ANEXO B

Figuras com as distribuições espaciais das concentrações máximas

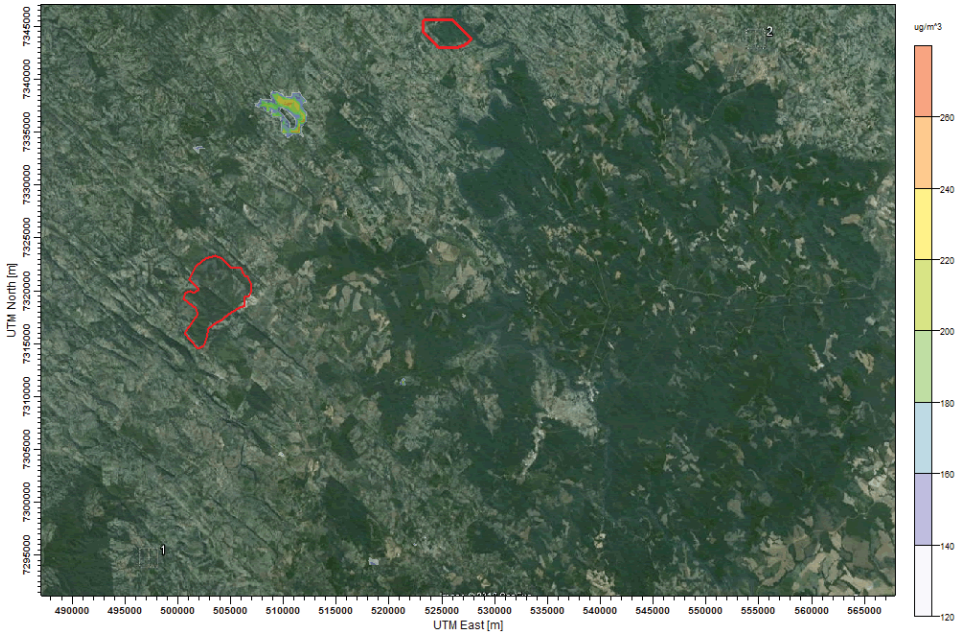

Figura B-1: Distribuição espacial da média de 1h de CO na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

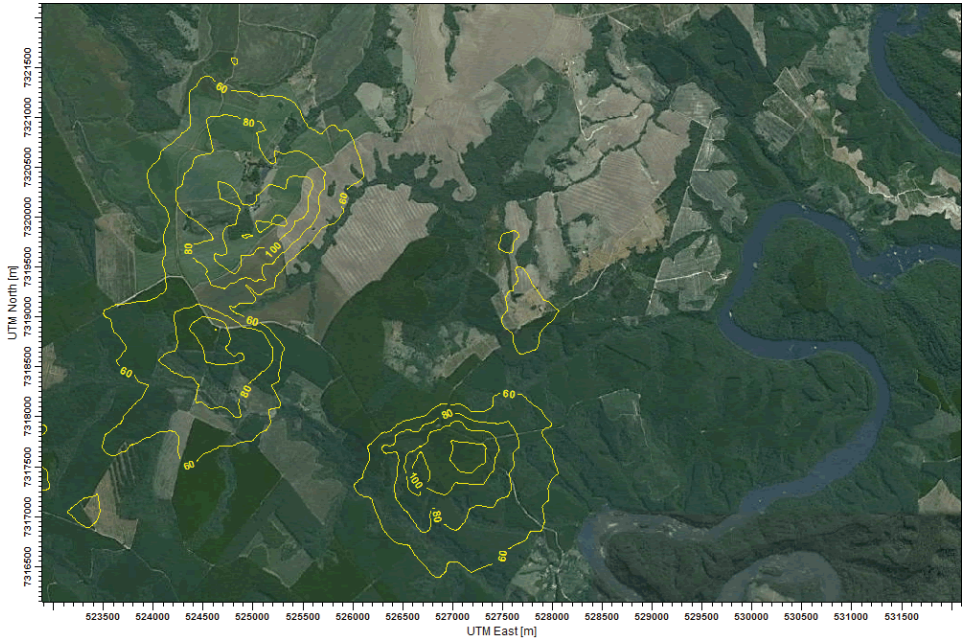

Figura B-2: Distribuição espacial da média de 1h de CO na grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

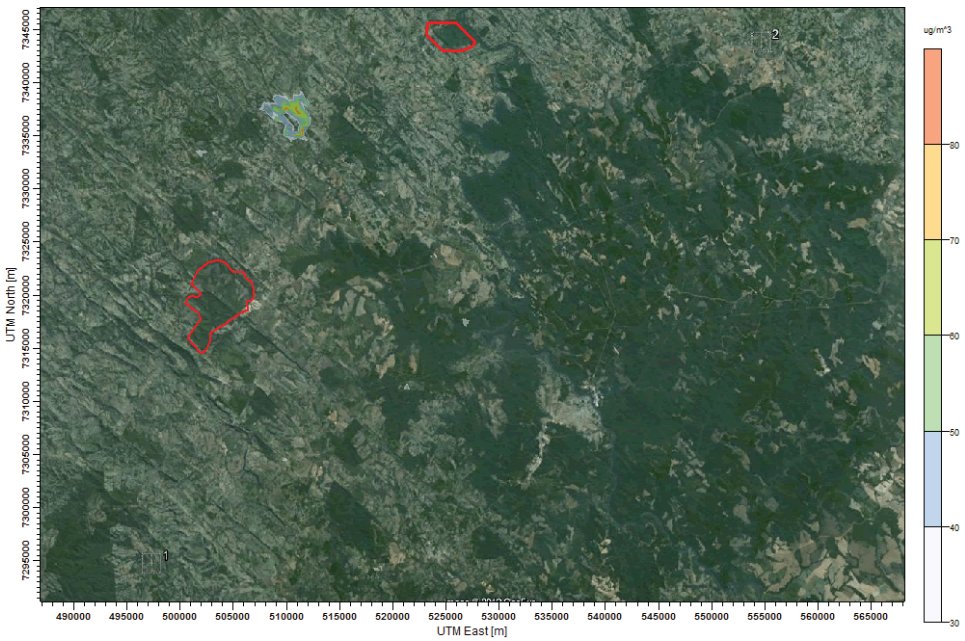

Figura B-3: Distribuição espacial da média de 8h de CO na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

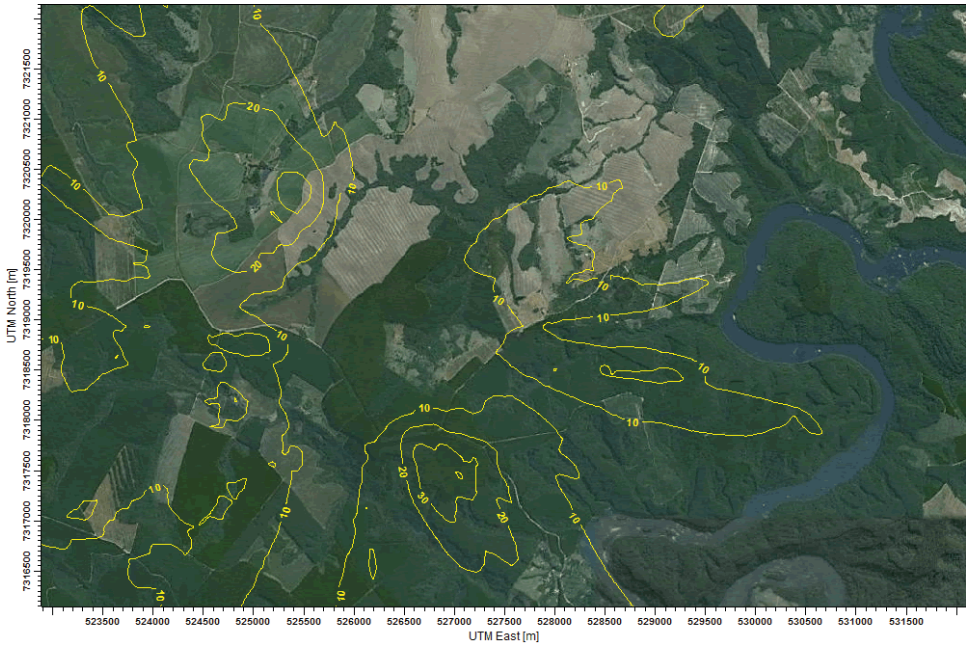

Figura B-4: Distribuição espacial da média de 8h de CO na grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

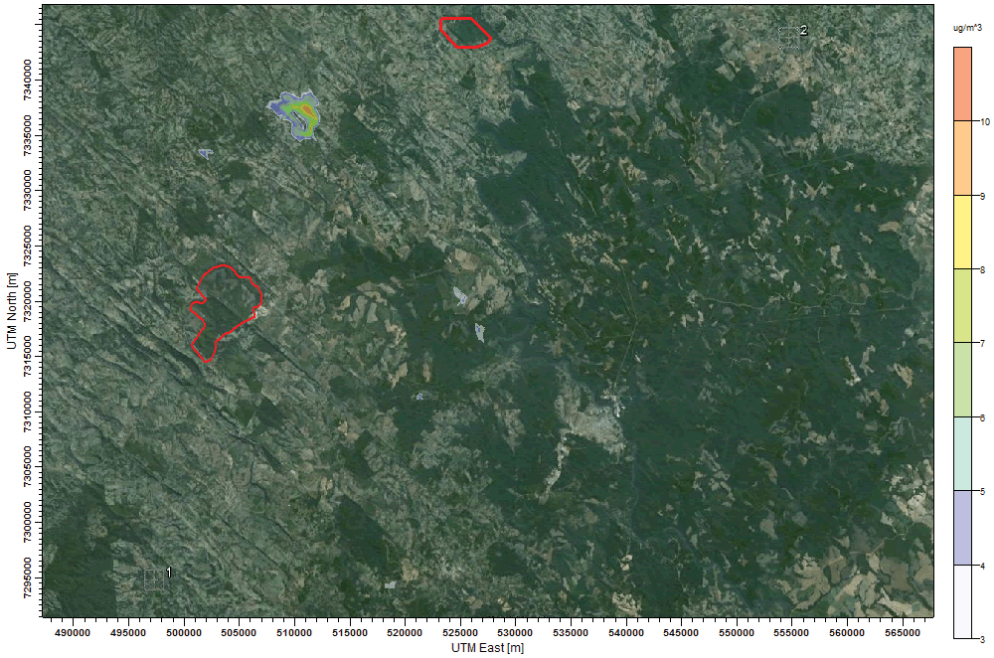

Figura B-5: Distribuição espacial da média de 24h de PTS na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

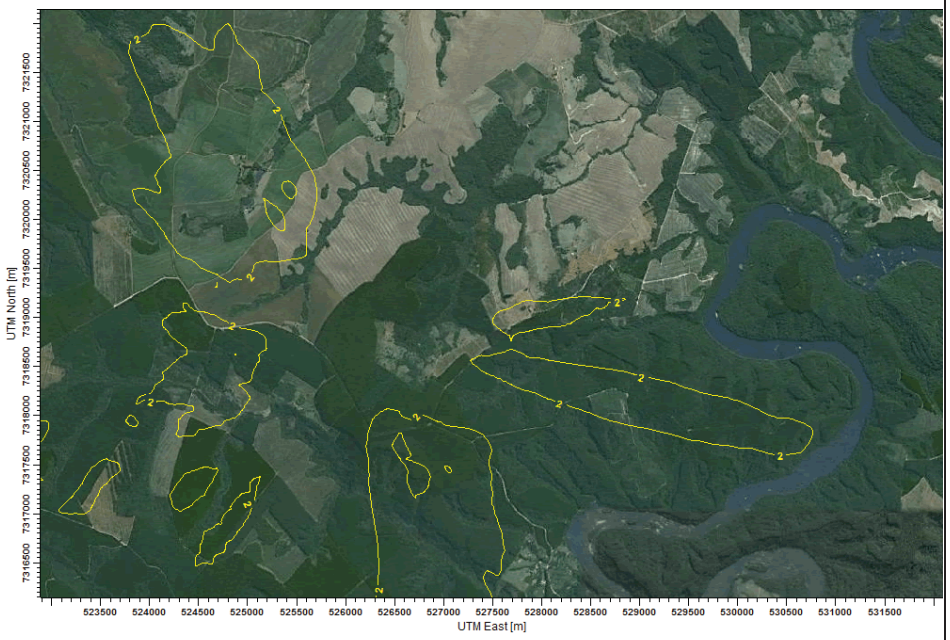

Figura B-6: Distribuição espacial da média de 24h de PTS na grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

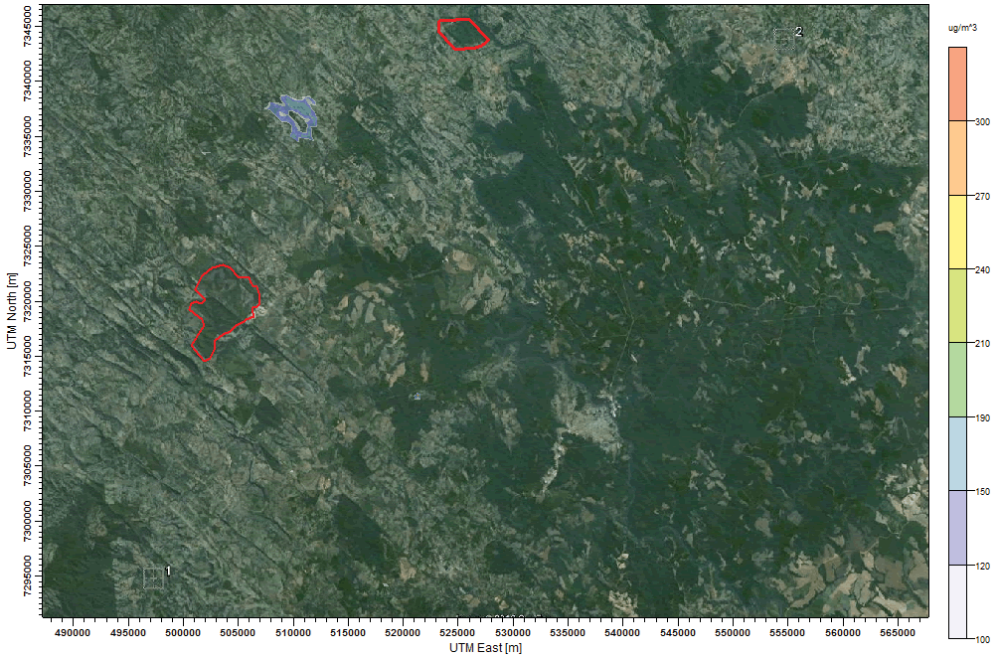

Figura B-7: Distribuição espacial da média de 1h de NO_2 na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

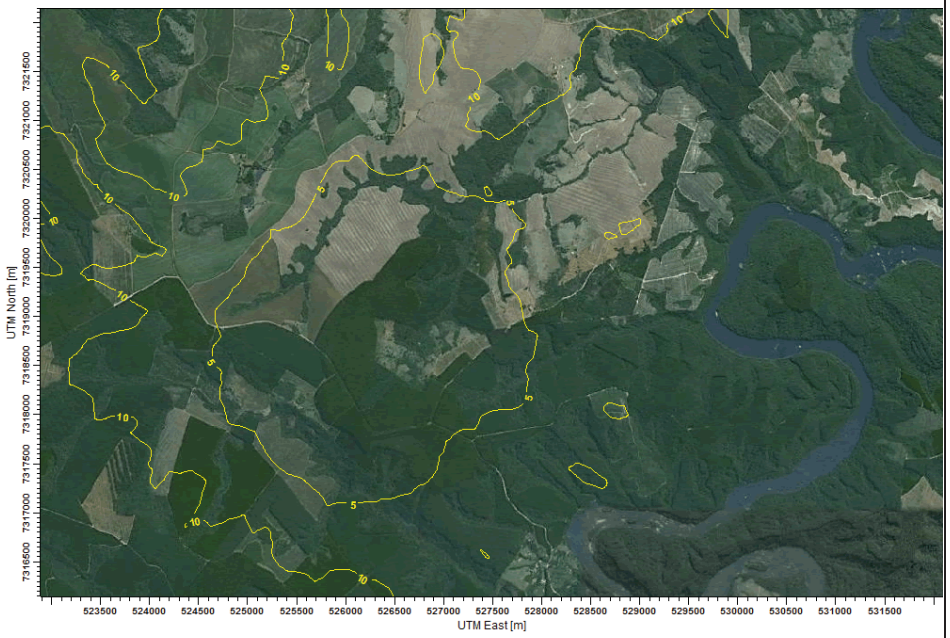

Figura B-8: Distribuição espacial da média de 1h de NO_2 grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

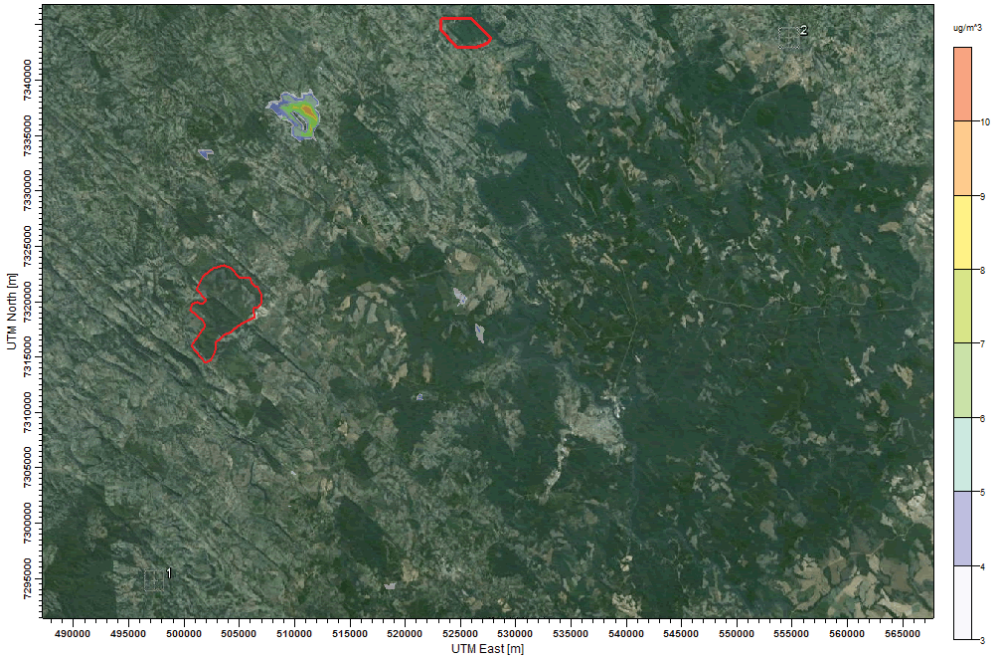

Figura B-11: Distribuição espacial da média de 24h de SO_2 na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

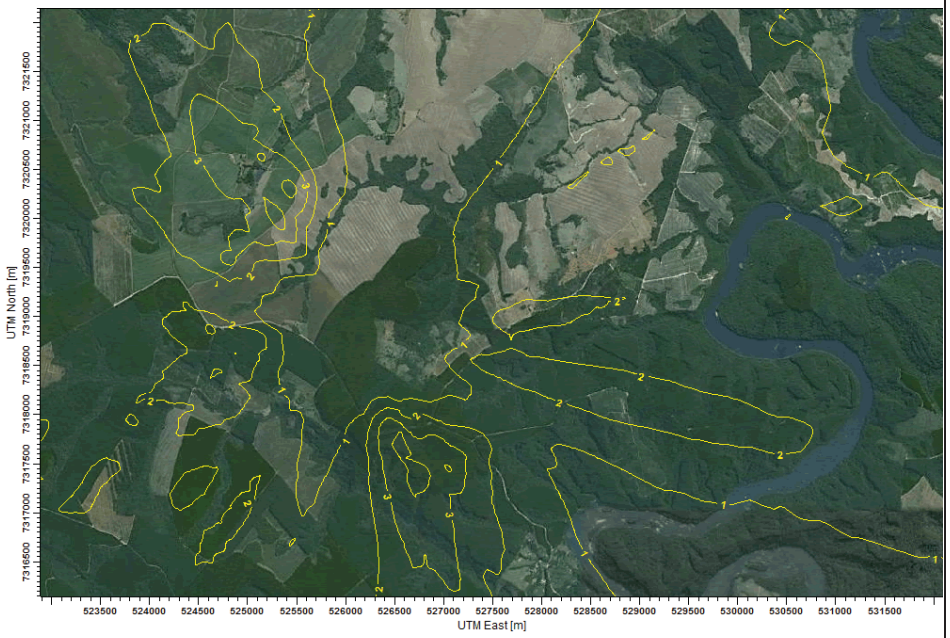

Figura B-12: Distribuição espacial da média de 24h de SO_2 na grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

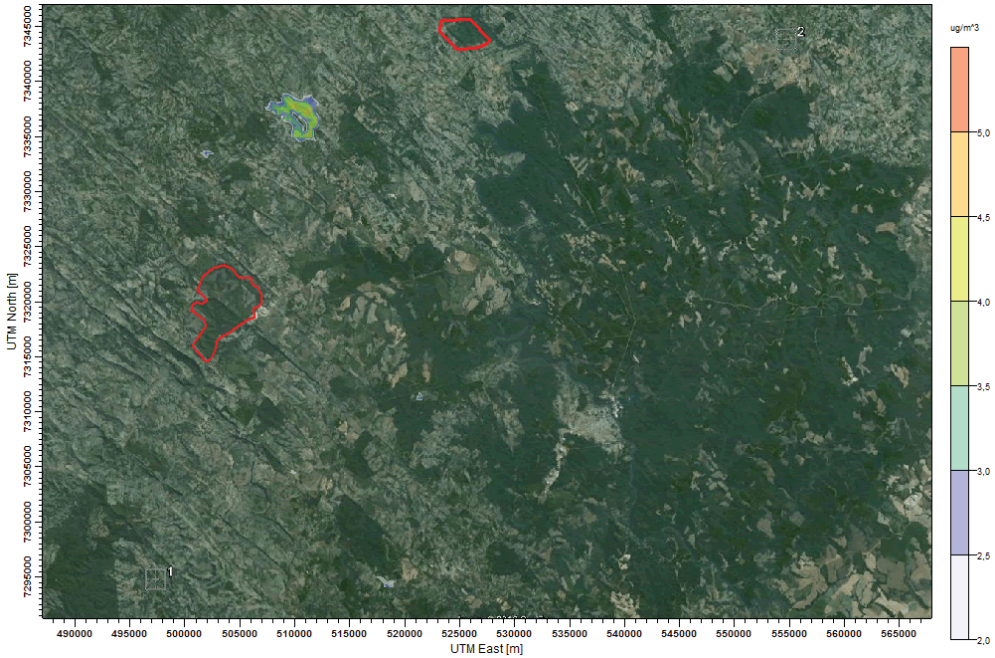

Figura B-13: Distribuição espacial da média de 1h de ERT na grade 50 km x 50 km (UCART1), centrada em Ortigueira.

