

Corresponding density	RHO0	= 995.6470 kg/m ³
Density difference	DRHO	= 1.3985 kg/m ³
Buoyant acceleration	GPO	= 0.0138 m/s ²
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 = 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	= 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 = 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 = 0.376 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

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 = 0.233824 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	= 5 mg/l
Corresponding dilution	s = 4
Plume location:	x = 12.36 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0.89 m

Plume dimensions:	half-width (bh) = 46.44 m
	thickness (bv) = 2.48 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 $\pm 50\%$ (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:

XX

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--09:52:04

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded
 Width BS = 220 m
 Channel regularity ICHREG = 2
 Ambient flowrate QA = 34 m³/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/m³
 Bottom density RHOAB = 997.0456 kg/m³

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 m²
 Discharge velocity U0 = 2.12 m/s
 Total discharge flowrate Q0 = 2.06 m³/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/m³
 Density difference DRHO = 1.3985 kg/m³
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0138 m/s²

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 = 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 = 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 = 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 = 0.4408 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	= 5 mg/l
Corresponding dilution	s = 4
Plume location:	x = 12.93 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 1.44 m

Plume dimensions:	half-width (bh) = 37.47 m
	thickness (bv) = 2.59 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:

XX

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--09:40:48

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded
 Width BS = 220 m
 Channel regularity ICHREG = 2
 Ambient flowrate QA = 292 m³/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/m³
 Bottom density RHOAB = 997.0456 kg/m³

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 TAO = 0.9719 m²
 Discharge velocity U0 = 2.12 m/s
 Total discharge flowrate Q0 = 2.06 m³/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/m³
 Density difference DRHO = 1.3985 kg/m³
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0138 m/s²

Discharge concentration CO = 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 m²/s
Momentum flux m0 = 0.045481 m³/s²
Buoyancy flux j0 = 0.000295 m³/s³

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 = 5 mg/l
Regulatory mixing zone = yes
Regulatory mixing zone specification = distance
Regulatory mixing zone value = 8000 m (m² 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 = 0.3221 mg/l
Dilution at edge of NFR s = 62.1
NFR Location: x = 48 m
 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 = 5 mg/l

Corresponding dilution $s = 4$

Plume location: $x = 12.34$ m

(centerline coordinates) $y = 0$ m

$z = 1.46$ m

Plume dimensions: half-width (bh) = 45.65 m

thickness (bv) = 2.48 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 $\pm 50\%$ (standard deviation).
As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.



ESTUDO DE DISPERSÃO HÍDRICA
NO RIO TIBAGI



ANEXO II
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA					
Av. Brig. Faria Lima 1059 - Pinheiros - São Paulo - SP CEP 01452-920 Tel. 0800 17 18 11					
ART			1- Nº DA ART		
Anotação de Responsabilidade Técnica Lei Federal Nº. 5.496 de 07/12/77			92221220120360624		
CONTRATADO					
2 - Nº DO CREA/SP DO PROFISSIONAL 0601478673			3 - Nº DO CPF DO PROFISSIONAL 01715375807		
4 - NOME DO PROFISSIONAL KLEIB HENRIQUE FADEL			5 - TÍTULO DO PROFISSIONAL Engenheiro Civil		
ART					
6 - TIPO DE ART 1-Obra/Serviço	7 - VINCULADA A ART Nº		8 - HÁ OUTRAS ARTs VINCULADAS 1 - Não		
9 - ALTERAÇÃO/COMPL./SUBST. DA ART 1 - Não		10 - SUBEMPREITADA 1 - Não			
ANOTAÇÃO					
11 - CLASSIFICAÇÃO DA ANOTAÇÃO 1 - Responsabilidade Principal		12 - ÁREA DE ATUAÇÃO 30 - Engenharia Ambiental		13 - TIPO DE CONTRATADO 1- Pessoa Jurídica	
EMPRESA CONTRATADA					
14 - Nº DE REGISTRO NO CREA 0494122		15 - NOME COMPLETO FADEL ENGENHARIA LTDA			
16 - CGC/CNPJ 02571088000127		17 - CLASSIFICAÇÃO 1-Empresa Privada			
CONTRATANTE					
18 - NOME DO CONTRATANTE DA OBRA / SERVIÇO POYRY TECNOLOGIA LTDA			19 - TELEFONE P/ CONTATO (11)34726955		20 - CPF/CNPJ 50648468000165
DADOS DA OBRA / SERVIÇO OBJETO DO CONTRATO					
21 - ENDEREÇO DA OBRA / SERVIÇO RUA ALEXANDRE DUMAS, 1901					22 - CEP 04717-004
CLASSIFICAÇÃO					
23 - NATUREZA 1A6004	24 - UNIDADE 99	25 - QUANTIFICAÇÃO 1	26 - ATIVIDADES TÉCNICAS 16		
2					
3					
27 - DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS SOB SUA RESPONSABILIDADE OU DO CARGO/FUNÇÃO Estudo de Dispersão Hídrica, Projeto Puma, nova Fábrica de Celulose e Papel, região compreendida entre os municípios de Ortigueira e Telemaco Borba/PR					
RESUMO DO CONTRATO					
Nº E ESCOPO DO CONTRATO, CONDIÇÕES, PRAZO, CUSTOS, ETC... Estudo de Dispersão Hídrica, Projeto Puma, nova Fábrica de Celulose e Papel, região compreendida entre os municípios de Ortigueira e Telemaco Borba/PR Data de efetiva participação do profissional: 01/02/2012					
28 - VALOR DO CONTRATO 10.000,00	29 - DATA DO CONTRATO 01/02/2012	30 - DATA INÍCIO DA EXECUÇÃO 01/02/2012	31 - 10% ENTIDADE DE CLASSE 0	32 - VALOR DA ART A PAGAR 83,00	
ASSINATURA					
<i>Declaro não ser aplicável, dentro das atividades assumidas nesta ART e nos termos aqui anotados, o atendimento às regras de acessibilidade previstas nas Normas Técnicas de Acessibilidade da ABNT e na legislação específica, em especial o Decreto nº. 5.296/2004, para os projetos de construção, reforma ou ampliação de edificações de uso público ou coletivo, nos espaços urbanos ou em mudança de destinação (usos) para estes fins.</i>					
33 - LOCAL E DATA Sao Paulo 12/04/2012	PROFISSIONAL  Kleib Henrique Fadel		CONTRATANTE  POYRY TECNOLOGIA LTDA		

Obs:

- O comprovante deverá ser anexado a ART para comprovação de quitação
- A ART deverá ser devidamente assinada pelo profissional
- Linha digitável:



30
horas

Comprovante de Operação

Títulos Outros Bancos

Identificação no Extrato: **SISPAG FORNECEDORES**

Dados da conta a ser debitada:

Agência: **8667** Conta: **03788 - 4**

Nome: **FADEL ENGENHARIA LTDA**

Dados do pagamento:

Nome do favorecido: **CREA SP FADEL**

Representação numérica
do código de barras: **00199 22210 29222 122011 20360 624215 2 53100000008300**

Valor pago: **R\$ 83,00**

Data de vencimento: **21/04/2012**

Informações fornecidas
pelo pagador:

Pagamento efetuado em **12.04.2012 às 00:00:00**, via Sispag, CTRL **599428954000014**

Autenticação:

553E043DB6856AB96F3266E65D851109C8705E14

* O cliente assume total responsabilidade por eventuais danos decorrentes de inexatidão ou insuficiência nas informações por ele inseridas.



BANCO DO BRASIL
 CREA-SP CONS. REG. ENG. AGRON.
 Agência/Código do Cedente 3336-7/401783-8
 Nosso Número 92221220120360624

Recibo do Sacado

SACADO: FADEL ENGENHARIA LTDA
Profissional: KLEIB HENRIQUE FADEL
 Data de Emissão: 12/04/2012

CREASP: 494122
CREASP: 601478673
 Data de Vencimento: 21/04/2012

ART Nº 92221220120360624

VALOR

83,00

- O comprovante de pagamento deverá ser anexado a ART para comprovação de quitação
- Depósitos ou transferências entre contas não serão reconhecidos por nossos sistemas
- A quitação do título ocorrerá somente após a informação do crédito bancário

Autenticação Mecânica

----- Corte aqui -----



BANCO DO BRASIL | 001-9 |

00199.22210 29222.122011 20360.624215 2 53100000008300

Local de Pagamento					Vencimento
PAGUE PREFERENCIALMENTE NAS AGÊNCIAS DO BANCO DO BRASIL					21/04/2012
Cedente					Agência/Código do Cedente
CREA-SP CONS. REG. ENG. AGRON.					3336-7/401783-8
Data de Emissão	Número do Documento	Espécie Doc	Aceite	Data do Processamento	Nosso Número/Código Documento
12/04/2012	92221220120360624	RC	N	12/04/2012	92221220120360624
Uso do Boleto	Carteira	Espécie Moeda	Quantidade	Valor	(=) Valor do Documento
	18/27	R\$			83,00
Instruções: Texto (ou instruções de responsabilidade do cedente)					(-) Desconto/Abatimento
					(-) Outras Deduções
					(+) Mora/Multa
					(+) Outros Acréscimos
					(=) Valor Cobrado
BOLETO REFERENTE A ART Nº 92221220120360624					
NÃO RECEBER APÓS O VENCIMENTO					
Unidade Cedente: 3336					
Sacado					
FADEL ENGENHARIA LTDA					
Sacador/Avalista					Código de Baixa

Ficha de Compensação/Autenticação Mecânica



----- Corte aqui -----

ANEXO IV

Estudo de Autodepuração



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO
EFLUENTE NO RIO TIBAGI



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO EFLUENTE NO RIO TIBAGI

Projeto da Fábrica de Celulose Branqueada e Papel



KLABIN PAPEL E CELULOSE

Ortigueira – PR

Abril/2012



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDEDOR	2
3. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDIMENTO.....	2
3.1. DESCRIÇÃO GERAL	2
3.2. TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	5
4. HIDROGRAFIA DO RIO TIBAGI.....	8
5. MODELO MATEMÁTICO	20
6. SIMULAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO.....	23
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	34
7. EQUIPE TÉCNICA	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35



1. INTRODUÇÃO

Uma das questões mais relevantes para a sociedade contemporânea é a preservação dos recursos hídricos. No Brasil, a preocupação acerca desse assunto é evidenciada, entre outras, na lei federal nº 9.433/97 (que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos).

Essa norma disciplina o uso das águas no país, e nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 430/2011, as quais 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 espacial e 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, dispersão e capacidade de suporte do corpo receptor podem ser devidamente calculadas e previstas pela simulação.

A Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelece em seu artigo 7º, §1º o seguinte: *O órgão ambiental competente poderá exigir, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo receptor.*

Ainda no artigo 7º, §2º a norma em comento afirma: *O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.*

A capacidade de suporte do corpo receptor é definida no artigo 4º, Inciso I, da Resolução CONAMA nº 430/2011, como: *Valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento.*

A capacidade de suporte do corpo receptor quanto ao lançamento de efluentes e/ou esgotos pode ser determinada através do Estudo de Autodepuração.

Em atendimento a este disposto, o objetivo deste estudo é conhecer a capacidade de suporte do rio Tibagi, quanto ao lançamento de efluentes líquidos tratados da nova fábrica da Klabin, através do estudo dos processos de autodepuração.

Para conhecer a capacidade de suporte do rio Tibagi, foram realizadas simulações através do modelo matemático QUAL-UFMG, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais, mais especificamente pelo Prof. Marcos Von Sperling do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, cujos resultados são apresentados mais adiante no presente relatório.

RHi



Este trabalho faz parte dos Estudos Ambientais de implantação da unidade industrial de produção de celulose 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;
- Modelo Matemático;
- Simulação da Autodepuração;
- Conclusões e Recomendações;
- Equipe Técnica;
- Referências Bibliográficas.

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 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 a 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.

Rfi



A produção de celulose começará com o preparo da madeira retirada das florestas de eucalipto e pinus da KLABIN (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.



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO
EFLUENTE NO RIO TIBAGI

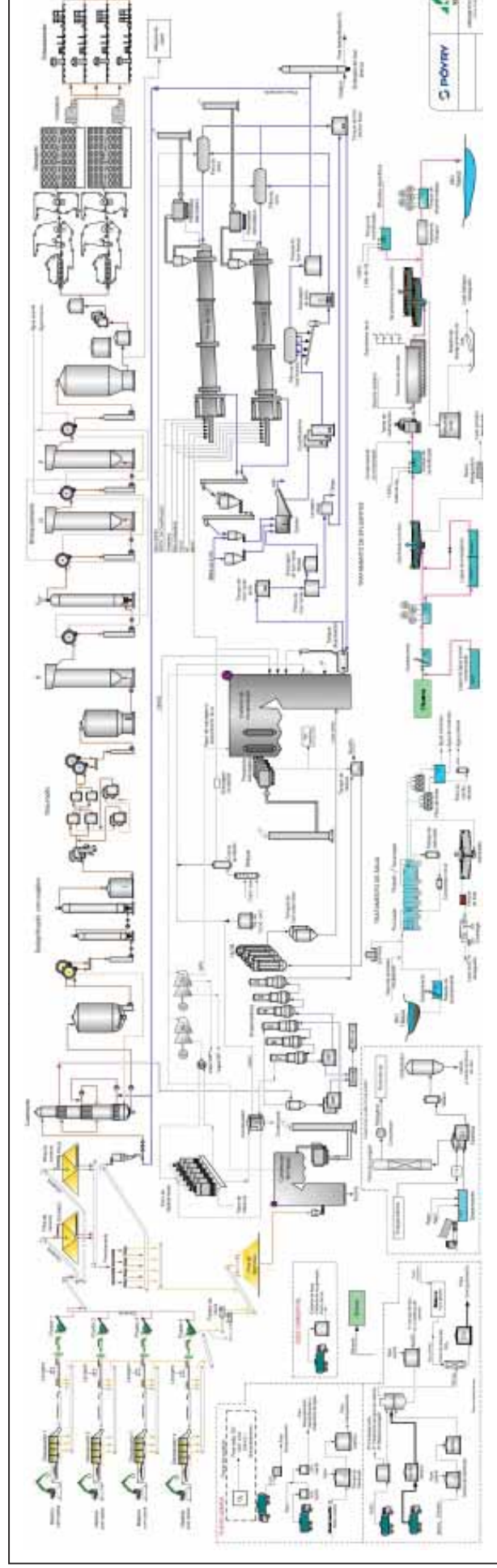


Figura 3.1-1 – Fluxograma geral do processo produtivo.

