

**Experiência de tratamento avançado de efluentes em fábrica de
celulose kraft**

MFN -0724

N CHAMADA:

TITULO: Experiência de tratamento avançado de efluentes em
fábrica de celulose kraft

AUTOR(ES): HERRERA, J.RATNIEKS, E.MENEGOTTO, V.R.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 08. Meio Ambiente

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 16

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 21-26.11.1983

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1983, ABTCP

PAG/VOLUME: p.935-957, v.3

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 16, 1983, São Paulo, v.3,
p.935-957

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: efluentes, tratamento de efluentes

RESUMO:

UMA EXPERIÊNCIA DE TRATAMENTO AVANÇADO
DE EFLUENTES EM FÁBRICA DE CELULOSE KRAFT



Herrera, J.
Ratnieks, E.
Menegotto, V.R.

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul - Guaíba, Brasil

1. Introdução

A Rio Grande - Cia. de Celulose do Sul (RIOCELL) é uma empresa produtora de celulose kraft a partir do eucalipto. Ao longo de sua história, em onze anos de atividades, esta teve seu nome reconhecido como empresa produtora unicamente de celulose não branqueada, com capacidade nominal de 750 ton/dia.

No início de 1983 deu-se o "start-up" de novas e modernas instalações visando o branqueamento da celulose. Saliente-se que, quando da elaboração do projeto destas novas unidades, levou-se em consideração um fator bastante relevante: o meio ambiente. Desta forma, procurou-se condicionar a moderna tecnologia aos princípios de conservação e cuidados do meio ambiente reinantes na RIOCELL. Foi implantada uma unidade de branqueamento compacta, por deslocamento, onde os efluentes originados, quando comparados com sistemas convencionais, apresentam baixa carga de poluentes e baixa vazão. A par desta atenção, tornou-se imprescindível a implantação de uma estação para tratamento de efluentes (ETE). Em virtude da pouca disponibilidade de espaço físico, optou-se por um sistema não convencional de tratamento, porém que oferecesse altas taxas de remoção de cargas poluentes.

A preocupação da RIOCELL com o meio ambiente tem sido uma constante ao longo dos anos. Este fato pode ser atestado pelos inúmeros e vultosos investimentos realizados, tanto no setor humano, como no material. Dentro da empresa existe um estado permanente de conscientização dos funcionários através de campanhas, avisos, seminários, etc. Nos diversos setores estão instalados equipamentos visando exclusivamente o abatimento da poluição, p.ex. sistema de oxidação da lixívia negra, "stripping" para gases mal odorosos, lavadores de gases, incinerador, etc. Foi criado um órgão cuja preocupação principal é o meio ambiente (Departamento de Controle Ambiental).

Tem-se por princípio que a maioria dos problemas ambientais gerados em uma indústria de celulose podem, quando não

Trabalho apresentado no III Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel - em São Paulo - Brasil - de 21 a 26 de Novembro de 1983.

eliminados, ao menos serem amenizados, bastando para isto que haja consciência, responsabilidade e meios.

2. Descrição do sistema de tratamento

Visando harmonizar o sistema de recuperação de produtos químicos e tratamento de efluentes, foi implantado o "sistema emergencial de recuperação de perdas". Este tem como principal função detectar e absorver perdas que possam acidentalmente ocorrer. De outra forma, estas perdas, além de onerarem o processo produtivo por aumento da reposição de reagentes, poderiam causar choques na qualidade dos efluentes líquidos da fábrica, o que conseqüentemente causa diminuição na eficiência do tratamento de efluentes. O sistema de recuperação de perdas tem portanto dupla função, qual seja: recuperar produtos químicos e evitar choques de carga ao tratamento de efluentes.

Classifica-se o sistema de recuperação de perdas nos seguintes tipos principais:

- Recuperação direta de perdas - aquele em que se evita que os vazamentos de transbordos atinjam o sistema de canaletas de piso da região em que se encontra instalado. Para tanto, desenvolveu-se uma série de estudos visando a interconexão de equipamentos, os quais possam reaproveitar os líquidos provenientes de outrem.

- Recuperação indireta com detecção automática de perdas - as áreas que trabalhem com líquidos potencialmente poluidores são circundadas com muretas, sendo todos os líquidos ali gerados conduzidos por canaletas e poços dotados de bombas de recuperação, existindo sensores de parâmetros característicos ao efluente e comportas capazes de selar a saída do mesmo à E.T.E. Desta forma, quando ocorrer alguma alteração nas características normais do efluente, os sensores imediatamente acusam a contaminação, podendo a área ser selada e todo o líquido afetado ser reincorporado ao processo até o saneamento do problema existente.

- Recuperação indireta permanente de perdas - algumas áreas na indústria de celulose apresentam constante liberação de líquidos com baixa vazão mas grande concentração de produtos químicos. Estas áreas são isoladas por muretas de contenção. Todos os líquidos gerados nesta área são conduzidos por canaletas a poços com bombas que conduzem o efluente à reintegração no processo.

O sistema de recuperação indireta possibilita ainda que se possa usá-lo como auxiliar de operação para manobras não rotineiras.

Os efluentes de diversos setores da fábrica são coletados em redes subterrâneas e conduzidos por gravidade à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Fugindo a este padrão, o efluente alcalino do setor de branqueamento é conduzido por tubulação aérea (pipe-rack) à E.T.E. O efluente ácido deste mesmo setor embora conduzido por linha subterrânea exige maiores cuidados, tendo sua linha de condução sido construída de material inerte ao ataque químico e selada. Da mesma forma que os demais, o efluente sanitário de toda a fábrica flui para a E.T.E.

Ao descrevermos o sistema de tratamento de efluentes, procuraremos individualizar as unidades de forma a tornarmos-nos mais elucidativos e precisos em dados.

Pré-tratamento

Os efluentes gerais da fábrica são conduzidos através de linhas subterrâneas, conforme citado anteriormente, para um canal de grades. Este canal é dividido em três câmaras, duas das quais estão ocupadas com grades, sendo a terceira câmara projetada para uma futura expansão. Opera-se somente com uma grade, enquanto que a outra serve como reserva. A função do gradeamento é a remoção de sólidos com dimensões até 15 mm. O material removido pelas grades é conduzido por um conjunto de esteiras a um recipiente coletor e posteriormente é encaminhado ao aterro sanitário. O efluente após o gradeamento verteu para desarenadores retangulares constituídos de três pares de câmaras de sedimentação, dispostos transversalmente ao fluxo do influente. A medida que o líquido atravessa esses compartimentos, sua velocidade se reduz, provocando a deposição da areia no fundo das câmaras. Os sólidos sedimentados, após removidos das câmaras (por sistema air-lift), são enviados a uma rosca que separa o líquido remanescente dos sólidos, enviando estes ao sistema de esteiras citado anteriormente. O efluente desta unidade é, então, conduzido ao tanque de neutralização. A este tanque afluem também o efluente alcalino (linha aérea) e ácido (linha selada do setor de branqueamento). A mistura destes efluentes dá-se em compartimento selado hidricamente. Toda e qualquer evasão de gases forçosamente deverá passar por um sistema lavador de gases (scrubber) onde os gases são removidos por absorção em solução alcalina (NaOH) e ácida (SO_2). Neste tanque os influentes são conduzidos a um pH próximo ao neutro, através da adição de leite de cal ou ácido sulfúrico, sob vigorosa agitação.

