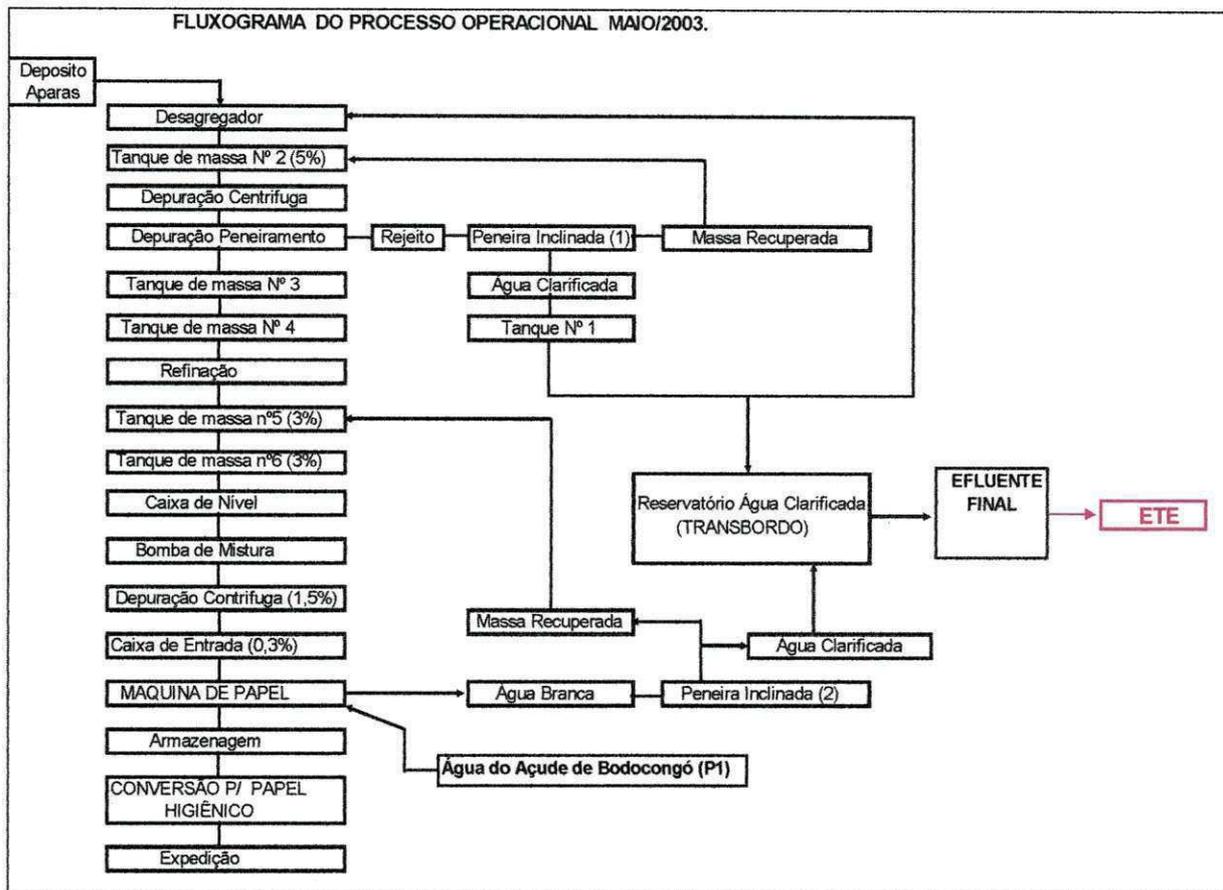


Figura 5.2 - Fluxograma do processo operacional maio de 2003.

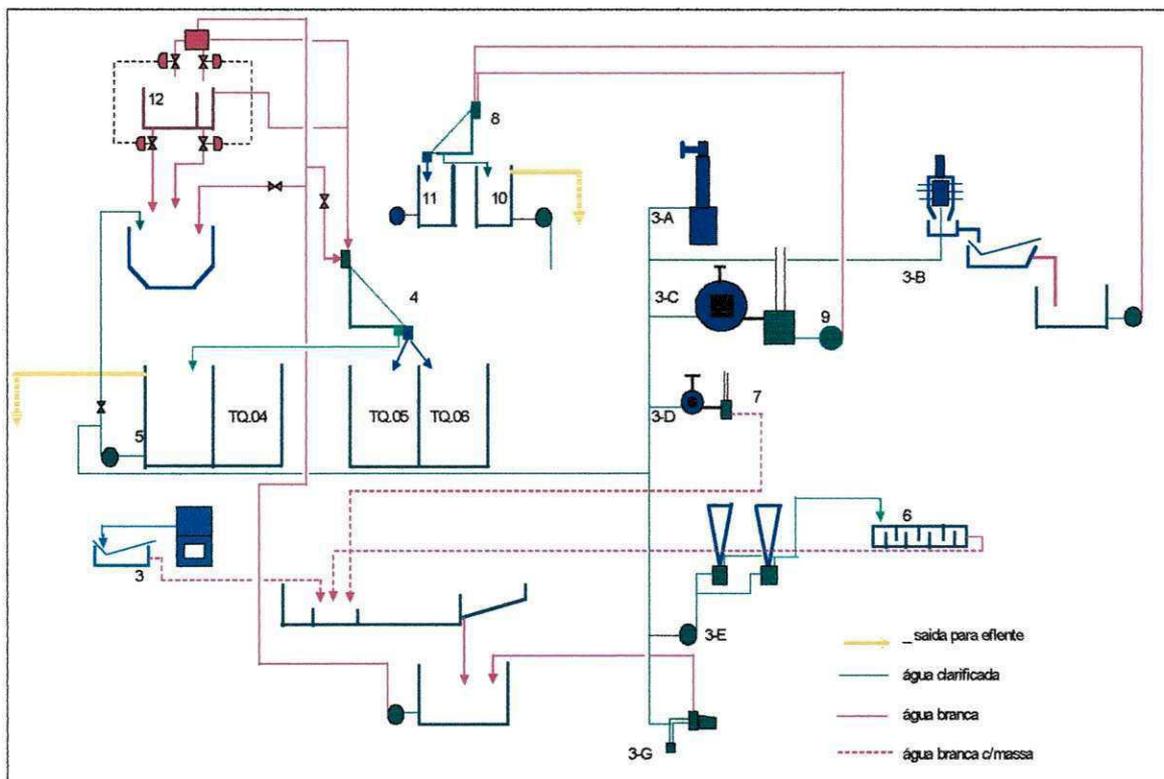


Figura 5.3 - Figura esquemática do processo operacional (maio de 2003).