RUA AMÉRICO BRASILIENSE, 2171 - SALA 1207, SÃO PAULO-SP, FONE: 11-51811799
WWW.FADELENGENHARIA.COM.BR, E-MAIL: FADEL@FADELENGENHARIA.COM.BR



3.2. Tratamento de Efluentes Líquidos

O sistema de tratamento de efluentes é contínuo, e consiste basicamente de três fases: remoção de sólidos (tratamento primário), remoção de carga orgânica (tratamento secundário) e remoção de fósforo, DQO e cor (tratamento terciário). 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 aproximado de 75 m para reduzir a quantidade de sólidos suspensos. Esses clarificadores serão dotados de raspador para remoção de sólidos sedimentados e de espuma acumulada na superfície do mesmo. Os sólidos sedimentados e as espumas 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.

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 aproximada de 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 aproximada de 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 aproximada de 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 °C, e uma temperatura de saída em torno de 35 °C.

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 aproximado de 190.000 m³ e os difusores serão alimentados por cinco sopradores com capacidade de 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 aproximado de 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 efluente tratado será lançado no rio Tibagi de maneira 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. Basicamente, o emissário subaquático será composto por 3 linhas paralelas de PEAD (polietileno de alta densidade) e 33 risers dispostos no leito do rio.



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

– Vazão	2,06 m ³ /s
– Oxigênio dissolvido	0,0 mg/L
– DBO _{5,20}	20 mg/L
– Nitrogênio orgânico	1,0 mg/L
– Amônia-N	1,0 mg/L
– Nitrito-N	0,0 mg/L
– Nitrato-N	3,0 mg/L
– Fósforo orgânico	0,1 mg/L
– Fósforo inorgânico	0,3 mg/L

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% (Parapanema), 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.

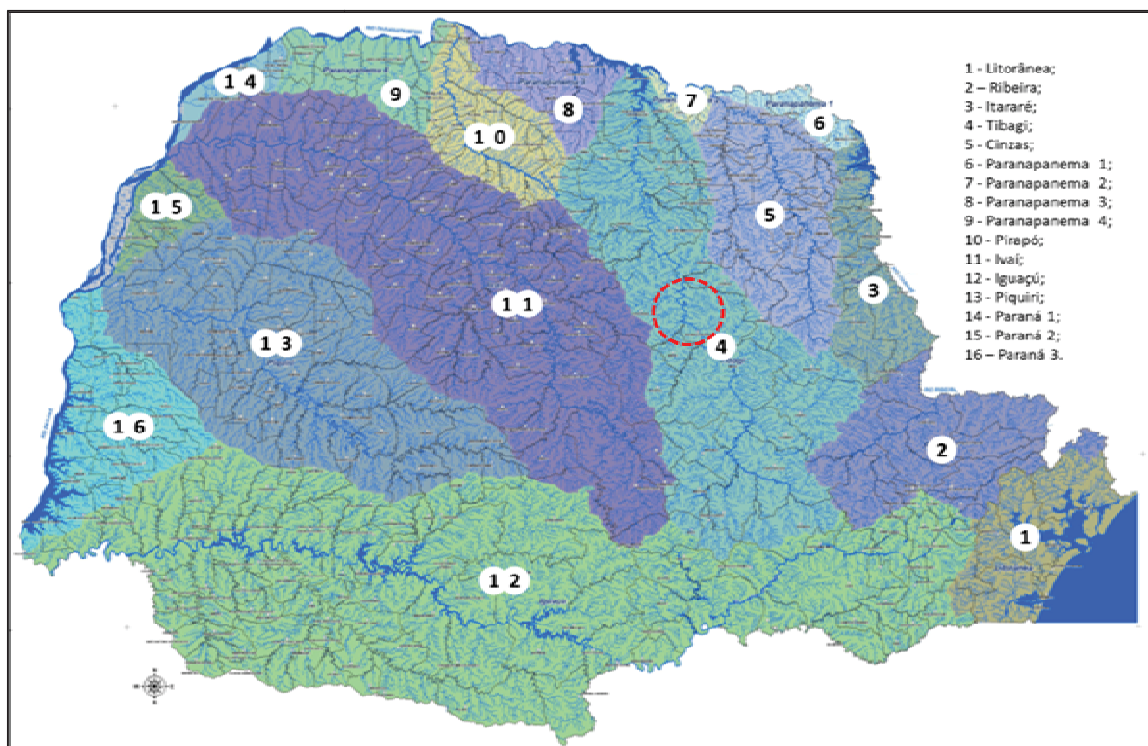


Figura 4.3-1. Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná.

Já as 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos são apresentadas a seguir:

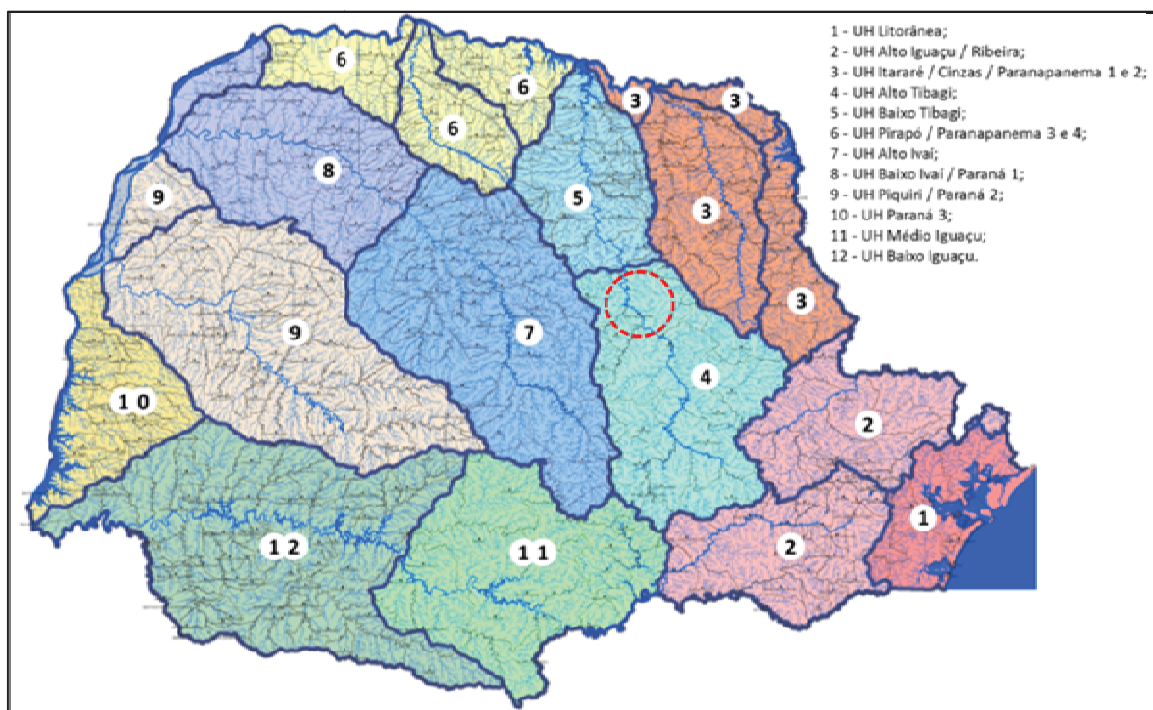


Figura 4.3-2. Mapa das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná.

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.

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, Leopólis, Ibitiporã, Sertãozinho, 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, Apucarantina, 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 (km ²)	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
	Apucarantina	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	Apucarantina	Apucarantina	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 Apucarantina 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 Apucarantina, 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 Apucarantina (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



Usina	Rio	Potência (MW)
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.

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
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



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO
EFLUENTE NO RIO TIBAGI



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Junho	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
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 coletadas 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.

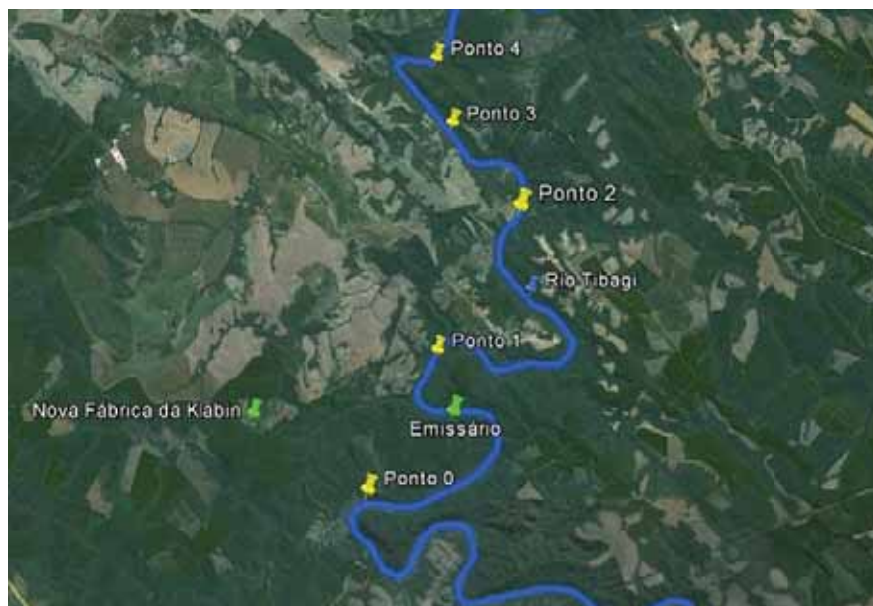


Figura 4.5-1. Localização dos pontos de coleta de água superficial.

Para o Estudo de Autodepuração, 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 análises 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 C ₆ H ₅ OH
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.
Mercurio	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 ≤ 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 O ₂
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 SO ₄
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. MODELO MATEMÁTICO

5.1. Conceito da Autodepuração

Todo curso de água possui uma limitação quanto à sua capacidade de assimilar despejos orgânicos. Até o ponto em que esse limite não é excedido, o lançamento de cargas orgânicas em corpos receptores não é considerado prejudicial.

A redução da matéria orgânica incorporada à água, pelas bactérias, resulta na utilização do oxigênio dissolvido. A reposição desse oxigênio se processa através da superfície exposta à atmosfera e pela atividade fotossintética de algas presentes na água. A concentração de oxigênio dissolvido é um dos critérios mais significativos para se avaliar a capacidade de autodepuração de um curso d'água.

Um aumento de carga poluidora estimula a proliferação de bactérias e a oxidação se processa em ritmo acelerado. A concentração da carga orgânica pode ser tão grande que todo o oxigênio dissolvido existente no corpo d'água receptor é utilizado pelas bactérias. Nesse caso, a ausência de oxigênio inibe a existência de formas superiores de vida biológica e em consequência se estabelecem condições prejudiciais à vida e aos seres humanos.

Para avaliar a capacidade de autodepuração de cursos de água foram desenvolvidos modelos matemáticos, que possibilitam realizar essa avaliação considerando as diversas variáveis envolvidas.

Os modelos de simulação de qualidade de água, segundo Gastaldini *et al* (2002), são técnicas matemáticas que permitem a descrição de alterações espaciais e temporais, de determinados constituintes num corpo d'água, decorrentes de processos biológicos, químicos, bioquímicos e físicos.

As bases matemáticas para os modelos de simulação de qualidade de água foram estabelecidas pelos pesquisadores Streeter e Phelps, em 1925, originando o conhecido modelo de Streeter & Phelps, clássico dentro da Engenharia Ambiental, e que serviu de suporte para todos os modelos mais sofisticados que o sucederam (von Sperling, 1998).

A quantidade e variedade de modelos que simulam a qualidade das águas são grandes. Sendo assim, a escolha pelo modelo mais adequado, deve ser promovida de acordo com os objetivos a serem alcançados.

5.2. Modelo Matemático QUAL-UFMG (Simulação da Autodepuração)

O programa em Excel QUAL-UFMG tem como objetivo possibilitar a modelagem de rios através da utilização de um modelo baseado no QUAL2-E, desenvolvido pela *US Environmental Protection Agency* – USEPA. O modelo QUAL2-E é mundialmente utilizado para a simulação de rios. As planilhas do QUAL-UFMG tornam possível uma simulação rápida e simples (von Sperling, 2007).