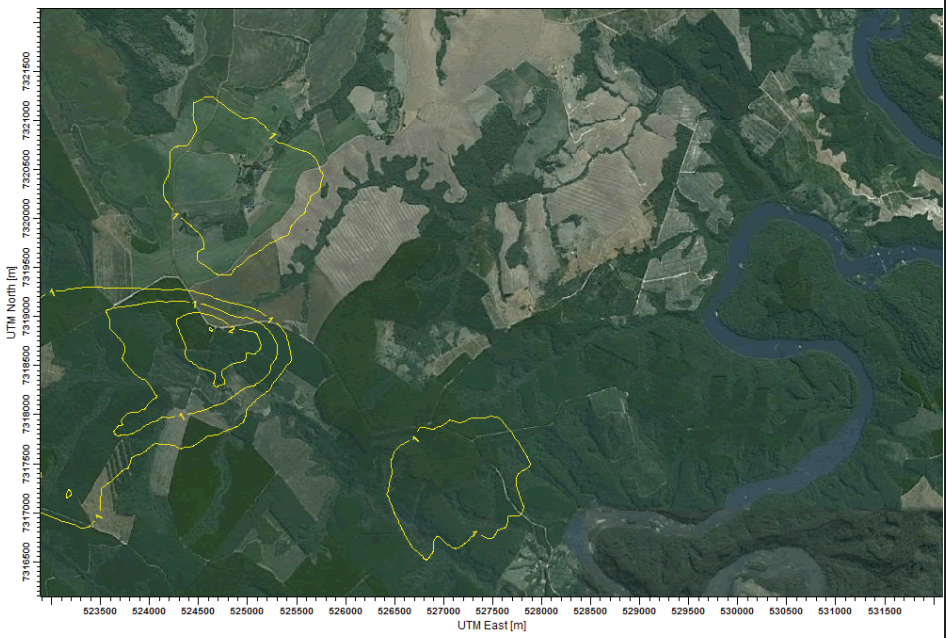

Figura B-14: Distribuição espacial da média de 1h de ERT na grade 6 km x 6 km (UCART3), centrada em Ortigueira.

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

KLABIN PAPEL E CELULOSE

PROJETO PUMA

ORTIGUEIRA-PR

CONTRATANTE:

ELABORAÇÃO E RESPONSABILIDADE:

André Luciano Malheiros, MSc.
Eng. Civil – CREA PR-67038/D

Helder Rafael Nocko
Eng. Ambiental – CREA PR-86285/D

Fernando Augusto Silveira Armani
Eng. Ambiental

De Curitiba/PR para São Paulo/SP,

Abril de 2012

Divulgação irrestrita, desde que mencionada a fonte	
Divulgação restrita	x

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Pöyry, o presente Relatório Técnico referente ao estudo: “ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA PARA AVALIAR EMISSÕES DE POLUENTES DA NOVA FÁBRICA DA KLABIN PAPEL E CELULOSE EM ORTIGUEIRA-PR”.

EnvEx Engenharia e Consultoria Ambiental S/S

Pöyry Brasil.

SUMÁRIO

Sumário 3
1. Introdução 4
2. Caracterização do Empreendimento 7
3. Resultados das Modelagens 9
4. Conclusão 12
5. Referências Bibliográficas 13

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta os resultados referentes à modelagem matemática de poluentes atmosféricos que serão emitidos pela futura da fábrica da Klabin, no município de Ortigueira-PR.

O estudo contempla um prognóstico quanto aos possíveis impactos ambientais causados a qualidade do ar pela operação da nova fábrica da Klabin, devido à emissão das substâncias Óxidos de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Monóxido de Carbono e Partículas Inaláveis.

Para este estudo de dispersão utilizou-se o modelo regulatório de qualidade do ar do Estado do Paraná, Modelar, para o cálculo das concentrações das substâncias emitidas na área de influência do empreendimento e no nível da superfície.

Para avaliar as concentrações máximas estimadas pelo modelo, compararam-se estas concentrações com os padrões nacionais de qualidade do ar vigentes no País.

1.1 Os Modelos de Dispersão Atmosférica

A emissão de poluentes ocorre na Camada Limite Atmosférica (CLA), cuja localização está na baixa troposfera e com uma altura que pode chegar até 2 km acima da superfície. Esta região é bem diferenciada das demais camadas da atmosfera por possuir particularidades físicas devido à influência direta da superfície, apresentando uma estrutura bastante complexa, com turbulência e campos de vento variando na vertical.

Na camada limite atmosférica há algumas subdivisões em camadas devido às suas diferentes características. Uma das subcamadas que compõem a CLA e é de fundamental importância na determinação do comportamento dos poluentes atmosféricos é a Camada Superficial (CS), a qual pode ter uma altura de até 200 metros da Camada Limite Atmosférica. Nesta camada o arrasto por atrito, a condução

de calor e a evaporação da superfície governam os campos turbulentos da velocidade do vento, temperatura e umidade com a altura. A Camada Superficial também é conhecida como a camada de fluxos constantes, pois os fluxos turbulentos são relativamente uniformes com a altura (STULL, 1988).

O transporte dos poluentes na atmosfera ocorre pela advecção, pela difusão turbulenta e pela difusão molecular. Estes fenômenos podem ser descritos por modelos matemáticos capazes de representar situações reais.

A introdução da modelagem matemática como instrumento de gestão para poluição atmosférica melhora muito a qualidade do gerenciamento ambiental, pois se pode simular os impactos ambientais de uma indústria que ainda não existe e está em fase de licenciamento ambiental. Para estas e outras aplicações o modelo a ser utilizado deve ser sucientemente robusto e gerar resultados confiáveis.

Neste contexto, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) padronizou um modelo de dispersão atmosférica para uso regulatório no Estado do Paraná, modelo Modelar. O modelo é bidimensional e foi baseado na teoria de transporte Euleriano, resolvendo a equação da advecção e difusão para um fluido em estado estacionário e para quaisquer condições de estabilidade da camada limite atmosférica.

Os resultados gerados pelo modelo são em médias aritméticas horárias, de 8 horas e diárias.

1.2 Dados Topográficos do Sistema Modelar

Os dados topográficos utilizados pelo Sistema Modelar são os dados medidos na missão da NASA *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*. Os dados possuem resolução espacial de 90 metros e são de disponibilidade pública, divulgados no sítio da NASA em *http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/*.

O Sistema Modelar utiliza os dados topográficos para configuração do terreno, gerando um mapa que abrange uma área de 10 x 10 km com coordenadas UTM no sistema WGS 84.

1.3 Dados Meteorológicos do Sistema Modelar

Os dados meteorológicos foram gerados a partir de dados meteorológicos históricos da base desenvolvida pelo Projeto Reanalysis, que é conduzido pelo National Center for Atmospheric Research (NCAR) e pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP).

Os dados do projeto Reanalysis possuem um detalhamento espacial horizontal de cerca de 250 km. Para refinar esses dados mantendo suas características de balanço dinâmico e termodinâmico da atmosfera utilizou-se o método de regionalização dinâmica *Dynamic Downscaling*, empregando o modelo numérico *Weather Research and Forecasting* (WRF).

O modelo WRF é de domínio público e é o mais recomendado pela Agencia de Proteção Ambiental Americana (EPA) para simulações das condições atmosféricas. Com o modelo WRF e com as técnicas de regionalização dinâmica, foi gerado um banco de dados meteorológicos, acoplados ao sistema Modelar, com resolução espacial de 8,3 km e resolução temporal de 1 hora para todo o Estado do Paraná.

Para definição das características meteorológicas do Estado do Paraná estão reunidos 3 anos de dados meteorológicos no Sistema Modelar, sendo um ano para representar condições de La Niña, outro ano para as condições de El Niño e o outro em condições normais. Abordando estes fenômenos climáticos aumenta-se a probabilidade da modelagem da qualidade do ar em condições extremas climáticas do Estado do Paraná que podem interferir na dispersão dos poluentes atmosféricos.

2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A unidade industrial de fabricação de celulose branqueada e papel, incluindo uma unidade de cogeração de 330 MW e uma linha de transmissão de 230 kV, da KLABIN será implantada no município de Ortigueira, no estado do Paraná.

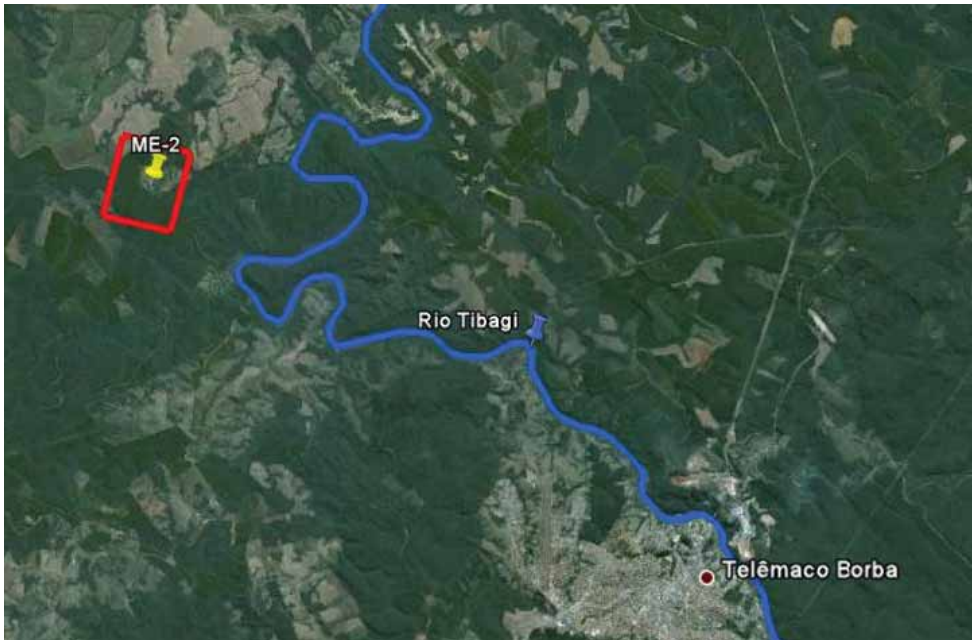

Figura 1: Localização da nova fábrica da Klabin, em Ortigueira-PR.

Na futura fábrica da Klabin existirão 4 fontes de emissão atmosférica (Caldeira de Recuperação, Caldeira de Biomassa (Força) e 2 Fornos de Cal. Os dados das fontes e das emissões estão dispostos nas tabelas a seguir.

Tabela 1: Dados das fontes de emissão da nova fábrica da Klabin

Parâmetros	Caldeira de Recuperação	Forno de Cal 1	Forno de Cal 2	Caldeira de Biomassa
Combustível	Licor negro	Óleo combustível	Óleo combustível	Biomassa
SO_2 (g/s)	28,8	1,06	1,06	9,68
NO_2 (g/s)	72,1	3,18	3,18	24,2
MP10 (g/s)	28,8	1,06	1,06	9,68
CO (g/s)	101,1	2,65	2,65	33,88

Parâmetros	Caldeira de Recuperação	Forno de Cal 1	Forno de Cal 2	Caldeira de Biomassa
Altura da chaminé (m)	190	120	120	160
Diâmetro da chaminé (m)	5,8	1,2	1,2	3,4
Velocidade de emissão (m/s)	19,9	20,0	20,0	20,3
Coordenadas (UTM)				
Longitude (m)	526143	525874	525917	526136
Latitude (m)	7318810	7318810	7318800	7318814

3. RESULTADOS DAS MODELAGENS

Os resultados das simulações são comparados com os padrões ambientais da Resolução CONAMA 03/90 e SEMA 054/06 para determinação de conformidade ambiental.

No anexo A estão apresentadas as tabelas com as vinte maiores concentrações cada substância emitida.

A seguir apresenta-se o mapa de topografia da região de entorno do empreendimento e um quadro comparativo da máxima concentração modelada com os padrões ambientais.

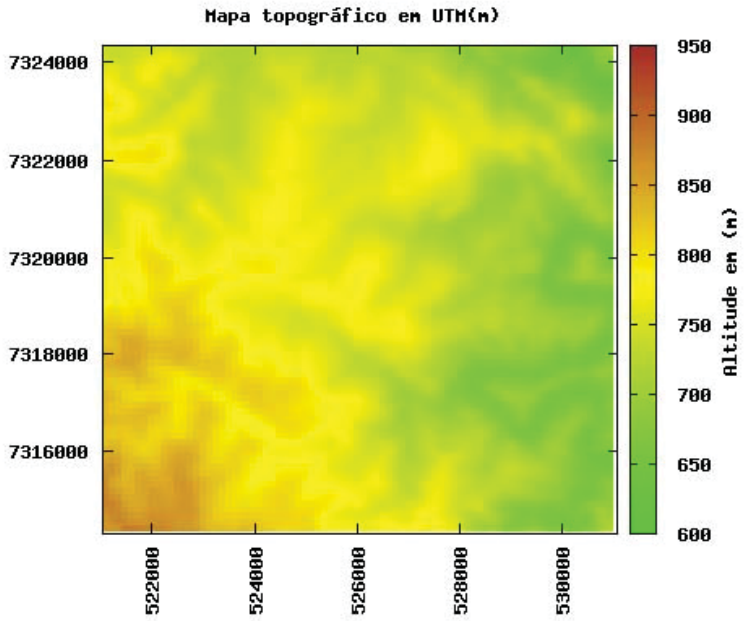

Figura 2: Mapa da região da nova fábrica gerado pelo Sistema Modelar

Tabela 2: Concentrações máximas para todos os poluentes e períodos analisados (Linha 2).

Parâmetros	Período	Concentração máxima modelada (µg/m^3)	Padrões (µg/m^3) Primário	Secundário
SO_2	24 horas	19,85	365	100
MP10	24 horas	19,84	150	150
NO_2	1 hora	318,66	320	190
CO	1 hora	437,08	40.000	40.000
	8 horas	68,18	10.000	10.000

Para visualizar o comportamento dos poluentes na região do empreendimento apresenta-se a Figura 3 com as concentrações médias horárias de SO_2, a Figura 4 com o mapa do domínio da modelagem e a Figura 5 com a localização das maiores concentrações de cada parâmetro analisado.

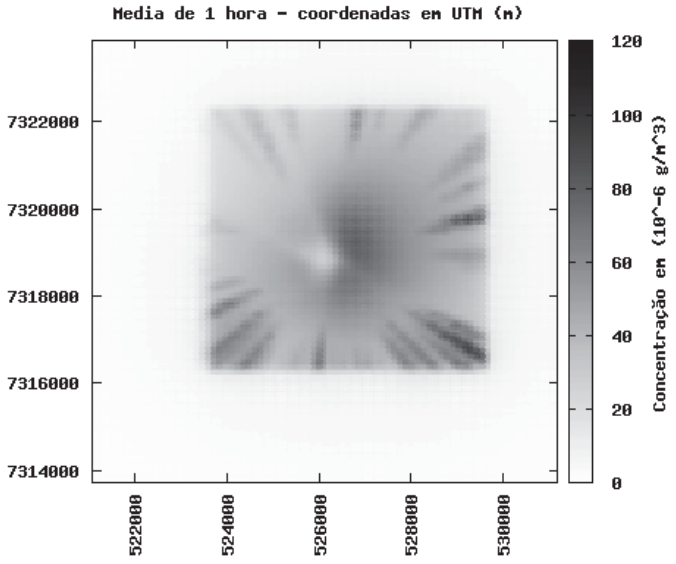

Figura 3: Mapa de concentrações médias horárias de SO_2 no entorno da nova fábrica gerado pelo Sistema Modelar

Figura 4: Mapa do domínio da modelagem

Figura 5: Mapa com a localização das maiores concentrações de cada parâmetro analisado

4. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo de dispersão atmosférica da futura fábrica da Klabin, no município de Ortigueira mostram que as concentrações de curto e longo período dos parâmetros MP, NO_2, SO_2 e CO apresentam conformidade ambiental com os padrões primários de qualidade do ar definido pela Resolução SEMA 054/90 e CONAMA 03/90.

Nesta linha industrial todas as substâncias emitidas estão em conformidade com os padrões primários de qualidade do ar. Nota-se que as alturas das chaminés estão bastante elevadas nesta linha industrial. As dimensões das fontes de emissão desta linha serão reavaliadas após a engenharia de detalhamento da fábrica.

Vale ressaltar que neste trabalho foi considerado que todo material particulado emitido era partícula inalável, pois o modelo Modelar não estima as concentrações para partículas maiores que 10 micrometros de diâmetro. Portanto, os resultados para partículas inaláveis podem estar sendo superestimados neste trabalho. Se as fontes de emissão estiverem emitindo partículas de tamanho superior a 10 micrometros, os resultados para partículas inaláveis, apresentados neste trabalho, podem ser desconsiderados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAMA 03 de 28/06/1990, *estabelece padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR*. Brasília, 1990.

SEMA 054 de 22/12/1990, *estabelece padrões de emissão de qualidade do ar e de condicionamento de fontes*. Curitiba, 2006.

Stull, R, B,; *An Introduction to Boudary Layer Meteorology*. Kluwer: 1988. 666p

Curitiba, abril de 2012.

Fernando Augusto Silveira Armani
Engenheiro Ambiental
Responsável Técnico

A – Anexo

A seguir estão apresentadas as maiores concentrações modeladas para cada uma das substâncias.

Listagem 1: Maiores concentrações médias horárias de Monóxido de Carbono

Longitude	Latitude	Concentração (µg/m^3)
529393,00000	7316760,00000	437,08569
529393,00000	7316710,00000	428,26511
529643,00000	7316610,00000	427,70334
529543,00000	7316660,00000	426,54095
529293,00000	7316810,00000	424,69547
529343,00000	7316810,00000	424,35638
529593,00000	7316610,00000	422,37335
529343,00000	7316760,00000	421,72842
529643,00000	7316560,00000	417,54468
529243,00000	7316860,00000	413,03653
529393,00000	7316810,00000	410,79709
529193,00000	7316860,00000	409,96988
529593,00000	7316660,00000	408,42596
529493,00000	7316660,00000	407,57504
529493,00000	7316710,00000	407,53455
529243,00000	7316810,00000	407,06958
529443,00000	7316710,00000	402,76654
529543,00000	7316610,00000	402,58234
529593,00000	7316560,00000	402,09799
529143,00000	7316910,00000	401,42676

Listagem 2: Maiores concentrações médias de 8 horas de Monóxido de Carbono

Longitude	Latitude	Concentração (µg/m^3)
523693,00000	7317660,00000	68,17876
523793,00000	7317710,00000	66,64479
523743,00000	7317710,00000	66,11475
523693,00000	7317710,00000	65,44533
523743,00000	7317660,00000	65,02621
523843,00000	7317710,00000	63,57313
523893,00000	7317760,00000	62,97660
523843,00000	7317760,00000	62,36369
523693,00000	7317610,00000	62,28951
523943,00000	7317760,00000	62,21293
523793,00000	7317760,00000	61,94474
528443,00000	7316410,00000	61,37388
528393,00000	7316460,00000	61,27616
528493,00000	7316360,00000	61,23621
528493,00000	7316410,00000	61,07130
526693,00000	7317960,00000	61,05236
523793,00000	7317660,00000	61,04329
523993,00000	7317810,00000	60,99034
528543,00000	7316360,00000	60,98908
526743,00000	7317960,00000	60,96382

Listagem 3: Maiores concentrações médias horárias de Dióxido de Nitrogênio

Longitude	Latitude	Concentração (µg/m^3)
529293,00000	7316810,00000	318,65543
529343,00000	7316760,00000	317,64417
529343,00000	7316810,00000	316,70786
529243,00000	7316860,00000	309,52481
529193,00000	7316860,00000	308,98468
529243,00000	7316810,00000	308,01581
529393,00000	7316810,00000	305,46704
529643,00000	7316610,00000	304,81720
529543,00000	7316660,00000	304,01041

529293,00000	7316760,00000	303,88162
529143,00000	7316910,00000	302,16479
529593,00000	7316610,00000	301,03214
529343,00000	7316710,00000	300,80176
529093,00000	7316960,00000	299,50189
529193,00000	7316910,00000	298,97025
529293,00000	7316860,00000	298,35480
529643,00000	7316560,00000	297,53015
529143,00000	7316860,00000	296,59061

Listagem 4: Maiores concentrações médias diárias de Dióxido de Enxofre

Longitude	Latitude	Concentração (µg/m^3)
523693,00000	7317660,00000	19,84797
523793,00000	7317710,00000	19,41871
523743,00000	7317710,00000	19,26479
523693,00000	7317710,00000	19,09345
523743,00000	7317660,00000	18,93788
523843,00000	7317710,00000	18,53212
523893,00000	7317760,00000	18,37591
523843,00000	7317760,00000	18,22208
523943,00000	7317760,00000	18,16617
523693,00000	7317610,00000	18,14744
526693,00000	7317960,00000	18,14496
526743,00000	7317960,00000	18,10888
523793,00000	7317760,00000	18,09996
526643,00000	7317960,00000	18,09943
526593,00000	7317960,00000	18,06202
526693,00000	7317910,00000	18,05195
526793,00000	7318060,00000	18,03880
526793,00000	7317910,00000	18,03668
526693,00000	7318060,00000	18,00093
526643,00000	7317910,00000	17,99871

Listagem 5: Maiores concentrações médias diárias de Partículas Inaláveis

Longitude	Latitude	Concentração (µg/m^3)
523693,00000	7317660,00000	19,84797
523793,00000	7317710,00000	19,41871
523743,00000	7317710,00000	19,26479
523693,00000	7317710,00000	19,09345
523743,00000	7317660,00000	18,93788
523843,00000	7317710,00000	18,53212
523893,00000	7317760,00000	18,37591
523843,00000	7317760,00000	18,22208
523943,00000	7317760,00000	18,16617
523693,00000	7317610,00000	18,14744
526693,00000	7317960,00000	18,14496
526743,00000	7317960,00000	18,10888
523793,00000	7317760,00000	18,09996
526643,00000	7317960,00000	18,09943
526593,00000	7317960,00000	18,06202
526693,00000	7317910,00000	18,05195
526793,00000	7318060,00000	18,03880
526793,00000	7317910,00000	18,03668
526693,00000	7318060,00000	18,00093
526643,00000	7317910,00000	17,99871

ANEXO III

Estudo de Dispersão dos Efluentes Tratados no rio Tibagi

ESTUDO DE DISPERSÃO DO EFLUENTE NO RIO TIBAGI

Projeto da Fábrica de Celulose Branqueada e Papel
Projeto PUMA

KLABIN PAPEL E CELULOSE

Ortigueira – PR

Abril/2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDEDOR 2

3. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDIMENTO 2

4. HIDROGRAFIA DO RIO TIBAGI 12

5. MODELOS MATEMÁTICOS 24

6. SIMULAÇÃO DA ZONA DE MISTURA – MODELO CORMIX 27

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 54

8. EQUIPE TÉCNICA 55

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

1. INTRODUÇÃO

Uma das questões mais relevantes que se apresentam para a sociedade contemporânea é a preservação dos recursos hídricos. No Brasil, a preocupação acerca desse assunto é evidenciada, entre outras, na Lei 9.433/97 (institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) que veio disciplinar o uso das águas no país, e nas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Dentre os instrumentos de controle previstos em nossa legislação, destacam-se o monitoramento e o diagnóstico da qualidade dos recursos hídricos, em especial de rios e estuários. Nesse particular, modelos matemáticos de qualidade de água podem ser ferramentas úteis.