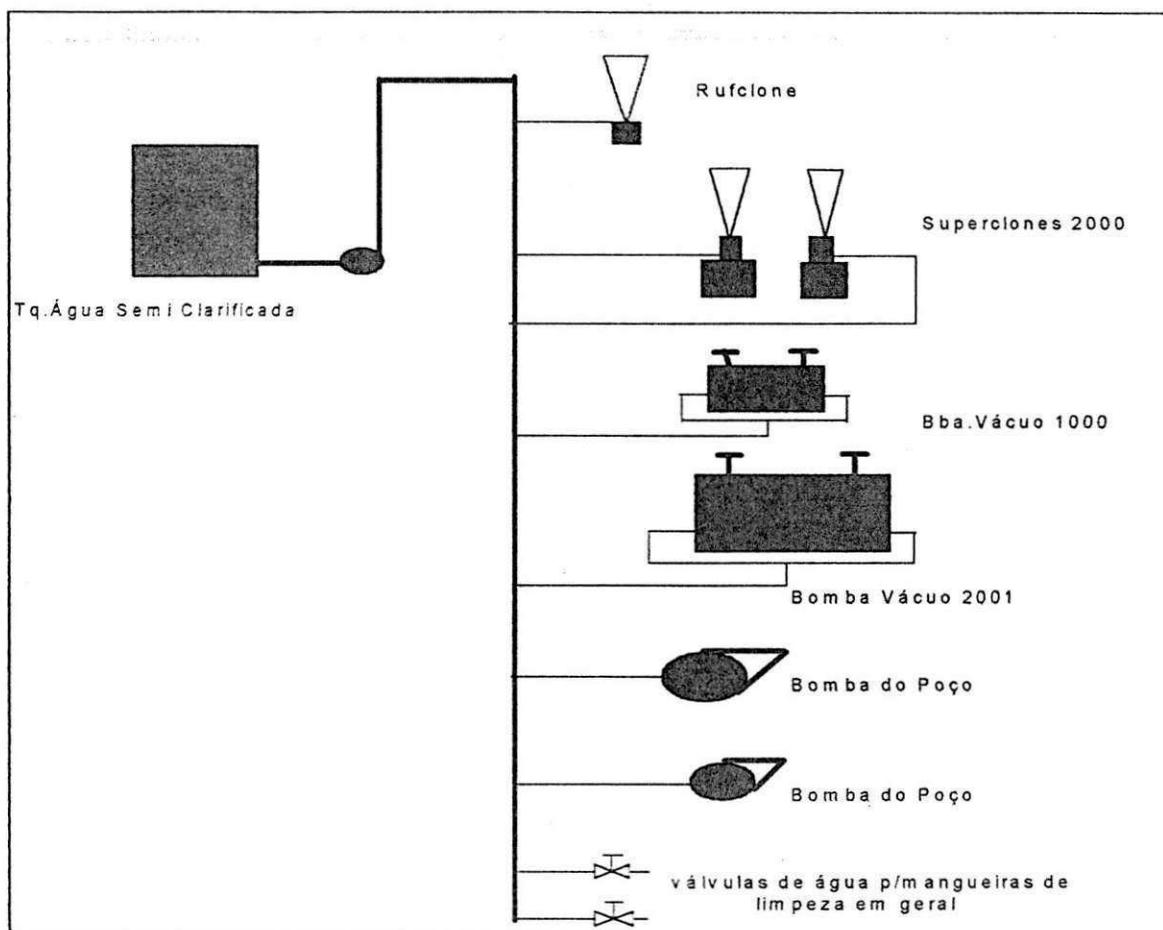


Figura 5.4 - Seqüência de instalação de equipamentos maio de 2003.

5.1.2 – Leitura do memorial descritivo do projeto da ETE

Com os estudos realizados após o fechamento do circuito e a aprovação dos projetos (dimensionamentos), deu-se início as definições técnicas dos equipamentos e sua compra, tais como:

5.1.2.1 – Clariflotador tipo – KWI Supercell – SPC da Krofta

É baseado na tecnologia que permite por meio de floculação química e recuperação em até 70% de fibras e finos existentes no efluente e de 80 a 90% da água clarificada. Sua instalação é compacta e está dimensionada para uma clarificação específica de 150 a 200 l/m² / min.

Tabela 5.1 – Especificações do clariflotador.

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES
Clariflotador KWI SUPERCELL	SPC – 18
Diâmetro interno (mm)	5.500
Peso operacional (kg)	14.200
Peso totalmente cheio d'água (kg)	19.100
Normas aplicadas: Flanges	ANSI B16.5 + 150 psi
Material de fabricação (contato com água)	INOX 304
Material de fabricação (demais partes)	Aço carbono
Acionamento do conjunto giratório	1 HP
Acionamento da concha espiral	1HP
Vazão máxima do EF a clarificar (m ³ /h)	70
Vazão de projeto do EF a clarificar (m ³ /h)	70
Sólidos suspensos na entrada	3.050
Vazão de recirculação (m ³ /h)	70

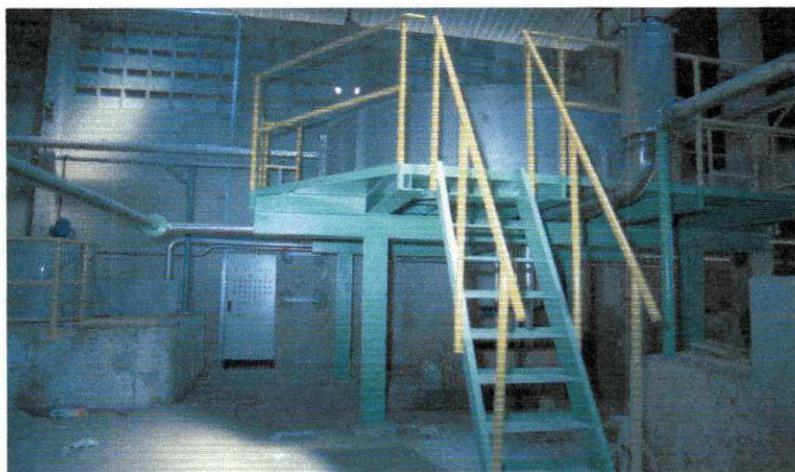


Figura 5.5 - Clariflotador tipo – KWI Supercell – SPC da Krofta.

5.1.2.2 – Tubo de ar dissolvido - ADT

A água de recirculação pressurizada (5,5 –6,5 bar), durante a passagem pelo ADT dissolve ar comprimido. Devido ao seu pequeno diâmetro, o tubo dissolvidor de ar não requer testes nem certificação oficial. Suas dimensões reduzidas permitem sua fabricação econômica em aço inoxidável.

Tabela 5.2 – Especificações do tubo dissolvedor de ar.