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO EFLUENTE NO RIO TIBAGI

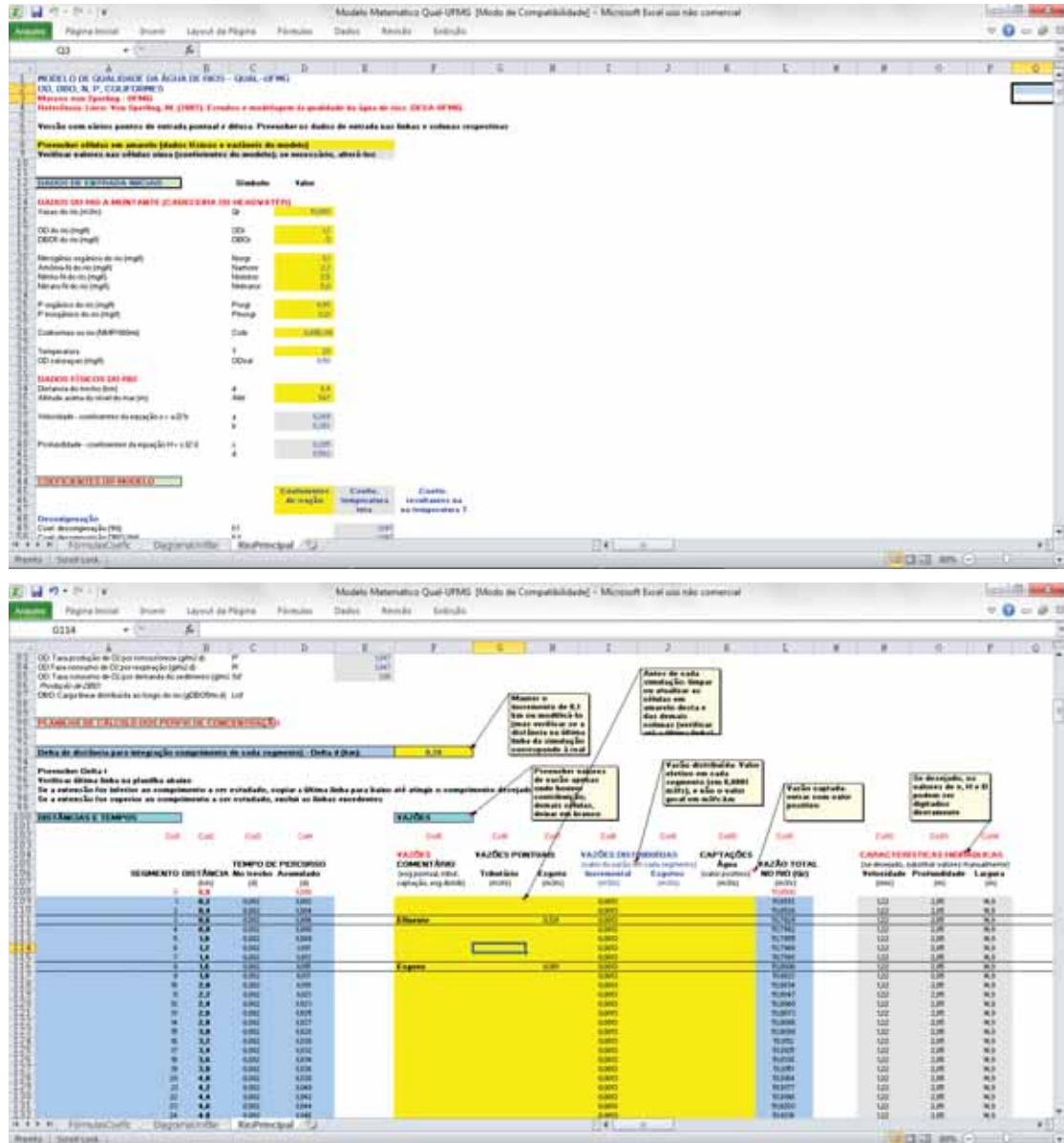


Figura 5.2-1 – Planilhas do modelo matemático QUAL-UFMG. Fonte: von Sperling, 2007.

O modelo matemático QUAL-UFMG foi desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais, mais especificamente pelo Prof. Marcos von Sperling do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA.

O QUAL-UFMG possibilita a modelagem dos seguintes constituintes ao longo do rio:

- Demanda bioquímica de oxigênio;
- Oxigênio dissolvido;
- Nitrogênio total e suas frações (orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato);

- Fósforo total frações (orgânico e inorgânico);
- Coliformes tolerante (fecais) e *E. coli*.

O modelo QUAL-UFGM tem seu foco na simulação de oxigênio dissolvido, envolvendo suas inter-relações com a DBO, nitrogênio, fósforo.

O ciclo do nitrogênio é composto de quatro componentes: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. O ciclo do fósforo é similar, porém mais simples do que o do nitrogênio, tendo apenas dois componentes. A DBO é modelada como um processo de degradação de primeira ordem, que também leva em consideração a remoção por sedimentação e não afeta o balanço de oxigênio. A principal fonte de oxigênio dissolvido, além da fornecida pela fotossíntese das algas, é a reaeração atmosférica.

A Figura a seguir ilustra as principais inter-relações entre os constituintes modelados. Esta estrutura é bastante similar à do QUAL2-E, mas contém a simplificação de não se incluírem as algas e todas as suas inter-relações com os demais constituintes. Esta opção foi para simplificar o modelo, já que a representação dos processos que envolvem as algas é extremamente complexa e os valores dos coeficientes são de difícil determinação. As algas são mais importantes na simulação de ambientes lênticos, mas no caso de rios, a maior parte dos usuários do modelo QUAL2-E opta por não incluir o componente das algas. Outra simplificação introduzida no modelo é a não consideração da dispersão longitudinal.

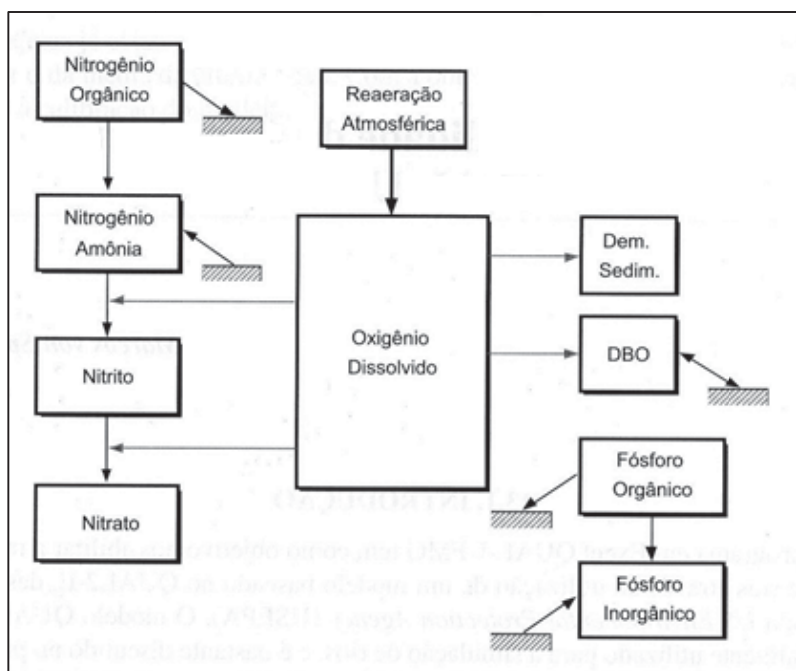


Figura 5.2-2 – Representação matemática dos constituintes simulados e suas inter-relações. Fonte: von Sperling, 2007.

O modelo se presta à simulação de uma bacia hidrográfica composta de diversos trechos de rios interconectados na forma de uma árvore lógica, podendo ser simulados afluentes de qualquer ordem. Cada porção de rio entre duas junções de afluentes pode ser dividida em diversos trechos, onde cada trecho apresenta características homogêneas, em termos



hidráulicos e de coeficientes das reações. Essa representação é apresentada na Figura a seguir.

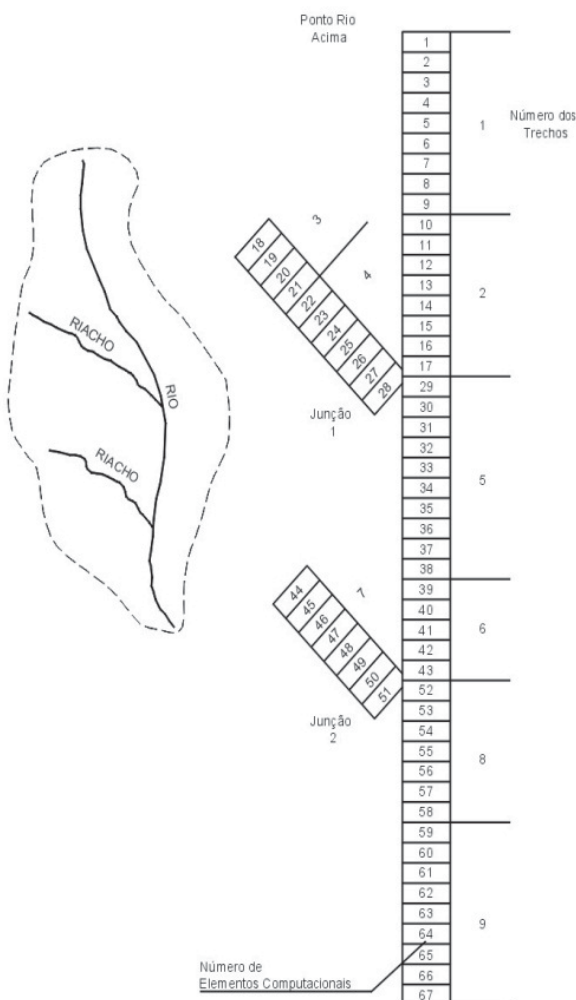


Figura 5.2-3 – Representação de segmentação do trecho a ser estudado.

6. SIMULAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO

6.1. Premissas Adotadas

▪ Implantação da Usina Hidrelétrica de Mauá (UHE Mauá)

A Usina Hidrelétrica Mauá será instalada no rio Tibagi e seu futuro reservatório será formado à montante do Salto Mauá, nos municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira no estado do Paraná, a cerca de 50 km de Telêmaco Borba.

Na Figura a seguir é apresentada a localização da UHE Mauá.



Figura 6.1-1. Localização da UHE Mauá.

Visando verificar os impactos da implantação e operação da UHE Mauá nas condições de autodepuração dos efluentes da Klabin, foi analisado o estudo de Modelagem Matemática da Qualidade da Água para a UHE Mauá elaborado pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), em junho/2009.

Este estudo da UHE Mauá teve por objetivo descrever aspectos relacionados com alterações da qualidade da água do futuro reservatório da Usina Hidrelétrica Mauá, tendo em vista a degradação da matéria orgânica dos recursos vegetais submersos durante a operação de enchimento. Visa, também, apresentar as tendências da qualidade da água em função de diferentes regiões, considerando o eixo longitudinal do reservatório.

Os resultados do estudo apontam que a qualidade da água do rio Tibagi sofrerá as seguintes consequências, que estão sendo consideradas no presente Estudo de Autodepuração (EAD) como premissas:

- As regiões referentes aos Setores I e III ($\approx 63\%$ da área do reservatório) deverão apresentar, predominantemente, características de ambientes lênticos (águas com baixa velocidade de corrente). Por outro lado, as regiões do reservatório da UHE Mauá referentes ao Segmento II ($\approx 37\%$ da área; Figura 1), na prática, deverão manter grande parte das características atuais (ambientes lóticos), mesmo nos meses que normalmente as vazões médias são menores ($\approx$ abril a agosto);
- O reservatório da UHE Mauá deverá apresentar duas regiões distintas, com relação à disponibilidade de oxigênio dissolvido: uma mais susceptível aos processos de degradação da matéria orgânica (trecho compreendido entre a região da barragem até a foz do rio Barra Grande - Setor I; braço do reservatório referente ao rio Barra Grande) e outra, na qual tais processos não deverão afetar a qualidade da água de modo acentuado (trechos do reservatório a montante da foz do rio Barra Grande – Setor II);

- Se mantidas as atuais concentrações de nitrogênio e fósforo no rio Tibagi, no futuro, os efeitos da eutrofização poderão se constituir em problemas para o reservatório da UHE Mauá. Considerando somente a fertilização decorrente dos processos de degradação da fitomassa, na época de formação do reservatório a região mais afetada deverá ser a do braço do rio Barra Grande (Setor III) e a menos a do Setor II (região do reservatório a montante da foz do rio Barra Grande).

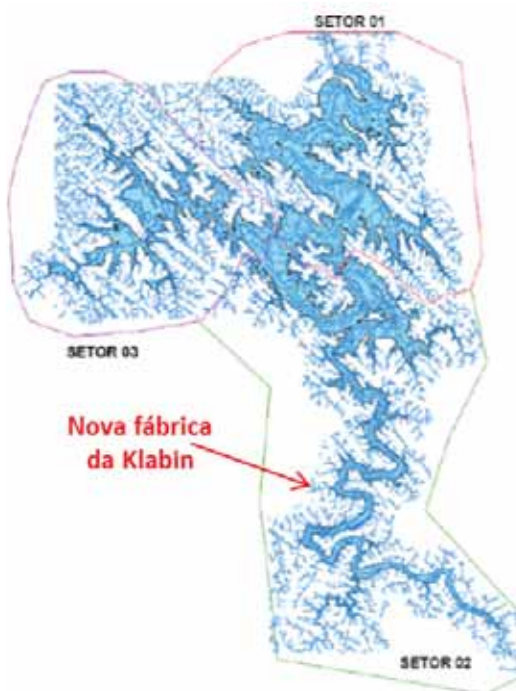


Figura 6.1-2. Segmentação adotada para a simulação do enchimento do reservatório da UHE Mauá. Fonte: LACTEC.