Tratamento Primário

Após o tanque de neutralização, o efluente segue aos decantadores primários, porém, antes de atingirem estes, existe um sistema que controla a distribuição do efluente entre dois decantadores, ou na eventualidade de alta contaminação, desvia este à lagoa de emergência. Esta lagoa, com capacidade para 40.000 m^3 , quando conveniente, retornará o líquido contaminado ao gradeamento no pré-tratamento. Para evitar que as eventuais percolações do efluente contido na lagoa de emergência atinjam o rio Guaíba, existe uma linha de drenagem subterrânea locada entre a lagoa e o rio. Esta linha coleta os percolados, conduzindo-os a um poço onde são recalcados para a lagoa de homogeneização. O efluente neutralizado, após a bipartição, é conduzido até o interior da coluna central do decantador. Neste tanque, devido às baixas velocidades, processa-se a deposição dos materiais sedimentáveis, que irão constituir os lodos primários. Os efluentes primários, após remoção de sólidos, são coletados por uma canaleta periférica ao tanque, sendo conduzidos a etapa seguinte de tratamento que consiste em um abaixamento de temperatura. O lodo sedimentado no fundo é deslocado para a região central do decantador pela ponte móvel, sendo então extraído e conduzido ao sistema de condicionamento de lodos. A ponte móvel possui ainda em sua parte superior um raspador de superfície que colhe a espuma

sobrenadante da massa líquida, sendo então enviada a uma câmara onde ocorre o abatimento da espuma. O efluente após os decantadores primários, inicialmente flui a um poço, onde pode ocorrer um ajuste de pH procurando a neutralidade, sendo então recalçados aos trocadores de calor. O efluente atravessa os trocadores tendo sua temperatura reduzida a níveis compatíveis com o tratamento biológico. Este sistema consiste em uma série de trocadores de calor (5) tipo placas. Na eventualidade de que o efluente não atinja os parâmetros desejados, este poderá ser conduzido à lagoa de emergência. O efluente com características adequadas ao tratamento biológico é conduzido à lagoa de sedimentação. Esta lagoa destina-se à absorver os sólidos decantáveis remanescentes na eventualidade de baixa eficiência dos decantadores primários. Após esta lagoa, o efluente é conduzido a lagoa de homogeneização. Esta lagoa destina-se a reter o efluente por um período suficientemente longo, de forma a permitir uma perfeita homogeneização. Dispõe-se para este fim de misturadores de superfície (6) que promovem o turbilhonamento da massa líquida, provocando desta forma uma perfeita homogeneização, equalização de temperatura à ambiente e aumento do teor de oxigênio dissolvido no seio do líquido. Esta lagoa poderá eventualmente receber o efluente que após o tratamento terciário não estiver compatível com as características desejadas. Após esta lagoa, o efluente homogeneizado segue ao tratamento biológico (secundário).

Tratamento Secundário

O efluente homogeneizado que chega à câmara de entrada do reator biológico tem sua vazão medida por calha tipo "Parshall". Juntamente com a entrada do efluente homogeneizado, ocorre a mistura do lodo biológico reciclado e proveniente dos decantadores secundários.

A dosagem de nutrientes é efetuada a partir da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) de matéria orgânica contida no efluente. Devido aos sistemas de proteção, desvio e homogeneização, não existem variações significativas na DBO_5 e demais características do efluente neutralizado.

Após a adição dos nutrientes, o efluente homogeneizado adentra o reator biológico, destinado a reter o efluente por um tempo suficientemente longo, de forma a permitir o desenvolvimento e a atuação da atividade biológica sobre a matéria orgânica existente.

O reator remove a maior parte biodegradável dos compostos de carbono existentes na matéria orgânica que acompanham o efluente. A remoção é efetuada através de reações bioquímicas, onde a matéria orgânica funciona como alimento aos microorganismos, sendo assimilada por estes. Durante o processo de assimilação, os microorganismos consomem o oxigênio dissolvido no efluente. Desta forma é necessária a dissolução contínua de oxigênio no meio líquido, o que é obtido através da introdução de oxigênio com elevado teor de pureza, e pela ação de misturadores que promovem intensa mistura e completam a dissolução uniforme do oxigênio no meio líquido.

O reator é fechado e hidricamente selado, possuindo internamente quatro estágios, os quais são atravessados no mesmo sentido pelo efluente e pelo oxigênio gasoso insuflado.

A mistura do efluente com o oxigênio é efetuada pelos aeradores de superfície em número de cinco, sendo 2 no primeiro estágio e um colocado nos demais estágios do reator.

A ação destes equipamentos permite uma dissolução homogênea do oxigênio na massa líquida, bem como contato uniforme e íntimo entre o lodo biológico, formado por grandes acúmulos de microorganismos e a matéria orgânica contida no efluente, evitando deposições no fundo do reator.

O oxigênio gasoso é produzido em alto grau de pureza na Unidade de Geração e Estocagem de Oxigênio. O gás puro é introduzido no estágio inicial do reator, sendo expelido no último estágio, contaminado por outros gases provenientes das reações bioquímicas da massa biológica.

O efluente, após tratamento no reator, é conduzido, juntamente com o lodo biológico, para os decantadores secundários para a separação da fração líquida (efluente biologicamente depurado) da fração sólida (lodo biológico a ser reciclado ao reator). É conduzido até o interior da coluna central de dois decantadores circulares, providos de ponte móvel, raspador de superfície e sucção de lodo ao fundo, operando em paralelo.

Nestes decantadores, devido às baixas velocidades, processa-se a decantação do lodo biológico que acompanha o efluente no reator.

O efluente secundário clarificado é coletado por canaleta periférica ao decantador e conduzido ao tanque de mistura do tratamento terciário da planta de efluente.

O lodo secundário, acumulado no fundo do decantador, é extraído por sucção através de tubos, pela ponte móvel de acionamento periférico.

Na sua parte superior, possui raspadora para remoção de espuma. O lodo succionado pelos tubos de fundo é elevado por sifonação para caixa fechada, que por sua vez está conectada à canaleta situada na parte superior da coluna central. O lodo recolhido nas canaletas de coleta dos decantadores é conduzido para elevatórias de lodo biológico, que por sua vez é recirculado ao reator. No sistema elevatório existem também bombas que extraem o excesso de lodo do sistema secundário. Esta medida é necessária, uma vez que as reações bioquímicas que se processam no reator biológico geram um volume de biomassa proporcional à *DBO*, que deve ser extraída do sistema.

Tratamento Terciário

O efluente secundário clarificado atinge, por gravidade, um tanque de mistura, onde se processa a adição de agentes necessários à floculação. Neste local, controla-se continuamente o pH, podendo ser aplicados bentonita, sulfato de alumínio e ácido sulfúrico. Após mistura com os produtos químicos desejados, o efluente é distribuído a dois clarificadores terciários operando em paralelo. É admitido na câmara central de floculação do clarificador. Nesta câmara existe a possibilidade de adição de polieletrólito para intensificar a formação e espessamento de flocos. A mistura é efetuada por turbina de floculação. A ação desta provoca também a aspiração parcial do lodo terciário, depositado no fundo do

clarificador, para a câmara de floculação. O contato entre os flocos já formados e o efluente misturado com os produtos químicos aumenta a velocidade de floculação e tamanho dos flocos, facilitando a posterior decantação.

O efluente tratado verte para canaletas periféricas aos clarificadores, sendo conduzido por canaletas até o tanque de recalque de efluente tratado.

O lodo sedimentado no fundo do clarificador é deslocado para cone central, por meio da ponte móvel raspadora de fundo. A ponte também possui raspador de superfície para remoção da espuma eventualmente formada. O lodo contido no cone central é conduzido até tanque de bombeamento de lodo terciário. A extração é controlada por válvula telescópica. Do tanque de bombeamento o lodo é enviado por bombas ao tanque de mistura de lodos.