SISTEMA DE MICROAERAÇÃO KWI - ADT	ESPECIFICAÇÕES
Tubo Dissolvedor de AR ADT tipo	1.500
Consumo de AR a 8 BAR (Nm ³ /h)	10
Bomba pressurizada Cap. A 6 BAR (m ³ /h)	70
Consumo energético aproximado (HP)	30
Material de fabricação (ADT – Tubo Dissolvedor de água)	INOX 304
Material de fabricação (Frange)	Aço carbono

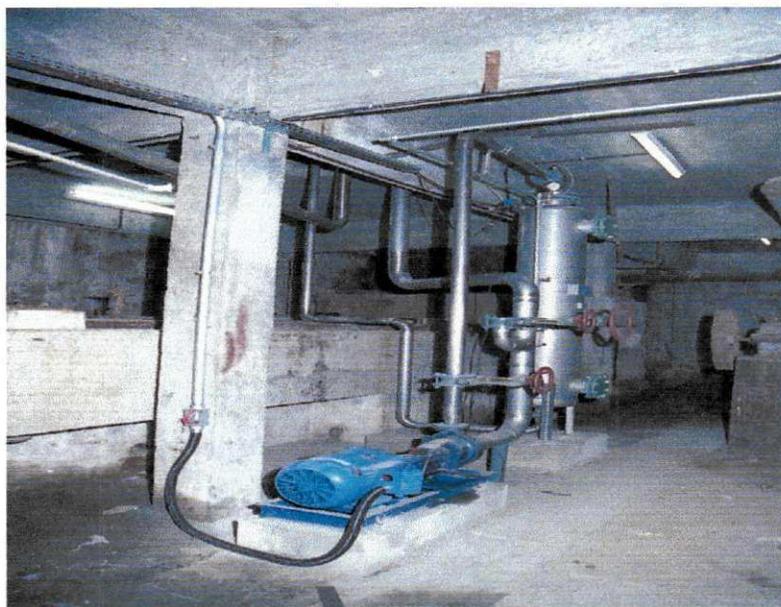


Figura 5.6 – Tubo dissolvedor de ar.

5.1.2.3 – Filtro prensa placa

Pelos ensaios de sólidos sedimentáveis em cone Imhoff, realizado com lodos de indústria do mesmo segmento, apresentou um teor de 150 a 350 ml/l de sólidos sedimentáveis que representa uma carga de:

Tabela 5.3 – Especificações do filtro prensa placa.

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES
Vazão afluyente (m ³ /h)	70
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	35
Volume de lodo considerado (m ³ /d)	5,0
Consistência do lodo no decantador (%)	4
Massa de lodo em kg/dia	200
Concentração final da torta (%)	45
Volume de lodo a ser desidratado (m ³ /d)	4,40
Dimensões da placa de filtragem (mm)	400 x 400

5.1.2.4 – Tubos de aço inoxidável (INOX TUBOS – R ASTM A- 269 TP 304 WLD)

O fato de se optar por tubos de aço inox, é que sua durabilidade e prescrições técnicas suprem as necessidades do projeto da ETE.

Os tubos de aço inox a serem adquiridos para montagem do sistema de interligação entre tanques e equipamentos são descritos abaixo:

- Tubulação de interligação do poço de captação do efluente, (PCE) ao tanque do efluente (TE1 e TE2), localizados na área da MP – 03, aproximadamente 80 m de tubo inox de 4”.
- Tubulação de interligação dos tanques TE1 e TE2 com 6m de tubo inox de 6”.
- Tubulação de interligação do sistema de flotação aos tanques de água clarificada TAC1 e TAC2, com 12 m de tubo inox de 6”.
- Tubulação de interligação do sistema de flotação aos tanques de massa flotada TMF1 e TMF2 com 12 m de tubo inox de 6”.
- Tubulação de distribuição da água clarificada com 50 m de tubo inox de 4”.
- Tubulação de distribuição da massa flotada com 30 m de tubo inox de 4”.
- Tubulação de descarga de fundo do flotor, com válvula pneumática temporizada – 8 m de tubo inox de 4”.
- Alterar percurso da tubulação de água entre área próxima da subestação a atual subida para a caixa d’água com 20 m de tubo de aço carbono de 8”.
- Para instalação de 02 bombas de água para TAC1 e TAC2 – 10 m de tubo inox de 6”.
- Para instalação de 02 bombas de água para TMF1 e TMF2 – 10 m de tubo inox de 6”.

5.3.2.5 – Válvulas e acessórios

Para a instalação de toda parte hidráulica é necessário além dos tubos em aço inox, também de válvulas especiais do tipo: esfera, borboleta, guilhotina, pneumática, de retenção, de segurança, de expansão e agulha. A estas também são imprescindíveis acessórios como: anel injetor, joelhos, curvas, regulador de pressão e etc.

5.1.2.6 – Motor bombas

- Para a bomba de pressurização da UDS, devido à baixa consistência, o efluente tem propriedades hidráulicas da água. Deve ser utilizada uma bomba para atender 70 m³/hora pressão total de 25,7 mca. Foram estudadas duas alternativas, de acordo com as curvas de desempenho da IMBIL.

Tabela 5.4 – Especificações da bomba do UDS.

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES
Modelo	ITA 100/400
Vazão (m ³ /h)	70
Rpm	1750
Pressão (mca)	26
Diâmetro do rotor (mm)	240
Rend. (%)	76
Potência (CV)	10

- Para o tanque de estocagem de efluente a bomba deve atender a uma vazão de 70 m³/hora e pressão 62 mca. Foram estudadas duas alternativas, de acordo com as curvas de desempenho da IMBIL.

Tabela 5.5 – Especificações da bomba dos tanques de estocagem.

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES
Modelo	INI80/400
Vazão (m ³ /h)	70
Rpm	1750
Pressão (mca)	59
Diâmetro do rotor (mm)	348
Rendimento (%)	59
Potência (CV)	30

- Para o poço de captação foram adquiridas duas bombas com acionamento por correia, com motores fora do poço e cada com 15,0cv.

- Para os tanques de diluição de floculante e de sulfato de alumínio, 03 bombas dosadoras, cada com 60Hz.

5.1.2.7 – Caixa de areia

A caixa de areia tem a finalidade de reter as partículas de 0,1 à 0,4 mm de diâmetro. Devido ao tipo de efluente, (resultante do processo de utilização de aparas), o efluente possui uma carga grande de resíduos (areia, e outros materiais em suspensão) que possibilitam a construção de uma caixa de areia para reter parte destes sólidos, melhorando a eficiência do decantador. Devido a este fato e para garantir uma melhor qualidade na eficiência da operacionalização da ETE, os técnicos da PRÁTICA, decidiram incluir uma caixa de areia com as seguintes dimensões:

Tabela 5.6 – Especificações da caixa de areia.

Vazão máxima (m ³ /h)	70
Velocidade média (m ³ /h)	35
Velocidade do fluxo (m/s)	30
Largura (m)	0,34
Profundidade (m)	0,80
Comprimento (m)	4,26
Velocidade adotada (m/s)	0,30
Taxa de aplicação (m ³ /m ² seg)	0,02

5.1.2.8 – Tanques de misturas químicas

De acordo com o projeto, os mesmos devem ter: capacidade cada um de 1000 litros; três agitadores (motores cada com 820 rpm) sendo um para cada tanque e possuírem também três bombas para a dosagem do polímero no clariflotador. O material dos tanques é de PVC, as bombas possuem cada 60Hz de frequência e duas delas 1130rpm e 3320rpm.