▪ Trechos Separados

Na simulação da condição 2 (com UHE Mauá), o trecho do rio Tibagi estudado foi dividido em 2 trechos, sendo o primeiro de 35 km e o segundo de 25 km. Esta divisão se fez necessária, pois conforme o Estudo de Modelagem Matemática da Qualidade da Água realizado pelo LACTEC observou-se que até 35 km do emissário da Klabin (Setor II, conforme Figura 6.1-2) o rio Tibagi, na prática, manterá grande parte das características atuais (ambientes lóticos). A partir, de 35 km do emissário da Klabin até a UHE Mauá (Setores I e III, conforme Figura 6.1-2), o rio Tibagi apresentará características de ambientes lênticos (águas com baixa velocidade de corrente). Desta forma, como existirão ambientes diferentes (lótico e lêntico) na condição 2, se fez necessário à utilização de coeficientes diferentes para ambos os ambientes.

▪ Contribuições ao Longo do Trecho Estudado

Não foram consideradas contribuições de esgoto ou efluentes ao longo do percurso estudado, assim como as vazões incrementais por drenagem direta.



6.2. Dados de Entrada

Os dados de entrada do modelo QUAL-UFGM estão relacionados aos dados do rio a montante (cabeceira ou *headwater*), dados físicos do rio, coeficientes do modelo, planilha de cálculo dos perfis de concentração e padrões ambientais (atendimento à legislação).

Os dados do rio à montante são informações à montante do ponto de lançamento tais como: vazão, OD, DBO, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, fósforo orgânico e inorgânico e temperatura.

Os dados físicos do rio correspondem à distância do trecho em estudo, altitude acima do nível do mar, coeficientes de velocidade e profundidade.

Os coeficientes do modelo estão relacionados à desoxigenação, reaeração, nitrogênio e fósforo.

A planilha de cálculo dos perfis de concentração considera os dados de vazões contribuintes (esgotos, efluentes, afluentes) e de captações, assim como a qualidade físico-química e microbiológica dos contribuintes.

Os padrões ambientais são os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação para cada classe do corpo hídrico.

Os seguintes parâmetros foram considerados na modelagem do rio Tibagi:

Dados do rio à montante

– Vazão mínima ($Q_{7,10}$)	34 m ³ /s
– Vazão média	292 m ³ /s
– Oxigênio dissolvido	8,0 mg/L
– DBO _{5,20}	6,0 mg/L
– Nitrogênio orgânico	0,18 mg/L
– Amônia-N	0,10 mg/L
– Nitrito-N	<0,005 mg/L
– Nitrato-N	0,09 mg/L
– Fósforo orgânico	0,08 mg/L
– Fósforo inorgânico	0,06 mg/L

Dados físicos do rio

– Distância do trecho estudado	60 km
– Altitude acima do nível do mar	620 m
– Largura do rio	220 m

Coeficientes do Modelo

Para a modelagem da autodepuração foram utilizados os valores da Tabela abaixo para os coeficientes K1 (desoxigenação), K2 (reaeração), Ks (sedimentação) e Kd (degradação).



Tabela 6.2-1. Valores dos coeficientes utilizados na modelagem da autodepuração do rio Tibagi.

Coeficientes	Condição 1 (sem UHE Mauá)		Condição 2 (com UHE Mauá)			
	Q _{7,10}	Q _m	Q _{7,10}		Q _m	
			Trecho 0-35 km	Trecho 35-60 km	Trecho 0-35 km	Trecho 35-60 km
K1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K2	1,50	1,50	0,69	0,23	0,69	0,23
Kd	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Ks	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Características do efluente da Klabin

– Vazão	2,06 m ³ /s
– Oxigênio dissolvido	0,0 mg/L
– DBO _{5,20}	20 mg/L
– Nitrogênio orgânico	1,0 mg/L
– Amônia-N	1,0 mg/L
– Nitrito-N	0,0 mg/L
– Nitrato-N	3,0 mg/L
– Fósforo orgânico	0,1 mg/L
– Fósforo inorgânico	0,3 mg/L

Para esse estudo foram realizadas 4 simulações das condições do rio Tibagi após o lançamento dos efluentes tratados, variando a vazão do rio (vazão média de 292 m³/s e Q_{7,10} de 34 m³/s) e 2 condições, sendo a condição 1 (sem a instalação da UHE Mauá) e a condição 2 (com a instalação da UHE Mauá), assim como os coeficientes do modelo QUAL-UFMG. Nesse estudo, foi verificada a capacidade de assimilação (processo de autodepuração) da matéria orgânica (DBO), do nitrogênio (Nitrogênio orgânico, Amônia-N, Nitrito-N e Nitrato-N) e do fósforo (orgânico e inorgânico) através de suas interações com o rio Tibagi.

Na Tabela a seguir, são apresentados os dados das simulações realizadas no estudo.

Tabela 6.2-2. Simulações utilizadas para o estudo de autodepuração do rio Tibagi.

	Simulação nº	Vazão (m ³ /s)	Profundidade do rio
Condição 1 (sem UHE Mauá)	1	34 (Q _{7,10})	3 m
	2	292 (Q _{média})	5 m
Condição 2 (com UHE Mauá)	3	34 (Q _{7,10})	9 m
	4	292 (Q _{média})	9,5 m



6.3. Modelagens Realizadas

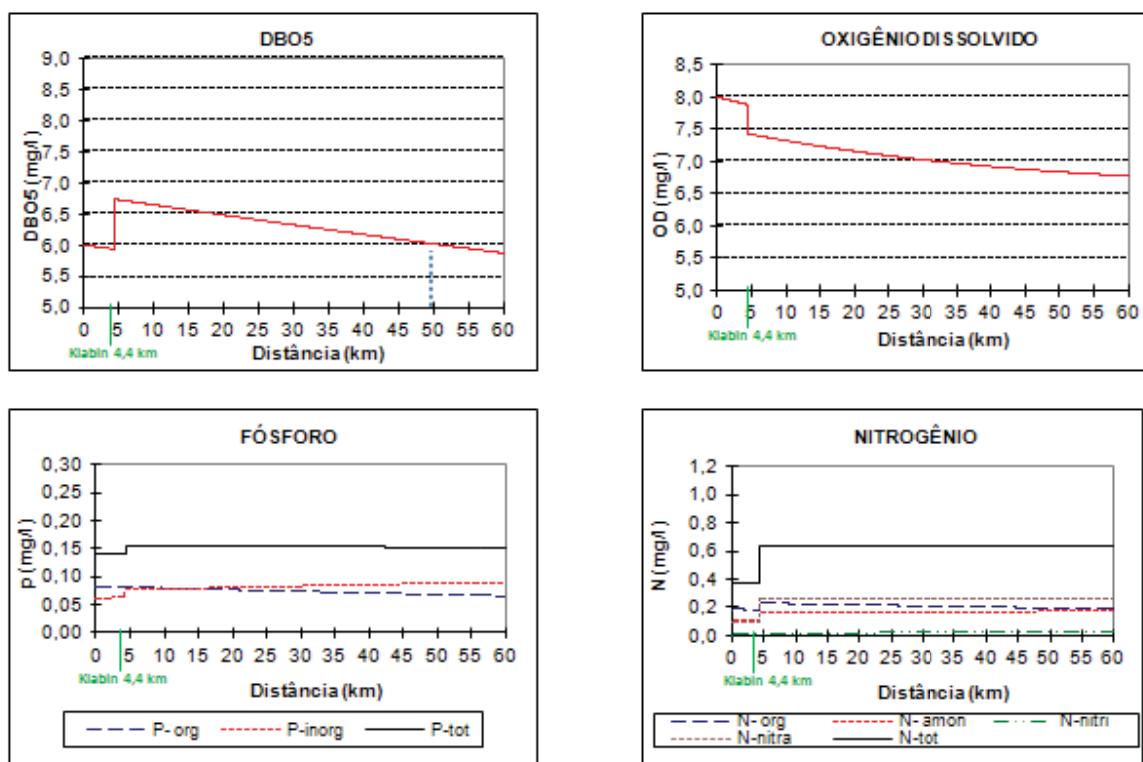
6.3.1. Simulação Condição 1 (Sem UHE Mauá)

6.3.1.1. SIMULAÇÃO 1: $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

- $Q_{\text{rio}} = 34 \text{ m}^3/\text{s}$ (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- Altura da lâmina d'água do rio Tibagi = 3,0 m
- Distância 0 km: ponto de coleta e análises da qualidade da água do rio Tibagi à montante do lançamento
- Distância 4,4 km: ponto do lançamento de efluentes tratados da Klabin

Gráficos da Simulação



Os resultados da simulação da condição 1 (sem UHE Mauá) para a vazão mínima ($Q_{7,10}$) mostram que:

- O rio Tibagi já apresenta relativamente elevados índices de carga orgânica, acima de 5,0 mg/L, à montante da nova fábrica da Klabin;



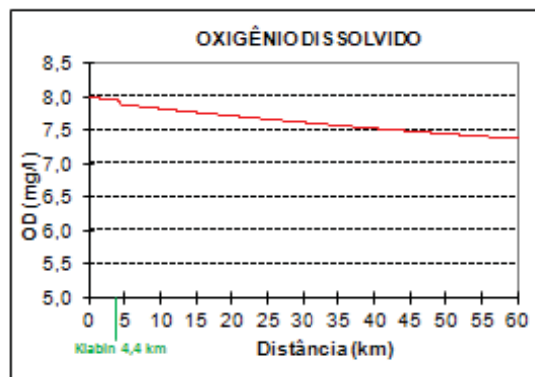
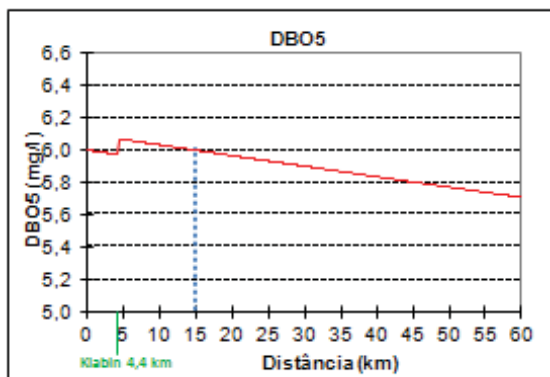
- A partir de 45 km do lançamento do efluente tratado da Klabin, o rio Tibagi retorna às condições de qualidade apresentadas à montante do lançamento, ou seja, a carga orgânica presente no efluente tratado da Klabin é totalmente degradada nesse trecho.
- A concentração de oxigênio dissolvido foi de 6,8 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, inferior a concentração apresentada à montante do lançamento, porém ainda está acima do mínimo exigido de 5 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2);
- A concentração de fósforo total foi de 0,14 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, próxima a concentração apresentada à montante do lançamento, que já estava acima do padrão de 0,10 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2 em ambiente lótico);
- A concentração de nitrogênio total foi de 0,64 mg/L ao final do trecho estudado. Os valores de nitrogênio orgânico (0,18 mg/L), amoniacal (0,17 mg/L), nitrito (0,03 mg/L) e nitrato (0,26 mg/L), ao final do trecho estudado, apresentaram concentração inferior ao padrão de qualidade para rios de classe 2. No caso do nitrogênio orgânico a concentração foi igual à encontrada à montante do lançamento, e no caso do nitrito, a concentração foi próxima à encontrada à montante do lançamento.

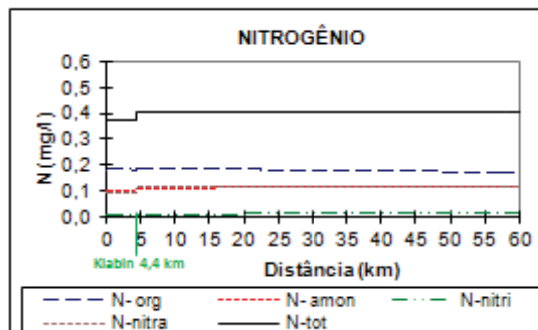
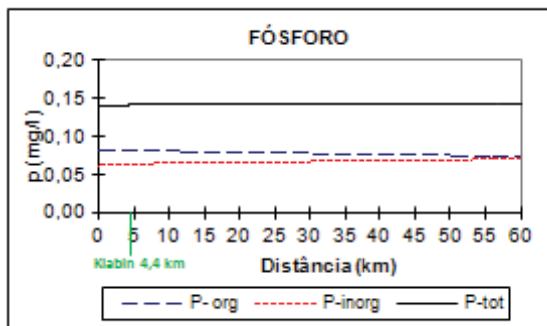
6.3.1.2. SIMULAÇÃO 2: $Q_{média}$

Dados de Entrada:

- $Q_{rio} = 292 \text{ m}^3/\text{s}$ (vazão média – $Q_{média}$)
- Altura da lâmina d'água do rio Tibagi = 5,0 m
- Distância 0 km: ponto de coleta e análises da qualidade da água do rio Tibagi à montante do lançamento
- Distância 4,4 km: ponto do lançamento de efluentes tratados da Klabin

Gráficos da Simulação





Os resultados da simulação da condição 1 (sem UHE Mauá) para a vazão média (Q_m) mostram que:

- O rio Tibagi já apresenta relativamente elevados índices de carga orgânica, acima de 5,0 mg/L, à montante da nova fábrica da Klabin;
- A partir de 10 km do lançamento do efluente tratado da Klabin, o rio Tibagi retorna às condições de qualidade apresentadas à montante do lançamento, ou seja, a carga orgânica presente no efluente tratado da Klabin é totalmente degradada nesse trecho.
- A concentração de oxigênio dissolvido foi de 7,4 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, pouco inferior a concentração apresentada à montante do lançamento, porém ainda está acima do mínimo exigido de 5 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2);
- A concentração de fósforo total foi de 0,14 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, igual concentração apresentada à montante do lançamento, que já estava acima do padrão de 0,10 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2 em ambiente lótico);
- A concentração de nitrogênio total foi de 0,40 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, igual concentração apresentada à montante do lançamento. Os valores de nitrogênio orgânico (0,17 mg/L), amoniacal (0,11 mg/L), nitrito (0,01 mg/L) e nitrato (0,11 mg/L), ao final do trecho estudado, apresentaram concentração inferior ao padrão de qualidade para rios de classe 2.