O efluente tratado, proveniente da clarificação terciária, atinge o poço de bombeamento, onde existe controle de pH. O controlador age sobre válvula de alimentação de leite de cal, quando o efluente tornar-se ácido. A mistura da solução com o efluente é efetuada pela injeção de ar comprimido. O efluente tratado, com acidez corrigida, é recalcado ao rio Guaíba através de bombas. O efluente é lançado ao rio através de difusor situado próximo ao canal de navegação do rio situado a cerca de 1,5 km da margem do rio.

Manuseio de Lodos

Os lodos gerados ao longo do processo de tratamento são recalcados para tanque de mistura de lodos. Neste tanque, todos lodos podem ser misturados, antes de distribuídos aos adensadores de lodo, ou podem ser separados, desde que haja conveniência operacional, em dois fluxos, conforme combinações alternativas desejadas pela operação.

As combinações desejadas podem alterar as condições de drenabilidade dos lodos, com o conseqüente aumento na dosagem de coagulantes no desaguamento.

Existem dois decantadores circulares usados como adensadores. Cada adensador recebe um fluxo distinto de mistura de lodo.

Os lodos, a partir do tanque de mistura, são conduzidos para o interior da coluna central dos adensadores. Nos adensadores ocorre nova sedimentação dos materiais mais pesados, constituindo assim os lodos adensados.

Os efluentes clarificados dos adensadores são coletados em canaletas periféricas aos tanques, retornando a montante da lagoa de sedimentação.

O lodo adensado é removido para a região central do adensador por ponte removedora de acionamento central. Os lodos removidos dos adensadores vão a tanque de bombeamento, de onde são enviados para as caixas de distribuição de quatro prensas desaguadoras. Os lodos adensados recebem em linha a aplicação de polieletrólito, visando um melhor condicionamento, previamente ao engrossamento nas prensas.

O lodo, após a adição de polímero, atinge a caixa de distribuição, onde a mistura é completada por ação de um floculador, de velocidade variável. O lodo é desagregado por

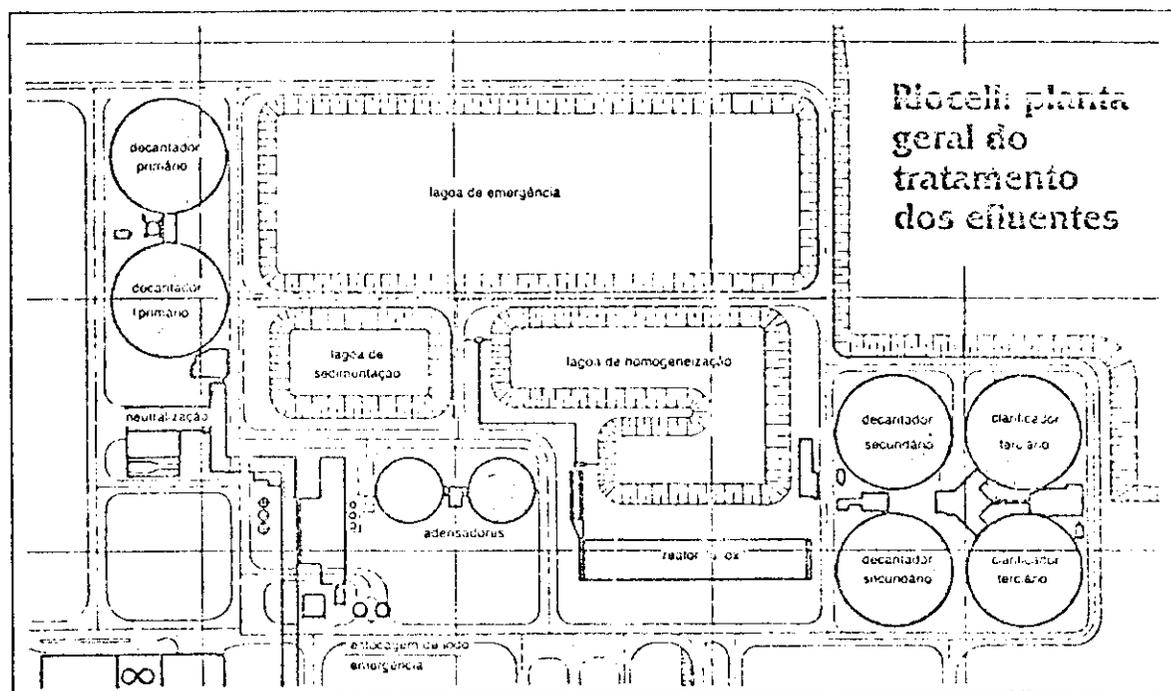
pentas, e a sua superfície é uniformizada através de rolo, sendo em seguida submetido à prensagem entre telas filtrantes.

Após desaguardamento, a torta na saída das prensas é lançada em rosca de descarga, que por sua vez descarrega em correia transportadora.

Os resíduos sólidos carregados pelas correias são estocados em dois silos, ou desviados à estocagem de emergência.

Os lodos contidos nos silos são descarregados por roscas extratoras para caminhões e transportados para disposição em aterro sanitário, enquanto estão sendo desenvolvidos estudos para seu aproveitamento, quer como adubo, como para recuperação de solos arenosos na área florestal.

Finalmente, vale ressaltar que juntamente com o monitoramento automático e remoto existente para controle da "Estação de Tratamento de Efluentes" e do "Sistema Emergencial de Recuperação de Perdas" existe ainda uma Central de Amostragem de Efluentes da Estação de Tratamento onde se podem coletar amostras para análise e observação visual contínua. No tocante ao monitoramento remoto, todos instrumentos de medida enviam sinais de registro e alarme aos painéis de controle do tratamento de efluentes e área afetada. O Departamento de Controle Ambiental possui também painel de alarme de todas as áreas monitoradas.



3. Desempenhos setoriais da estação de tratamento de efluentes

A seguir, passamos a analisar o desempenho da Estação de Tratamento de Efluentes. Da mesma maneira que apresentamos a descrição das três fases de tratamento utilizadas pela RIOCELL, apresentaremos os comentários acerca da operação, qualidade esperada e obtida nos despejos industriais tratados desde o início de operação em março de 1983, acompanhando-a,

para fins deste trabalho, até o mês de junho.

As análises foram realizadas pelo Departamento de Controle Ambiental, através de seus laboratórios, seguindo técnicas preconizadas por "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" - 13ª edição e normalizações brasileiras elaboradas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB - São Paulo. Os dados operacionais foram obtidos nos painéis de controle da unidade de tratamento.

Em primeira análise, é importante citar que os dados relatados não expressam de maneira alguma condições ideais ou otimizadas de operação, visto o acompanhamento levar em consideração até mesmo os primeiros dias de operação, caracterizando-se assim a descrição dos primeiros meses de "start-up" da planta.

Salienta-se também, que são apresentados valores de projeto, confrontando-se, muitas vezes, estes com os valores reais obtidos. Para fins de clareza na interpretação, visto a RIOCELL possuir sistemas de recuperação de perdas nas diversas áreas industriais, caracterizando um sistema semi-fechado, é importante relatar que os valores de vazão e cargas poluentes nos despejos estão muito abaixo dos possíveis de serem tratados. Isto é explicável, devido a política da empresa de recuperar o máximo possível dentro de cada área.

A seguir, passamos a comentar separadamente o desempenho de cada etapa de tratamento.