Figura 5.7 – Tanques dosadores de polímeros.

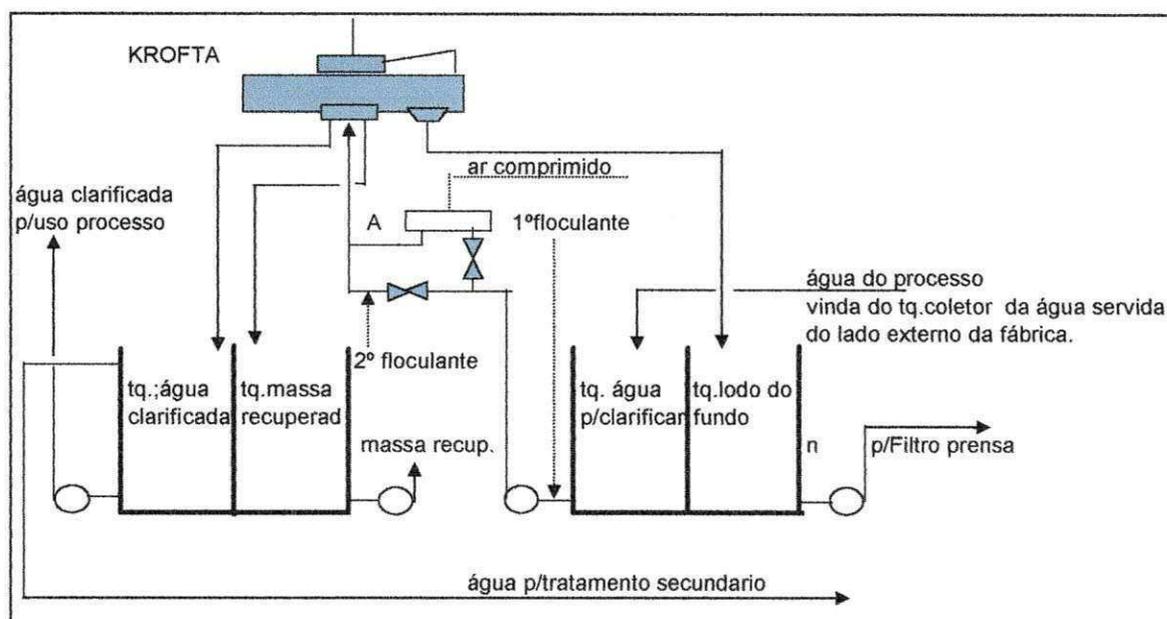


Figura 5.8 – Fluxograma de tratamento de efluentes (Prática).

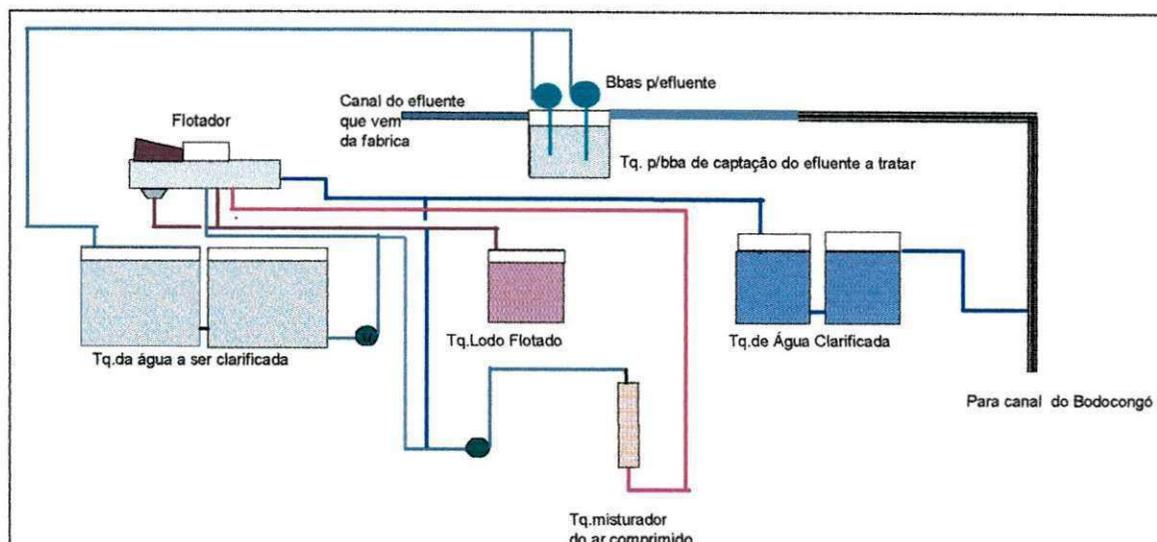


Figura 5.9 – Fluxograma de tratamento de efluentes.

5.1.3 – Adequação e recuperação de instalações civis já existentes e a construção de novas obras para receber a infra-estrutura da ETE

Para a devida instalação da ETE, a empresa teve que adequar e recuperar toda a parte civil da área na qual seria instalada, ou seja, para maior segurança e um melhor funcionamento do sistema. Com isto, a IPELSA contratou o engenheiro civil, Paulo Landim para acompanhamento dos serviços diversos.

5.1.3.1 – Estrutura de sustentação do clariflotador

Para instalação do clariflotador, foi necessária a montagem de uma estrutura específica, ou seja, com vigas e pilares de aço sobre uma outra de concreto armado já existente no local.

De acordo com a carga solicitada, estes perfis de aço têm as seguintes dimensões:

- 4 pilares com perfis H de aço (detalhes em anexo)
- 6 vigas com perfis I de aço (detalhes em anexo)



Figura 5.10 – Estrutura de aço de sustentação do clariflotador.

5.1.3.2 – Reconstrução do poço de captação do efluente

Este poço foi reconstruído e adequado às novas condições, ou seja, para a captação do efluente que antes era lançado no canal de Bodocongó e agora será bombeado através de duas bombas para o clariflotador e assim receber o devido tratamento.

O mesmo tem as seguintes características: É provido de uma tela na sua chegada evitando assim o comprometimento das bombas (entupimentos); É um pouco mais fundo com a finalidade de manter afogadas as duas bombas; Foi feito com alvenaria de $\frac{1}{2}$ vez e rebocado; Ao lado do mesmo ficam os dois motores das bombas que serão acionadas por correias.