6.3.2. Simulação Condição 2 (Com UHE Mauá)

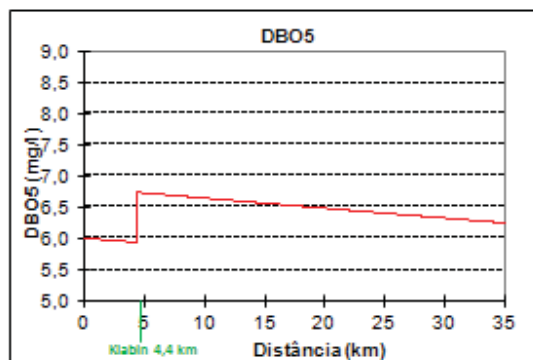
6.3.2.1. SIMULAÇÃO 3: $Q_{7,10}$

Dados de Entrada:

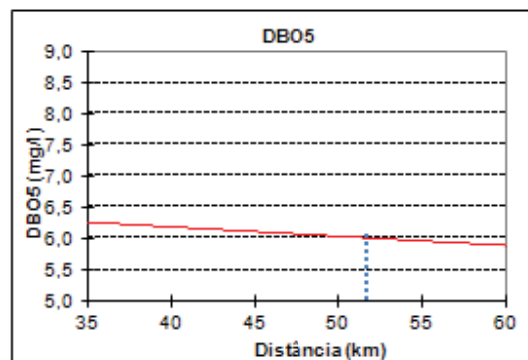
- $Q_{rio} = 34 \text{ m}^3/\text{s}$ (vazão mínima - $Q_{7,10}$)
- Altura da lâmina d'água do rio Tibagi = 9,0 m
- Distância 0 km: ponto de coleta e análises da qualidade da água do rio Tibagi à montante do lançamento
- Distância 4,4 km: ponto do lançamento de efluentes tratados da Klabin



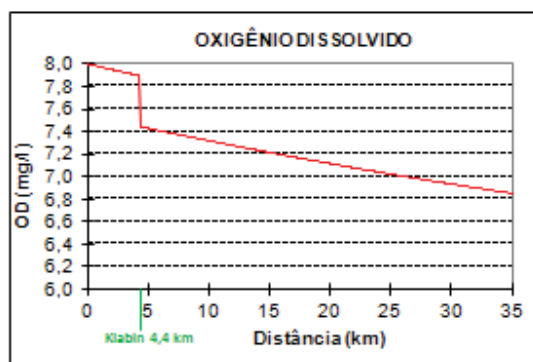
Gráficos da Simulação



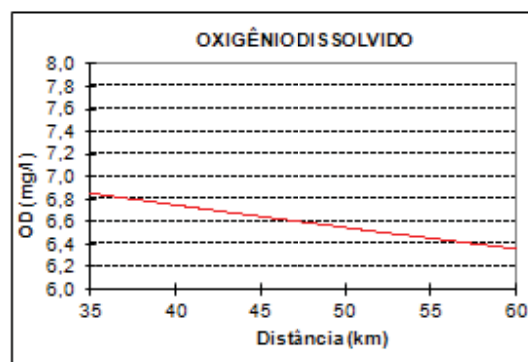
Ambiente lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



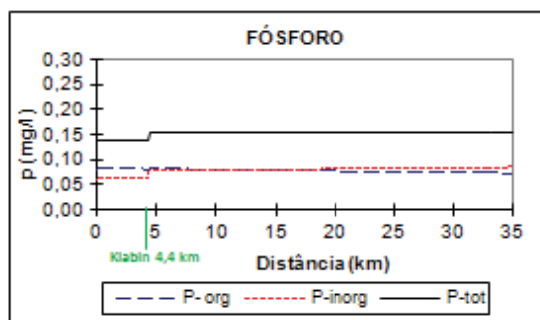
Ambiente lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



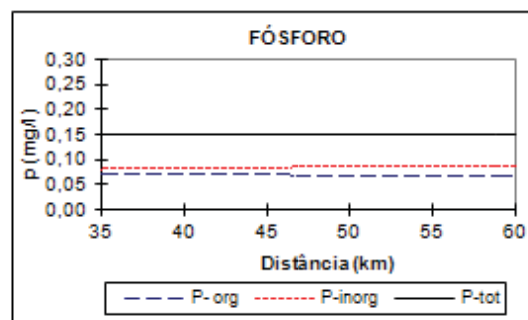
Ambiente lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



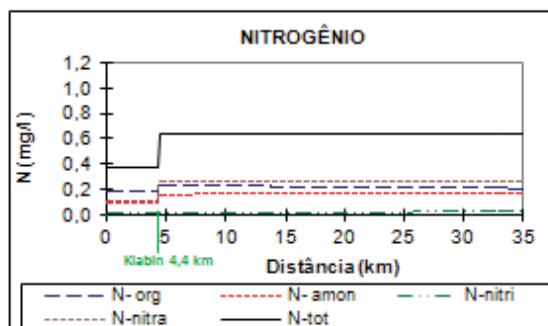
Ambiente lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



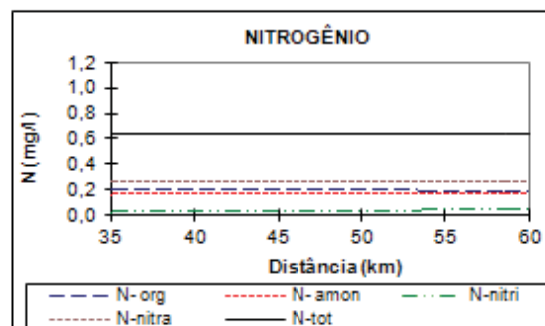
Ambiente lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



Ambiente lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



Ambiente lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



Ambiente lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



Os resultados da simulação da condição 2 (com UHE Mauá) para a vazão mínima ($Q_{7,10}$) mostram que:

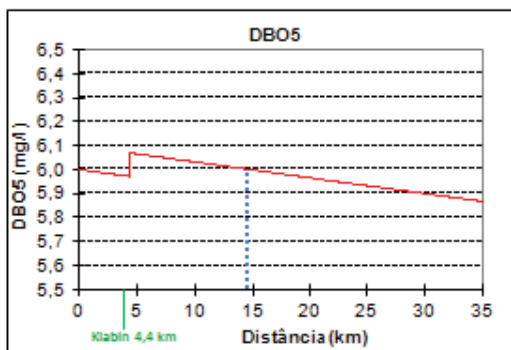
- O rio Tibagi já apresenta relativamente elevados índices de carga orgânica, acima de 5,0 mg/L, à montante da nova fábrica da Klabin;
- A partir de 47 km do lançamento do efluente tratado da Klabin, o rio Tibagi retorna às condições de qualidade apresentadas à montante do lançamento, ou seja, a carga orgânica presente no efluente tratado da Klabin é totalmente degradada nesse trecho.
- A concentração de oxigênio dissolvido foi de 6,45 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, inferior a concentração apresentada à montante do lançamento, porém ainda está acima do mínimo exigido de 5 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2);
- A concentração de fósforo total foi de 0,15 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, muito próxima a concentração apresentada à montante do lançamento (0,14 mg/L), que já estava acima do padrão de 0,10 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2 em ambiente lótico);
- A concentração de nitrogênio total foi de 0,63 mg/L ao final do trecho estudado. Os valores de nitrogênio orgânico (0,18 mg/L), amoniacal (0,16 mg/L), nitrito (0,03 mg/L) e nitrato (0,26 mg/L), ao final do trecho estudado, apresentaram concentração inferior ao padrão de qualidade para rios de classe 2. No caso do nitrogênio orgânico a concentração foi inferior à encontrada à montante do lançamento, e no caso do nitrito, a concentração foi próxima à encontrada à montante do lançamento.

6.3.2.2. SIMULAÇÃO 4: $Q_{média}$

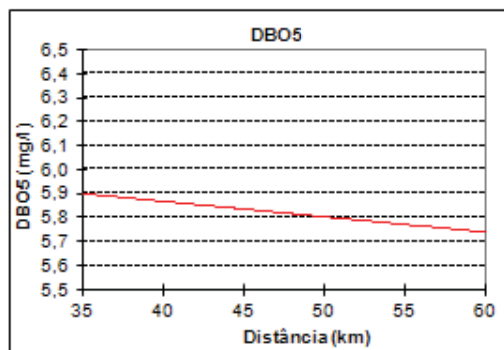
Dados de Entrada:

- $Q_{rio} = 292 \text{ m}^3/\text{s}$ (vazão média – $Q_{média}$)
- Altura da lâmina d'água do rio Tibagi = 9,5 m
- Distância 0 km: ponto de coleta e análises da qualidade da água do rio Tibagi à montante do lançamento
- Distância 4,4 km: ponto do lançamento de efluentes tratados da Klabin

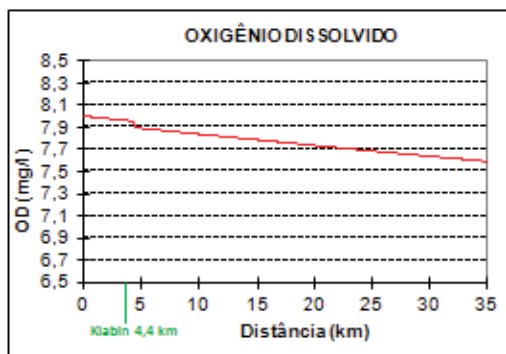
Gráficos da Simulação



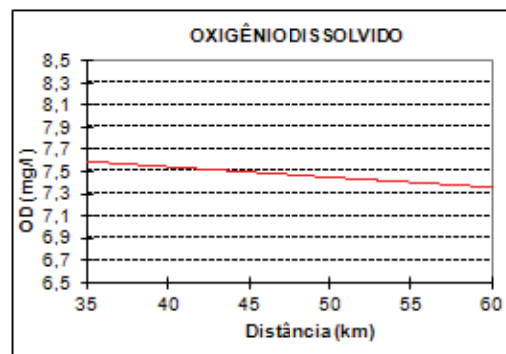
Ambiente Lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



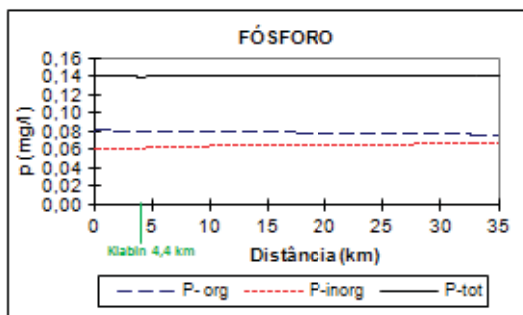
Ambiente Léntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



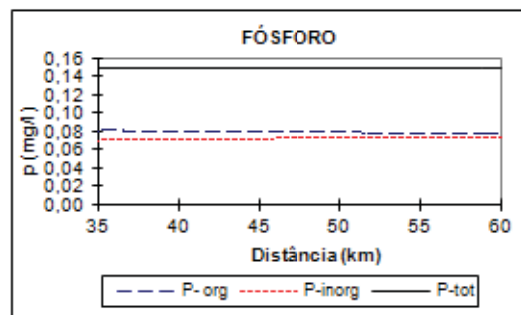
Ambiente Lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



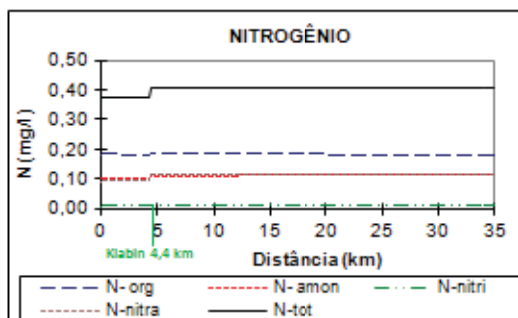
Ambiente Lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



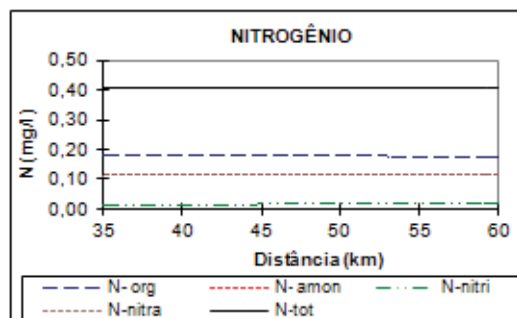
Ambiente Lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



Ambiente Lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica



Ambiente Lótico – Primeiros 35 km após a futura fábrica



Ambiente Lêntico – De 35 a 60 km após a futura fábrica

Os resultados da simulação da condição 2 (com UHE Mauá) para a vazão média (Q_m) mostram que:

- O rio Tibagi já apresenta relativamente elevados índices de carga orgânica, acima de 5,0 mg/L, à montante da nova fábrica da Klabin;
- A partir de 10 km do lançamento do efluente tratado da Klabin, o rio Tibagi retorna às condições de qualidade apresentadas à montante do lançamento, ou seja, a carga orgânica presente no efluente tratado da Klabin é totalmente degradada nesse trecho.
- A concentração de oxigênio dissolvido foi de 7,3 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, pouco inferior a concentração apresentada à montante do lançamento, porém ainda está acima do mínimo exigido de 5 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2);



- A concentração de fósforo total foi de 0,15 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, muito próxima a concentração apresentada à montante do lançamento, que já estava acima do padrão de 0,10 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2 em ambiente lótico);
- A concentração de nitrogênio total foi de 0,40 mg/L ao final do trecho estudado, ou seja, muito próxima à concentração apresentada à montante do lançamento (0,39 mg/L). Os valores de nitrogênio orgânico (0,17 mg/L), amoniacal (0,11 mg/L), nitrito (0,01 mg/L) e nitrato (0,11 mg/L), ao final do trecho estudado, apresentaram concentração inferior ao padrão de qualidade para rios de classe 2.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para esse estudo, foram realizadas 4 simulações das condições do rio Tibagi após o lançamento dos efluentes tratados, variando a vazão do rio (vazão média de 292 m³/s e Q_{7,10} de 34 m³/s) e 2 condições, sendo a condição 1 (sem a instalação da UHE Mauá) e a condição 2 (com a instalação da UHE Mauá). Também aplicaram-se os coeficientes do modelo QUAL-UFMG.