Sistema Primário

Segundo os dados previstos em projeto, espera-se que os decantadores primários venham atingir uma eficiência de 95% em remoção de sólidos decantáveis. Porém, é importante salientar que este valor não leva em consideração medidas de contenção nas diversas áreas da fábrica. Estas medidas setoriais tem reduzido grandemente os teores de sólidos grosseiros e, desta forma, afetado diretamente o valor da eficiência desta unidade. Ao analisarmos os decantadores primários, levamos em consideração fundamentalmente dois fatores, quais sejam:

- regime de trabalho;
- remoção de sólidos decantáveis.

Entenda-se por regime de trabalho, o tempo de retenção do influente e uma boa prática de operação.

No quadro seguinte estão apresentados os valores representativos dos tempos de retenção obtidos para o regime de vazão dos efluentes.

QUADRO I - Influyente ao sistema primário de tratamento de efluentes

	Valor estimado em projeto	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Vazão (m ³ /d)	54.240	34.391	25.045	36.364	37.189
Tempo de retenção (h)	6,6	10,5	14,4	9,9	9,7

No quadro que segue, estão dispostos os dados obtidos de sólidos decantáveis ao longo dos meses.

QUADRO II - Remoção de sólidos decantáveis pelo sistema primário

Decantadores primários	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Entrada ml/l	7,5	4,8	7,3	14,2
Saída ml/l	7,5	1,8	0,6	1,1
Eficiência de remoção %	0,0	62,5	91,8	92,2

De acordo com os dados apresentados, observa-se que os decantadores primários, visto sua capacidade hidráulica e vazão de influente bastante reduzido, tem permitido um tempo de retenção de sólidos próximo ao dobro estipulado em projeto. Porém, quando analisamos os valores de sólidos decantáveis, observamos um crescente aumento de eficiência ao longo dos meses. Este fato é atribuído fundamentalmente a uma maior estabilidade na qualidade do influente à E.T.E. e um aperfeiçoamento na prática de operação. Os valores de sólidos suspensos relatados no Quadro VI vem corroborar esta afirmativa.

Após os decantadores primários está disposto um sistema de trocadores de calor que visa um arrefecimento de temperatura. Dois destes trocadores estão permanentemente em operação, porém quando tornam-se insuficientes e a temperatura atinge 35°C, mais dois trocadores entram em operação para suprir as necessidades. A temperatura deverá permanecer sempre abaixo de 35°C.

Como parte subsequente ao arrefecimento de temperatura, encontram-se as lagoas de sedimentação e homogeneização. Tem-se estas como elementos essenciais à proteção de choque de cargas ao tratamento biológico. Além deste fato, podemos acrescentar que, dado o sistema de homogeneização na respectiva lagoa, através de agitadores de superfície, ocorre o início de formação de sólidos, o que é característico do tratamento biológico subsequente (ver Quadro VI).

Ao avaliarmos o sistema primário, sob o aspecto de abatimento de carga biodegradável - DBO_5 , verificamos que as eficiências apresentam-se bastante variáveis no transcurso dos meses, porém, apesar das variações de cargas e características do influente, vê-se uma sensível redução neste parâmetro (Quadro VIII). Na análise de carga total passível de oxidação - DQO (Quadro VII), verificamos uma certa discrepância quando comparada às variações de DBO_5 . Porém, este fato é explicado pela variações ocorridas das características do influente, devido ao "start-up". Na observação deste parâmetro isoladamente, vê-se que este sistema exerce efetivamente uma redução na matéria oxidável.

Sistema Secundário

Visto o sistema secundário ser um sistema compacto de lodo ativado (Oxygen Activated Sludge - OAS), era necessário, ao iniciar sua operação, uma biomassa saudável. O preparo da biomassa foi iniciado antes do "start-up" da planta de tratamento, fazendo-se um inóculo de microorganismos e nutrientes no reator biológico, visto a impossibilidade de sustentar um sistema de lodo biológico completo sem os devidos substratos, no caso, contidos nos efluentes da Fábrica. Este inóculo de microorganismos e nutrientes foi sustentado dentro do reator completamente cheio de água bruta e adicionadas cargas poluentes para simular as mínimas características do efluente industrial, tendo somente alguns aeradores-agitadores em funcionamento, e somente insuflado com ar atmosférico. Este sistema de baixa carga energética ($DQO \approx 40 \text{ mgO}_2/\ell$) não possuía ainda características floculentas, mas possuía populações bacterianas viáveis ($\approx 10^7 \text{ org/ml}$). Este sistema foi mantido em circuito fechado até iniciar-se a passagem de efluente da Fábrica. Ao iniciar-se a passagem de efluente, com elevação das cargas volumétricas ($\bar{X} = 699 \text{ kg DBO}_5/1000 \text{ m}^3/\text{dia}$) dentro do reator e, mantendo-se alta vazão de reciclo dos decantadores secundários, conseguia-se reciclar o inóculo que iniciava fase de cultura biológica floculenta. Com isto, no mês de março conseguiu-se em média uma remoção de 42% da DBO_5 no sistema secundário, apesar do início de operação praticamente sem biomassa ativa ($\bar{X} = 3,6 \text{ ton}$, expressos como sólidos suspensos voláteis - SSV).

Durante o segundo mês de operação da planta (abril), observou-se que o lodo biológico até então formado apresentava altos teores de matéria inorgânica (mineralizado), devido, provavelmente, a falta de drenagem de frações deste lodo do sistema. Optou-se assim pela extração lenta deste lodo mineralizado, em detrimento da elevação da quantidade de biomassa. Visto as cargas orgânicas neste mês ainda não serem altas ($\bar{X} = 413 \text{ kg DBO}_5/1000 \text{ m}^3/\text{dia}$), devido a problemas de ajuste de novas unidades da Fábrica, obteve-se ainda assim, uma taxa F/M razoável ($0,46 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSV}/\text{dia}$), tendo inclusive reserva contra choques de carga, pois a relação F/M de projeto é $0,65 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSV}/\text{dia}$. Já no segundo mês de trabalho do sistema, obteve-se performance de 81% de remoção de DBO_5 influente ao reator biológico. Devido ao início de extração de lodo e baixa carga orgânica volumétrica, foi mantida baixa massa biológica ($\bar{X} = 5,6 \text{ ton SSV}$) no reator.

As dificuldades operacionais, desde os primeiros dias, com o reator biológico, aconteceram no seu sistema de agitadores. Alta amperagem e vibração nos motores, permitiram trabalhar com somente três estágios permanecendo o terceiro estágio completamente inoperante. Como consequência, ocorre uma má homogeneização do líquido e conseqüentemente má troca de oxigênio na interface gás-líquido, podendo inclusive haver deposições indesejáveis de lodo biológico no fundo do reator. Enquanto aguarda-se uma solução por parte dos fornecedores, tomaram-se medidas operacionais de correção, diminuindo-se ao mínimo possível o tempo de retenção de lodo no sistema, através do aumento de vazão de lodo reciclado. Normalmente a taxa de lodo reciclado/influente seria de 40% de lodo reciclado em relação ao influente, mas devido ao exposto, operou-se

a taxas de 69%, 114%, 84% e 97% durante os meses de março, abril, maio e junho, respectivamente.

Nos meses de maio e junho, tendo a fábrica atingido uma operação mais estável, houve um aumento de carga volumétrica ao reator ($\bar{X} = 1114$ e $1535 \text{ kg DBO}_5/1000 \text{ m}^3/\text{dia}$, respectivamente), sendo que estes valores ainda assim estão a cerca de 50% da carga máxima prevista por projeto.