Tais modelos consistem em um conjunto de equações que, resolvidas, fornecem a distribuição espaço-temporal de constituintes que são transportados em solução e em suspensão pelo corpo hídrico. Essas equações, via de regra, são resolvidas numericamente, gerando o que se chama de simulação numérica, e o modelo, uma vez calibrado, permite traçar cenários futuros e passados em função das entradas que sejam prescritas. Assim, zonas de mistura, comportamento de plumas de poluentes e dispersão podem ser devidamente calculadas e previstas pela simulação.

Visando complementação e alteração da Resolução CONAMA nº 357/2005, foi sancionada a Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Conforme estabelecido por esta Resolução, é estabelecida a necessidade de um estudo da zona de mistura de um efluente tratado no corpo receptor.

Em atendimento a este disposto, o objetivo deste estudo é conhecer a distância aproximada que ocorre a mistura completa do efluente da KLABIN com as águas do rio Tibagi, ou seja, conhecer a sua zona de mistura.

Esse conhecimento é considerado importante para atendimento de um dos requisitos desta Resolução CONAMA nº 430/11, que no seu Art. 13º diz: *"Na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo*". - Parágrafo único *"A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, quando determinado pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento".*

No Art. 4º, inciso XIV, a zona de mistura é definida como *"região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente, e delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro".*

Assim sendo, este documento apresenta o Estudo de Dispersão Hídrica (EDH), visando conhecer a zona de mistura dos efluentes líquidos tratados da KLABIN no rio Tibagi.

Para conhecer e identificar a extensão da zona de mistura foram realizadas simulações através do modelo matemático CORMIX, desenvolvida pela *Cornell University* em

conjunto com a USEPA (*US Environmental Protection Agency* – Agência de Proteção do Meio Ambiente dos EUA), cujos resultados são apresentados mais adiante no presente relatório.

Este trabalho faz parte dos Estudos Ambientais de implantação da unidade industrial de produção de celulose branqueada e papel (capacidade de 1.800.000 toneladas por ano) da KLABIN em Ortigueira – PR, visando à obtenção da Licença Prévia (LP) junto ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP.

Este Relatório foi dividido nos seguintes capítulos:

- Introdução;
- Informações sobre o Empreendedor;
- Informações sobre o Empreendimento;
- Hidrografia do rio Tibagi;
- Modelos Matemáticos;
- Simulação da Zona de Mistura;
- Conclusões e Recomendações;
- Equipe Técnica;
- Bibliografia;
- Anexos.

2. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDEDOR

Razão Social:	Klabin S.A
CNPJ:	89.637.490/0113-95
Endereço	Fazenda Monte Alegre, S/N
CEP:	84275000
Telefone:	(042) 9973-4445
Contato:	Júlio Cesar Batista Nogueira - Gerente Corporativo de Meio Ambiente Email: julio@klabin.com.br
CTF-IBAMA:	227803

3. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDIMENTO

3.1. Descrição Geral

A unidade industrial de fabricação de celulose branqueada da KLABIN será implantada no município de Ortigueira, no estado do Paraná. Este projeto prevê uma produção de 1.800.000 toneladas por ano de celulose branqueada e 500.000 toneladas por ano de papel.

Pra a operação da unidade industrial de celulose e papel será necessária à implantação de uma infraestrutura de apoio que compreenderá: linha de transmissão de energia elétrica, recebimento de insumos, captação e tratamento de água, tratamento e disposição adequada de efluentes.

A produção de celulose começará com o preparo da madeira retirada das florestas de da KLABIN com 100% das árvores plantadas e renováveis. As toras serão transformadas em pequenos pedaços de madeira, chamados cavacos, com dimensões regulares. Com a uniformidade deles, a madeira será cozida com mais eficiência. Em seguida, vem a etapa da polpação, na qual será feita a modificação da estrutura da madeira para a obtenção da polpa de celulose, a polpa marrom. Para isso, utilizar-se-á um processo químico que acontece em reatores chamados digestores. A fase seguinte é o branqueamento, no qual a polpa será branqueada em um processo composto por diversos estágios que preservam, ao máximo, as características de resistência da celulose. A etapa seguinte é a secagem, quando serão realizadas a formação, a prensagem e a secagem da folha de celulose. Concluindo o processo, ocorre o enfardamento, no qual as folhas retiradas da secadora serão cortadas, pesadas e embaladas em fardos.

A indústria de celulose *kraft* possui um sistema que permite a recuperação dos produtos químicos utilizados para obtenção da polpa. A recuperação inicia-se com a evaporação do licor negro, elevando o teor de sólidos secos. Após a evaporação, o licor será enviado para incineração na caldeira de recuperação. Na caldeira, a matéria orgânica presente no licor será incinerada, restando então um fundido, formado pelos compostos inorgânicos que serão enviados para a caustificação, onde ocorrerá a clarificação do licor verde, e posterior obtenção do licor branco.

A Figura 3.1-1 apresenta um fluxograma geral do processo produtivo da celulose da KLABIN.

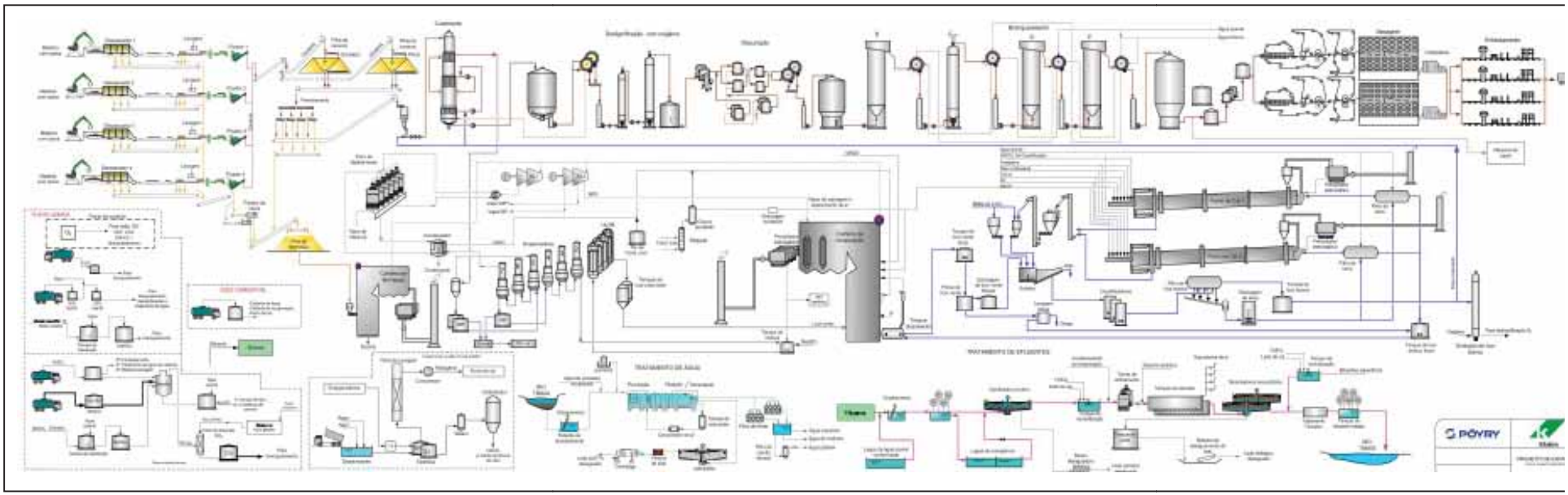

Figura 3.1-1 – Fluxograma geral do processo produtivo.

3.2. Tratamento de Efluentes Líquidos

O sistema de tratamento de efluentes é contínuo e consiste basicamente de três fases: remoção de sólidos, remoção de carga orgânica e remoção de fósforo, DQO e cor. As principais unidades deste sistema estão relacionadas e descritas a seguir.

As principais etapas do processo de tratamento de efluentes são:

- Clarificadores primários;
- Sistema de desaguamento de lodo primário;
- Lagoa de emergência;
- Lagoas de águas pluviais com potencial de contaminação;
- Neutralização;
- Resfriamento;
- Lodos ativados tanque de aeração;
- Clarificador secundário;
- Sistema de desaguamento de lodo secundário;
- Tratamento terciário;
- Emissário.

Clarificadores Primários

Os efluentes contendo sólidos suspensos serão enviados para dois clarificadores primários com diâmetro de aproximadamente 75 m para reduzir a quantidade de sólidos suspensos. Esses clarificadores serão dotados de raspador para remoção de sólidos sedimentados e de escuma acumulada na superfície do mesmo. Os sólidos sedimentados e as escumas com consistência de 1,0 a 3,0 % serão retirados por meio de bombas que enviarão para o sistema de desaguamento de lodo primário. O efluente clarificado será encaminhado para o sistema de neutralização.

Sistema de Desaguamento de Lodo Primário

O sistema de desaguamento de lodo primário terá uma capacidade total de 57 t/dia e será constituído por três conjuntos de desaguamento de 30 t/dia cada, sendo um conjunto de reserva. Cada um dos conjuntos será constituído por um espessador mecânico do tipo tambor ou mesa de gravidade e por uma prensa desaguadora do tipo parafuso. A consistência final prevista de lodo desaguado é entre 35 a 45 %.

Este resíduo poderá ser queimado na caldeira de biomassa e/ou enviado para sistema de compostagem, somente quando não for possível estas alternativas, este resíduo será disposto em aterro industrial. O lodo primário (fibras) também poderá ser destinado para venda ao mercado.

Lagoa de Emergência

Além dos sistemas de prevenção e coleta de vazamentos e derramamentos previstos em cada departamento da fábrica, haverá uma lagoa de emergência na estação de tratamento de efluentes. A finalidade desta lagoa será receber todos os efluentes com características

fora de especificação. Uma vez desviados para a lagoa de emergência, o conteúdo desta será dosado para a entrada do tanque de neutralização de forma que nenhum distúrbio seja criado no tratamento biológico.

A operação desta será controlada pelo monitoramento *on-line* de pH, temperatura e condutividade. Quando ocorrerem níveis fora da escala aceitável, as válvulas serão fechadas e o efluente será desviado para a lagoa de emergência.

A lagoa de emergência terá capacidade de aproximadamente 100.000 m³ para receber os efluentes do processo considerados contaminados.

Lagoa de águas pluviais com potencial de contaminação

As águas pluviais que não incidem nas áreas produtivas, mas tem potencial de contaminação por acidentes, serão coletadas e encaminhadas para esta lagoa, onde serão monitoradas em relação ao pH, condutividade e aspecto visual. Caso confirme a contaminação, estas águas serão enviadas para o sistema de tratamento de efluentes, caso contrário, elas serão encaminhadas para os corpos d'água receptores.

A lagoa de águas pluviais terá capacidade de aproximadamente 50.000 m³ para receber as águas pluviais. Dependendo do detalhamento do layout, poderão ser construídas mais de uma lagoa.

Neutralização do Efluente

O efluente clarificado nos clarificadores primários será enviado para um tanque de neutralização. A finalidade desta etapa será neutralizar o efluente combinado, através da adição de soda cáustica ou de ácido sulfúrico, visando manter um pH entre 6 e 8, tornando-o apropriado para o tratamento biológico.

O tanque de neutralização terá capacidade de aproximadamente 1.100 m³ e será dotado de agitador mecânico.

Resfriamento do Efluente

Devido ao efluente neutralizado apresentar, ainda, uma temperatura considerada elevada para o tratamento biológico, o efluente deverá ser resfriado, para que atinja temperatura adequada ao desempenho do tratamento biológico.

O resfriamento dos efluentes será realizado através de uma torre de resfriamento, composta por 6 células, sendo dimensionada para uma temperatura de entrada aproximada de 60 ºC, e uma temperatura de saída em torno de 35 ºC.

Lodos Ativados

O sistema de tratamento biológico adotado na KLABIN será do tipo aeróbio por lodos ativados que é a melhor tecnologia prática disponível. O processo de lodos ativados é uma tecnologia comprovada e normalmente utilizada nas indústrias de celulose do mundo todo.

O processo biológico requer para um ótimo desempenho, concentrações suficientes de nitrogênio e fósforo no efluente. As quantidades necessárias estarão relacionadas com a quantidade de matéria orgânica biodegradável, isto é, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) presente no efluente não tratado.

Ureia e o ácido fosfórico estão sendo considerados como fontes de nitrogênio e fósforo e serão adicionados, se necessário, antes do efluente entrar no tanque seletor.

A quantidade requerida será dependente da quantidade presente no efluente (somente as quantidades mínimas necessárias deverão ser adicionadas, de modo que as descargas sejam minimizadas).

Após a dosagem de nutrientes, os efluentes serão encaminhados para o tanque seletor, que terá alta capacidade de oxigenação e tem por finalidade eliminar os organismos filamentosos.

Deste tanque, os efluentes seguirão para o tanque de aeração, onde serão submetidos à degradação da matéria orgânica, presente na forma solúvel e coloidal, por meio da atividade dos micro-organismos aeróbios. A injeção de ar para o sistema será realizado por difusores do tipo bolha fina, que serão instalados no fundo do tanque de aeração. Estes difusores fornecerão oxigênio necessário ao desenvolvimento das bactérias e promoverão mistura da massa líquida contida no tanque de aeração, mantendo-se a mistura em suspensão.

O tanque de aeração terá um volume total de aproximadamente 190.000 m³ e os difusores serão alimentados por cinco sopradores com capacidade de aproximadamente 550.000 Nm³/h, sendo um de reserva por ocasião de manutenção.

No processo de lodos ativados, haverá a formação da massa biológica (lodo) que deverá ser separada fisicamente da massa líquida (efluente clarificado), o que ocorrerá através de três clarificadores secundários de diâmetro de aproximadamente 75 m cada. Após essa etapa o efluente segue para o tratamento terciário para remoção de Fósforo, DQO e cor.

O lodo secundário (biológico) será removido constantemente do fundo dos clarificadores através de raspadores e dirigido por gravidade para um poço de lodo, de onde será recalcado através de bombas para o tanque seletor, efetuando-se a sua recirculação. O lodo biológico excedente será enviado para os adensadores, e, depois para o sistema de desaguamento.

Sistema de Desaguamento de Lodo Secundário

O sistema de desaguamento de lodo secundário terá capacidade total de 35 t/dia por duas (uma reserva) centrífugas de capacidade 35 t/dia cada. A consistência final prevista de lodo desaguado é entre 15 a 18 %.

O lodo biológico poderá ser incinerado nas caldeiras de recuperação e de biomassa ou submetido ao processo de compostagem, e, somente em situação de emergência, este resíduo será disposto em aterro industrial.

Tratamento Terciário

Após o tratamento biológico, os efluentes serão submetidos ao tratamento terciário para remoção de cor, DQO e fósforo, através de processo físico-químico com aplicação de sulfato de alumínio para flotação ou por oxidação com ozônio seguido de biofiltros. O lodo gerado será desaguado e enviado para disposição final.

Emissário de Efluente Tratado

O emissário destina-se ao lançamento dos efluentes tratados no rio Tibagi de forma controlada e segura por intermédio do lançamento subaquático em condições que impeçam a formação de espumas, e promovam a dispersão da forma mais eficiente no corpo receptor. Na Figura a seguir é apresentado o ponto de lançamento da KLABIN, onde o emissário subaquático será implantado.

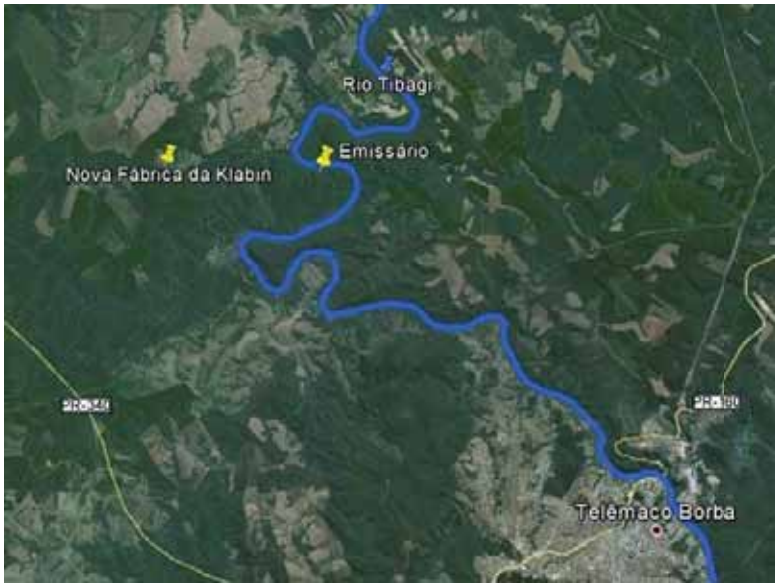

Figura 3.2-1. Localização do ponto de lançamento de efluente tratado da KLABIN.

O sistema completo consiste em: (a) um poço de efluentes tratados; (b) emissário de efluentes tratados até a margem do rio Tibagi, na altura do ponto de lançamento; (c) válvulas de controle; (d) tubulações do emissário no leito do rio e; (e) tubos difusores verticais (*risers*) com bocais para o lançamento subaquático e dispersão nas águas do rio.

Nesta fase de engenharia as tubulações subaquáticas consistirão de 3 linhas paralelas de PEAD (polietileno de alta densidade) no leito do rio. As Figuras 3.2-2 e 3.2-3 apresentam uma visão geral do sistema (planta e corte, respectivamente). Em determinados locais que favorecem a melhor dispersão nas águas do rio e a homogeneização da mistura, haverá tubulações verticais (*risers*) de aço, que conduzirão o efluente tratado das tubulações enterradas, ficando muito próximo do leito do rio.

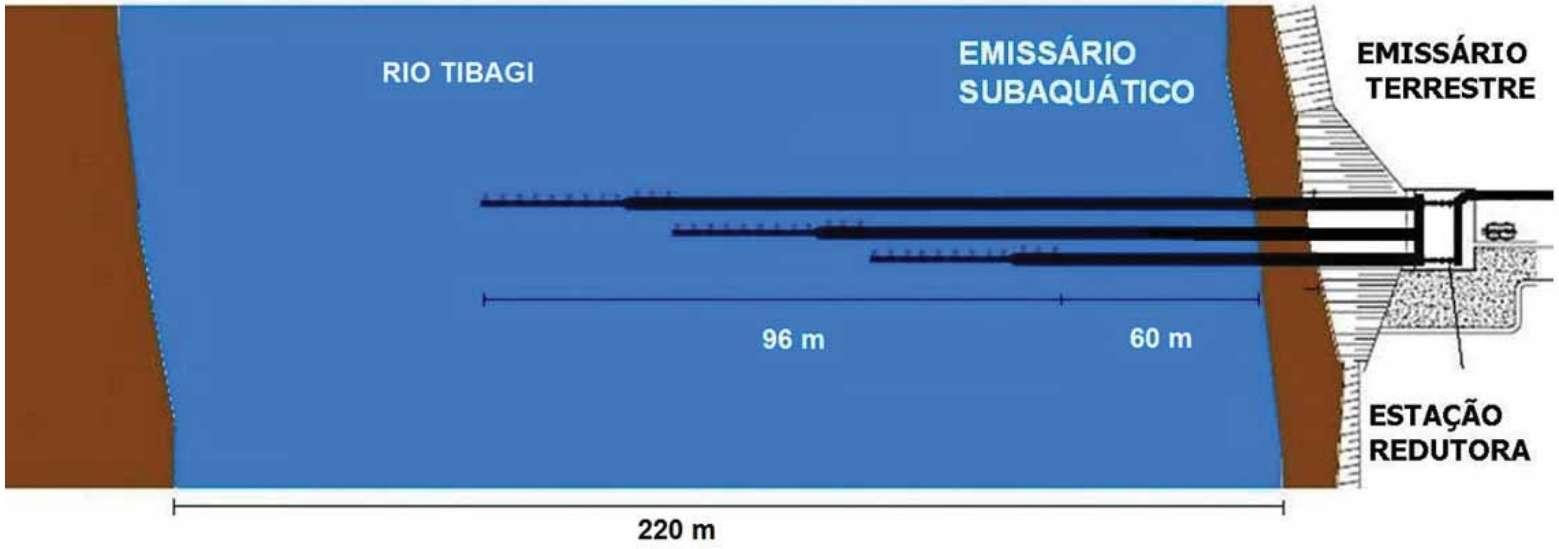

Figura 3.2-2 – Visão geral do Emissário – Planta.

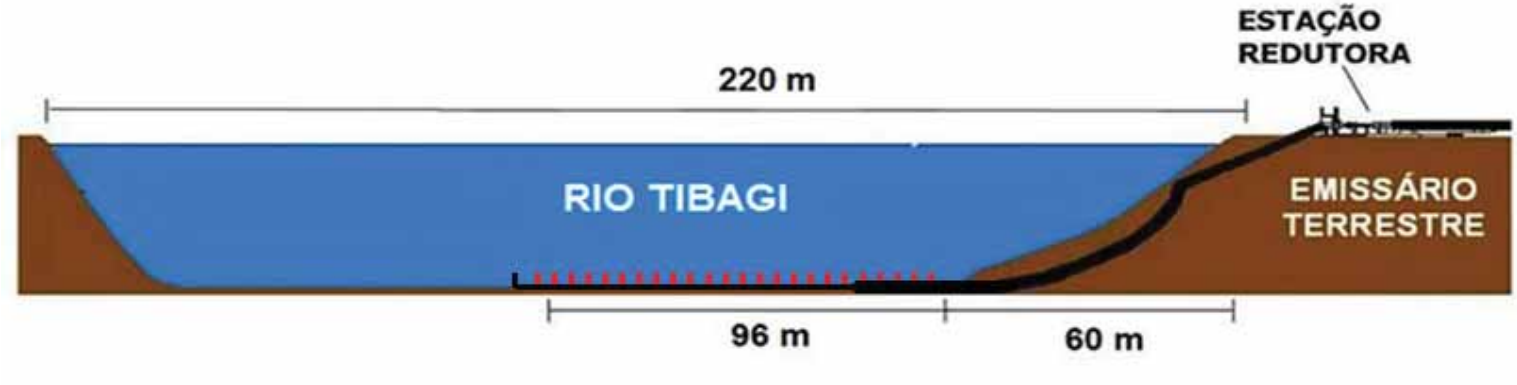

Figura 3.2-3 – Visão geral do Emissário – Corte.

Na extremidade de cada *riser*, haverá uma curva de 90º para a horizontal. Na extremidade dessa curva, será instalada uma válvula de retenção especial (Figura 3.2-4), permitindo o lançamento de jatos do efluente de forma otimizada, assim como impedirá a entrada de areia e corpos estranhos no interior do sistema.