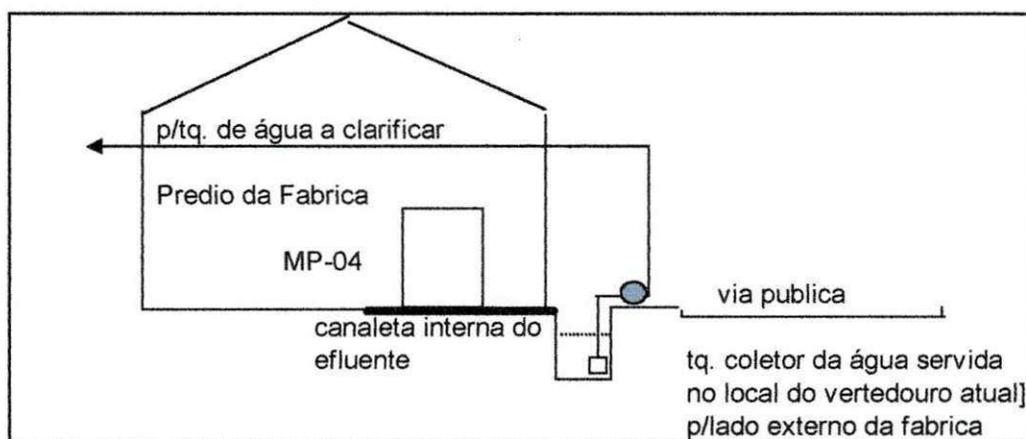


Figura 5.11 – Esquema de localização do poço de captação.

5.1.3.3 – Serviços de Superestrutura e Infraestrutura

A execução foi realizada de forma lenta e cuidadosa, pois se tratava de uma estrutura de concreto armado antiga e muito deteriorada. Para a devida recuperação da estrutura, foram seguidos alguns critérios:

- a) O traço em lata (18 litros) do concreto era de 1: 3,0: 3,0: 1,0 (cimento, areia, brita 19 e branco) e este último, um aditivo era adicionado com a finalidade de uma maior adesão entre o concreto existente e o novo. Este era confeccionado no próprio local da obra com auxílio de uma betoneira com capacidade de 320 litros e potência de 5CV.
- b) O aço utilizado para as barras longitudinais foi o CA-50A com diâmetros de 6.3mm, 10.0mm e 16.0mm e para os estribos o CA-60A com diâmetro de 5.0mm.
- c) As fôrmas foram confeccionadas com madeira de pinho de 3' 1 x 12'', porém para um melhor acabamento na estrutura a mesma foi revestida com um plástico. O distanciamento dos engravatamentos das fôrmas era em torno de 40cm.

A recuperação foi feita em dois dos oito pilares de sustentação da caixa d'água, com altura aproximadamente de 23,70m (capacidade de 30m³) e na viga superior de amarração da mesma, onde foi preciso quebrar a laje da tampa para refazer a mesma.

Foram também executadas três bases de sustentação para conjuntos motor bombas utilizando para isto um concreto magro com traço em lata de concreto de 1: 4,0: 5,0 (cimento, areia e brita 19).

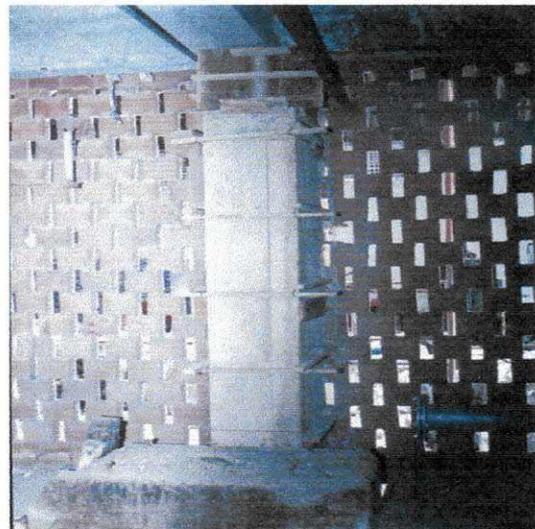
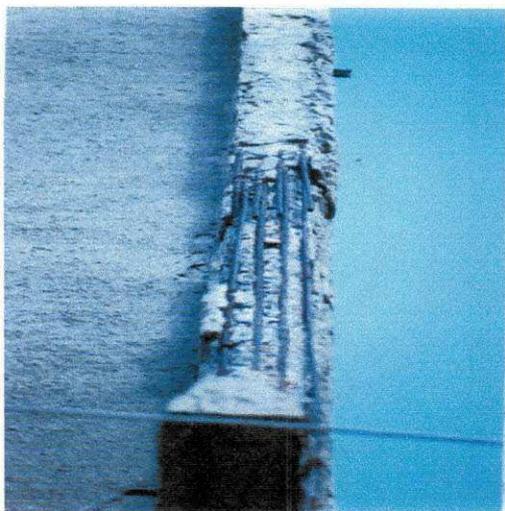
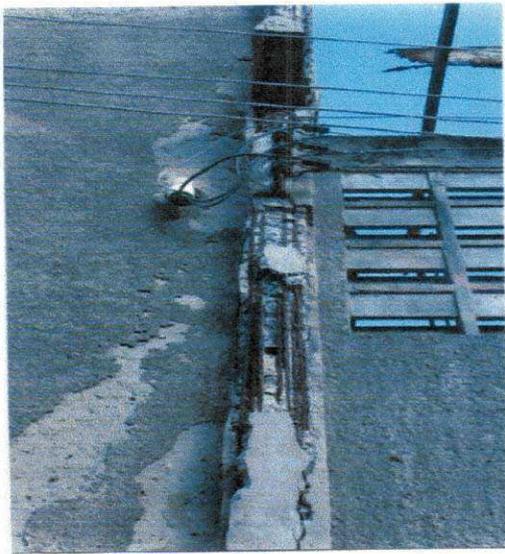
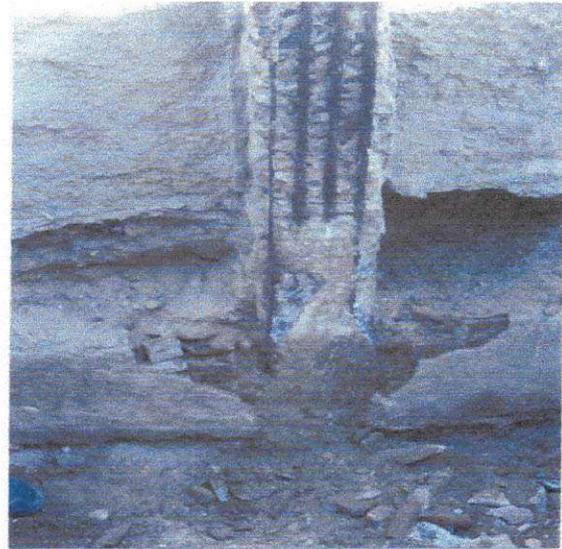
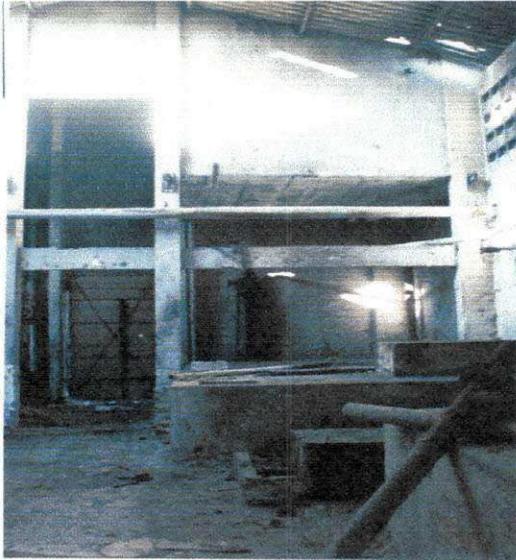


Figura 5.12 – Fotos dos locais a serem recuperados.