Durante o mês de maio, operou-se o reator a uma taxa F/M de $0,61 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSV}/\text{dia}$, próximo ao valor de projeto ($F/M = 0,65$), tendo-se em média 11,4 toneladas de biomassa no reator e obtendo-se eficiência de remoção de 86% de DBO_5 dentro do sistema secundário.

Já no mês de junho, optou-se por experiências com lodos mais envelhecidos, para verificação de melhor qualidade do efluente do sistema secundário. Operou-se a taxa F/M média de $0,36 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSV}/\text{dia}$, mantendo-se no reator uma carga biológica média de 27 toneladas de sólidos suspensos voláteis. A eficiência de remoção de DBO_5 permaneceu em 86% através do sistema secundário, não havendo melhora em relação ao mês anterior. Tal teste também indica que a irregularidade de operação dos conjuntos agitadores não tem permitido atingir o parâmetro previsto de 90% de remoção de DBO_5 . A operação com lodos envelhecidos tem possibilitado ainda estudar outras relações de qualidade do efluente secundário, sendo que os estudos estão em andamento.

No tocante à oxigenação do reator, o efluente oriundo do reator biológico tem apresentado valores de oxigênio dissolvido variáveis, geralmente estando acima dos valores de projeto. Em junho o valor médio ($4,9 \text{ mg O}_2/\ell$) era aproximadamente o previsto. As variações durante os meses e a tendência ao valor estipulado por projeto, devem-se às crescentes habilidades dos operadores em controlar o reator.

No tocante à insuficiência de remoção de sólidos suspensos e cor pelo sistema secundário, é difícil uma abordagem inicial, visto que o sistema de lodos ativados é, por si só, um gerador de sólidos em suspensão. Além do mais, o efluente oriundo do decantador secundário é carregado de matéria coloidal e extremamente dependente das características da cultura biológica, sem mencionar outras características próprias de efluentes da fabricação de celulose kraft. Limitamo-nos à simples demonstração dos dados, que estão incluídos no Quadro VI (sólidos suspensos) e Quadro IV (cor aparente), reportados quando da discussão do sistema terciário de tratamento.

Os dados gerais de comportamento operacional do tratamento secundário estão no Quadro III.

QUADRO III - Sistema secundário - Comportamento operacional

P A R Â M E T R O	Unidade	Previsto	MAR	ABR	MAI	JUN
Vazão influente (médio)	m ³ /dia	54240	34391	25045	36364	37189
Vazão de lodo reciclado (médio)	m ³ /dia	21696	23759	28558	30568	36013
Tempo de retenção do influente no reator biológico	h	2,8	4,4	6,0	4,2	4,1
Tempo de retenção do influente + lodo reciclado	h	2,0	2,6	2,8	2,3	2,1
Taxa de lodo reciclado/influente	%	40	69	114	84	97
DBO ₅ removida através do sistema	%	90	42	81	86	86
Sólidos suspensos totais no reator	mg/l	5500	1352	1545	2949	6491
Sólidos suspensos voláteis no reator	mg/l	4800	579	894	1804	4282
Carga absoluta de biomassa mantida sob aeração	ton SSV	30,2	3,6	5,6	11,4	27,0
Oxigênio dissolvido na saída do reator	mg O ₂ /l	5,0	7,6	9,8	5,8	4,9
Taxa F/M	kg DBO ₅ /kg SSV/dia	0,65	1,21	0,46	0,61	0,36
Carga orgânica volumétrica ao reator	kg DBO ₅ /1000m ³ /dia	3130	699	413	1114	1535
Concentração de sólidos suspensos no reciclo de lodo	%	2,5	0,2	0,3	0,7	1,3
Tempo de retenção nos decantadores secundários (por unidade operacional)	h	5,9	9,9	13,7	9,4	9,2

Sistema Terciário

Ao analisarmos os parâmetros de entrada ao sistema terciário, veremos que no mês de março os valores de cor aparente, DQO e DBO_5 , relatados nos Quadros IV, VII e VIII respectivamente, apresentam-se bastante discrepantes em relação aos demais relacionados. Este fato é explicado pela baixa eficiência de operação do sistema de tratamento secundário (biológico). Este apresentava uma atividade biológica reduzida, baixa biomassa, o que possibilitou a passagem por este sistema, de grande quantidade de substâncias dissolvidas com alta carga poluente. Ao observarmos porém a eficiência de remoção de cor aparente e DQO , constatamos que o sistema manteve uma alta taxa de abatimento, a exemplo dos demais meses. A DBO_5 porém, apresentou valor de redução menor que os demais meses, pois a baixa eficiência, nesse período, do sistema secundário acarretou uma carga bastante expressiva ao sistema terciário.

Quando da apreciação do parâmetro sólidos suspensos, deve-se levar em consideração o fato de que, ao realizarmos a floculação com o sulfato de alumínio, o pH do efluente situa-se na faixa de 4,5 a 5,2, devendo portanto, ser corrigido para valores próximos ao neutro. No mês de março, a correção de pH no efluente final foi realizada com solução de $NaOH$, enquanto que, nos demais meses usou-se uma solução de leite de cal. Ao preparar-se a solução de leite de cal, observa-se que o " CaO " não se hidrolisa totalmente e, quando este é adicionado ao efluente, carrega sólidos em suspensão adicionais. Desta forma, os valores de sólidos em suspensão na saída do sistema terciário nos meses de abril, maio e junho apresentam valores maiores que do influente. Apesar deste fato, este parâmetro na saída do sistema terciário tem apresentado valores baixos. A eficiência de remoção para este parâmetro não reflete somente a remoção de sólidos do influente através do sistema terciário, mas sim espelha-se também a adição involuntária de sólidos residuais através do leite de cal.

No mês de abril, observa-se que, embora tenham ocorrido grandes problemas no sistema biológico, por exemplo mineralização, baixa eficiência de agitação e troca de oxigênio no reator biológico, ocorreu também a formação de uma biomassa que trouxe ao influente do sistema terciário qualidade bastante apurada. A par desta melhoria, as eficiências de remoção mostram também uma melhor prática de operação.

Nos meses de maio e junho, o sistema biológico apresentou uma formação de biomassa intensa e crescente, visando atender, da mesma forma, uma carga de poluentes maior, pois, neste período, as demais unidades da fábrica atingiram a plena produção. Consequentemente, o influente ao sistema terciário também apresentou esses reflexos. Porém, como visto nos quadros em discussão, as eficiências de remoção de cargas poluentes permaneceram satisfatórias ou mesmo melhoraram como é o caso da DBO_5 e sólidos em suspensão.

QUADRO IV - Remoção de cor aparente pelo sistema terciário

Pontos analisados	Valor estimado em projeto	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Entrada kg PtCo/h	—	7678	4286	2660	5349
Saída kg PtCo/h	2612	1154	718	739	1021
Eficiência remoção (%)	—	84,9	83,3	72,2	80,9

4. Desempenho global da Estação de Tratamento de Efluentes

Quando da instalação da E.T.E., teve-se por objetivo atingir uma qualidade de efluente que fosse compatível com as características do corpo receptor (Rio Guaíba). Este sendo enquadrado como rio classe 2, deveria então o efluente possuir as seguintes características, somadas àquelas regulamentadas em legislação vigente:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) máxima: 72,8 kg/h
- Sólidos Suspensos Totais : 70,5 kg/h
- Cor Máxima : 2612 kg PtCo/h

Na análise do Quadro VIII verificou-se que os valores de DBO_5 característicos do efluente final estão perfeitamente enquadrados nos requisitos necessários, havendo, inclusive uma margem de segurança. Observe-se que mesmo em piores condições de trabalho, no mês de março, este requisito foi satisfeito. Salienta-se, também, que a planta de tratamento, mesmo no segundo mês de operação, quando apresentava problemas já citados anteriormente, mostrou uma eficiência de remoção de DBO_5 acima de 95%. Nos meses de maio e junho, observa-se uma estabilização da eficiência em 97%, porém espera-se que, solucionados alguns problemas ainda existentes, a eficiência venha a ser mais elevada, e traduza-se num alívio na operação do tratamento terciário.