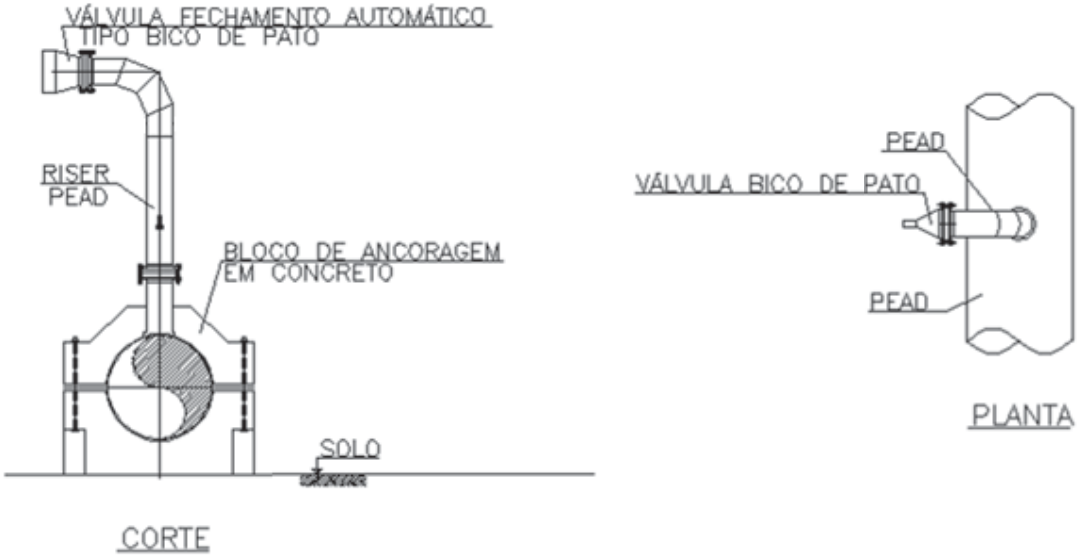

Figura 3.2-4 – Detalhes do *riser* e válvula "bico de pato".

Características do Efluente Tratado

Para realização deste estudo, foi considerada a condição média mais desfavorável que é a mais crítica no período de um ano. Neste estudo foram considerados os parâmetros de DBO e cor, devido à estes parâmetros serem os mais significativos relacionados ao corpo receptor e zona de mistura em fábricas de celulose e papel, podendo estar em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o rio Tibagi (classe 2) no momento do lançamento, seguindo a Res. CONAMA nº 357/2005.

Portanto as principais características previstas destes efluentes após o tratamento são apresentadas a seguir:

Parâmetros	Unidade	Média diária
- Vazão	m^3/h	7.400
	m^3/s	2,06
- DBO	mg/L	< 20
- Cor	mg/L	< 500

4. HIDROGRAFIA DO RIO TIBAGI

4.1. Introdução

O rio Tibagi, que está localizado na AID do empreendimento, pertence à Região Hidrográfica do Paraná que está situada na região sul-sudeste do país. Essa região faz divisa com 6 outras regiões: Paraguai, Tibagi-Araguaia, São Francisco, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul e Uruguai, conforme apresentado na Figura a seguir.

Figura 4.1-1. Regiões Hidrográficas com destaque para a Região Hidrográfica Paraná. Fonte: ANA, 2010.

4.2. Região Hidrográfica do Paraná

A Região Hidrográfica do Paraná, com 32% da população nacional, apresenta o maior desenvolvimento econômico do País. Com uma área de 879.860 Km², a região abrange os estados de São Paulo (25% da região), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%) (ANA, 2012).

Cerca de 54,6 milhões de pessoas vivem na região (32% da população do País), sendo 90% em áreas urbanas. A região possui a cidade mais populosa da América do Sul, São Paulo, com 10,5 milhões de habitantes. Outros importantes centros populacionais são: Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande e Uberlândia. A maior parte de população se concentra nas unidades hidrográficas dos rios Tietê e Grande, que, juntas, correspondem a 62% da população total (ANA, 2012).

O crescimento de grandes centros urbanos, como São Paulo, Curitiba e Campinas, em rios de cabeceira, tem gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre

porque, ao mesmo tempo em que aumentam as demandas, diminui a disponibilidade de água devido à contaminação por efluentes domésticos, industriais e drenagem urbana (ANA, 2012).

Originalmente, a Região Hidrográfica do Paraná apresentava os biomas de Mata Atlântica e Cerrado e cinco tipos de cobertura vegetal: Cerrado, Mata Atlântica, Mata de Araucária, Floresta Estacional Decídua e Floresta Estacional Semidecídua. O uso do solo na região passou por grandes transformações ao longo dos ciclos econômicos do País, o que ocasionou um grande desmatamento (ANA, 2012).

Com relação aos indicadores de saneamento básico, os percentuais da população atendida com abastecimento de água variam de 78,6% (no Paranaíba) a 95% (Tietê). A maioria das unidades hidrográficas está com um percentual acima da média do Brasil que é de 81,5%. O percentual da população atendida com rede coletora de esgotos nas unidades hidrográficas variam entre 32,3% (Paraná) e 84,1% (Grande). Os percentuais de tratamento de esgotos variam de 9,9% (Iguaçu) e 35% (Paranapanema), enquanto a média nacional é de 17,8% (ANA, 2012).

4.3. Divisão Hidrográfica do Paraná

Para fins de planejamento e administração dos recursos hídricos superficiais, a Resolução CERH nº 46/2006, que dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, apresenta a divisão do território do Paraná em 16 Bacias Hidrográficas que são gerenciadas através de 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos e (PERH, 2010).

A Figura a seguir apresenta o mapa das 16 Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná.

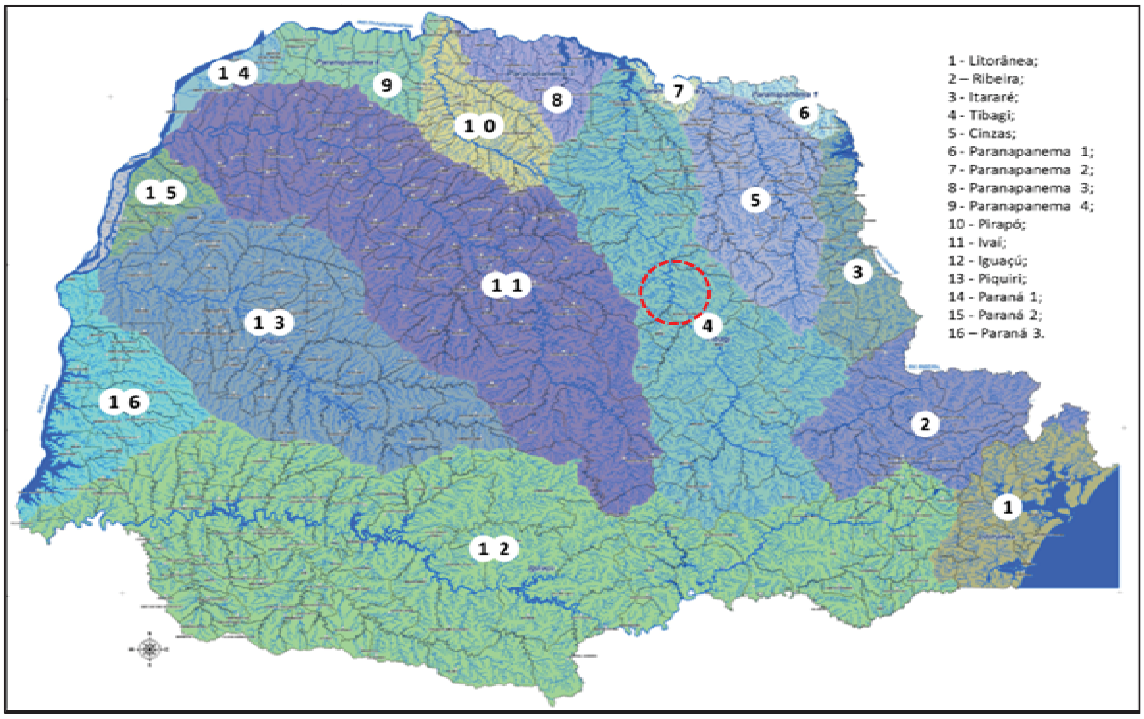

Figura 4.3-1. Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná.

Já as 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos são apresentadas na Figura a seguir.

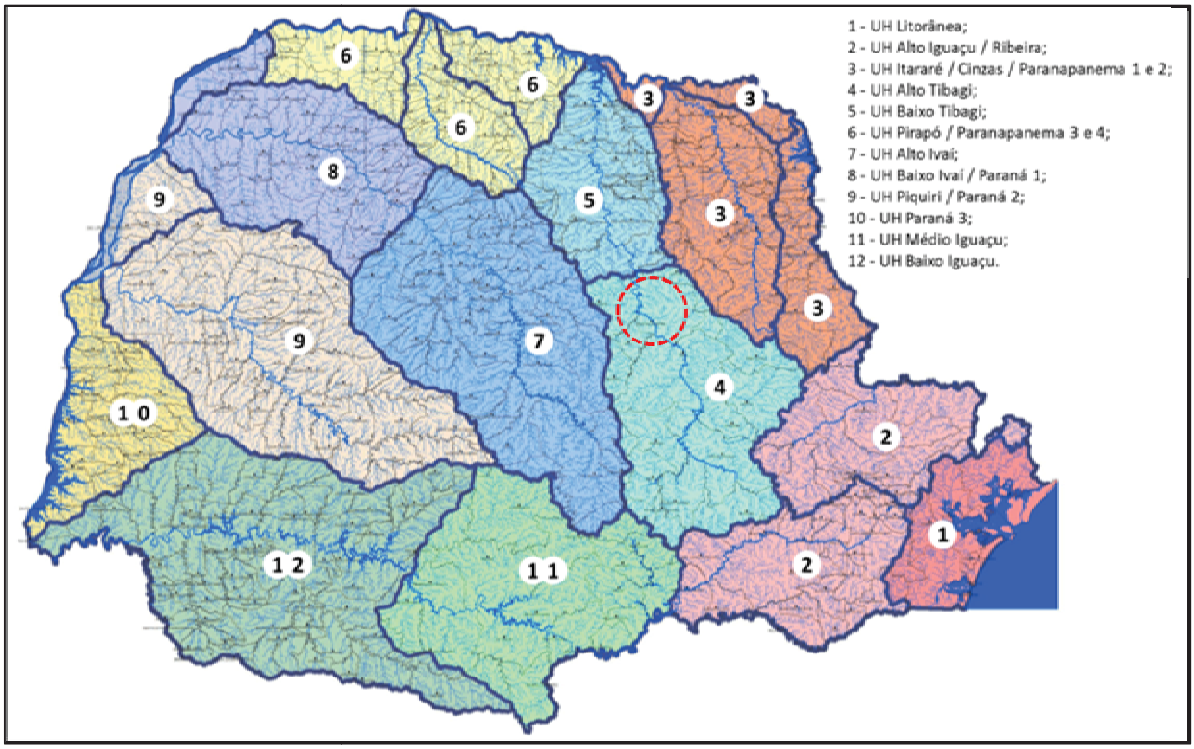

Figura 4.3-2. Mapa das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná.

4.4. Bacia Hidrográfica do rio Tibagi

Os estudos da Hidrografia Regional foram realizados na Área de Influência Indireta – AII que compreende parte da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi (compreendendo as Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tibagi e Baixo Tibagi).

Figura 4.4-1. Mapa das Bacias Hidrográficas do Rio Tibagi e suas respectivas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009 (Modificado).

A Bacia Hidrográfica do rio Tibagi ocupa uma área total de 24.937,38 km², que compreende desde as cabeceiras do rio Tibagi, nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa, até sua foz, nos municípios de Primeiro de Maio e Sertaneja, junto ao rio Paranapanema. Esta bacia possui um comprimento médio de 320 km e uma largura média de 78 km e situa-se em rochas sedimentares e basálticas (PBH do Rio Tibagi, 2009).

A Bacia do rio Tibagi limita-se, ao sul, com a bacia do rio Iguaçu; a leste, com as bacias dos rios Cinzas e Itararé; a sudeste, com a bacia do rio Ribeira; a oeste, com a bacia do rio Ivaí; a noroeste, com a bacia do rio Pirapó e ao norte, com as bacias denominadas Paranapanema II e Paranapanema III (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Os municípios que estão inseridos, totalmente ou parcialmente, nessa Bacia são: Palmeira, Ponta Grossa, Porto Amazonas, São João do Triunfo, Fernandes Pinheiro, Irati, Campo Largo, Teixeira Soares, Imbituva, Guamiranga, Ivaí, Ipiranga, Castro, Carambeí, Reserva, Tibagi, Piraí do Sul, Imbaú, Ventania, Telêmaco Borba, Ortigueira, Faxinal, Mauá da Serra, Tamarana, Curiúva, Sapopema, Figueira, São Jerônimo da Serra, Marilândia do Sul, Califórnia, Apucarana, Arapongas, Rolândia, Cambé, Londrina, Nova Santa Bárbara, Santa Cecília do Pavão, Santo Antonio do Paraíso, Congoinhas, Nova Fátima, São

Sebastião da Amoreira, Assaí, Nova América da Colina, Cornélio Procópio, Uraí, Jataizinho, Rancho Alegre, Leópolis, Ibiporã, Sertanópolis, Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio e Sertaneja. No total são 53 municípios (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Hidrografia

O principal rio da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi é o próprio rio Tibagi (classe 2, segundo Portaria SUREHMA nº 03/1991). Esse rio percorre praticamente toda a extensão longitudinal da Bacia, numa distância total de 531 km (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Os principais afluentes da margem direita, de montante para jusante, do rio Tibagi são: Pitangui, Iapó, Ribeirão das Antas e Congonhas. Já os afluentes da esquerda, de montante para jusante, são: Imbituva, Capivari, Imbaú, Apucarana, Apucaraninha, Taquara, Apertados e Três Bocas (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as características dos principais afluentes do rio Tibagi.

Tabela 4.4-1. Características dos principais afluente do rio Tibagi.

Margem	Nome	Área de drenagem (km²)	Extensão do rio (km)	Enquadramento
Direita	Pitangui	1.070	94	Classe 2
	Iapó	3.040	138	Classe 2
	Ribeirão das Antas	690	57	Classe 2
	Congonhas	1.530	170	Classe 2
Esquerda	Imbituva	1.970	129	Classe 2
	Capivari	840	93	Classe 2
	Imbaú	910	105	Classe 2
	Apucaraninha	570	73	Classe 2
	Taquara	900	107	Classe 2
	Apertados	320	65	Classe 1
	Três Bocas	500	63	Classe 2

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

Demanda de Recursos Hídricos

A demanda por recursos hídricos pode ser representada por abastecimento público, dessedentação de animais, irrigação, uso industrial, diluição de efluentes e de esgotos, transporte navegável, geração de energia elétrica, aquicultura e pesca, e recreação (PBH do Rio Tibagi, 2009).

- **Consumo Humano**

O consumo humano é responsável pela captação de aproximadamente 41,0% do volume total outorgado na bacia, ou seja, 337.624,10 m³/dia. Este volume é utilizado para o

abastecimento de residências, estabelecimentos comerciais e de serviços e algumas indústrias através das prestadoras deste serviço (PBH do Rio Tibagi, 2009).

O serviço de abastecimento é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) em 40 dos 49 municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, sendo o restante exercido pelas próprias prefeituras através de serviços autônomos (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Os municípios abastecidos por serviços autônomos são: Ibiporã, Jataizinho, Nova Fátima, Nova Santa Bárbara, São Jerônimo da Serra, Sertaneja, Sertanópolis, Santa Cecília do Pavão e Santo Antônio do Paraíso (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Assim sendo, a vazão outorgada subterrânea é de 42.529,85 m³/ dia (0,492 m³/s) e a superficial corresponde a 295.094,24 m³/ dia (3,415 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir é apresentado um resumo das vazões de abastecimento para consumo humano na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-2. Resumo das vazões de abastecimento para consumo humano na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Consumo humano	295.094,24 (87%)	42.529,85 (13%)	**337.624,10**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Abastecimento do Comércio e Serviço**

O uso de água para abastecimento do comércio e serviço corresponde a um volume total de 9.747,00 m³/dia, sendo 1,2% do volume total outorgado na bacia. Assim sendo, a vazão outorgada subterrânea é de 3.370,80 m³/ dia (0,039 m³/s) e a superficial corresponde a 6.376,20 m³/ dia (0,074 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as vazões de abastecimento do comércio e serviço na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-3. Vazões de abastecimento do comércio e serviço na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Comércio e serviço	6.376,20 (65%)	3.370,80 (35%)	**9.747,00**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Abastecimento Industrial**

O uso para insumo de processos industriais é o segundo maior uso da bacia, responsável pela captação de um volume de 273.309,12 m³/dia, cerca de 33,2% do volume total outorgado na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi. A vazão outorgada na bacia para abastecimento industrial refere-se apenas às indústrias que possuem fonte alternativa de abastecimento e não àquelas que utilizam água do sistema de abastecimento público municipal. Assim sendo, a vazão outorgada subterrânea é de 39.795,48 m³/ dia (0,461

m³/s) e a superficial corresponde a 233.513,64 m³/ dia (2,703 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as vazões de abastecimento industrial na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-4. Vazões de abastecimento industrial na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Industrial	233.513,64 (85%)	39.795,48 (15%)	273.309,12

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

Agrupando as outorgas por atividade econômica principal, nota-se que 7 atividades representam cerca de 91,6% da vazão industrial outorgada na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, conforme apresentado na Tabela a seguir. As outras 44 atividades, que possuem percentual de vazão outorgada inferior a 1%, foram agrupadas em uma mesma categoria, denominada "outras atividades", isto devido a pouca significância das vazões captadas (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Tabela 4.4-5. Resumo das vazões de abastecimento industrial na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Atividades	Vazão	
	m³/dia	%
Fabricação de papel, papelão liso, cartolina e cartão	187.224	68,50
Produção de óleos e gorduras vegetais e animais	17.170	6,28
Fabricação de bebidas (inclusive água mineral)	15.434	5,65
Laticínios	8.564	3,13
Abate e preparação de produtos de carne e de pescado	4.913	1,80
Beneficiamento de fibras têxteis naturais	3.270	1,20
Outras atividades	23.103	8,45
TOTAL	**237.309**	**100**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Irrigação**

A predominância de uso do solo na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi é a agricultura com cerca de 56%, onde destacam-se como principais culturas de verão, o arroz de sequeiro, café, feijão água, feijão seca, milho, milho safrinha e a soja. Já as principais culturas de inverno são as aveias branca e preta e o trigo (PBH do Rio Tibagi, 2009).

O uso de água para irrigação é o terceiro maior uso da bacia, responsável pela captação de um volume de 145.216,37 m³/dia, cerca de 17,7% do volume total outorgado na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi. Assim sendo, a vazão outorgada superficial é de 143.683,2

m³/ dia (1,662 m³/s) e a subterrânea corresponde a 1.583,91 m³/ dia (0,018 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as vazões de irrigação na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-6. Vazões de irrigação na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Irrigação	143.632,46 (99%)	1.583,91 (1%)	**145.216,37**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Dessedentação de Animais**

A atividade pecuária abrange pequenas áreas na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, trata-se da criação de animais de grande e pequeno porte, sendo representativa a criação de gado.

O uso de água para dessedentação de animais é responsável pela captação de um volume de 52.268,47 m³/dia, cerca de 6,4% do volume total outorgado na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi. Assim sendo, a vazão outorgada subterrânea é de 30.333,32 m³/ dia (0,351 m³/s) e a superficial corresponde a 21.935,15 m³/ dia (0,254 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as vazões para dessedentação de animais na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-7. Vazões para dessedentação de animais na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Dessedentação de animais	21.935,15 (42%)	30.333,32 (58%)	**52.268,47**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Aquicultura**

A aquicultura na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi possui registrado 33 outorgas com a finalidade de pesca, aquicultura e serviços relacionados, o que totaliza uma vazão aproximada de 4.286,76 m³/dia (0,050 m³/s), sendo 0,5% do volume total outorgado na bacia (PBH do Rio Tibagi, 2009).

- **Extração Mineral**

Na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, as atividades de mineração que mais demandam o uso da água são as produções de água mineral e de areia, sendo esta última a que mais utiliza água na extração e na redução de poeira no processo de britagem nas pedreiras (PBH do Rio Tibagi, 2009).

O uso de água para extração mineral corresponde a um volume total de 143,32 m³/dia. Assim sendo, a vazão outorgada subterrânea é de 42,99 m³/ dia (0,0005 m³/s) e a superficial corresponde a 100,33 m³/ dia (0,001 m³/s) (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas as vazões para extração mineral na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Tabela 4.4-8. Vazões para extração mineral na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, em m³/dia.

Tipo de consumo	Superficial	Subterrânea	Total
Extração mineral	100,33 (70%)	42,99 (30%)	**143,32**

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Geração de Energia Elétrica**

Encontram-se em operação na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi, 1 central geradora com menos de 1 MW, que é a Usina Pitangui com 0,87 MW e 4 pequenas centrais, as quais encontram-se listadas na Tabela a seguir (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Tabela 4.4-9. Pequenas Centrais Elétricas na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Região	Usina	Rio	Potência (MW)
Alto Tibagi	São Jorge	Pitangui	2,34
	Salto Mauá	Tibagi	23,86
	Paina II	Socavão	1,20
Baixo Tibagi	Apucaraninha	Apucaraninha	10,00

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

A Usina Hidrelétrica São Jorge está localizada na margem esquerda do rio Pitangui, a 18 km do centro de Ponta Grossa, na região denominada Alagados. Ela entrou em operação em abril de 1945, com o represamento do rio Pitangui, formando a barragem de Alagados, que atende a geração da usina e o abastecimento de água da cidade de Ponta Grossa. Esta Usina foi incorporada pela Copel em dezembro de 1974, anteriormente pertencia à Companhia Prada de Eletricidade S.A. (PBH do Rio Tibagi, 2009).

A Usina Salto Mauá, também conhecida como Usina Hidrelétrica Presidente Vargas, localizada no município de Telêmaco Borba, implantada na década de 1950, no rio Tibagi (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Já a Usina Hidrelétrica Apucaraninha foi inaugurada em 1949, pela Empresa Elétrica de Londrina S.A., incorporada pela Copel em 1974. Está localizada no Município de Tamarana, distante 80 km do centro de Londrina, na margem direita do rio Apucaraninha, a 1,5 km de sua confluência com o rio Tibagi. A usina localiza-se dentro da reserva indígena de mesmo nome e funciona com o aproveitamento do Salto Grande, com 125 m de altura, no rio Apucaraninha (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Na Tabela a seguir são apresentadas unidades geradoras de energia elétrica previstas no Plano Decenal de Expansão de Energia 2007 – 2016 (PDE).

Tabela 4.4-10. Pequenas Centrais Elétricas na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Usina	Rio	Potência (MW)
Telêmaco Borba	Tibagi	120
Mauá + PCH	Tibagi	361
Cebolão	Tibagi	155
Jataizinho	Tibagi	155

Fonte: PBH do Rio Tibagi, 2009.

- **Recreação, Turismo e Lazer**

A recreação, o turismo e o lazer estão associados a lagos, espelhos d'água e reservatórios, podendo proporcionar a prática de esportes náuticos ou empreendimentos como *resorts*.

De acordo com a Secretaria de Estado do Turismo, existem na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi vários municípios que possuem locais ligados à recreação, ao turismo e ao lazer relacionados com o uso da água.

Disponibilidade de Recursos Hídricos

- **Disponibilidade Hídrica Superficial**

A disponibilidade hídrica superficial da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi é de 32.334.142,93 m³/d.