Nesse estudo foi verificada a capacidade de assimilação (processo de autodepuração) da matéria orgânica (DBO), do nitrogênio (Nitrogênio orgânico, Amônia-N, Nitrito-N e Nitrato-N) e do fósforo (orgânico e inorgânico) através de suas interações com o rio Tibagi.

Para a carga orgânica (DBO), observa-se que nas condições 1 e 2 (sem e com UHE Mauá), tanto na vazão mínima quanto vazão média, o rio Tibagi retorna às condições de qualidade apresentadas à montante do lançamento, ou seja, o rio, antes da UHE Mauá, tem a capacidade de depurar toda a carga orgânica presente no efluente tratado lançado pela Klabin.

Quanto ao oxigênio dissolvido, nas 4 simulações realizadas o oxigênio, ao final do trecho até a UHE Mauá (60 km), o rio Tibagi mantém as boas condições de oxigenação. Em todas as simulações a concentração de oxigênio dissolvido está acima do mínimo exigido de 5 mg/L (padrão de qualidade para rios classe 2). Existe consumo de oxigênio no trecho estudado do rio Tibagi nos processos de transformação da matéria orgânica e compostos de nitrogênio já existentes no rio Tibagi e no efluente tratado lançado.

No caso do fósforo total, observa-se que nas vazões mínima e média do rio Tibagi a concentração de fósforo ao final do trecho estudado (60km) é muito próxima à concentração apresentada a montante do lançamento. Ressalta-se, que o rio a montante do lançamento, já apresenta valores superiores ao exigido pela legislação (padrão de qualidade classe 2). Em todas as condições avaliadas, as concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, ao final do trecho estudado, apresentaram concentração inferior ao padrão de qualidade para rios de classe 2.

De uma forma geral, pelos resultados obtidos, observa-se que poderá ocorrer uma redução de oxigênio dissolvido devido ao consumo deste para os processos de depuração da carga orgânica.

O acréscimo de fósforo será mínimo no rio Tibagi até a UHE Mauá (60 km) e a concentração de nitrogênio total terá maior acréscimo nas vazões mínimas, porém nas vazões médias esse acréscimo será praticamente inexistente.



Vale ressaltar, que o modelo QUAL-UFGM não considera a dispersão longitudinal, sendo que esta foi avaliada pelo Estudo de Dispersão Hídrica, apresentado no EIA/RIMA da Klabin.

Ressalta-se o grande esforço da Klabin na tecnologia que será utilizada para seus efluentes líquidos, o tratamento terciário, que minimizará os impactos sobre o rio Tibagi, mesmo nas condições mais desfavoráveis como vazão mínima e o lago formado pela UHE Mauá.

Desta forma, considerando o processo natural de autodepuração do rio Tibagi, a dispersão dos efluentes avaliada positivamente no Estudo de Dispersão Hídrica e o tratamento terciário, que será utilizado no tratamento de efluentes da nova fábrica da Klabin, pode-se concluir que o lançamento de efluentes tratados da Klabin no rio Tibagi não ocasionará impactos significativos, principalmente no que diz respeito ao processo de eutrofização no futuro lago que será criado com a construção da UHE Mauá.

O estudo conclui que a nova fábrica da Klabin, não irá afetar significativamente a qualidade da água do Rio, garantindo boa qualidade para os seus usos múltiplos.

7. EQUIPE TÉCNICA

Engenheira Ambiental – Marília Tupy de Godoy – CREA 087348-5 SC.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

FADEL, KLEIB H.; *ECOÁGUAS ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – Estudo de autodepuração dos efluentes da Klabin no rio Tibagi*, 2006.

FADEL, KLEIB H.; LUPUS – “*Estudo do Impacto Causado no Rio Camanducaia pelos Efluentes da Rebière*”, Junho/1996.

JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA – *Estudo de autodepuração do rio Tibagi*, 1994.

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*.

VON SPERLING, M. – *Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. UFGM, Belo Horizonte*, 588p. 2007.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2º ed., UFGM, Belo Horizonte*, 1996.



ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO
EFLUENTE NO RIO TIBAGI



ANEXO I

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA				
Av. Brig. Faria Lima - 1059 - Pinheiros - São Paulo - SP CEP 01452-920 Tel. (0800) 17 18 11				
ART		1- Nº DA ART		
Anotação de Responsabilidade Técnica Lei Federal Nº. 6.496 de 07/12/77		92221220120360768		
CONTRATADO				
2 - Nº DO CREA/SP DO PROFISSIONAL 0601478673		3 - Nº DO CPF DO PROFISSIONAL 01715375807		
4 - NOME DO PROFISSIONAL KLEIB HENRIQUE FADEL		5 - TÍTULO DO PROFISSIONAL Engenheiro Civil		
ART				
6 - TIPO DE ART 1-Obra/Serviço	7 - VINCULADA A ART Nº	8 - HÁ OUTRAS ARTs VINCULADAS 1 - Não		
9 - ALTERAÇÃO/COMPL./SUBST. DA ART 1 - Não		10 - SUBEMPREGADA 1 - Não		
ANOTAÇÃO				
11 - CLASSIFICAÇÃO DA ANOTAÇÃO 1 - Responsabilidade Principal	12 - ÁREA DE ATUAÇÃO 30 - Engenharia Ambiental	13 - TIPO DE CONTRATADO 1- Pessoa Jurídica		
EMPRESA CONTRATADA				
14 - Nº DE REGISTRO NO CREA 0494122	15 - NOME COMPLETO FADEL ENGENHARIA LTDA			
16 - CGC/CNPJ 02571088000127	17 - CLASSIFICAÇÃO 1-Empresa Privada			
CONTRATANTE				
18 - NOME DO CONTRATANTE DA OBRA / SERVIÇO POYRY TECNOLOGIA LTDA		19 - TELEFONE P/ CONTATO (11)34726955	20 - CPF/CNPJ 50648468000165	
DADOS DA OBRA / SERVIÇO OBJETO DO CONTRATO				
21 - ENDEREÇO DA OBRA / SERVIÇO RUA ALEXANDRE DUMAS, 1901			22 - CEP 04717-004	
CLASSIFICAÇÃO				
23 - NATUREZA 1A6004	24 - UNIDADE 99	25 - QUANTIFICAÇÃO 1	26 - ATIVIDADES TÉCNICAS 16	
2				
3				
27 - DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS SOB SUA RESPONSABILIDADE OU DO CARGO/FUNÇÃO Estudo de Auto Depuração, Projeto Puma nova Fabrica de Celulose e Papel, região compreendida entre os municípios de ortigueira e Telemaco Borba/PR				
RESUMO DO CONTRATO				
Nº E ESCOPO DO CONTRATO, CONDIÇÕES, PRAZO, CUSTOS, ETC... Estudo de Auto Depuração, Projeto Puma, nova Fabrica de Celulose e Papel, região compreendida entre os municípios de ortigueira e Telemaco Borba/PR Data de efetiva participação do profissional:01/02/2012				
28 - VALOR DO CONTRATO 10.000,00	29 - DATA DO CONTRATO 01/02/2012	30 - DATA INÍCIO DA EXECUÇÃO 01/02/2012	31 - 10% ENTIDADE DE CLASSE 0	32 - VALOR DA ART A PAGAR 83,00
ASSINATURA				
Declaro não ser aplicável, dentro das atividades assumidas nesta ART e nos termos aqui anotados, o atendimento às regras de acessibilidade previstas nas Normas Técnicas de Acessibilidade da ABNT e na legislação específica, em especial o Decreto nº.5.296/2004, para os projetos de construção, reforma ou ampliação de edificações de uso público ou coletivo, nos espaços urbanos ou em mudança de destinação (usos) para estes fins.				
33 - LOCAL E DATA Sao Paulo 12/04/2012	PROFISSIONAL  Kleib Henrique Fadel		CONTRATANTE  POYRY TECNOLOGIA LTDA	

Obs:

- O comprovante deverá ser anexado a ART para comprovação de quitação
- A ART deverá ser devidamente assinada pelo profissional
- Linha digitável:



BANCO DO BRASIL
 CREA-SP CONS. REG. ENG. AGRON.
 Agência/Código do Cedente 3336-7/401783-8
 Nosso Número 92221220120360768

Recibo do Sacado

SACADO: FADEL ENGENHARIA LTDA	CREASP:494122
Profissional:KLEIB HENRIQUE FADEL	CREASP:601478673
Data de Emissão: 12/04/2012	Data de Vencimento: 21/04/2012
ART Nº 92221220120360768	
VALOR	83,00

- O comprovante de pagamento deverá ser anexado a ART para comprovação de quitação
- Depósitos ou transferências entre contas não serão reconhecidos por nossos sistemas
- A quitação do título ocorrerá somente após a informação do crédito bancário

Autenticação Mecânica

Corte aqui



BANCO DO BRASIL 001-9 					00199.22210 29222.122011 20360.768210 4 53100000008300	
Local de Pagamento					Vencimento	
PAGUE PREFERENCIALMENTE NAS AGÊNCIAS DO BANCO DO BRASIL					21/04/2012	
Cedente					Agência/Código do Cedente	
CREA-SP CONS. REG. ENG. AGRON.					3336-7/401783-8	
Data de Emissão	Numero do Documento	Espécie Doc	Accite	Data do Processamento	Nosso Numero/Código Documento	
12/04/2012	92221220120360768	RC	N	12/04/2012	92221220120360768	
Uso do Banco	Carteira	Espécie Moeda	Quantidade	Valor	(-) Valor do Documento	
	18/27	R\$			83,00	
Instruções Texto (ou instruções de responsabilidade do cedente)					(-) Desconto/Abatimento	
					(-) Outras Deduções	
					(+/-) Mora/Multa	
					(+/-) Outros Acréscimos	
					(-) Valor Cobrado	
BOLETO REFERENTE A ART Nº92221220120360768						
NÃO RECEBER APÓS O VENCIMENTO						
Unidade Cedente: 3336						
Sacado						
FADEL ENGENHARIA LTDA						
Sacador/Avalista						
Código de Baixa						

Ficha de Compensação/Autenticação Mecânica



Corte aqui



30
horas

Comprovante de Operação

Títulos Outros Bancos

Identificação no Extrato: **SISPAG FORNECEDORES**

Dados da conta a ser debitada:

Agência: **8667** Conta: **03788 - 4**
Nome: **FADEL ENGENHARIA LTDA**

Dados do pagamento:

Nome do favorecido: **CREA SP**

Representação numérica
do código de barras: **00199 22210 29222 122011 20360 768210 4 53100000008300**

Valor pago: **R\$ 83,00**

Data de vencimento: **21/04/2012**

Informações fornecidas
pelo pagador: **CREA KLEIB**

Pagamento efetuado em **12.04.2012 às 00:00:00**, via Sispag, CTRL **599428954000022**

Autenticação:

8951EDADC813EEDF950A345BBBBF085D3B44324F

* O cliente assume total responsabilidade por eventuais danos decorrentes de inexatidão ou insuficiência nas informações por ele inseridas.

ANEXO V**Estudo de Tráfego**

**ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS DO EMPREENDIMENTO FÁBRICA DE
CELULOSE DA KLABIN NA REGIÃO ENTRE TELÊMACO BORBA E
ORTIGUEIRA (PR) NAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DAS RODOVIAS
LOCALIZADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA.**

Janeiro de 2012

ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS DO EMPREENDIMENTO FÁBRICA DE CELULOSE DA KLABIN NA REGIÃO ENTRE TELÊMACO BORBA E ORTIGUEIRA (PR) NAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DAS RODOVIAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA.

Janeiro de 2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES RODOVIÁRIOS
3. PONTOS DE PESQUISAS E CAPACIDADE DE TRÁFEGO
4. VOLUMES DE TRÁFEGO NA SITUAÇÃO ATUAL
5. VOLUMES DE TRÁFEGO GERADOS PELO EMPREENDIMENTO
6. VOLUMES DE TRÁFEGO TOTAIS
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

ANEXO 1: RESULTADOS DAS PESQUISAS DE CONTAGEM DE VOLUME DE TRÁFEGO

ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS DO EMPREENDIMENTO FÁBRICA DE CELULOSE DA KLABIN NA REGIÃO ENTRE TELÊMACO BORBA E ORTIGUEIRA (PR) NAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DAS RODOVIAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA.