O Quadro VI expressa os valores representativos de sólidos suspensos. Conforme observado na discussão do sistema terciário, este parâmetro está grandemente afetado pela adição de leite de cal. Para o enquadramento deste parâmetro estão sendo realizados estudos visando uma melhor dosagem de sulfato de alumínio ao terciário e uma correção de pH a um valor conveniente, que satisfaça as exigências de sólidos suspensos e pH.

No Quadro V estão apresentados os valores de cor aparente do efluente tratado. Pelos valores expressos, observa-se que além de enquadrado, o efluente final tem mantido uma qualidade aquém do valor máximo permitido (2612 kg PtCo/h). Neste quadro observa-se que, mesmo a partir do primeiro mês de atividade da E.T.E., houve valor elevado de remoção, tendo-se e eficiências, ao longo do "start up", maiores que 68,7%.

QUADRO V - Remoção de cor aparente pela E.T.E.

	Valor estimado	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Influente à ETE kg PtCo/h	—	3682	3782	3229	3714
Efluente da ETE kg PtCo/h	2612	1154	718	739	1021
Eficiência Remoção (%)	—	68,7	81,0	77,1	72,7

Na apreciação de dados de DQO (Quadro VII), nota-se que nos dois primeiros meses de atividade da E.T.E. estes apresentaram variações acentuadas, porém, observou-se que nos meses subsequentes, maio e junho, as cargas passíveis de oxidação de entrada e saída da E.T.E. apresentaram valores mais estáveis. Embora este fato não tenha afetado sensivelmente a eficiência de remoção de cargas oxidáveis, pode-se vislumbrar um ponto de equilíbrio quanto à carga do influente e efluente à E.T.E. As eficiências de remoção de DQO , a exceção do mês de março, tenderam a um valor em torno de 87%, o que é considerado excelente. Os Gráficos 1 e 2 reportam respectivamente os valores de DBO_5 e DQO dos vários estágios da E.T.E., permitindo uma melhor visualização da redução de cargas em cada estágio, assim como o abatimento global.

Os Gráficos 3 e 4 expressam respectivamente os parâmetros cor aparente e temperatura do influente e efluente ao longo dos meses. Através destes, pode-se visualizar a eficiência de abatimentos globais ao longo do "start-up".

No Quadro IX, apresentamos os dados médios de qualidade do efluente final, tratado pela Estação de Tratamento de Efluentes da RIOCELL nos quatro meses analisados. Ao mesmo tempo, incluímos dados da qualidade das águas do rio Guaíba, corpo receptor dos efluentes, nos meses de abril e junho. Tais dados visam demonstrar comparativamente a qualidade do efluente durante os primeiros meses de operação. Salientamos a comparação, visto que, além dos parâmetros físico-químicos medidos no efluente serem bastante próximos aos valores de qualidade da água do corpo receptor, ainda são lançados em local do rio (cerca de 1,5 km da margem), onde o regime médio de vazão ($4159 \text{ m}^3/\text{s}$) é cerca de dez mil vezes maior que a maior vazão média de efluente tratado, obtida durante os meses em análise. Isto significa que a indústria, além de ter a preocupação de tratar o melhor possível seus efluentes, possui local de dispersão adequado dos mesmos.

QUADRO VI - Sólidos suspensos nas fases de tratamento

PONTOS DE ANÁLISE	MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
	Sólidos suspensos (kg/h)	Eficiência abatimento, %						
Após pré-tratamento	340		500		235		401	
Após decantador primário	265	22,1	326	34,8	138	41,3	174	56,6
Entrada do sistema secundário	530		334		239		325	
Entrada do sistema terciário	282	46,8	270	19,2	143	40,2	326	-
Efluente tratado	77	72,7	164*	39,3	84*	41,3	103*	68,4
		77,4		67,2		64,3		74,3

*Computados sólidos do efluente tratado e sólidos provenientes do leite de cal (residuais)

QUADRO VII - Remoção de DQO nas fases de tratamento

PONTOS DE ANÁLISE	MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
	DQO (kg/h)	Eficiência abatimento, %						
Após pré-tratamento	1040	0,1	705	21,0	1160	31,5	1237	15,0
Entrada do sistema secundário	1039	16,7	557	51,3	795	50,7	1051	64,5
Entrada do sistema terciário	866	66,4	271	67,2	392	62,2	373	55,8
Efluente terciário	291		89		148		165	

QUADRO VIII - Remoção de DBO₅ nas fases de tratamento

PONTOS DE ANÁLISE	MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO			
	DBO ₅ (kg/h)	Eficiência abatimento, %			DBO ₅ (kg/h)	Eficiência abatimento, %			DBO ₅ (kg/h)	Eficiência abatimento, %			DBO ₅ (kg/h)	Eficiência abatimento, %		
Após pré-tratamento	251				240				440				496			
Entrada do sistema secundário	183		27,1		109		54,6		292		33,6		403		18,8	
Entrada do sistema terciário	106	42,1		75,7	21	80,7		95,8	41	85,9		97,3	57	85,9		
Efluente tratado	61		42,5		10		52,4		12		70,7		13		77,2	

QUADRO IX - Qualidade do efluente tratado e qualidade das águas do rio Guaíba

	Vazão m ³ /s	Tem- pera- tura °C	pH	Oxigênio Disso- lvido mg/l	Cor Real mg PtCo/l	Cor Apa- rente mg PtCo/l	DBO ₅ mg/l	DQO mg/l	Sólidos Suspen- sos mg/l	Sólidos Decantá- veis ml/l	Tur- bi- dez NTU	Óleos e Graxas mg/l
Efluente tratado maio/83	0,351	28,7	5,6	4,8	401	1154	48	230	61	3	44	9
Efluente tratado julho/83	0,289	28,3	7,2	6,2	220	718	10	85	157	10	37	6
Rio Guaíba julho/83	4159 *	-	6,7	-	190	490	~0,8*	17	7	<0,1	53	-
Efluente tratado julho/83	0,364	28,5	6,5	6,1	247	739	9	113	64	<0,1	39	6
Efluente tratado setembro/83	0,398	25,8	6,2	6,8	378	1021	9	115	72	1	39	6
Rio Guaíba setembro/83	4159*	-	7,5	-	310	635	~0,8*	20	7	<0,1	54	-

Padões médios do Rio Guaíba, no ponto de lançamento do efluente, obtidos através da publicação "Determinação da Constante de Desoxigenação K₁ no Rio Guaíba e Formadores", do Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre/RS, set. 1976.