4.5. Rio Tibagi

As nascentes do rio Tibagi localizam-se na Serra das Almas, entre os municípios de Palmeira e Ponta Grossa. Seu curso principal desenvolve-se na direção noroeste, desde a nascente, até a confluência com o rio Guarda Velho, pela margem esquerda; em seguida, toma a direção nordeste até a confluência com o rio Pitangui, pela margem direita; a partir daí, volta a seguir predominantemente a direção noroeste até sua foz (PBH do Rio Tibagi, 2009).

É importante destacar que as nascentes do rio Tibagi estão a 1.060 m de altitude. A foz do rio Tibagi no rio Paranapanema encontra-se na cota 275 m e perfaz uma queda total de 762 m e percorre uma distância de 531 km (PBH do Rio Tibagi, 2009).

Vazões

Os dados de vazão média mensal (m³/s) do rio Tibagi na Pequena Central Elétrica Getúlio Vargas no período de 1987 a 2012 são apresentados na Tabela a seguir.

Tabela 4.5-1. Vazão média mensal (m³/s) do rio Tibagi na Pequena Central Elétrica Getúlio Vargas no período de 1987 a 2012.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Junho	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1987	335,1	578,4	157,5	122,0	890,2	709,8	362,9	162,0	155,9	174,0	140,2	71,0
1988	52,8	143,5	130,9	58,7	469,5	559,6	192,1	44,0	14,4	26,5	12,1	8,9
1989	466,4	540,9	266,5	135,7	395,1	126,5	190,6	429,3	506,1	375,6	105,4	111,2

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Junho	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1990	1251,4	474,9	181,8	133,2	209,7	320,9	562,8	600,4	741,1	617,8	571,0	227,3
1991	103,9	156,5	142,2	55,4	61,2	142,6	210,0	105,8	3,6	274,8	200,0	216,7
1992	197,0	163,7	460,0	489,0	767,0	915,6	435,5	496,5	403,3	424,1	298,6	225,6
1993	269,3	519,8	499,3	275,4	374,0	569,0	426,0	275,2	434,2	1050,0	276,5	590,6
1994	335,3	549,7	313,2	205,6	223,3	507,8	615,1	274,6	126,0	116,9	247,0	231,1
1995	1241,8	662,0	362,1	258,2	164,3	153,1	498,6	188,2	212,8	658,6	374,0	212,3
1996	486,0	685,1	892,2	653,5	228,1	179,5	220,7	197,0	371,0	614,6	644,3	569,2
1997	910,4	980,0	406,1	193,5	99,8	266,5	433,7	209,0	314,0	729,2	861,8	603,9
1998	560,6	463,5	810,6	1044,9	714,5	385,7	468,6	545,6	817,6	1390,5	459,4	369,9
1999	397,7	491,6	440,2	344,1	300,8	332,7	659,0	207,0	164,7	108,2	96,2	90,4
2000	125,6	507,7	304,7	110,2	66,9	104,2	191,5	239,2	839,0	587,8	378,6	367,7
2001	518,6	759,6	471,8	215,4	304,2	381,7	420,2	366,2	329,3	900,9	379,7	447,5
2002	406,9	354,1	206,3	110,2	329,0	177,2	120,1	141,9	387,5	334,4	344,0	609,1
2003	447,9	782,4	341,6	253,9	163,3	166,6	317,3	142,7	126,1	270,8	289,6	469,1
2004	405,5	300,0	224,2	186,1	473,2	699,1	517,1	249,6	170,9	439,0	492,0	320,7
2005	479,5	236,1	104,7	122,5	199,5	280,3	217,7	160,3	727,4	910,8	564,4	211,1
2006	191,5	198,1	129,9	81,6	48,7	42,5	48,0	38,0	199,8	233,1	198,5	274,3
2007	365,2	452,7	352,1	173,7	365,4	247,7	259,4	171,8	82,6	66,0	215,7	291,7
2008	332,6	184,3	171,1	293,5	454,8	352,4	213,5	682,2	223,1	458,6	356,7	129,5
2009	277,1	419,2	246,7	84,0	83,6	94,7	271,3	659,8	968,3	881,5	592,3	540,8
2010	671,4	638,7	417,5	627,0	603,5	279,6	262,2	204,6	92,8	235,8	206,5	487,6
2011	518,6	769,2	341,7	271,0	146,8	159,4	385,1	971,0	450,2	477,2	2,4	231,7
2012	384,1	198,5										

Fonte: Klabin.

Qualidade da água superficial

A qualidade da água do rio Tibagi (classe 2) foi avaliada através de análises físico-químicas e microbiológicas realizadas em 3 campanhas, nas quais foram coletas amostras de águas em 5 pontos, conforme apresentados na Figura a seguir. Os resultados das análises de todos os pontos são apresentados no Laudo de Qualidade de Águas apresentado no EIA/RIMA da Klabin, do qual este estudo também faz parte.

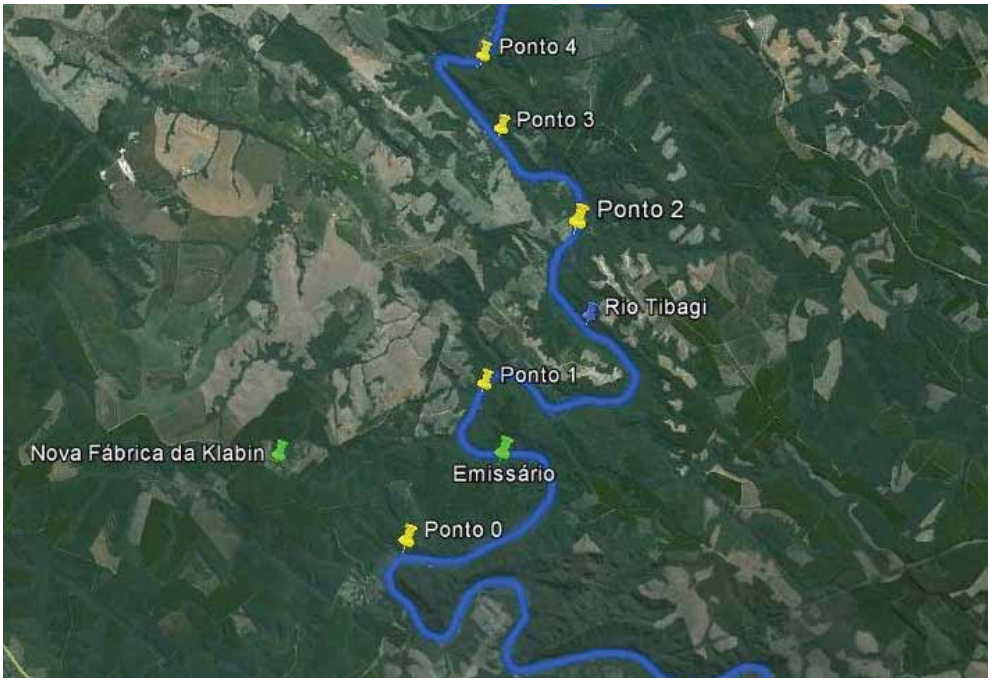

Figura 4.5-1: Localização dos pontos de coleta de água superficial.

Para o Estudo de Dispersão Hídrica, apenas a qualidade da água do Ponto 0 é importante por se tratar do ponto localizado à montante do emissário da nova fábrica da Klabin. Desta forma, na Tabela a seguir são apresentados os resultados das análises do Ponto 0.

Tabela 4.5-2. Resultado das analises físico-químicas e microbiológicas do Ponto 0.

Parâmetro	Unidade	Ponto 0	Resolução CONAMA 357/2005
Alcalinidade Total	mg/L	21	N.A.
Alumínio	mg/L	0,60	0,1 mg/L Al
Bário	mg/L	0,14	0,7 mg/L Ba
Chumbo	mg/L	<0,01	0,01 mg/L Pb
Cloreto	mg/L	4,0	250 mg/L Cl
Condutividade	µS/cm	75,0	N.A.
Cor Aparente	mg Pt/L	100	N.A.
Cor Verdadeira	mg Pt/L	70	<75,0 Pt/Co
DBO	mg/L	6	até 5,0 mg/L O_2
DQO	mg/L	11,6	N.A
Dureza Total	mg/L	16	N.A
Fenol	mg/L	<0,001	0,003 mg/L C6H5OH
Ferro Dissolvido	mg/L	0,44	0,3 mg/L Fe
Fosfato Total	mg/L	0,14	N.A
Fosfato Orto	mg/L	0,06	N.A
Mercúrio	mg/L	<0,0002	0,0002 mg/L Hg
Magnésio	mg/L	1,71	N.A
Manganês	mg/L	0,01	0,1 mg/L Mn
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,10	3,7mg/L N, para pH ≤

Parâmetro	Unidade	Ponto 0	Resolução CONAMA 357/2005
			7,566 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,09	10,0 mg/L N
Nitrogênio Nitrito	mg/L	<0,005	1,0 mg/L N
Nitrogênio K. Total	mg/L	0,28	N.A.
Óleos e Graxas	mg/L	<2,0	virtualmente ausentes
Oxigênio Dissolvido	mg/L	8,0	> 5,0 mg/L O2
Potássio	mg/L	16,0	N.A.
pH (Laboratório)	UpH	7,17	6,0 a 9,0
Sílica	mg/L	4,33	N.A.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	113	500 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	21	N.A.
Sódio	mg/L	45	N.A.
Sulfato	mg/L	8,7	250 mg/L SO4
Turbidez	F.T.U	5,5	100 NTU
Zinco	mg/L	0,04	0,18 mg/L Zn
Coliformes Totais	N.M.P/100 mL	920	N.A.
Coliformes Fecais (Termotolerantes)	N.M.P/100 mL	34	1000 NMP/100 mL

N.A. – Não Aplicável. N.D. – Não Detectável. Os valores em azul estão fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2.

Este ponto apresentou concentração de DBO acima do limite estabelecido pela legislação para rios de classe 2. Apesar disso, apresentou elevadas concentrações de oxigênio dissolvido.

O valor de cor verdadeira neste ponto, encontra-se de acordo com os limite estabelecido pela legislação para rios de classe 2.

5. MODELOS MATEMÁTICOS

5.1. Conceito da Zona de Mistura

A zona de mistura é definida como uma "zona de impacto alocado"; onde a qualidade das águas de um corpo receptor pode ser excedida. Uma zona de mistura pode ser pensada como uma área ou volume limitado onde ocorra a diluição inicial de uma descarga. Os padrões de qualidade da água aplicam-se fora da zona de mistura, não dentro da zona de mistura própria.

Uma zona de mistura é uma área de um lago ou de um rio onde os poluentes de uma fonte de descarga são misturados. Dentro dessa área, o nível de qualidade das águas do corpo receptor é mais elevado se comparado com um ponto à montante do lançamento de determinado despejo de efluentes. Fora da zona de mistura, os níveis dos poluentes devem atender aos padrões de qualidade da água.

A título ilustrativo, a EPA considera alguns pontos a serem atendidos na zona de mistura, tais como: a) material em concentrações que vão provocar toxicidade aguda à vida aquática; b) material em concentrações de decantação que formem depósitos; c) detritos flutuantes, óleos ou outras matérias em concentrações que formam perturbações; d) substâncias em concentrações que produzam cor, odor, sabor ou turvação; e) substâncias em concentrações que produzam impactos indesejáveis à vida aquática.

5.2. Modelo Matemático CORMIX (Simulação da Zona de Mistura)

O *Cornell Mixing Zone Expert System* (CORMIX) é um sistema de modelos computacionais desenvolvido para a análise, previsão e planejamento do lançamento de efluentes em diferentes corpos d'água (Jirka et al., 1996). Ele foi desenvolvido através da união entre a EPA e a Universidade de Cornell durante o período de 1985-1995.

É uma poderosa ferramenta de análise no processo de licenciamento de atividades industriais no tocante às descargas de efluentes nos corpos receptores. Embora o sistema dê grande ênfase na previsão da geometria e diluição características da zona de mistura inicial, visando à verificação da conformidade da qualidade da água perante as restrições regulamentares, o sistema também prevê o comportamento da pluma de descarga em distâncias maiores.

O CORMIX é composto por três subsistemas: (a) CORMIX1, utilizado para a análise de lançamentos pontuais abaixo da superfície (*submerged single port discharges*); (b) CORMIX2, para a análise de múltiplos lançamentos multipontuais (difusores) abaixo da superfície (*submerged multiport diffuser discharges*); e (c) CORMIX3, para a análise de lançamentos superficiais (*buoyant surface discharges*).

Embora a metodologia do CORMIX considere condições ambientais estacionárias, o sistema representa uma ferramenta adequada para a previsão tanto de feições qualitativas (e.g. classificação de fluxos), quanto de aspectos quantitativos (e.g. taxas de diluição, trajetórias de plumas) dos processos de mistura hidrodinâmicos resultantes de diferentes configurações de lançamentos e em vários tipos de corpos d'água, incluindo pequenos riachos, grandes rios, lagos, reservatórios, estuários e águas costeiras.

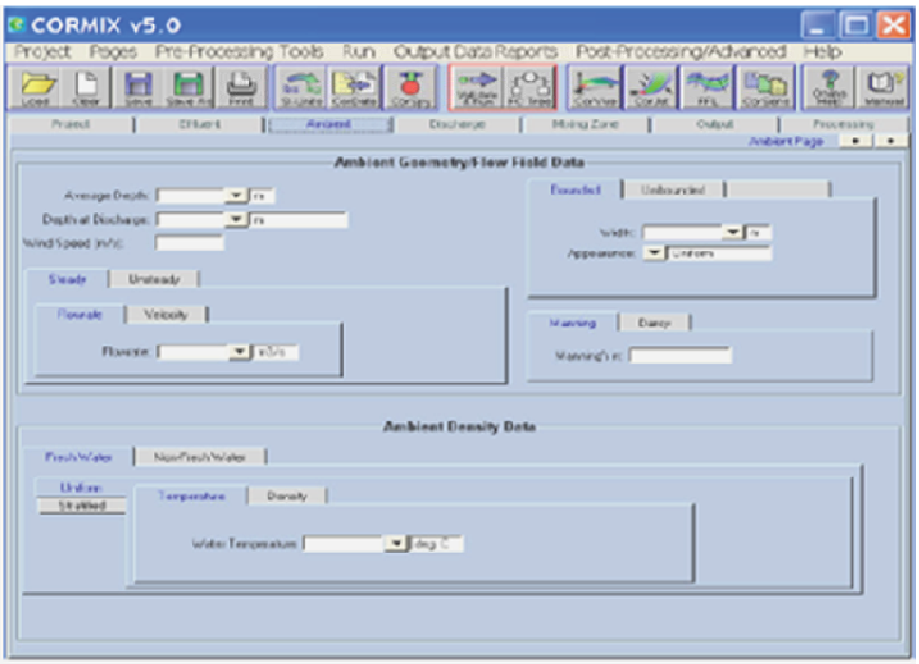

Figura 5.2-1 – Software CORMIX.

Processos de Mistura Hidrodinâmica

O comportamento da mistura de qualquer descarga de águas residuais é regido pela interação das condições ambientais do corpo receptor e das características de descarga.

A modelagem do transporte de uma pluma de efluentes compreende a modelagem do campo próximo (*near-field*) e do campo afastado (*far-field*). O campo próximo corresponde à zona de diluição inicial, onde prevalecem os efeitos oriundos da velocidade inicial de ejeção e a diferença de densidade entre o efluente e o meio. Por campo afastado, entende-se a região onde passam a predominar os efeitos da dinâmica local no transporte e dispersão da pluma. Para representar o comportamento da pluma de efluentes, deve-se separar o processo em modelagem do campo próximo e modelagem do campo afastado.

O presente relatório limita-se ao estudo das interações do campo próximo, uma vez que o objetivo é de se conhecer a referida zona de mistura, ou também chamada de zona de diluição inicial.

Tipo de lançamento

O lançamento do efluente da KLABIN no rio Tibagi tem a seguinte concepção: lançamentos multipontuais (33 difusores) abaixo da superfície da d'água através de 3 emissários subaquáticos. O efluente é descarregado paralelamente ao fluxo do rio, se mantendo inicialmente como jatos cilíndricos, e posteriormente, como um jato plano único. A Figura 5.2-2 apresenta de forma ilustrativa esse tipo de diluição.

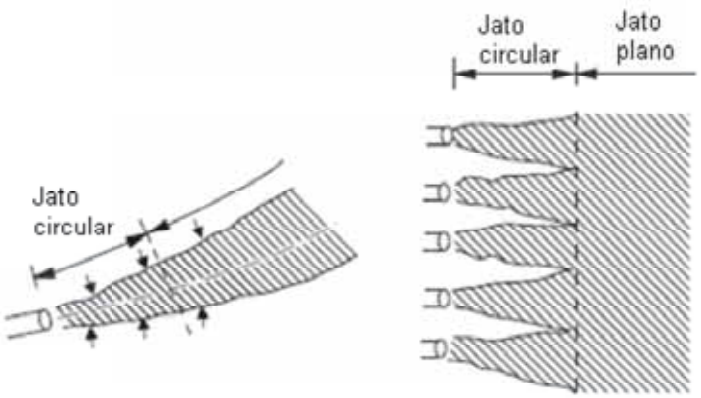

Figura 5.2-2 – Lançamento do efluente pelos difusores.

Para o presente estudo, foi utilizado o CORMIX 2, que analisa as descargas abaixo da superfície da água, lançadas por um emissário subaquático com múltiplos difusores.

Parâmetros do CORMIX

O CORMIX permite trabalhar com três tipos de parâmetros:

- Conservativo: o parâmetro não sofre qualquer processo de decaimento;
- Não conservativo: o parâmetro sofre um decaimento de primeira ordem;
- Descargas de altas temperaturas.

Normalmente, o comportamento do campo próximo é bastante insensível com a escolha destes valores, mas pode afetar a previsão dos resultados em distâncias maiores, nos casos de campo afastado.

No presente caso foi adotado que o efluente da KLABIN é do tipo conservativo para os 2 (dois) parâmetros estudados (DBO e Cor), ou seja, não foi considerado decaimento da carga orgânica por reaeração ou degradação biológica.

6. SIMULAÇÃO DA ZONA DE MISTURA

6.1. Premissas Adotadas

O tipo de lançamento dos efluentes da KLABIN no rio Tibagi é do tipo jato de mistura por múltiplos lançamentos multipontuais (difusores) abaixo da superfície (*submerged multiport diffuser discharges*).

Em função do tipo de descarga, foi utilizado o CORMIX 2, ou seja, quando um efluente é lançado através de múltiplos lançamentos multipontuais (difusores).

A vazão Q7,10 (vazão mínima média de 7 dias consecutivos num período de 10 anos) foi calculada através das vazões fluviométricas diárias (m^3/s) da estação Telêmaco Borba código ANEEL 64482000, no período de janeiro/1980 a janeiro/ 2012.

6.2. Dados de Entrada

Existem três tipos de dados de entrada que são necessários para a utilização do modelo CORMIX: dados ambientais, propriedades físico-químicas dos compostos simulados e informações sobre o tipo de descarte. A ***Figura 6.2-1*** apresenta a título ilustrativo, o software.

Os dados ambientais consistem em informações de corrente, vento, temperatura, coeficiente de *Manning*, dados batimétricos, entre outros. As informações de corrente podem ser oriundas de dados medidos na região de interesse, ou de um campo de correntes gerado através de modelagem hidrodinâmica.

As propriedades físico-químicas de cada composto presente no descarte são incluídas, separadamente, no banco de dados do modelo, através de uma variedade de campos numéricos e de texto, especiais para a identificação e caracterização do químico descartado.

O último conjunto de dados de entrada do modelo é composto pelas informações sobre o tipo de descarte, como localização do ponto de descarte, características do difusor, profundidade e vazão de descarte, duração de lançamento e da simulação, bem como propriedades físico-químicas do corpo d'água em estudo.

Visando uma análise mais geral das condições de mistura, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Vazão mínima ($Q_{7,10}$) do rio Tibagi — 34 m^3/s
- Vazão média do rio Tibagi — 292 m^3/s
- Concentração da DBO do efluente tratado da KLABIN — 20 mg/L
- Concentração da Cor do efluente tratado da KLABIN — 500 mg/L
- Vazão do efluente da KLABIN — 2,06 m^3/s

As concentrações de DBO e Cor do efluente da KLABIN considerados nesse estudo são os valores máximos, ou seja, de pico de projeto.

Para o estudo da zona de mistura do rio Tibagi foram rodadas 8 simulações, variando a vazão do rio (vazão média de 292 m^3/s e $Q_{7,10}$ de 34 m^3/s), os parâmetros em estudo (DBO e Cor) e as condições do rio Tibagi atual (sem a instalação da UHE Mauá) e futura (com a instalação da UHE Mauá), no qual foram verificadas as distâncias em que a qualidade do rio atende aos parâmetros estabelecidos pela Res. CONAMA 357/2005 (para rios de classe 2).

Tabela 6.2-1. Simulações utilizadas para o estudo da zona de mistura do rio Tibagi.