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta análises da capacidade viária e das condições de tráfego nas rodovias localizadas na área de influência da futura fábrica de celulose da empresa Klabin, na região entre Telêmaco Borba e Ortigueira (PR). O objetivo dessas análises é proporcionar elementos complementares para o EIA/RIMA de forma a subsidiar o processo de licenciamento ambiental prévio do empreendimento.

Primeiramente são analisadas as condições físicas e de tráfego do sistema rodoviário na área de influência do empreendimento de maneira a estabelecer a linha base referente ao sistema de transporte. Para essa análise foram selecionados pontos de pesquisa de tráfego nas Rodovias PR-160, PR-340 e BR-376, em trechos localizados nas proximidades dos municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira conforme indicado no **Item 3**.

Posteriormente são feitas as alocações de tráfego dos veículos que deverão transportar os insumos básicos e os produtos para o empreendimento, na fase de operação, com destaque para os transportes de toras de eucalipto com caminhões bi trem, de forma a permitir uma análise de Nível de Serviço de Tráfego e identificação dos impactos no sistema viário da área de influência do empreendimento.

As análises foram realizadas com base em três grupos de informações:

- a) Inspeções de campo para identificação das características do sistema rodoviário para inferir sobre a capacidade de tráfego dos componentes viários em análise;
- b) Levantamentos de volume de tráfego em postos de contagens selecionados para elaborar uma linha base de demanda de tráfego (diagnóstico); e
- c) Estimativas das demandas de transportes de insumos e produtos geradas pelo empreendimento durante a fase de operação.

2. LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES RODOVIÁRIOS

Considerando-se que o processo em trâmite, de licenciamento ambiental da unidade produtora de celulose, não contempla a implantação do sistema viário complementar de acesso à nova unidade produtora, as seguintes premissas foram consideradas na elaboração da presente análise:

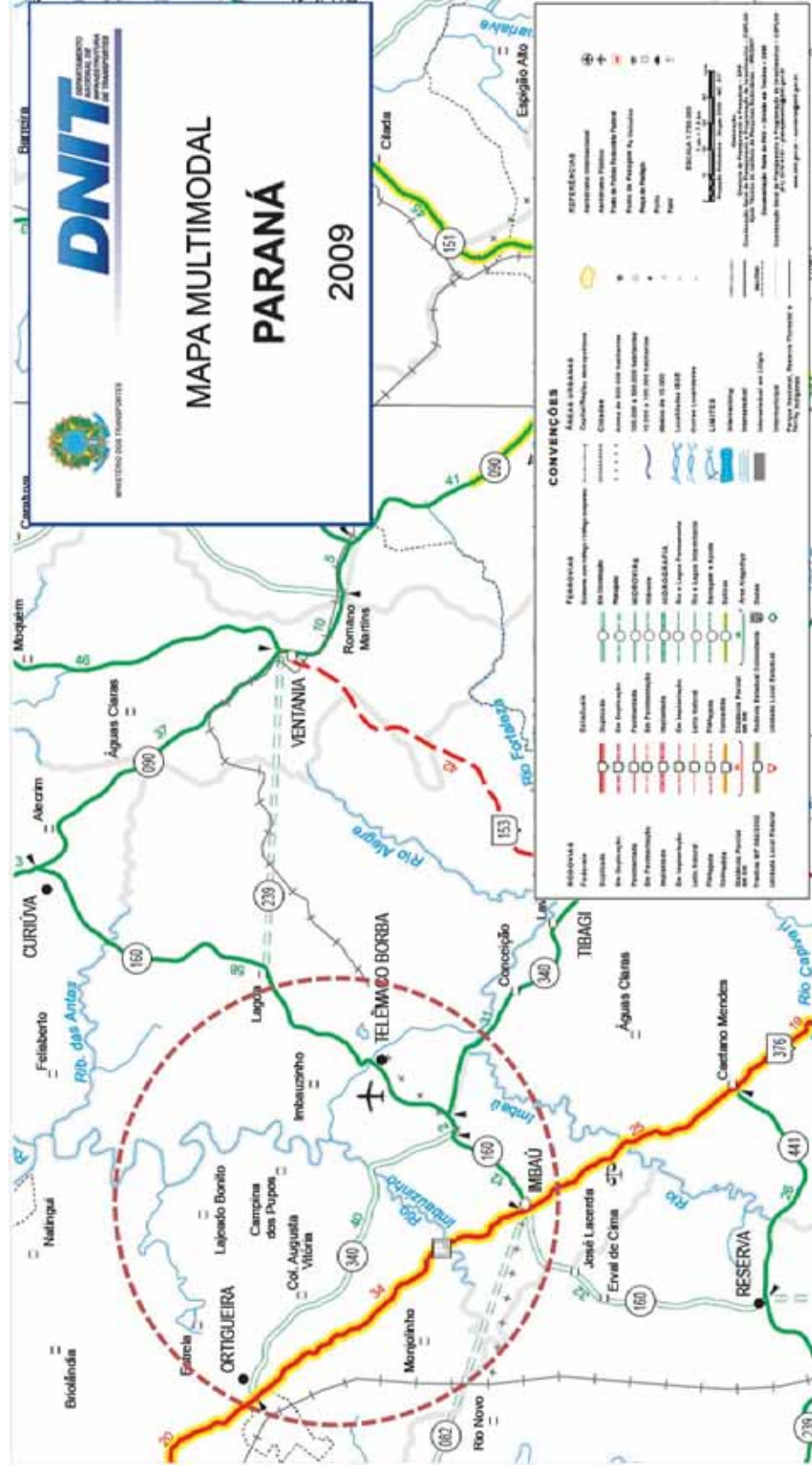
- O sistema viário, objeto de análise, na área de influência do empreendimento, é o sistema viário existente atualmente, composto pelas seguintes rodovias: PR-160, PR-340, e BR-376, em trechos localizados nas proximidades dos municípios de Telêmaco Borba (PR-160) e Ortigueira (BR-376).
- A análise de capacidade corresponde à componentes da rede viária atualmente existente e não contempla novos acessos rodoviários a serem implantados para atendimento do empreendimento.
- Os impactos decorrentes da utilização de caminhos de serviço e acessos provisórios para a fase de construção não são contemplados na presente análise.

A área de influência do empreendimento, para propósitos de estudo e capacidade de tráfego envolve as rodovias mencionadas anteriormente, PR-160, PR-340, e BR-376, em trechos localizados nas proximidades dos municípios de Telêmaco Borba (PR-160) e Ortigueira (BR-376).

Na **Figura 2.1** é apresentado o mapa do DNIT com a localização da área de análise indicando a rede rodoviária do entorno do empreendimento.

Na **Figura 2.2** é apresentada a imagem da área de influência com localização preliminar do empreendimento.

Figura 2.1 - Mapa de Localização da Área de Influência do Empreendimento



Fonte: mapa Rodoviário DNIT

22/11

Figura 2.2: Imagem da área de influência com localização preliminar do empreendimento



3. PONTOS DE PESQUISAS E CAPACIDADE DE TRÁFEGO

3.1. Pontos de Pesquisa de Tráfego

Os postos de pesquisa selecionados para a presente análise de capacidade de tráfego nas rodovias da área de influência são indicados na Tabela a seguir com as respectivas caracterizações físicas destas rodovias. A localização dos postos de pesquisa é ilustrada na Figura 3.1 e as extensões dos trechos rodoviários analisados são apresentadas na Figura 3.2. Após as figuras, é apresentado o registro fotográfico de todos os postos de pesquisa analisados.

Tabela 3.1:
Características das Rodovias da área de Influência

Rodovia	Posto de Pesquisa / Trecho	Tipologia	Largura da Pista	Largura do acostamento
PR -160	Posto 1 Próximo da Subestação Klabin	Pista simples 1 faixa por sentido Pavimentada	6,40 m 3,20m /faixa	3,50 m
PR-160	Posto 2 Cemitério Jardim da Saudade	Pista simples 1 faixa por sentido Pavimentada	6,60 m 3,30 m/ faixa	2,70 m
PR-340	Posto 3 2 km após cruzamento com PR 160	Pista simples 1 faixa por sentido Pavimentada	8,20 m 4,10 m/ faixa	Sem acostamento
PR-340	Posto 4 Próximo de Ortigueira	Pista simples 1 faixa por sentido Sem pavimento	5,0 m	Sem acostamento
PR-160	Posto 5 A 2km da área urbana de Imbaú	Pista simples 1 faixa por sentido Pavimentada	6,20 m 3,10m / faixa	2,70 m
BR-376	Posto 6 Próximo ao pedágio	Pista simples 3 faixas de tráfego 2 p/ sentido Imbaú 1 p/ sentido Ortigueira Pavimentada	7,20 m sentido Imbaú 3,60m sentido Ortigueira	2,80 m
BR-376	Posto 7 Rotatória de Ortigueira	Pista simples 1 faixa por sentido Pavimentada	6,40 m 3,20m /faixa	2,60 m e 2,80 m

Figura 3.1: Área de Influência para propósitos de análise de capacidade de tráfego do sistema viário e Postos de contagens



Figura 3.2: Extensões dos trechos rodoviários analisados.



TRECHO DO POSTO 1

	
(PR-160) Klabin Florestal sentido Curiúva	(PR-160) Klabin Florestal sentido Telêmaco Borba
	
(PR-160) 1ª rotatória após Klabin Florestal sentido Telêmaco Borba	(PR-160) Sentido Imbaú
	
(PR-160) Rotatória Klabin	(PR-160) Ponte rio Tibagi sentido Imbaú

TRECHO DO POSTO 2

	
(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba sentido Curiúva	(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba marginal direita sentido Imbaú
	
(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba marginal esquerda sentido Curiúva	(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba sentido Imbaú
	
(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba rotatória	(PR-160) Trecho urbano de Telêmaco Borba sentido Imbaú

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO TRECHO DO POSTO 3

	
(PR-340) Sentido Tibagi	(PR-340) Entrada de Tibagi
	
(PR-340) Sentido Ortigueira	(PR-340) Ponte rio Santa Rosa sentido Ortigueira
	
(PR-340) Ponte rio Conceição sentido Ortigueira	(PR-340) Ponte rio Imbaú sentido Ortigueira

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO TRECHO DO POSTO 4

	
(PR-340) Sentido Tibagi	(PR-340) Ponte sem nome sentido Ortigueira
	
(PR-340) Sentido Tibagi	(PR-340) Sentido Ortigueira
	
(PR-340) Sentido Tibagi	(PR-340) Posto 4 contagem

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO TRECHO DO POSTO 5

	
(PR-160) Lombadas no sentido Curiúva	(PR-160) Lombadas no sentido Imbaú
	
(PR-160) Sentido Imbaú início de pista marginal	(PR-160) Chegando no entroncamento com a BR 376
	
(PR-160) Sentido Curiúva	(PR-160) Sentido Curiúva

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO TRECHO DO POSTO 6

	
(BR-376) Área urbana de Imbaú	(BR-376) Área urbana de Imbaú
	
(BR-376) Área urbana de Imbaú	(BR-376) Área urbana de Imbaú sentido Curitiba
	
(BR-376) Área urbana de Imbaú sentido Curitiba	(PR-160) Posto 6 contagem

REGISTRO FOTOGRÁFICO DO TRECHO DO POSTO 7

	
(BR-376) Ponte rio Caçador sentido Ortigueira	(BR-376) Ponte rio Imbauzinho sentido Imbaú
	
(BR-376) Sentido Ortigueira	(BR-376) Sentido Imbaú
	
(BR-376) Rotatória para Ortigueira	(BR-376) Saída do trevo de Ortigueira sentido Imbaú

3.3. Capacidade de Tráfego

A caracterização das rodovias apresentada na **Tabela 3.1** foi desenvolvida com vistas à identificação dos principais condicionantes de capacidade de tráfego e de riscos de acidentes, assim como a apresentação das capacidades de tráfego.

Para efeito de análise de capacidade serão considerados, para os propósitos de estudo de impacto ambiental, os padrões de capacidade das rodovias e que são indicados na Tabela 3.3 a seguir. Cabe notar que foi adotado um padrão conservador para o estabelecimento da capacidade rodoviária e que a mesma deve ser considerada para o trecho específico das pesquisas de tráfego. Vale salientar que foram desconsiderados trechos com capacidade de tráfego ampliada por conta de existência de terceira faixa. O padrão adotado considera que em geral, nas rodovias pesquisadas há ocorrência de interferências laterais, como acessos, e proximidades com ocupação urbana.

Tabela 3.3

Capacidade de tráfego adotada nas seções dos Postos de Contagens

Rodovia	Posto de Pesquisa / Trecho	Capacidade (Veq. /hora/ Sentido)
PR-160	Posto 1 Próximo da Subestação Klabin	1.300
PR-160	Posto 2 Cemitério Jardim da Saudade	1.300
PR-340	Posto 3 2 km após cruzamento com PR 160	1.100
PR-340	Posto 4 Próximo de Ortigueira	500
PR-160	Posto 5 A 2 km da área urbana de Imbaú	1.100
BR-376	Posto 6 Próximo ao pedágio	1.300 (sentido Ortigueira) 2.000 (sentido Imbaú)
BR-376	Posto 7 Rotatória de Ortigueira	1.300

A análise de capacidade visa identificar o padrão de Nível de Serviço de Tráfego existente na rodovia. Para os propósitos do presente estudo será utilizado o indicador de Nível de Serviço de Tráfego expresso pela relação $V/C = (\text{Volume de Tráfego} / \text{Capacidade})$, onde V (volume de tráfego) e C (capacidade de tráfego) são expressos em veículos equivalentes por hora.