GRÁFICO 1 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

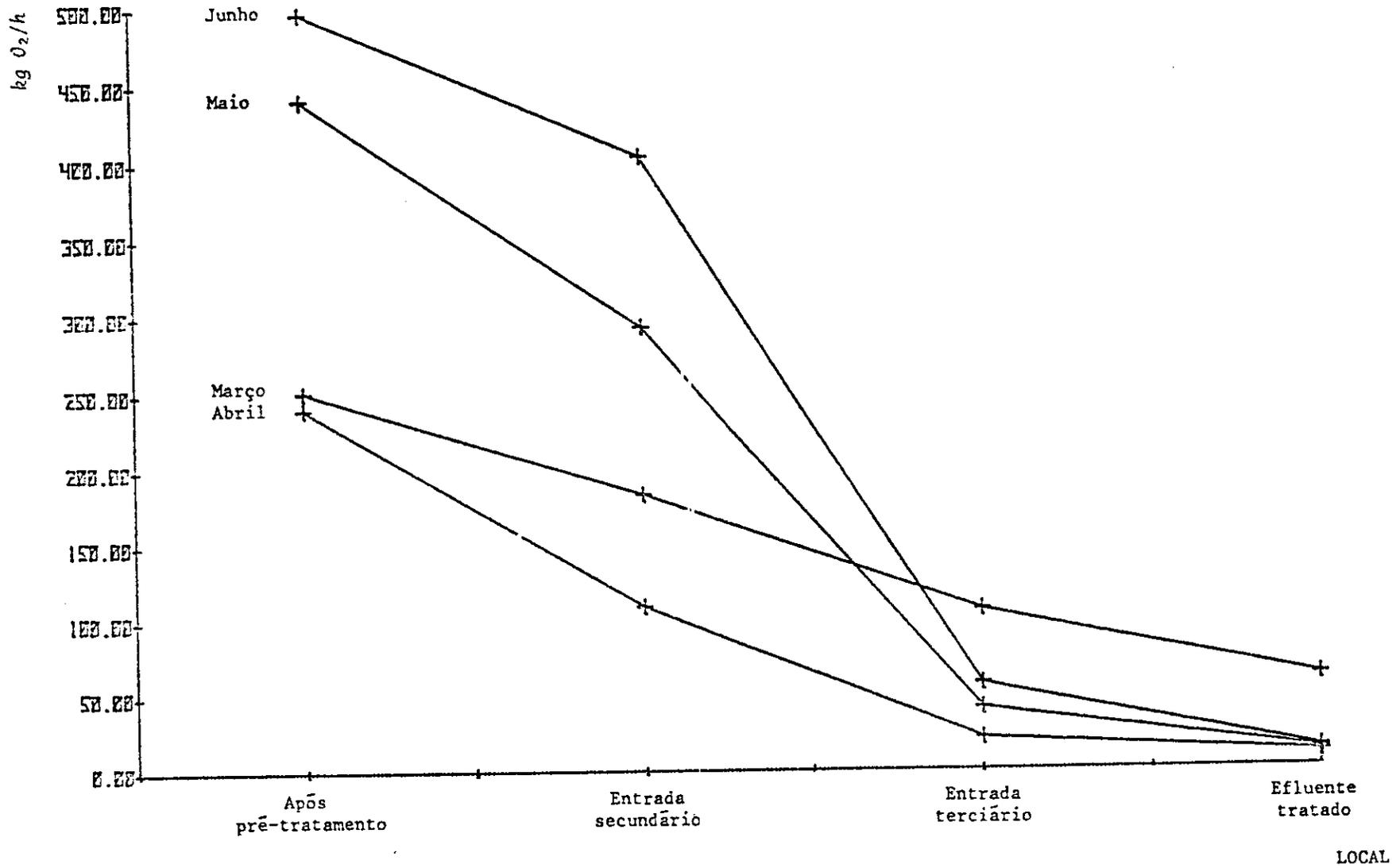


GRÁFICO 2 - Demanda Química de Oxigênio (DQO)

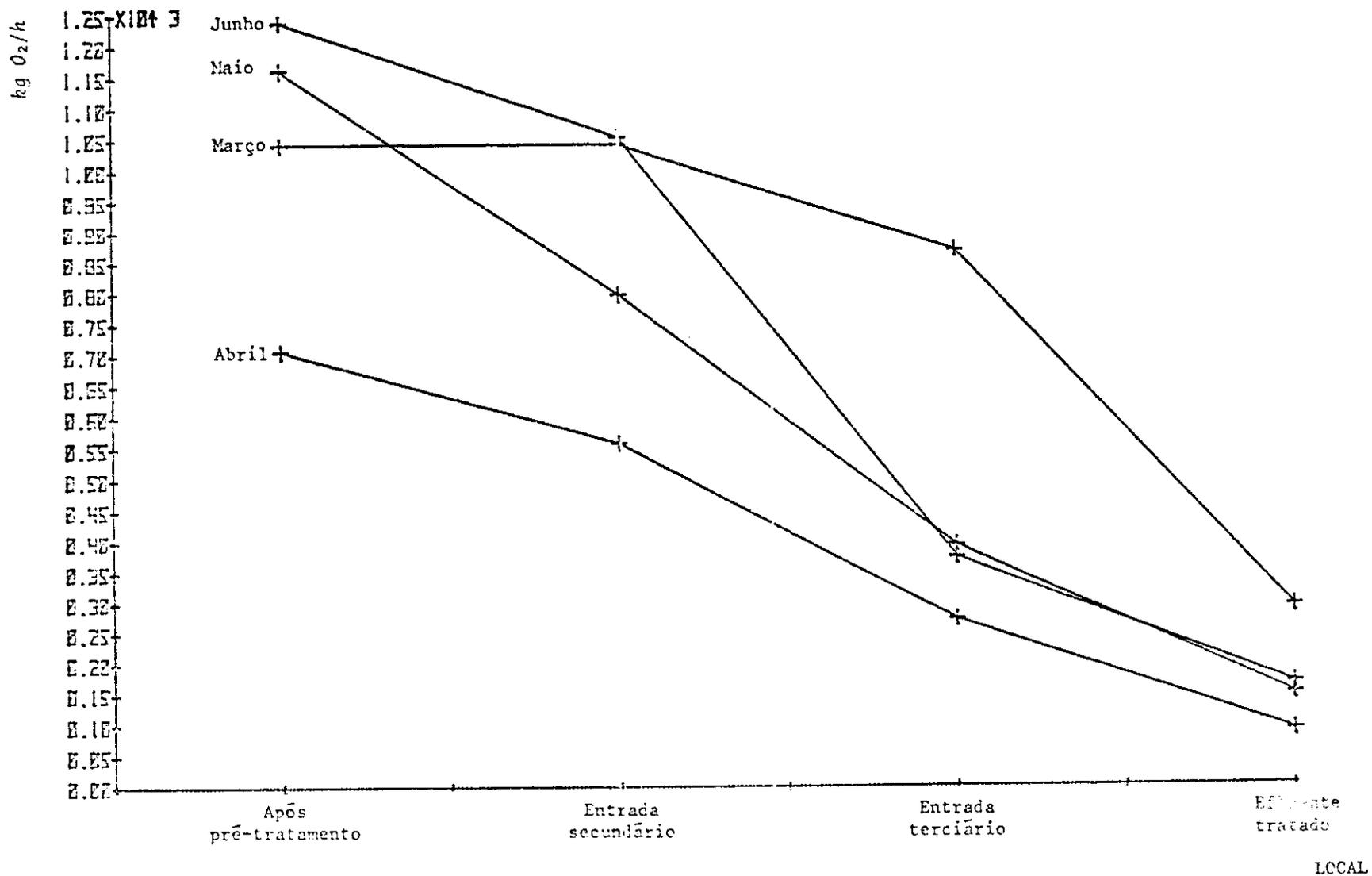
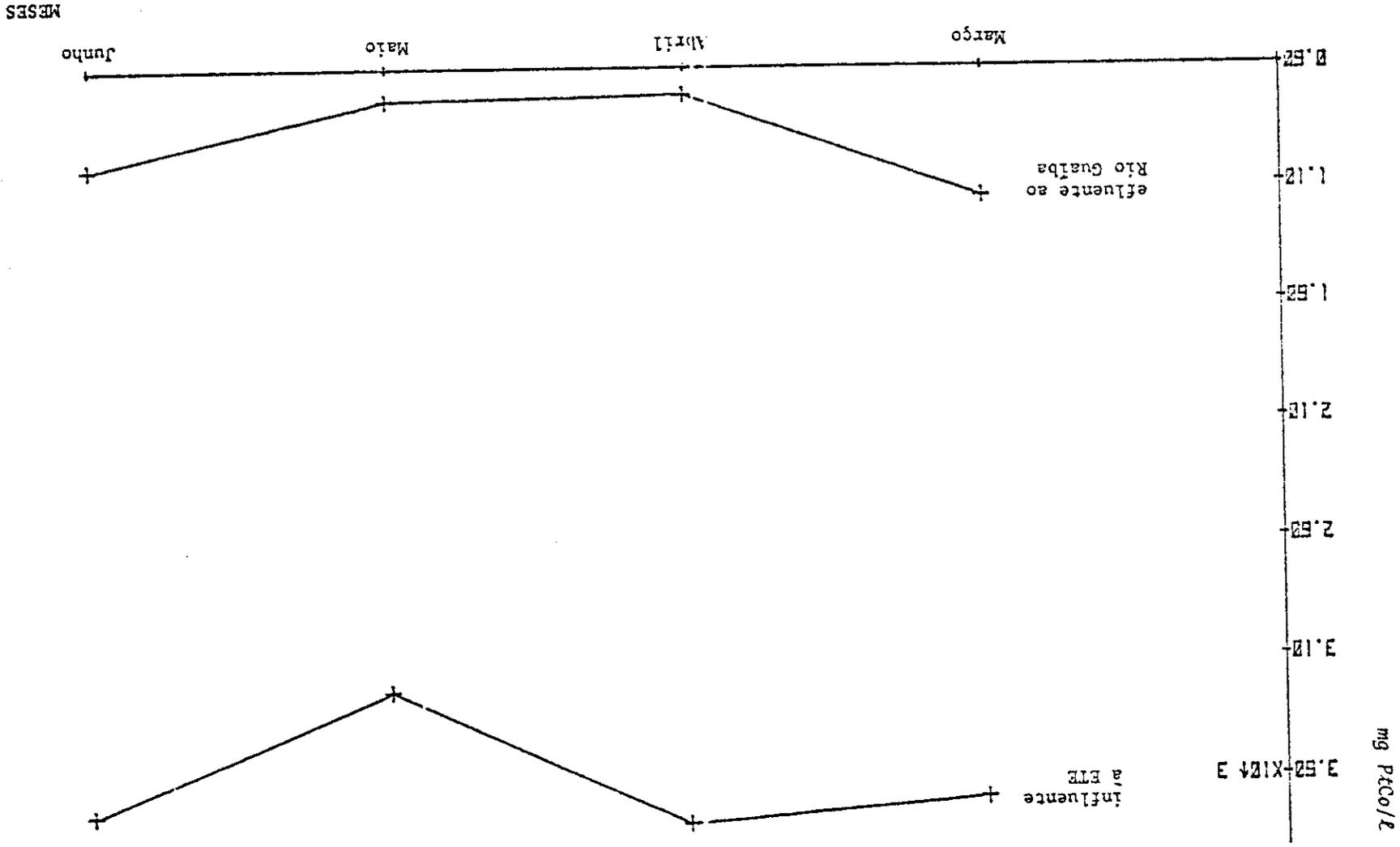