	Parâmetro	Simulação nº	Vazão (m^3/s)	Concentração do efluente tratado da Klabin (mg/L)
Simulação Condição Atual	DBO	1	34 ($Q_{7,10}$)	20
		2	292 ($Q_{média}$)	20
	COR	3	34 ($Q_{7,10}$)	500
		4	292 ($Q_{média}$)	500
Simulação Condição Futura	DBO	5	34 ($Q_{7,10}$)	20
		6	292 ($Q_{média}$)	20
	COR	9	34 ($Q_{7,10}$)	500
		10	292 ($Q_{média}$)	500

6.3. Modelagens Realizadas

6.3.1. Simulação Condição Atual – Sem UHE Mauá

6.3.1.1. SIMULAÇÃO 1: DBO, $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 34 m³/s (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $DBO_{efluente}$ = 20 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 2,1 m

Gráficos da Simulação

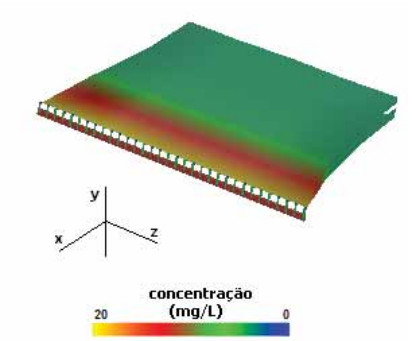

Figura 6.3.1.1-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

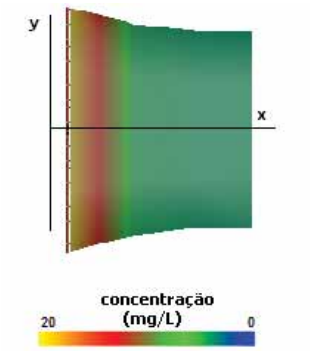

Figura 6.3.1.1-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

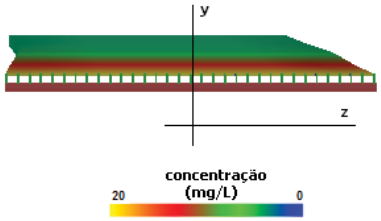

Figura 6.3.1.1-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

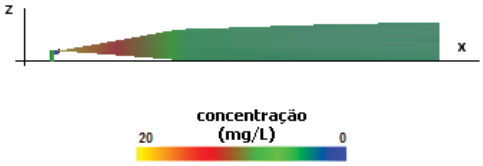

Figura 6.3.1.1-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

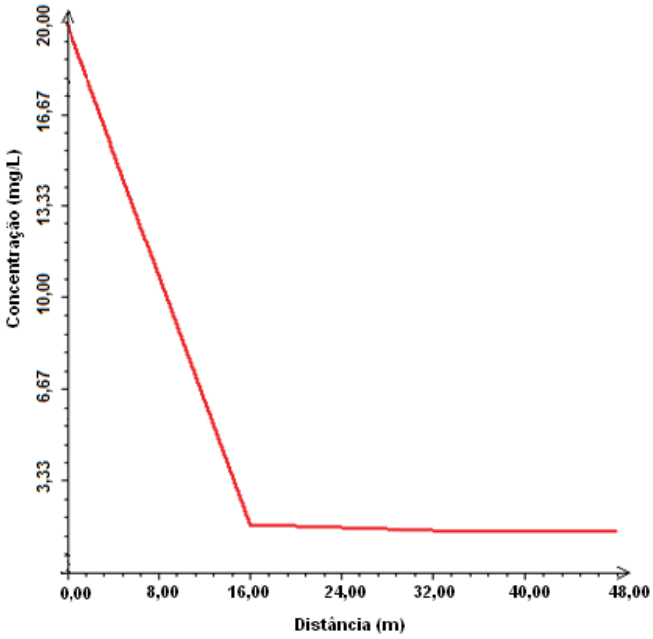

Figura 6.3.1.1-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

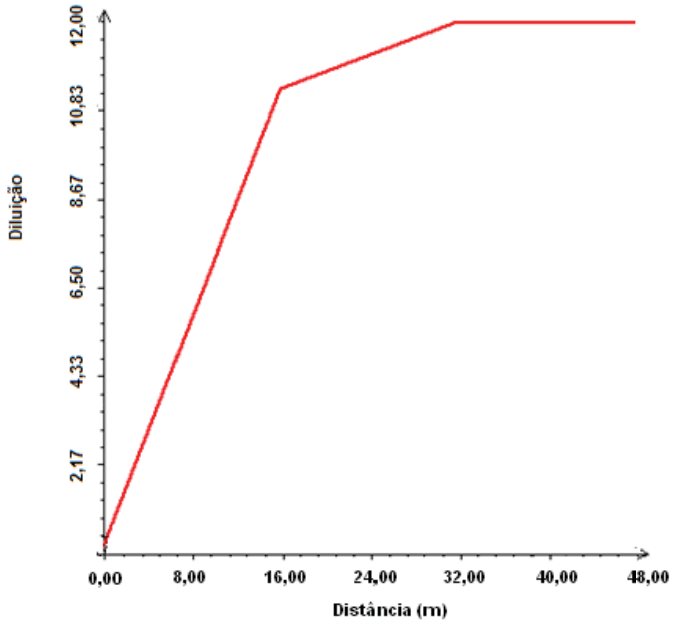

Figura 6.3.1.1-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 5,0 mg/L de DBO (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 13,14 m do lançamento do efluente.

6.3.1.2. SIMULAÇÃO 2: DBO, Qm

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 292 m³/s (vazão média – Q_m)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $DBO_{efluente}$ = 20 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 4 m

Gráficos da Simulação

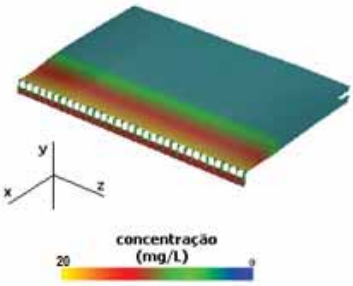

Figura 6.3.1.2-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

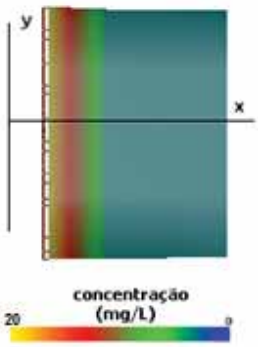

Figura 6.3.1.2-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

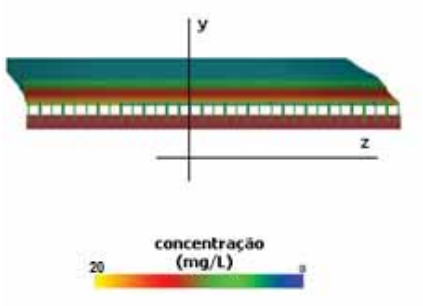

Figura 6.3.1.2-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

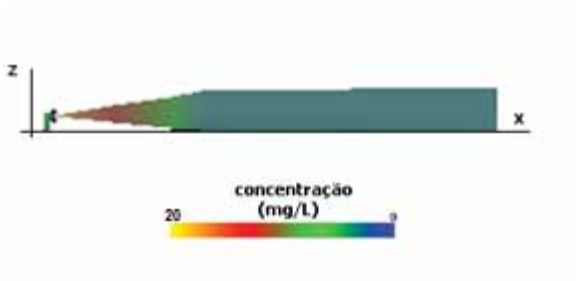

Figura 6.3.1.2-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

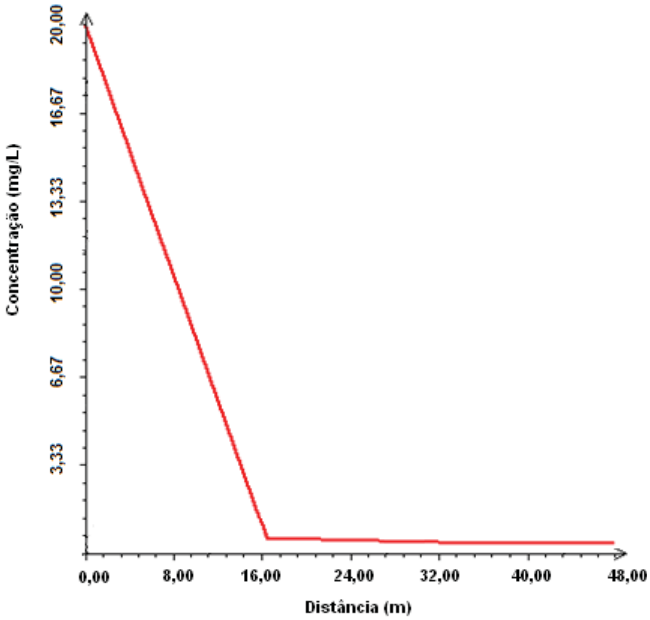

Figura 6.3.1.2-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

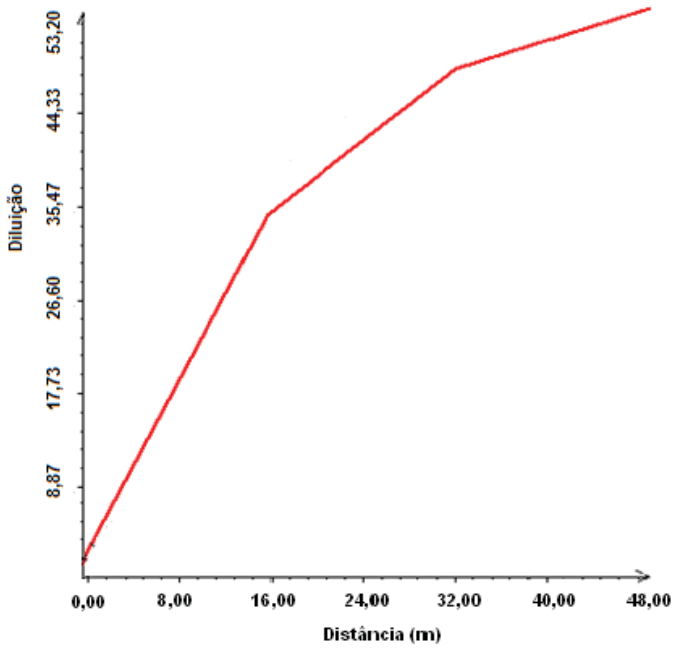

Figura 6.3.1.2-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 5,0 mg/L de DBO (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 12,36 m do lançamento do efluente.

6.3.1.3. SIMULAÇÃO 3: Cor, $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 34 m³/s (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $Cor_{efluente}$ = 500 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 2,1 m

Gráficos da Simulação

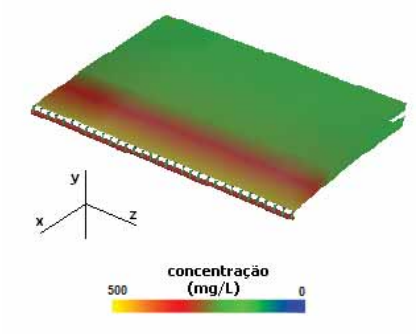

Figura 6.3.1.3-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

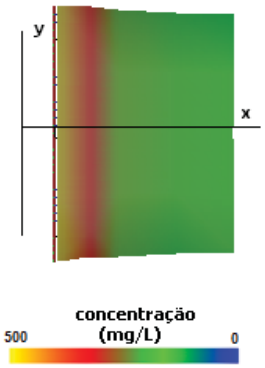

Figura 6.3.1.3-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

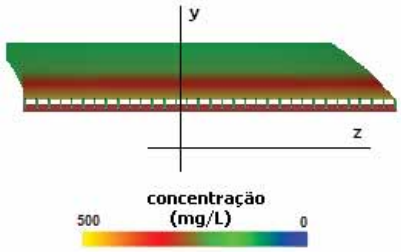

Figura 6.3.1.3-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

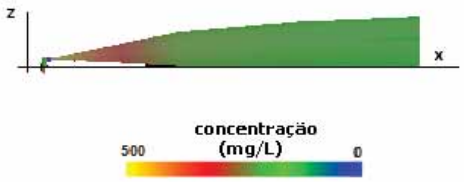

Figura 6.3.1.3-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

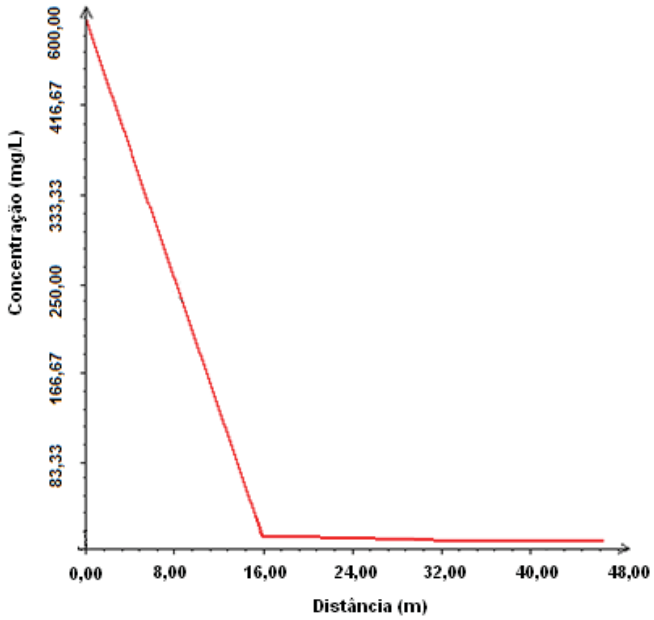

Figura 6.3.1.3-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

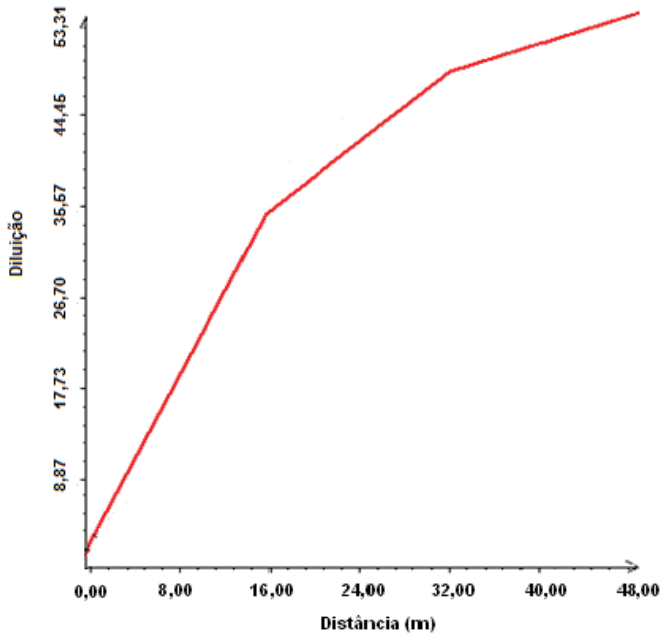

Figura 6.3.1.3-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 75 mg/L de Cor (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 14,90 m do lançamento do efluente.

6.3.1.4. SIMULAÇÃO 4: Cor, Qm

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 292 m³/s (vazão média – Q_m)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $Cor_{efluente}$ = 500 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 4 m

Gráficos da Simulação

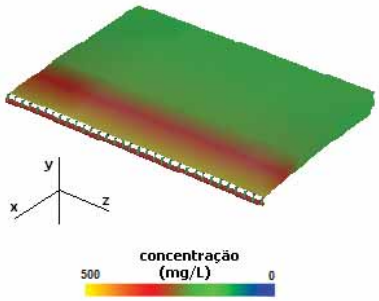

Figura 6.3.1.4-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

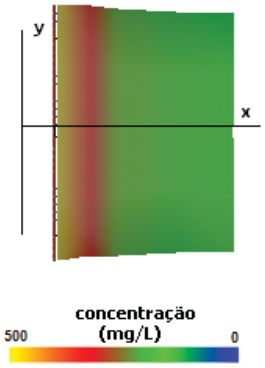

Figura 6.3.1.4-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

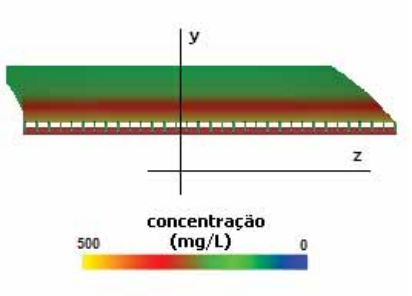

Figura 6.3.1.4-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

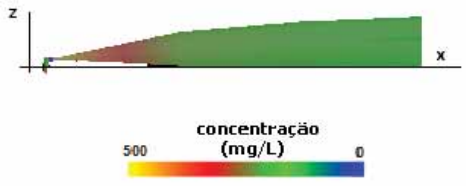

Figura 6.3.1.4-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

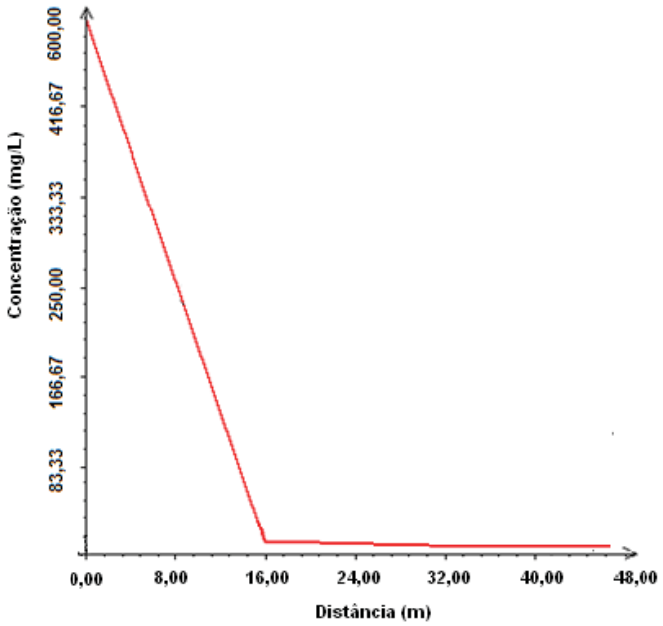

Figura 6.3.1.4-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

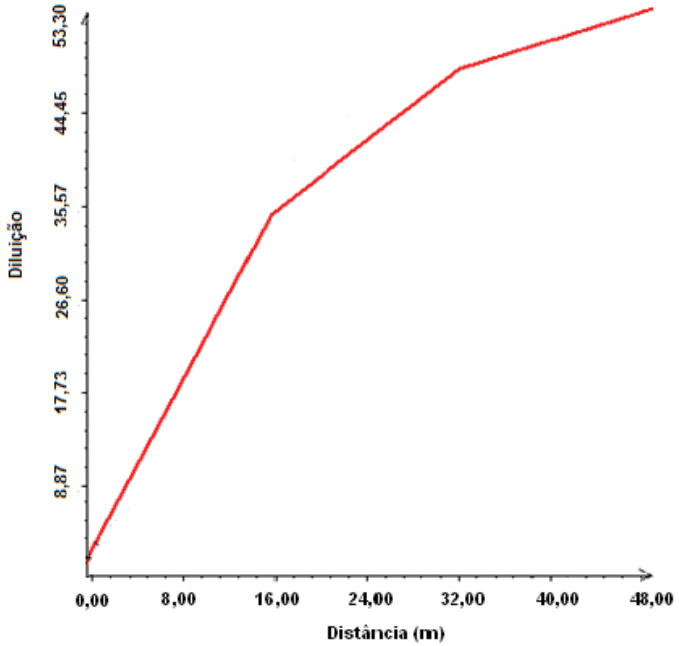

Figura 6.3.1.4-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 75 mg/L de Cor (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 14,01 m do lançamento do efluente.

6.3.2. Simulação Condição Futura – Com UHE Mauá

6.3.2.1. SIMULAÇÃO 5: DBO, $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 34 m³/s (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $DBO_{efluente}$ = 20 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 8 m

Gráficos da Simulação

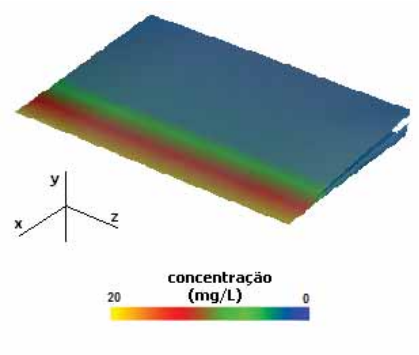

Figura 6.3.2.1-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

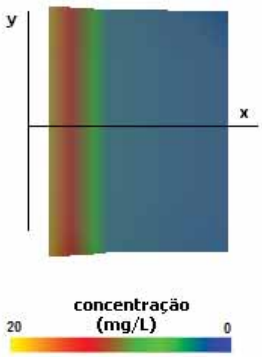

Figura 6.3.2.1-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

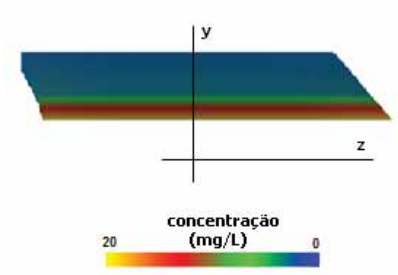

Figura 6.3.2.1-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

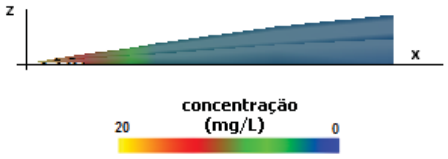

Figura 6.3.2.1-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

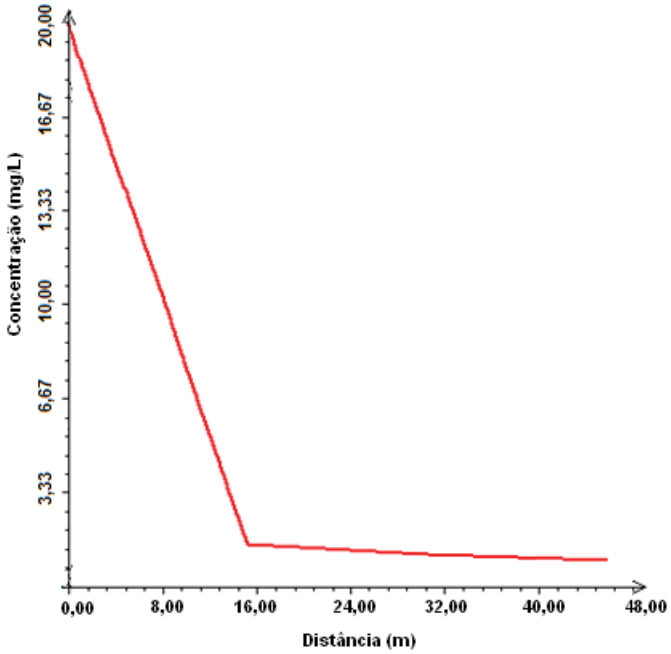

Figura 6.3.2.1-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

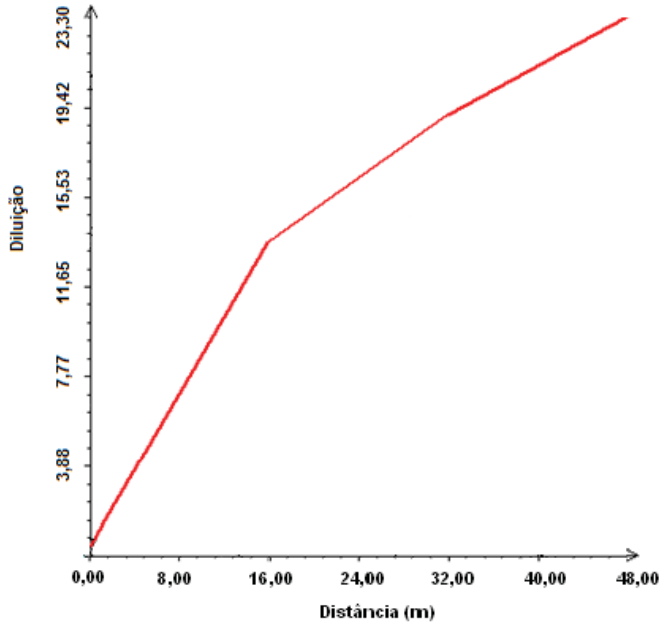

Figura 6.3.2.1-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 5,0 mg/L de DBO (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 12,93 m do lançamento do efluente.