5.1.3.4 – Serviços de Alvenaria

- a) Construção de duas caixas de medição de vazão de alvenaria de meia vez (tijolos cerâmicos de 8 furos) com a seguinte disposição:
- b) Construção de um leito de secagem do lodo proveniente do clariflotador em alvenaria de uma vez (tijolos maciços) seguindo a seguinte disposição:



Figura 5.13 – Vista geral do leito de secagem.

- c) Escada de acesso para os tanques de dosagens e mureta de vedação (altura de 0,80m) alvenaria de $\frac{1}{2}$ vez abaixo do clariflotador.

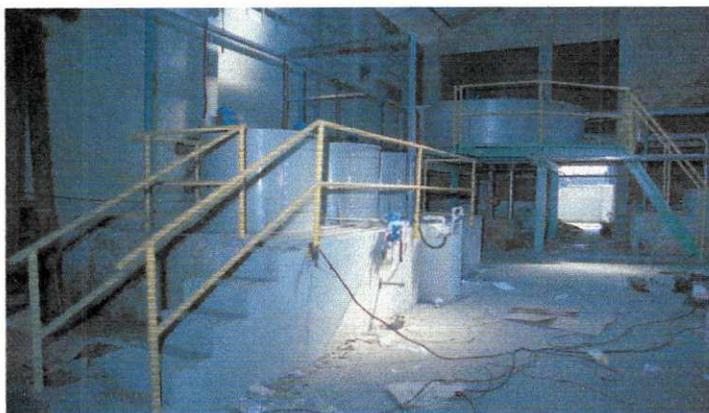


Figura 5.14 – Escada de acesso aos tanques de misturas químicas.

5.1.3.4 – Limpeza e recuperação dos tanques de concreto armado existentes

Como os tanques estavam desativados há algum tempo, a IPELSA teve que tomar as seguintes precauções para voltar a utilizá-los de forma adequada e segura: limpeza; manutenção de falhas no revestimento dos mesmos (azulejos); recuperação dos agitadores, ou seja, da parte mecânica e uma interligação entre eles para aumentar a sua capacidade de armazenamento de efluente.

5.1.4 – Montagem dos equipamentos da ETE e de tubulações necessárias para o encaminhamento do efluente final para tratamento e recebimento da água clarificada resultante do tratamento.

A montagem dos equipamentos e seus acessórios procederam da seguinte maneira:

- Iniciou-se com a montagem do clariflotador no seu devido local, com a responsabilidade (mão-de-obra) da empresa fornecedora do equipamento.
- A montagem das tubulações, válvulas e acessórios foram executadas por uma equipe terceirizada a qual só concluiu seus trabalhos após verificar se havia falhas ou vazamentos introduzindo água no sistema.
- As atividades de instalação da parte elétrica foram divididas entre a IPELSA e um engenheiro eletricitista.
- Os conjuntos motor bombas e aeradores dos tanques foram instalados e montados pela IPELSA.

5.1.5 – Início da operação da ETE com testes de adequação da quantidade de polímeros e monitoramento inicial.

Com todo o equipamento montado e devidamente testado, deu-se início ao funcionamento da ETE utilizando-se o efluente final da IPELSA.

Para se atingir a eficiência desejada para a qualidade da água clarificada, foram realizados alguns testes afim de aprimorar satisfatoriamente o sistema. Logo, utilizou-se polieletrólitos com variadas dosagens até se chegar ao ponto desejado e da mesma forma foi feito um controle rigoroso com os valores de vazão, tanto do efluente bruto da empresa como a água clarificada, para então obter uma relação de dosagem de polímero com base na vazão medida.

Este polímero tem a finalidade de promover mais rapidamente a formação de flocos, ou seja, um maior agregamento das partículas em suspensão, facilitando sua remoção através do pescador. O polímero que obteve melhores resultados no sistema foi o PREASTOL K 133 catiônico, fornecido pela ARW Química Representações.

Com a finalidade de se conhecer melhor a qualidade do efluente tratado (água clarificada), foi feito uma coleta para análise físico-química das seguintes amostras: efluente bruto, efluente tratado e água de abastecimento (Açude de Bodocongó).

Com a finalidade de quantificar a qualidade do efluente da IPELSA e da água do Açude de Bodocongó durante todo o período de mudança das instalações, foram realizados monitoramentos, os quais refletem a seguinte situação:

Tabela 5.7 – Dados médios anuais do efluente final bruto da IPELSA.

EFLUENTE FINAL			
PARÂMETROS	MÉDIA ANUAL		
	1999	2000	2003
Turbidez (UT)	405,50	610	190,00
ST (mg/L)	3441,60	1810,8	4789,00
STF (mg/L)	2085,10	1477,6	3319,00
STV (mg/L)	1359,50	333,2	1470,00
SST (mg/L)	1534,70	425,4	2996,00
SSF (mg/L)	797,90	316	1952,00
SSV (mg/L)	736,80	109,4	1044,00
DQO (mg/L)	1563,33	520,6	1954,00
DBO (mg/L)	330,56	170,2551	610,00
Cloretos	657,37	469,2985	3463,00
Cálcio (mg/L)	114,31	188,12	87,00
Magnésio (mg/L)	128,74	78,42	215,00
Carbonato (mg/L)	2,10	0	0,00
Bicarbonato (mg/L)	580,08	526,9	1840,00
Sulfato (mg/L)	194,60	216,84	150,00

Tabela 5.8 – Dados médios anuais da água do Açude de Bodocongó.

AÇUDE DE BODOCONGÓ			
PARÂMETROS	MÉDIA ANUAL		
	1999	2000	2003
Turbidez (UT)	5,96	41	4,00
ST (mg/L)	1819,29	752,5	1123,00
STF (mg/L)	1316,86	553	990,00
STV (mg/L)	502,43	199,5	133,00
SST (mg/L)	51,86	40	13,00
SSF (mg/L)	27,86	23,5	3,00
SSV (mg/L)	24,00	16,5	10,00
DQO (mg/L)	109,29	39	136,00
DBO (mg/L)	30,84	12	30,00
Cloretos	521,43	416,5	3358,00
Cálcio (mg/L)	72,43	64	50,00
Magnésio (mg/L)	105,86	38	42,00
Carbonato (mg/L)	18,86	0	0,00
Bicarbonato (mg/L)	299,86	171	363,00
Sulfato (mg/L)	161,71	194	8,00

Tabela 5.9 – Dados do monitoramento do efluente tratado do mês de junho de 2003.