GRÁFICO 3 - Cor aparente



MESES

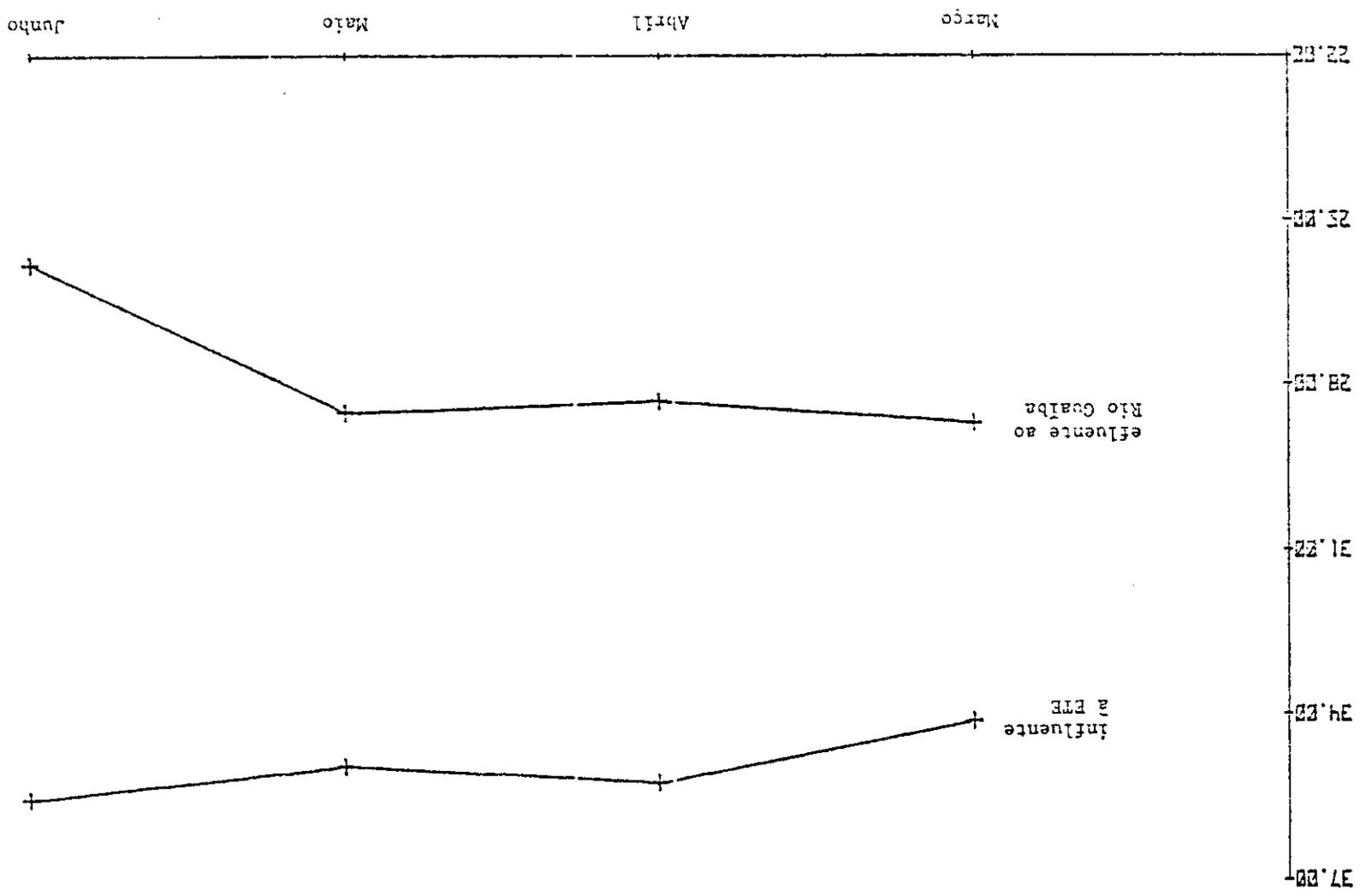


GRÁFICO 4 - Temperatura

°C