6.3.2.2. SIMULAÇÃO 6: DBO, Qm

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 292 m³/s (vazão média – Q_m)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $DBO_{efluente}$ = 20 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 8,5 m

Gráficos da Simulação

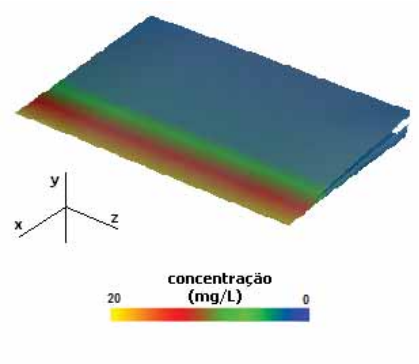

Figura 6.3.2.2-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

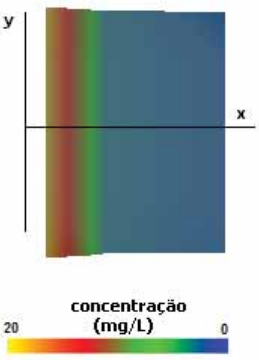

Figura 6.3.2.2-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

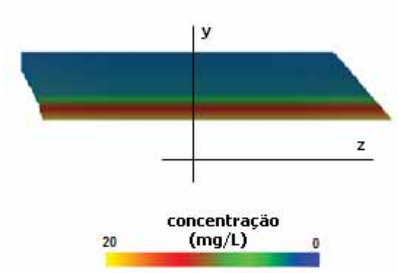

Figura 6.3.2.2-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

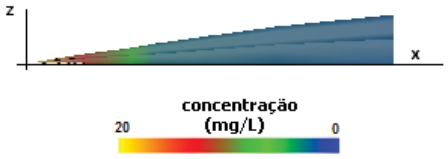

Figura 6.3.2.2-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

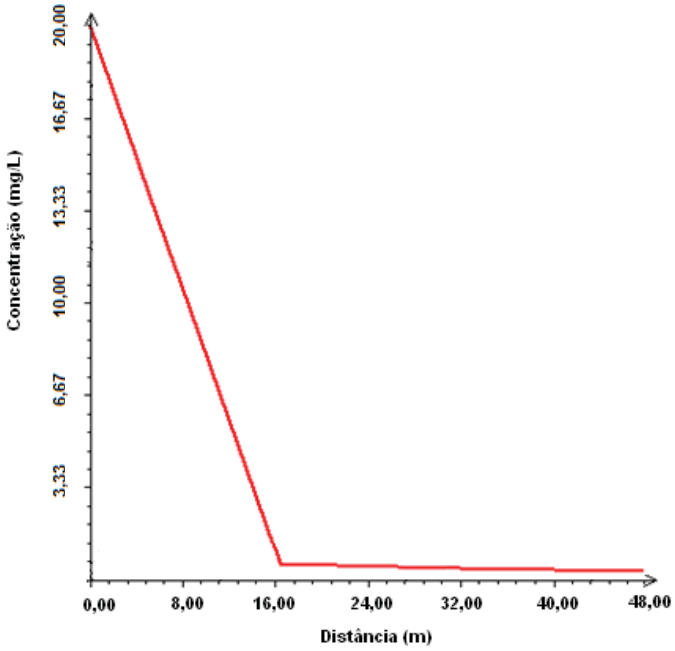

Figura 6.3.2.2-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

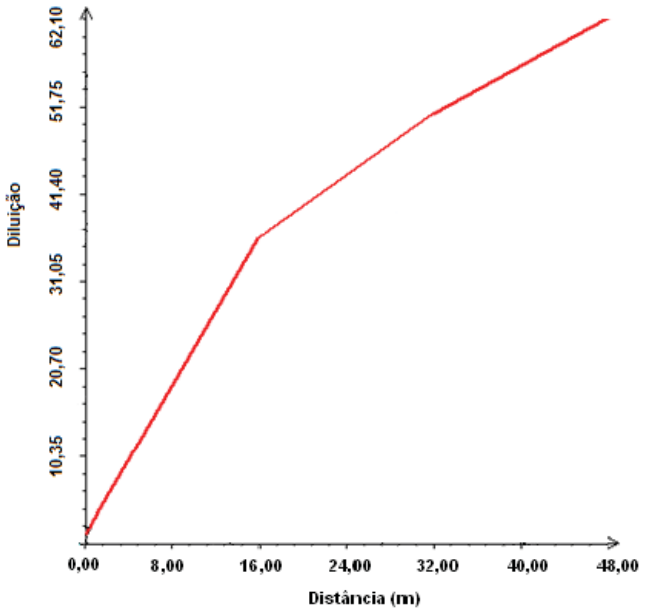

Figura 6.3.2.2-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 5,0 mg/L de DBO (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 12,34 m do lançamento do efluente.

6.3.2.3. SIMULAÇÃO 9: Cor, $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 34 m³/s (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $Cor_{efluente}$ = 500 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 8 m

Gráficos da Simulação

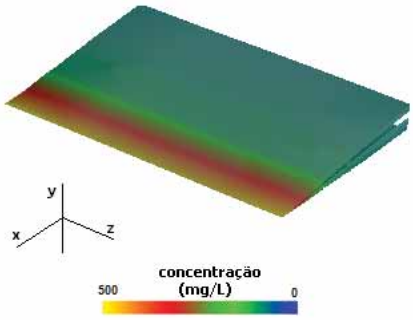

Figura 6.3.2.3-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

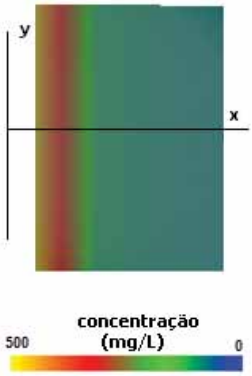

Figura 6.3.2.3-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

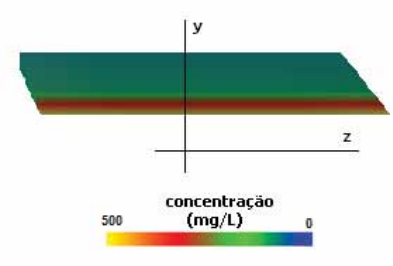

Figura 6.3.2.3-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

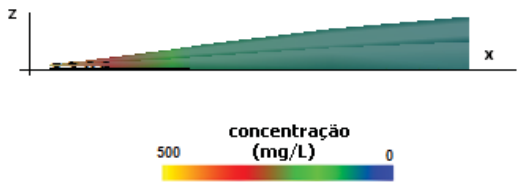

Figura 6.3.2.3-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

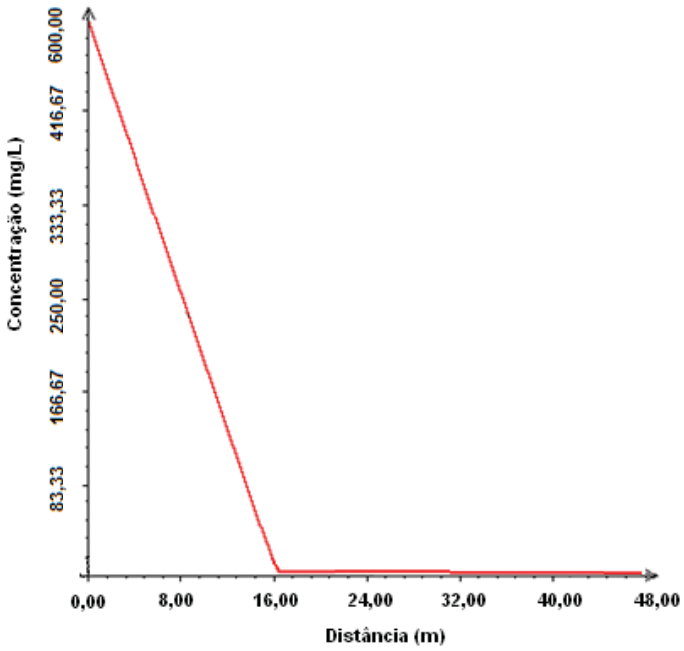

Figura 6.3.2.3-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

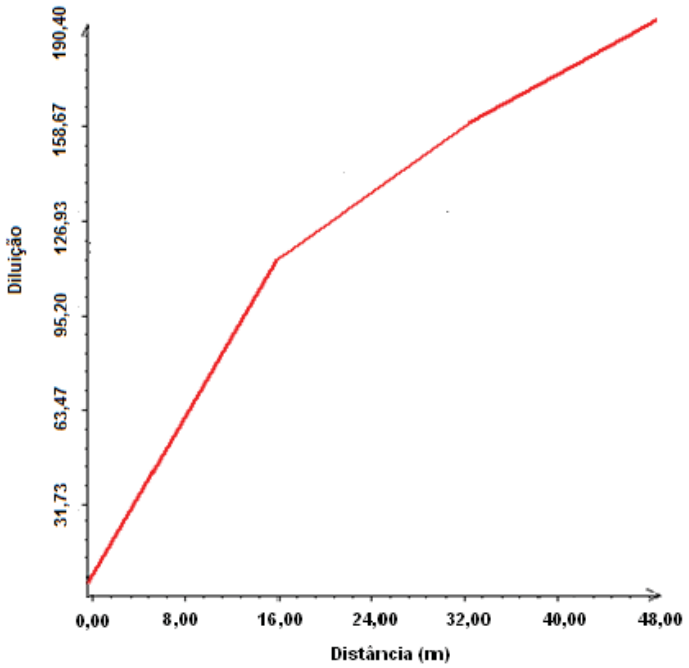

Figura 6.3.2.3-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 75 mg/L de Cor (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 14,65 m do lançamento do efluente.

6.3.2.4. SIMULAÇÃO 8: Cor, Qm

Dados de Entrada:

- Q_{rio} = 292 m³/s (vazão média – Q_m)
- $Q_{efluente}$ = 2,06 m³/s
- $Cor_{efluente}$ = 500 mg/L
- Altura da lâmina d´água do rio Tibagi no ponto de lançamento = 8,5 m

Gráficos da Simulação

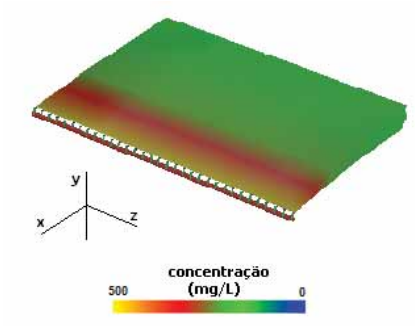

Figura 6.3.2.4-1 – Dispersão em 3 dimensões: x (comprimento), y (largura) e z (profundidade)

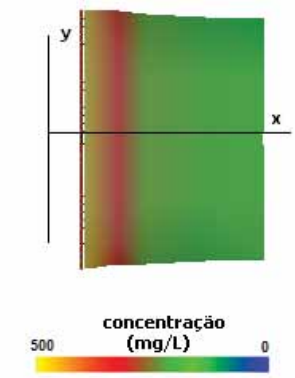

Figura 6.3.2.4-2 – Dispersão em 2 dimensões: x (comprimento) e y (largura)

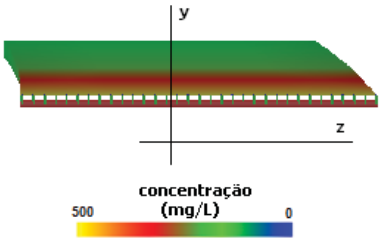

Figura 6.3.2.4-3 – Dispersão em 2 dimensões: y (largura) e z (profundidade)

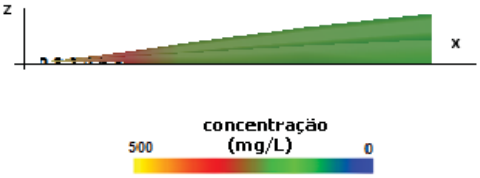

Figura 6.3.2.4-4 – Dispersão em 2 dimensões: z (profundidade) e x (comprimento)

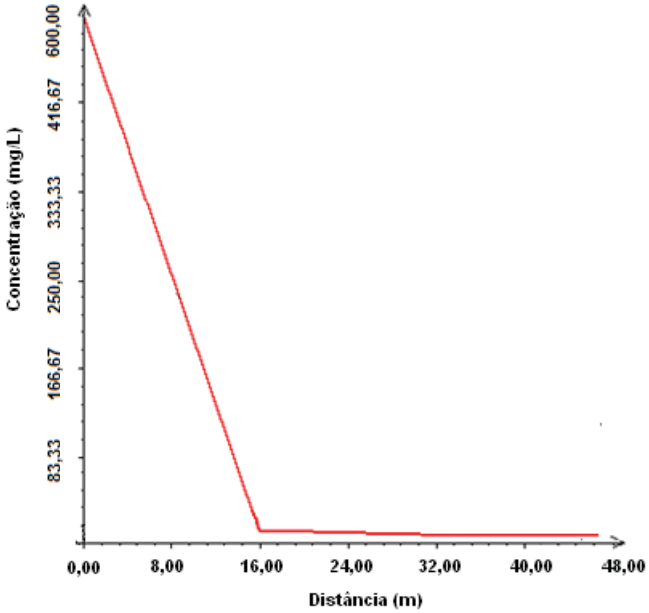

Figura 6.3.2.4-5 – Gráfico Concentração (mg/L) X Distância (m)

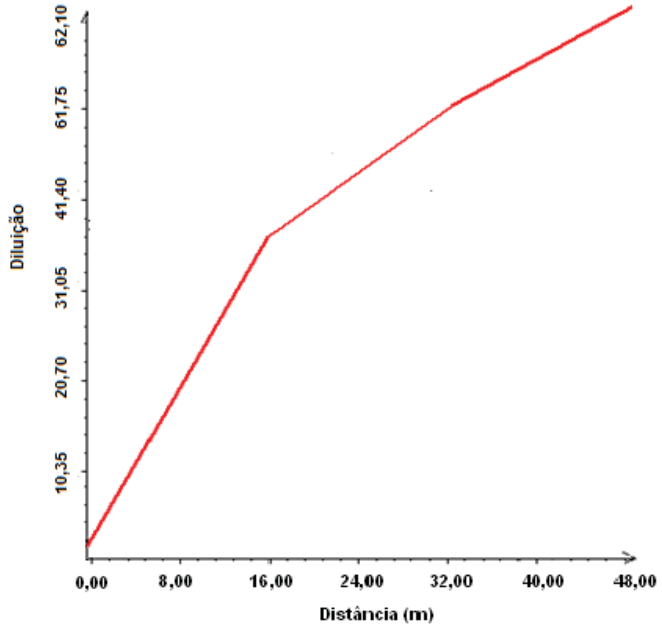

Figura 6.3.2.4-6 – Gráfico Diluição (vezes) X Distância (m)

Os resultados da simulação mostram que a pluma atinge a concentração de 75 mg/L de Cor (padrão de qualidade para rios classe 2) a partir de 13,99 m do lançamento do efluente.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para o estudo da zona de mistura do rio Tibagi foram rodadas 8 simulações, variando a vazão do rio (vazão média de 292 m^3/s e $Q_{7,10}$ de 34 m^3/s), os parâmetros em estudo (DBO e Cor) e as condições do rio Tibagi atual (sem a instalação da UHE Mauá) e futura (com a instalação da UHE Mauá), no qual foram verificadas as distâncias em que a qualidade do rio atende aos parâmetros estabelecidos pela Res. CONAMA 357/2005 (para rios de classe 2. Os resultados das modelagens são apresentados na **Tabela 7-1**.

Tabela 7-1. Resultados das simulações do CORMIX.

	Parâmetro	Simulação nº	Vazão (m^3/s)	Distância até atingir o padrão de qualidade para rio classe 2 (CONAMA 357/2005)[1] (zona de mistura)
Simulação Condição Atual	DBO[1]	1	34 ($Q_{7,10}$)	13,14 m
		2	292 ($Q_{média}$)	12,36 m
	COR[2]	3	34 ($Q_{7,10}$)	14,90 m
		4	292 ($Q_{média}$)	14,01 m
Simulação Condição Futura	DBO[1]	5	34 ($Q_{7,10}$)	12,93 m
		6	292 ($Q_{média}$)	12,34 m
	COR[2]	7	34 ($Q_{7,10}$)	14,65 m
		8	292 ($Q_{média}$)	13,99 m

[1] Padrão CONAMA 357/2005 para DBO rio classe 2 = 5,0 mg/L e para Cor rio classe 2 = 75 mg/L.

De acordo com a Tabela 7.1, verifica-se que para atendimento dos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, no tocante aos parâmetros DBO e Cor tanto nas condições mais críticas (vazão mínima - $Q_{7,10}$) quanto nas condições de vazão média, e ainda considerando as condições atual (sem a instalação da UHE Mauá) e futura (com a instalação da UHE Mauá), tem-se que as distâncias necessárias para a zona de mistura dos efluentes tratados da Klabin no rio Tibagi são da ordem de 12 a 15,0 m.

Pode-se concluir baseando-se nas simulações realizadas no presente estudo que o efluente industrial da futura fábrica de papel e celulose da Klabin não irá impactar na qualidade da água do Rio Tibagi, sendo demonstrado que rapidamente atinge o padrão de qualidade da água estabelecido pela legislação ambiental. Verifica-se que o rio Tibagi já possui carga orgânica à montante da futura fábrica, e que esta carga será depurada conforme apresentado no Estudo de Autodepuração contido no EIA/RIMA.

O ponto de captação da água, que será utilizada na unidade industrial, estará localizado a apenas 1km a jusante do ponto de lançamento de efluentes (estando conforme a legislação ambiental). Isto demonstra o comprometimento e a segurança que a Klabin tem no futuro tratamento de efluentes que será instalado de forma a garantir uma excelente qualidade de água para o rio Tibagi.

8. EQUIPE TÉCNICA

- Engenheiro Químico e de Segurança do Trabalho Angelo Baucia - CREA 0601238013 / IBAMA 333041;
- Engenheira Ambiental Marília Tupy de Godoy - CREA 087348-5 SC / IBAMA 4252885.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão e autodepuração do efluente da VCP no rio Piracicaba, 2009.

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão hídrica do efluente da SUZANO no rio Tocantins, 2010.

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão hídrica do efluente da SUZANO no rio Parnaíba, 2010.

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão hídrica do efluente da FIBRIA no rio Paraná, 2010.

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão hídrica do efluente da LWARCEL no rio Tietê, 2011.

FADEL ENGENHARIA – Estudo de estudo de dispersão hídrica do efluente da BRAXCEL no rio Tocantins, 2011.

GERHARD H. JIRKA, ROBERT L. DONEKER, E STEVEN W. HINTON – User's manual for CORMIX: a hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters.

LATEC. Modelagem Matemática da Qualidade da Água para a UHE Mauá.

METCALF & EDDY – Wastewater engineering, 4th. Edition, 2003.

NETO, AZEVEDO – Manual de Hidráulica, volumes I e II.

SOUZA, SIMONE NASCIMENTO; FLORENCIO, LOURDINHA – Critérios para escolha de modelos matemáticos como ferramenta de apoio ao gerenciamento da qualidade da água de bacias hidrográficas. 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ANEXO I

SIMULAÇÕES – SOFTWARE CORMIX

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin Ortigueira -PR
  DESIGN CASE:                  COR
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/04/2012--23:10:47
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                          = bounded
  Width                           BS     = 220 m
  Channel regularity              ICHREG = 2
  Ambient flowrate                QA     = 34 m^3/s
  Average depth                   HA     = 9 m
  Depth at discharge              HD     = 8 m
  Ambient velocity                UA     = 0.0172 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor  F      = 0.0462
    Calculated from Manning's n          = 0.035
  Wind velocity                   UW     = 2 m/s
  Stratification Type             STRCND = U
  Surface temperature                    = 25 degC
  Bottom temperature                     = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                 RHOAS  = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                  RHOAB  = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:             Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                   DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                 LD     = 96 m
  Nearest bank                           = left
  Diffuser endpoints              YB1    = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings              NOPEN  = 33
  Number of Risers                NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser         NPPERR  = 1
  Spacing between risers/openings SPAC   = 3 m
  Port/Nozzle diameter            D0     = 0.25 m
    with contraction ratio               = 0.6
  Equivalent slot width           B0     = 0.0101 m
  Total area of openings          TA0    = 0.9719 m^2
  Discharge velocity              U0     = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate        Q0     = 2.06 m^3/s
  Discharge port height           H0     = 0.5 m
  Nozzle arrangement              BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle        GAMMA  = 90 deg
  Vertical discharge angle        THETA  = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC  = 0 deg
  Horizontal discharge angle      SIGMA  = 0 deg
  Relative orientation angle      BETA   = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)     = 30 degC
  Corresponding density           RHO0   = 995.6470 kg/m^3
  Density difference              DRHO   = 1.3985 kg/m^3
  Buoyant acceleration            GP0    = 0.0138 m/s^2
  Discharge concentration         C0     = 500 mg/l
```

```
  Discharge concentration          C0      = 500 mg/l
  Surface heat exchange coeff.     KS      = 0 m/s
  Coefficient of decay             KD      = 0 /s
-------------------------------------------------------------------------------
FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:
  Discharge (volume flux)          q0      = 0.021458 m^2/s
  Momentum flux                    m0      = 0.045481 m^3/s^2
  Buoyancy flux                    j0      = 0.000295 m^3/s^3
-------------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
  LQ  = 0.01 m          Lm  = 154.24 m          LM  = 10.24 m
  lm' = 99999 m          Lb' = 99999 m          La  = 99999 m
  (These refer to the actual discharge/environment length scales.)
-------------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Slot Froude number               FR0     = 179.60
  Port/nozzle Froude number        FRD0    = 36.14
  Velocity ratio                   R       = 123.43
-------------------------------------------------------------------------------
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
  Toxic discharge                          = no
  Water quality standard specified         = yes
  Water quality standard           CSTD    = 75 mg/l
  Regulatory mixing zone                   = yes
  Regulatory mixing zone specification     = distance
  Regulatory mixing zone value             = 8000 m (m^2 if area)
  Region of interest                       = 2200 m
*******************************************************************************
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
  *-------------------------*
  | FLOW CLASS   = MU2 |
  *-------------------------*
  This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
  depth at the discharge site.
  Applicable layer depth = water depth = 8 m
*******************************************************************************
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-------------------------------------------------------------------------------
X-Y-Z Coordinate system:
  Origin is located at the bottom below the port center:
    108 m from the left bank/shore.
  Number of display steps NSTEP = 3 per module.
-------------------------------------------------------------------------------
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing.  It has no regulatory
  implication.  However, this information may be useful for the discharge
  designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
  discharge design conditions.
  Pollutant concentration at NFR edge  c = 11.020900 mg/l
  Dilution at edge of NFR              s = 45.4
  NFR Location:                        x = 1000 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 8 m
  NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 515.15 m
                          thickness (bv) = 1.60 m
Cumulative travel time:       65798.1016 sec.
-------------------------------------------------------------------------------
```

```
Buoyancy assessment:
  The effluent density is less than the surrounding ambient water
  density at the discharge level.
  Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards
  the surface.
-------------------------------------------------------------------------------