PARÂMETROS	Efluente Final Tratado
Turbidez (NTU)	25
Sólidos Totais (mg/L)	1667
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	1294
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	373
Sólidos Suspensos (mg/L)	40
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	6
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	34
Cálcio (mg/L)	115
Magnésio (mg/L)	35
Carbonato (mg/L)	Ausente
Bicarbonato (mg/L)	451
DQO (mgO ₂ /L)	781
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	212
Cloretos (mg/L)	3725
Sulfato (mg/L)	281

6.0 – CONCLUSÕES

Após todo o período de estágio supervisionado acompanhando os serviços de instalação da ETE da IPELSA, foi possível concluir que:

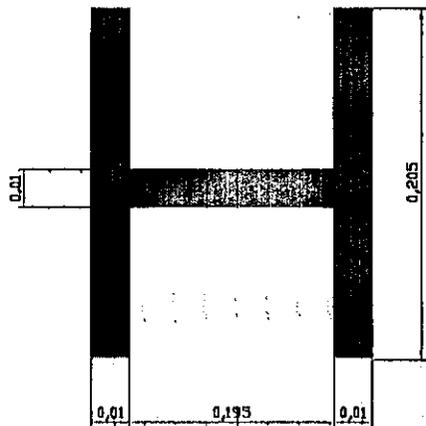
- O relatório de estágio em questão foi de suma importância, pois contribuiu intensamente no meu contínuo aprendizado, tendo o mesmo me proporcionado o acompanhamento dentro de três áreas de atuação da engenharia civil (saneamento, estruturas e hidráulica);
- Com as modificações e adequações realizadas pela IPELSA para instalação da ETE (tratamento primário), pode-se dizer ainda que o efluente tratado (clarificado) apresentou bons resultados, porém o mesmo necessitará do tratamento secundário para assim obter valores satisfatórios de acordo com as normas ambientais vigentes;
- Uma parte das estruturas de concreto armado (lajes, vigas e pilares) da IPELSA, estavam deterioradas devido: ao uso da água do Açude de Bodocongó para o preparo do concreto; a espessura da camada de recobrimento que fora insuficiente. Ambos não prescrevem o que diz a NBR – 6118;
- Para uma boa escolha de um conjunto motor bomba a se utilizar, é necessário considerar alguns fatores como: vazão de trabalho, perda de carga, diâmetros das tubulações, qualidade do fluido a bombear, rugosidade dos tubos, etc;
- Para monitorar as cargas poluidoras e a dosagem de polímeros no tratamento de efluentes de indústrias de reciclagem de papel, faz-se necessário o acompanhamento permanente das vazões do sistema;
- É de suma importância para sistemas de tratamento de efluentes industriais, que se façam testes em laboratório em pequena escala (jarteste) para então reproduzi-lo no sistema real, ou seja, assim determina-se a quantidade exata de sulfato de alumínio e de polímero (IPELSA);
- Como a recirculação de água foi explorada ao máximo dentro do processo operacional, então o volume de água fresca captada do Açude de Bodocongó diminuiu sensivelmente;
- Com base na análise feita em junho de 2003 no efluente tratado, a combinação ainda de altas vazões e concentrações de DBO₅, DQO e sólidos, contribuem para que o corpo

receptor receba elevadas cargas de matéria orgânica e de sólidos causando odores e assoreando o mesmo;

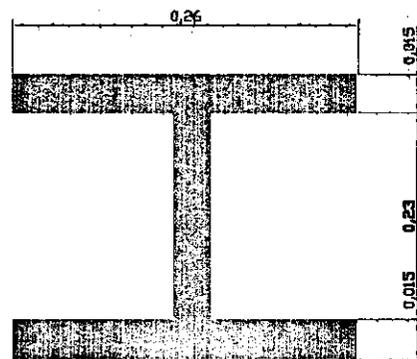
7.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, A. G. (1977). Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blücher Ltda, 6ª edição, volume II, São Paulo, 669p.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTE, J. E. W. A. (1.993). Manual de tratamento de águas residuárias industriais. CETESB,.723p.
- FIGUEIREDO, P. J. M. (1.994). A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental. Editora UNIMEP. Piracicaba, SP. 240p.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (1.988). Tecnologia de fabricação da pasta celulósica e fabricação do papel. SENAI: São Paulo. 2ª edição, volumes I e II. 959p.
- NUNES, JOSÉ ALVES. Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais. Gráfica e Editora J. Andrade, Aracaju-SE, 1996.
- REINFELD, E. N.; WIARD, M. L.; SCHULZ, A. C.; LAYMAN III, C. M.; ROSANDER, A. C. (1.994). Sistemas de reciclagem comunitária. Makron Books do Brasil Editora Ltda. São Paulo, SP, 285p.
- SAWYER, C. N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G. F. (1.994). Chemistry for environmental engineering. 4th Edition. New York. McGraw-Hill Book Company, 658p.
- SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A. (1.992). Do nicho ao lixo: ambiente, sociedade e educação. Editora Atual. São Paulo, SP, 116p.