Near-field instability behavior:
  The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing
  in the near-field.
  There may be benthic impact of high pollutant concentrations.
-------------------------------------------------------------------------------
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
  Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m
  downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.
-------------------------------------------------------------------------------
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
  Plume in bounded section contacts nearest bank at 0 m downstream.
  Plume contacts second bank at 0 m downstream.
************************ TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ************************
No TDZ was specified for this simulation.
********************** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY ***********************
An RMZ was specified but its boundary was not encountered within the
  predicted plume region.
In a subsequent analysis, use an ROI that extends further downstream.
But:
The ambient water quality standard was encountered at the following
  plume position:
  Water quality standard                 = 75  mg/l
  Corresponding dilution               s = 6.7
  Plume location:                      x = 14.65 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 1.57 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 36.07 m
                          thickness (bv) = 2.94 m
********************** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *********************
CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
  the actual three-dimensional diffuser geometry.  Thus, it approximates
  the details of the merging process of the individual jets from each
  port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
  (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
  water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
  final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
  for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
  the present near-field prediction.
-------------------------------------------------------------------------------
REMINDER:  The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
  technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
  CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated
  plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate
  to within about +-50% (standard deviation).
As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges
  the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.
```

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin Ortigueira -PR
  DESIGN CASE:                  COR
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/04/2012--23:22:29
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                          = bounded
  Width                           BS     = 220 m
  Channel regularity              ICHREG = 2
  Ambient flowrate                QA     = 292 m^3/s
  Average depth                   HA     = 9.5 m
  Depth at discharge              HD     = 8.5 m
  Ambient velocity                UA     = 0.1397 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor  F      = 0.0454
    Calculated from Manning's n          = 0.035
  Wind velocity                   UW     = 2 m/s
  Stratification Type             STRCND = U
  Surface temperature                    = 25 degC
  Bottom temperature                     = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                 RHOAS  = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                  RHOAB  = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:             Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                   DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                 LD     = 96 m
  Nearest bank                           = left
  Diffuser endpoints              YB1    = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings              NOPEN  = 33
  Number of Risers                NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser         NPPERR  = 1
  Spacing between risers/openings SPAC   = 3 m
  Port/Nozzle diameter            D0     = 0.25 m
    with contraction ratio               = 0.6
  Equivalent slot width           B0     = 0.0101 m
  Total area of openings          TA0    = 0.9719 m^2
  Discharge velocity              U0     = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate        Q0     = 2.06 m^3/s
  Discharge port height           H0     = 0.5 m
  Nozzle arrangement              BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle        GAMMA  = 90 deg
  Vertical discharge angle        THETA  = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC  = 0 deg
  Horizontal discharge angle      SIGMA  = 0 deg
  Relative orientation angle      BETA   = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)     = 30 degC
  Corresponding density           RHO0   = 995.6470 kg/m^3
  Density difference              DRHO   = 1.3985 kg/m^3
  Buoyant acceleration            GP0    = 0.0138 m/s^2
  Discharge concentration         C0     = 500 mg/l
```

```
  Discharge concentration          C0      = 500 mg/l
  Surface heat exchange coeff.     KS      = 0 m/s
  Coefficient of decay             KD      = 0 /s
-------------------------------------------------------------------------------
FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:
  Discharge (volume flux)          q0      = 0.021458 m^2/s
  Momentum flux                    m0      = 0.045481 m^3/s^2
  Buoyancy flux                    j0      = 0.000295 m^3/s^3
-------------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
  LQ  = 0.01 m          Lm  = 2.33 m          LM  = 10.24 m
  lm' = 99999 m          Lb' = 99999 m          La  = 99999 m
  (These refer to the actual discharge/environment length scales.)
-------------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Slot Froude number               FR0     = 179.60
  Port/nozzle Froude number        FRD0    = 36.14
  Velocity ratio                   R       = 15.17
-------------------------------------------------------------------------------
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
  Toxic discharge                          = no
  Water quality standard specified         = yes
  Water quality standard           CSTD    = 75 mg/l
  Regulatory mixing zone                   = yes
  Regulatory mixing zone specification     = distance
  Regulatory mixing zone value             = 8000 m (m^2 if area)
  Region of interest                       = 2200 m
*******************************************************************************
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
  *-------------------------*
  | FLOW CLASS   = MU2 |
  *-------------------------*
  This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
  depth at the discharge site.
  Applicable layer depth = water depth = 8.5 m
*******************************************************************************
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-------------------------------------------------------------------------------
X-Y-Z Coordinate system:
  Origin is located at the bottom below the port center:
    108 m from the left bank/shore.
  Number of display steps NSTEP = 3 per module.
-------------------------------------------------------------------------------
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing.  It has no regulatory
  implication.  However, this information may be useful for the discharge
  designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
  discharge design conditions.
  Pollutant concentration at NFR edge  c = 8.0513 mg/l
  Dilution at edge of NFR              s = 62.1
  NFR Location:                        x = 48 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 8.5 m
  NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 43.30 m
                          thickness (bv) = 8.5 m
Cumulative travel time:       276.1127 sec.
-------------------------------------------------------------------------------
```

```
Buoyancy assessment:
  The effluent density is less than the surrounding ambient water
  density at the discharge level.
  Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards
  the surface.
-------------------------------------------------------------------------------
Near-field instability behavior:
  The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing
  in the near-field.
  There may be benthic impact of high pollutant concentrations.
-------------------------------------------------------------------------------
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
  Plume is vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD (or a fraction thereof),
  but RE-STRATIFIES LATER.
  Plume becomes vertically fully mixed again at 4190.86 m downstream.
-------------------------------------------------------------------------------
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
  Plume in bounded section contacts nearest bank at 355.17 m downstream.
  Plume contacts second bank at 381.73 m downstream.
************************ TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ************************
No TDZ was specified for this simulation.
********************** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY ***********************
-------------------------------------------------------------------------------
Regulatory Mixing Zone Analysis:
  The effluent becomes fully mixed within the section before the RMZ boundary
  has been encountered.  No further change in concentration occurs
  in the downstream direction.
Furthermore, the specified water quality standard has indeed been met
  within the RMZ. In particular:
The ambient water quality standard was encountered at the following
  plume position:
  Water quality standard                 = 75  mg/l
  Corresponding dilution               s = 6.7
  Plume location:                      x = 13.99 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 1.59 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 45.34 m
                          thickness (bv) = 2.81 m
********************** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *********************
CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
  the actual three-dimensional diffuser geometry.  Thus, it approximates
  the details of the merging process of the individual jets from each
  port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
  (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
  water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
  final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
  for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
  the present near-field prediction.
-------------------------------------------------------------------------------
REMINDER:  The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
  technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
  CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated
  plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate
  to within about +-50% (standard deviation).
```

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin
  DESIGN CASE:                  Cor
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/03/2012--22:40:07
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                          = bounded
  Width                           BS     = 220 m
  Channel regularity              ICHREG = 2
  Ambient flowrate                QA     = 34 m^3/s
  Average depth                   HA     = 3 m
  Depth at discharge              HD     = 2.1 m
  Ambient velocity                UA     = 0.0515 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor  F      = 0.0667
    Calculated from Manning's n          = 0.035
  Wind velocity                   UW     = 2 m/s
  Stratification Type             STRCND = U
  Surface temperature                    = 25 degC
  Bottom temperature                     = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                 RHOAS  = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                  RHOAB  = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:             Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                   DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                 LD     = 96 m
  Nearest bank                           = left
  Diffuser endpoints              YB1    = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings              NOPEN  = 33
  Number of Risers                NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser         NPPERR  = 1
  Spacing between risers/openings SPAC   = 3 m
  Port/Nozzle diameter            D0     = 0.25 m
    with contraction ratio               = 0.6
  Equivalent slot width           B0     = 0.0101 m
  Total area of openings          TA0    = 0.9719 m^2
  Discharge velocity              U0     = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate        Q0     = 2.06 m^3/s
  Discharge port height           H0     = 0.5 m
  Nozzle arrangement              BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle        GAMMA  = 90 deg
  Vertical discharge angle        THETA  = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC  = 0 deg
  Horizontal discharge angle      SIGMA  = 0 deg
  Relative orientation angle      BETA   = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)     = 30 degC
  Corresponding density           RHO0   = 995.6470 kg/m^3
  Density difference              DRHO   = 1.3985 kg/m^3
  Buoyant acceleration            GP0    = 0.0138 m/s^2
  Discharge concentration         C0     = 500 mg/l
```

```
  Discharge concentration          C0      = 500 mg/l
  Surface heat exchange coeff.     KS      = 0 m/s
  Coefficient of decay             KD      = 0 /s
-------------------------------------------------------------------------------
FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:
  Discharge (volume flux)          q0      = 0.021458 m^2/s
  Momentum flux                    m0      = 0.045481 m^3/s^2
  Buoyancy flux                    j0      = 0.000295 m^3/s^3
-------------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
  LQ  = 0.01 m          Lm  = 17.14 m          LM  = 10.24 m
  lm' = 99999 m          Lb' = 99999 m          La  = 99999 m
  (These refer to the actual discharge/environment length scales.)
-------------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Slot Froude number               FR0     = 179.60
  Port/nozzle Froude number        FRD0    = 36.14
  Velocity ratio                   R       = 41.14
-------------------------------------------------------------------------------
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
  Toxic discharge                          = no
  Water quality standard specified         = yes
  Water quality standard           CSTD    = 75 mg/l
  Regulatory mixing zone                   = yes
  Regulatory mixing zone specification     = distance
  Regulatory mixing zone value             = 8000 m (m^2 if area)
  Region of interest                       = 2200 m
*******************************************************************************
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
  *-------------------------*
  | FLOW CLASS   = MU2 |
  *-------------------------*
  This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
  depth at the discharge site.
  Applicable layer depth = water depth = 2.1 m
*******************************************************************************
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-------------------------------------------------------------------------------
X-Y-Z Coordinate system:
  Origin is located at the bottom below the port center:
    108 m from the left bank/shore.
  Number of display steps NSTEP = 3 per module.
-------------------------------------------------------------------------------
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing.  It has no regulatory
  implication.  However, this information may be useful for the discharge
  designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
  discharge design conditions.
  Pollutant concentration at NFR edge  c = 21.0029 mg/l
  Dilution at edge of NFR              s = 23.8
  NFR Location:                        x = 1000.00 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 2.1 m
  NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 313.09 m
                          thickness (bv) = 0.63 m
Cumulative travel time:       35054.3477 sec.
-------------------------------------------------------------------------------
```

```
Buoyancy assessment:
  The effluent density is less than the surrounding ambient water
  density at the discharge level.
  Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards
  the surface.
-------------------------------------------------------------------------------
Near-field instability behavior:
  The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing
  in the near-field.
  There may be benthic impact of high pollutant concentrations.
-------------------------------------------------------------------------------
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
  Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m
  downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.
-------------------------------------------------------------------------------
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
  Plume in bounded section contacts nearest bank at 0 m downstream.
  Plume contacts second bank at 0 m downstream.
************************ TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ************************
No TDZ was specified for this simulation.
*********************** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY ***********************
An RMZ was specified but its boundary was not encountered within the
  predicted plume region.
In a subsequent analysis, use an ROI that extends further downstream.
But:
The ambient water quality standard was encountered at the following
  plume position:
  Water quality standard                 = 75  mg/l
  Corresponding dilution               s = 6.7
  Plume location:                      x = 14.90 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 0.67 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 37.04 m
                          thickness (bv) = 1.96 m
********************** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS **********************
CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
  the actual three-dimensional diffuser geometry.  Thus, it approximates
  the details of the merging process of the individual jets from each
  port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
  (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
  water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
  final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
  for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
  the present near-field prediction.
-------------------------------------------------------------------------------
REMINDER:  The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
  technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
  CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated
  plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate
  to within about +-50% (standard deviation).
As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges
  the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.
```

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin
  DESIGN CASE:                  Cor
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2.
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/03/2012--22:58:58
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                          = bounded
  Width                           BS     = 220 m
  Channel regularity              ICHREG = 2
  Ambient flowrate                QA     = 292 m^3/s
  Average depth                   HA     = 5 m
  Depth at discharge              HD     = 4 m
  Ambient velocity                UA     = 0.2655 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor  F      = 0.0562
    Calculated from Manning's n          = 0.035
  Wind velocity                   UW     = 2 m/s
  Stratification Type             STRCND = U
  Surface temperature                    = 25 degC
  Bottom temperature                     = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                 RHOAS  = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                  RHOAB  = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:             Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                   DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                 LD     = 96 m
  Nearest bank                           = left
  Diffuser endpoints              YB1    = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings              NOPEN  = 33
  Number of Risers                NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser         NPPERR  = 1
  Spacing between risers/openings SPAC   = 3 m
  Port/Nozzle diameter            D0     = 0.25 m
    with contraction ratio               = 0.6
  Equivalent slot width           B0     = 0.0101 m
  Total area of openings          TA0    = 0.9719 m^2
  Discharge velocity              U0     = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate        Q0     = 2.06 m^3/s
  Discharge port height           H0     = 0.5 m
  Nozzle arrangement              BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle        GAMMA  = 90 deg
  Vertical discharge angle        THETA  = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC  = 0 deg
  Horizontal discharge angle      SIGMA  = 0 deg
  Relative orientation angle      BETA   = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)     = 30 degC
  Corresponding density           RHO0   = 995.6470 kg/m^3
  Density difference              DRHO   = 1.3985 kg/m^3
  Buoyant acceleration            GP0    = 0.0138 m/s^2
  Discharge concentration         C0     = 500 mg/l
```

```
  Discharge concentration          C0      = 500 mg/l
  Surface heat exchange coeff.     KS      = 0 m/s
  Coefficient of decay             KD      = 0 /s
-----------------------------------------------------------------------------
FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:
  Discharge (volume flux)          q0      = 0.021458 m^2/s
  Momentum flux                    m0      = 0.045481 m^3/s^2
  Buoyancy flux                    j0      = 0.000295 m^3/s^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
  LQ  = 0.01 m          Lm  = 0.65 m          LM  = 10.24 m
  lm' = 99999 m          Lb' = 99999 m          La  = 99999 m
  (These refer to the actual discharge/environment length scales.)
-----------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Slot Froude number               FR0     = 179.60
  Port/nozzle Froude number        FRD0    = 36.14
  Velocity ratio                   R       = 7.98
-----------------------------------------------------------------------------
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
  Toxic discharge                          = no
  Water quality standard specified         = yes
  Water quality standard           CSTD    = 75 mg/l
  Regulatory mixing zone                   = yes
  Regulatory mixing zone specification     = distance
  Regulatory mixing zone value             = 8000 m (m^2 if area)
  Region of interest                       = 2200 m
*****************************************************************************
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
  *------------------------*
  | FLOW CLASS   = MU2 |
  *------------------------*
  This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
  depth at the discharge site.
  Applicable layer depth = water depth = 4 m
*****************************************************************************
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-----------------------------------------------------------------------------
X-Y-Z Coordinate system:
  Origin is located at the bottom below the port center:
    108 m from the left bank/shore.
  Number of display steps NSTEP = 3 per module.
-----------------------------------------------------------------------------
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing.  It has no regulatory
  implication.  However, this information may be useful for the discharge
  designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
  discharge design conditions.
  Pollutant concentration at NFR edge  c = 9.3992 mg/l
  Dilution at edge of NFR              s = 53.2
  NFR Location:                        x = 48 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 4 m
  NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 44.88 m
                          thickness (bv) = 4 m
Cumulative travel time:       157.2237 sec.
-----------------------------------------------------------------------------
```

```
Buoyancy assessment:
  The effluent density is less than the surrounding ambient water
  density at the discharge level.
  Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards
  the surface.
-------------------------------------------------------------------------------
Near-field instability behavior:
  The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing
  in the near-field.
  There may be benthic impact of high pollutant concentrations.
-------------------------------------------------------------------------------
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
  Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 48 m
  downstream and continues as vertically mixed into the far-field.
-------------------------------------------------------------------------------
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
  Plume in bounded section does not contact bank.
************************ TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ************************
No TDZ was specified for this simulation.
********************** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY **********************
The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:
  Pollutant concentration              c = 5.84559  mg/l
  Corresponding dilution               s = 85.5
  Plume location:                      x = 8000 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 4 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 82.39 m
                          thickness (bv) = 4 m
Cumulative travel time:       29903.5371 sec.
At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any bank.
Furthermore, the specified water quality standard has indeed been met
  within the RMZ. In particular:
The ambient water quality standard was encountered at the following
  plume position:
  Water quality standard                 = 75  mg/l
  Corresponding dilution               s = 6.7
  Plume location:                      x = 14.01 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 0.94 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 46.23 m
                          thickness (bv) = 2.81 m
********************** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS **********************
CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
  the actual three-dimensional diffuser geometry.  Thus, it approximates
  the details of the merging process of the individual jets from each
  port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
  (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
  water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
  final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
  for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
  the present near-field prediction.
-------------------------------------------------------------------------------
REMINDER:  The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
  technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
```

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about +-50% (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin Ortigueira
  DESIGN CASE:                  DBO
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/22/2012--09:15:27
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                          = bounded
  Width                          BS      = 220 m
  Channel regularity             ICHREG = 2
  Ambient flowrate               QA      = 34 m^3/s
  Average depth                  HA      = 3 m
  Depth at discharge             HD      = 2.1 m
  Ambient velocity               UA      = 0.0515 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor F       = 0.0667
    Calculated from Manning's n          = 0.035
  Wind velocity                  UW      = 2 m/s
  Stratification Type            STRCND = U
  Surface temperature                    = 25 degC
  Bottom temperature                     = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                RHOAS   = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                 RHOAB   = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:            Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                  DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                LD      = 96 m
  Nearest bank                           = left
  Diffuser endpoints             YB1     = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings             NOPEN   = 33
  Number of Risers               NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser        NPPERR   = 1
  Spacing between risers/openings SPAC   = 3 m
  Port/Nozzle diameter           D0      = 0.25 m
    with contraction ratio               = 0.6
  Equivalent slot width          B0      = 0.0101 m
  Total area of openings         TA0     = 0.9719 m^2
  Discharge velocity             U0      = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate       Q0      = 2.06 m^3/s
  Discharge port height          H0      = 0.5 m
  Nozzle arrangement             BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle       GAMMA   = 90 deg
  Vertical discharge angle       THETA   = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC  = 0 deg
  Horizontal discharge angle     SIGMA   = 0 deg
  Relative orientation angle     BETA    = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)     = 30 degC
  Corresponding density          RHO0    = 995.6470 kg/m^3
  Density difference             DRHO    = 1.3985 kg/m^3
  Buoyant acceleration           GP0     = 0.0138 m/s^2
  Discharge concentration        C0      = 20 mg/l
```

```
  Discharge concentration          C0       = 20 mg/l
  Surface heat exchange coeff.     KS       = 0 m/s
  Coefficient of decay             KD       = 0 /s
-------------------------------------------------------------------------------
FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:
  Discharge (volume flux)          q0       = 0.021458 m^2/s
  Momentum flux                    m0       = 0.045481 m^3/s^2
  Buoyancy flux                    j0       = 0.000295 m^3/s^3
-------------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
  LQ  = 0.01 m          Lm  = 17.14 m          LM  = 10.24 m
  lm' = 99999 m          Lb' = 99999 m          La  = 99999 m
  (These refer to the actual discharge/environment length scales.)
-------------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Slot Froude number               FR0     = 179.60
  Port/nozzle Froude number        FRD0    = 36.14
  Velocity ratio                   R       = 41.14
-------------------------------------------------------------------------------
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:
  Toxic discharge                          = no
  Water quality standard specified         = yes
  Water quality standard           CSTD    = 5 mg/l
  Regulatory mixing zone                   = yes
  Regulatory mixing zone specification     = distance
  Regulatory mixing zone value             = 8000 m (m^2 if area)
  Region of interest                       = 2200 m
*******************************************************************************
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
  *-------------------------*
  | FLOW CLASS   = MU2 |
  *-------------------------*
  This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
  depth at the discharge site.
  Applicable layer depth = water depth = 2.1 m
*******************************************************************************
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-------------------------------------------------------------------------------
X-Y-Z Coordinate system:
  Origin is located at the bottom below the port center:
    108 m from the left bank/shore.
  Number of display steps NSTEP = 3 per module.
-------------------------------------------------------------------------------
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing.  It has no regulatory
  implication.  However, this information may be useful for the discharge
  designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
  discharge design conditions.
  Pollutant concentration at NFR edge  c = 0.8401 mg/l
  Dilution at edge of NFR              s = 23.8
  NFR Location:                        x = 1000.00 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 2.1 m
  NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 313.09 m
                         thickness (bv) = 0.63 m
Cumulative travel time:       35054.3477 sec.
-------------------------------------------------------------------------------
```

```
Buoyancy assessment:
  The effluent density is less than the surrounding ambient water
  density at the discharge level.
  Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards
  the surface.
-------------------------------------------------------------------------------
Near-field instability behavior:
  The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing
  in the near-field.
  There may be benthic impact of high pollutant concentrations.
-------------------------------------------------------------------------------
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:
  Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m
  downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.
-------------------------------------------------------------------------------
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:
  Plume in bounded section contacts nearest bank at 0 m downstream.
  Plume contacts second bank at 0 m downstream.
************************* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ************************
No TDZ was specified for this simulation.
********************** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY ************************
An RMZ was specified but its boundary was not encountered within the
  predicted plume region.
In a subsequent analysis, use an ROI that extends further downstream.
But:
The ambient water quality standard was encountered at the following
  plume position:
  Water quality standard                 = 5  mg/l
  Corresponding dilution               s = 4
  Plume location:                      x = 13.14 m
    (centerline coordinates)           y = 0 m
                                       z = 0.65 m
  Plume dimensions:      half-width (bh) = 38.33 m
                          thickness (bv) = 1.73 m
********************** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS **********************
CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent
  the actual three-dimensional diffuser geometry.  Thus, it approximates
  the details of the merging process of the individual jets from each
  port/nozzle.
In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles
  (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local
  water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a
  final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data
  for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to
  the present near-field prediction.
-------------------------------------------------------------------------------
REMINDER:  The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known
  technique is NOT AN EXACT SCIENCE.
Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the
  CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated
  plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate
  to within about +-50% (standard deviation).
As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges
  the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.
```

```
CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                        CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                            CORMIX Version 5.0E
                         HYDRO2:Version-5.0.2.0  October,2008
SITE NAME/LABEL:                Klabin Ortigueira
  DESIGN CASE:                  DBO
  FILE NAME:                    C:\Program Files\CORMIX 5.0\Sample Files\Sample2
  Using subsystem CORMIX2:     Multiport Diffuser Discharges
  Start of session:             04/22/2012--09:32:47
*****************************************************************************
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----------------------------------------------------------------------------
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                           = bounded
  Width                           BS      = 220 m
  Channel regularity              ICHREG = 2
  Ambient flowrate                QA      = 292 m^3/s
  Average depth                   HA      = 5 m
  Depth at discharge              HD      = 4 m
  Ambient velocity                UA      = 0.2655 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor  F       = 0.0562
    Calculated from Manning's n           = 0.035
  Wind velocity                   UW      = 2 m/s
  Stratification Type             STRCND = U
  Surface temperature                     = 25 degC
  Bottom temperature                      = 25 degC
  Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
  Surface density                 RHOAS   = 997.0456 kg/m^3
  Bottom density                  RHOAB   = 997.0456 kg/m^3
-----------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE PARAMETERS:             Submerged Multiport Diffuser Discharge
  Diffuser type                   DITYPE = unidirectional perpendicular
  Diffuser length                 LD      = 96 m
  Nearest bank                            = left
  Diffuser endpoints              YB1     = 60 m;    YB2 = 156 m
  Number of openings              NOPEN   = 33
  Number of Risers                NRISER = 33
  Ports/Nozzles per Riser         NPPERR   = 1
  Spacing between risers/openings SPAC    = 3 m
  Port/Nozzle diameter            D0      = 0.25 m
    with contraction ratio                = 0.6
  Equivalent slot width           B0      = 0.0101 m
  Total area of openings          TA0     = 0.9719 m^2
  Discharge velocity              U0      = 2.12 m/s
  Total discharge flowrate        Q0      = 2.06 m^3/s
  Discharge port height           H0      = 0.5 m
  Nozzle arrangement              BETYPE = unidirectional without fanning
  Diffuser alignment angle        GAMMA   = 90 deg
  Vertical discharge angle        THETA   = 0 deg
  Actual Vertical discharge angle THEAC   = 0 deg
  Horizontal discharge angle      SIGMA   = 0 deg
  Relative orientation angle      BETA    = 90 deg
  Discharge temperature (freshwater)      = 30 degC
```