ANEXOS

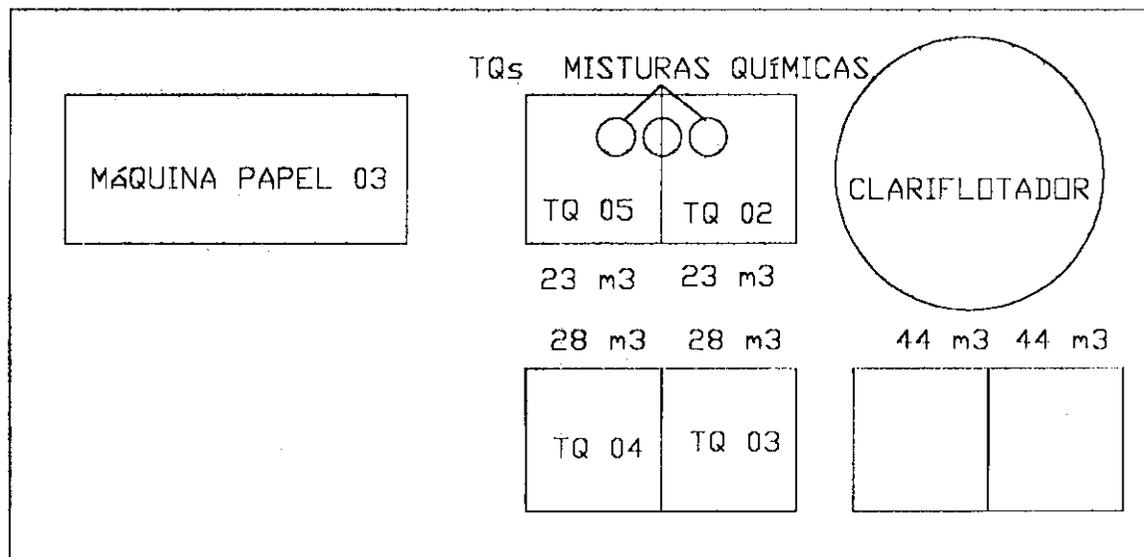


Secções: 4 Vigas superiores e 4 Pilares



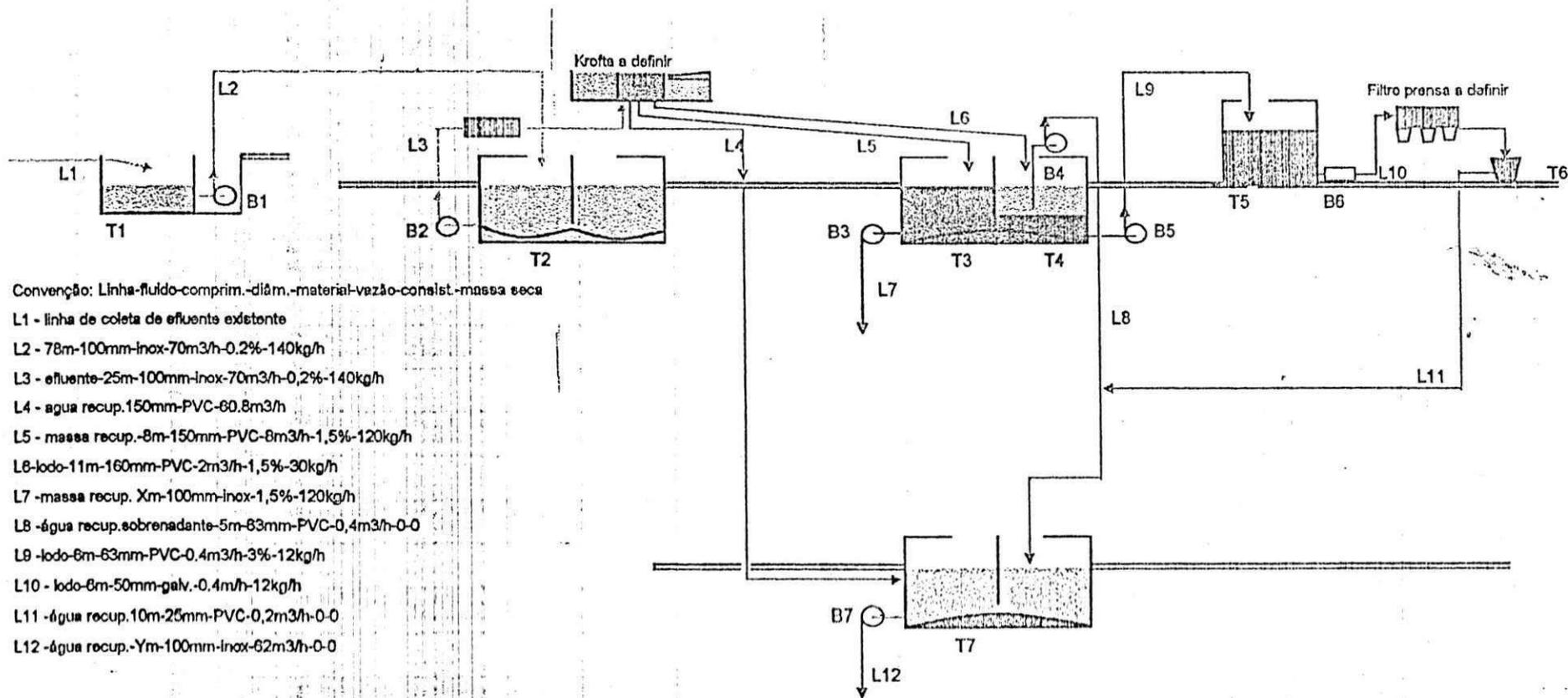
Secções: 2 Vigas inferiores

DISPOSIÇÃO DOS TANQUES E EQUIPAMENTOS



OBS.: DIMENSÕES EXPRESSAS EM m

QUADRO II - FLUXOGRAMA BALANCEADO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES



Convenção: Linha-fluido-comprim.-diâm.-material-vação-consist.-massa seca

- L1 - linha de coleta de efluente existente
- L2 - 78m-100mm-inox-70m³/h-0,2%-140kg/h
- L3 - efluente-25m-100mm-inox-70m³/h-0,2%-140kg/h
- L4 - água recup.150mm-PVC-60,8m³/h
- L5 - massa recup.-8m-150mm-PVC-8m³/h-1,5%-120kg/h
- L6-lodo-11m-160mm-PVC-2m³/h-1,5%-30kg/h
- L7 -massa recup. Xm-100mm-inox-1,5%-120kg/h
- L8 -água recup.sobrenadante-5m-83mm-PVC-0,4m³/h-0-0
- L9 -lodo-6m-63mm-PVC-0,4m³/h-3%-12kg/h
- L10 - lodo-6m-50mm-galv.-0,4m³/h-12kg/h
- L11 -água recup.10m-25mm-PVC-0,2m³/h-0-0
- L12 -água recup.-Ym-100mm-inox-62m³/h-0-0

- T1 - Tanque coletor de efluente
- T2 - Tanque equalizador de efluente
- T3 - Tanque de massa recuperada
- T4 - Tanque de lodo
- T5 - Tanque de lodo
- T6 - Tanque de filtrado
- T7 - Tanque de água recuperada

- B1 - bomba Inbil ITA 100/400 1750 rpm
- B2 - bomba Inbil INI 80/400 1750 rpm
- B3 - bomba Inbil ITA 80/260 1750 rpm
- B4 - bomba KSB Megaflo 80/250 1750 rpm ou similar
- B5 - bomba Inbil ITA 50/160 1750 rpm
- B6 - bomba Nemo ou similar fornecida com o filtro
- B7 - bomba Inbil ITA 80/260 1750 rpm

CRONOGRAMA FISICO DE INSTALACAO

Obras e Instalações	Set 2001	Fev 2002	Mar 2002	Abr 2002	Mai 2002	Jun 2002	Jul 2002	Ago 2002	Set 2002	Out 2002	Nov 2002	Dez 2002	Jan 2003	Fev 2003	Mar 2003	Abr 2003	Mai 2003	Jun 2003	Jul 2003	Ago 2003	Set 2003	Out 2003	Nov 2003	Dez 2003	Jan 2004	Fev 2004	Mar 2004	Abr 2004	Mai 2004	Jun 2004
Aprovação do Projeto	█																													
Aquisição Flotador			█	█	█	█	█	█	█	█																				
Montagem Flotador												█	█	█																
Partida e Teste Flotador															█	█														
Monitoramento para avaliação do tratamento primário e decisão tratamento secundário																														
Caixa de areia, grade e calha parsahall																█	█													
Reator Biológico																														
Equipamentos - compras																														
Bombas e Conexões																														
Demais Instalações																														
Partida ETE																														
Avaliação da ETE																														

Vencimento da Licença de Instalação