Os Níveis de Serviço de tráfego (NS) dependem de diversos fatores físicos e operacionais da via e da demanda de tráfego (dimensões geométricas, densidade de tráfego, interferências viárias). Visam expressar a comodidade e facilidade de tráfego na via. O HCM define seis Níveis de Serviço cujas caracterizações são as seguintes:

- Nível de serviço A:

Corresponde a uma situação de fluidez do tráfego, com baixo fluxo de tráfego e velocidades altas, somente limitadas pelas condições físicas da via. Os condutores não se veem forçados a manter determinada velocidade por causa de outros veículos.

- **Nível de serviço B:**

Corresponde a uma situação estável, quer dizer, que não se produzem mudanças bruscas na velocidade, ainda que esta comece a ser condicionada por outros veículos, mas os condutores podem manter velocidades de serviço razoável e em geral escolhem a faixa de tráfego por onde circulam.

- **Nível de serviço C:**

Corresponde a uma circulação estável, mas a velocidade e a manobrabilidade estão consideravelmente condicionadas pelo resto do tráfego. Os adiantamentos e a troca de faixa são mais difíceis, mas as condições de circulação são toleráveis.

- **Nível de serviço D:**

Corresponde a uma situação que começa a ser instável, quer dizer, em que se produzem trocas bruscas e imprevistas na velocidade e a manobrabilidade dos condutores está muito restringida pelo resto do tráfego. Nesta situação aumentos pequenos no fluxo obrigam a trocas importantes na velocidade.

- **Nível de serviço E:**

Supõe que o tráfego é próximo a capacidade da via e as velocidades são baixas. As paradas são frequentes, sendo instáveis e forçadas as condições de circulação.

- **Nível de serviço F:**

O nível F corresponde a uma circulação muito forçada, com velocidades baixas e filas frequentes que obrigam a detenções que podem ser prolongadas. O extremo do nível F é um absoluto congestionamento da via.

A Tabela a seguir apresenta as características de tráfego para cada Nível de Serviço e as correspondentes faixas da relação V/C (Volume/Capacidade).

Tabela 3.4:
Caracterização dos Níveis de Serviço de Tráfego

Nível de Serviço de Tráfego	Caracterização do Tráfego	Relação Volume/Capacidade (V/C)
A	Fluxo livre	$< 0,35$
B	Próximo ao fluxo livre	$0,35 < V/C \leq 0,50$
C	Estável	$0,50 < V/C < 0,75$
D	Próximo ao instável	$0,75 < V/C < 0,90$
E	Instável (fluxo saturado)	$0,90 < V/C < 1,0$
F	Fluxo forçado	$V/C \sim 1,0$

Fonte: ANTT

4. VOLUMES DE TRÁFEGO NA SITUAÇÃO ATUAL

No **Anexo 1** são apresentados os resultados detalhados das pesquisas de contagens de volumes de tráfego nas rodovias da área de influência do empreendimento realizados no mês de janeiro de 2012. Neste item é apresentada a síntese da linha base de tráfego.

Atualmente são geradas aproximadamente 80 viagens diárias de caminhões pelo empreendimento. Não foram identificados, durante as contagens de tráfego, volumes de tráfego que possam implicar em baixos níveis de serviço de tráfego.

A seguir são apresentados, para cada posto de pesquisa, os resultados das estatísticas de tráfego, histograma de volume horário médio de tráfego em veículos equivalentes/hora e por sentido.

Para efeito de cálculo do volume de veículos equivalentes foram adotadas as seguintes taxas de equivalência:

Auto =	1 veículo equivalente
Ônibus =	3 veículos equivalentes
Caminhão =	3 veículos equivalentes
Bi-trem =	4 veículos equivalentes
Moto =	0,5 veículo equivalente

Também nesse caso das equivalências, para efeito de análise de impactos do empreendimento nos padrões de nível de serviço de tráfego, foram adotados valores conservadores (valores que ampliam o volume de tráfego).

A seguir são apresentados os resultados dos levantamentos de campo expressos em veículos equivalentes para propósitos de análise de capacidade. Posteriormente é apresentado o quadro síntese do volume horário médio observado em cada Posto de contagens de tráfego.

POSTO 1: (PR-160), Subestação Klabin



Figura 4.1-1 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 1



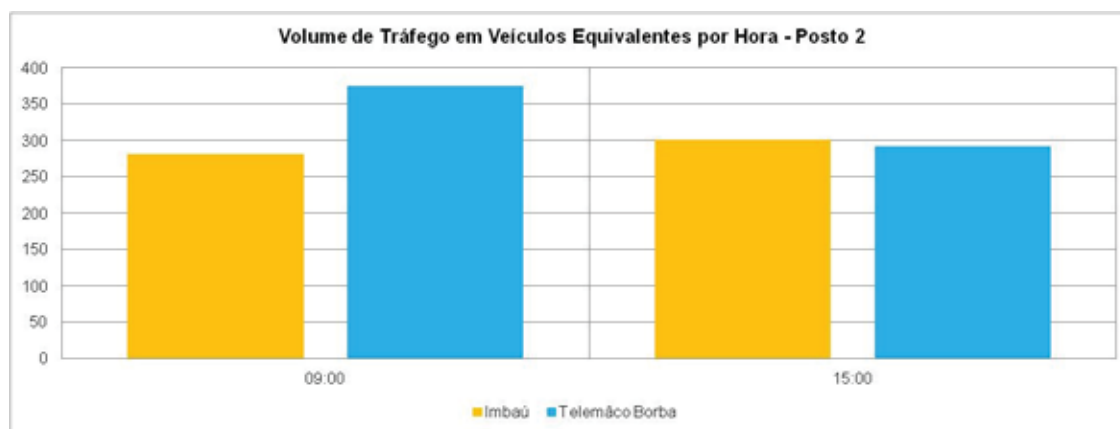
Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora / Sentido

Movimento	Veículo/Hora
Curiúva	109
Telêmaco Borba	112

POSTO 2: (PR-160), Próximo ao Cemitério Jardim da Saudade



Figura 4.1-2 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 2



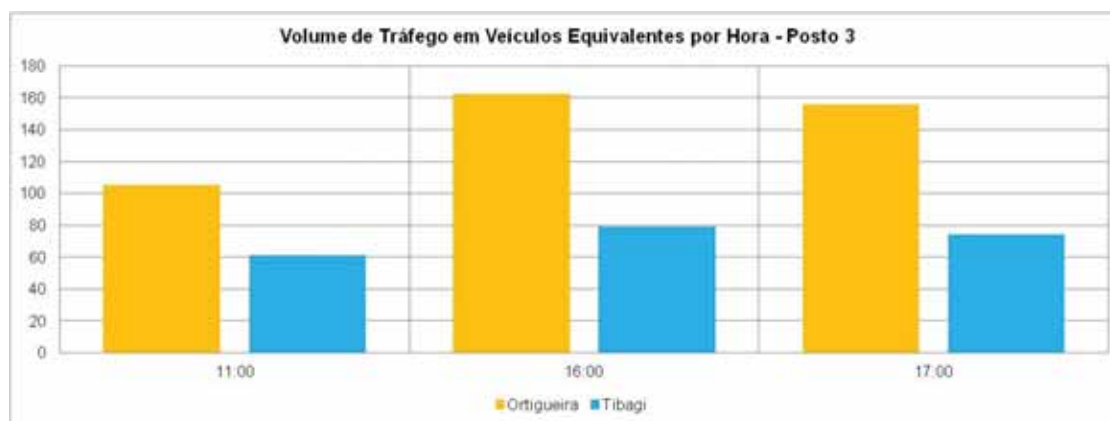
Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Imbaú	291
Telêmaco Borba	334

POSTO 3: (PR-340), 2 km após cruzamento com PR 160



Figura 4.1-3 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 3



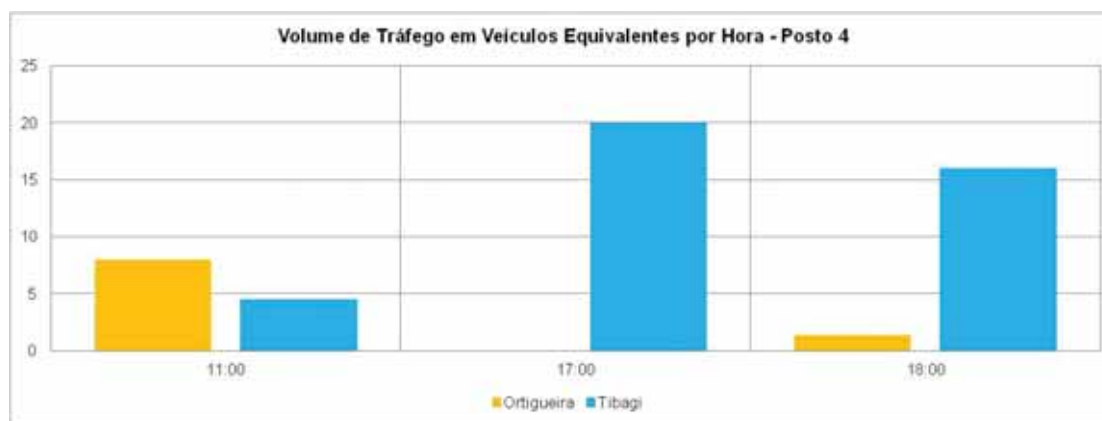
Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Ortigueira	141
Tibagi	71

POSTO 4: (PR-340) Estrada de Terra a aproximadamente 10km de Ortigueira



Figura 4.1-4 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 4



Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Ortigueira	3
Tibagi	14

POSTO 5: (PR-160) a 2 km da área urbana de Imbaú



Figura 4.1-5 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 5



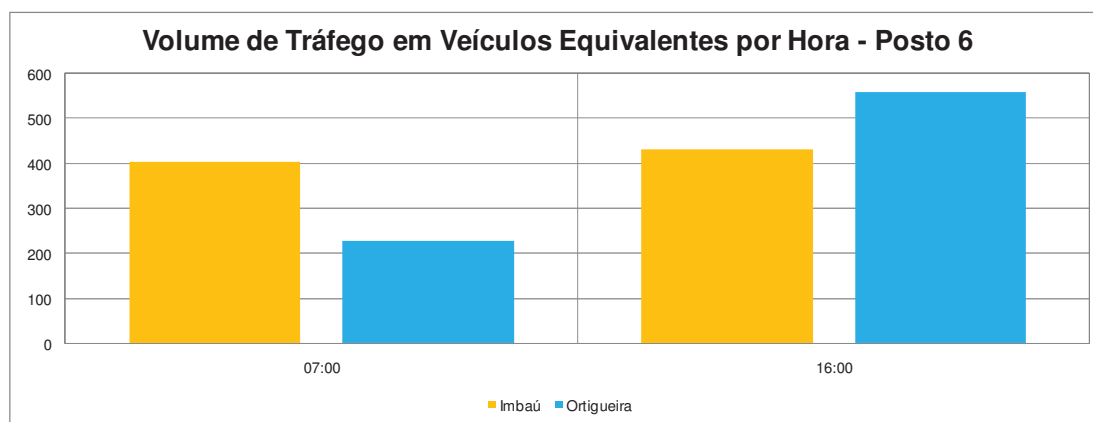
Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Imbaú	213
Telêmaco Borba	239

POSTO 6: (BR-376) Próximo ao pedágio (a 3km do entroncamento com a PR 160)



Figura 4.1-6 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 6



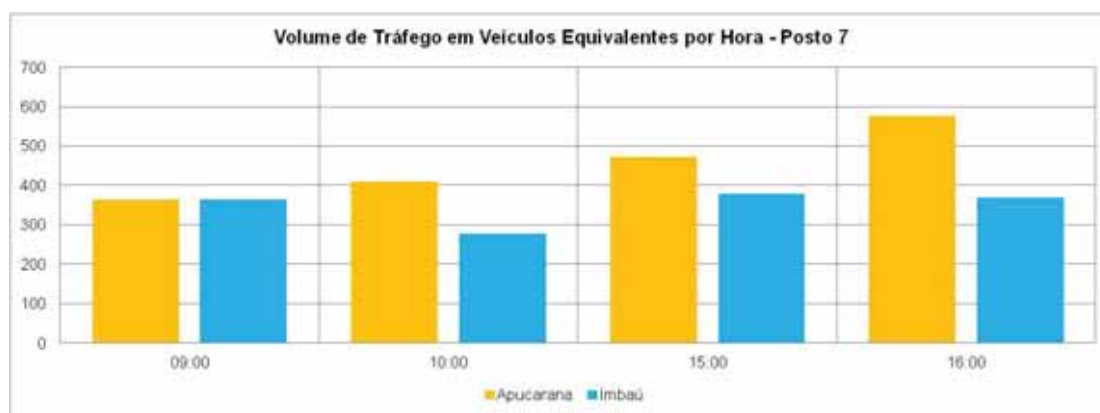
Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Imbaú	418
Ortigueira	394

POSTO 7: (BR-376) Rotatória de Ortigueira



Figura 4.1-7 – Histograma de Volume Horário Médio por Sentido – Posto 7



Volume de Tráfego Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Movimento	Veículo/Hora
Apucarana	456
Imbaú	347

A **Tabela 4.1** a seguir apresenta o quadro síntese dos volumes horários médios em veículos equivalentes por hora e por sentido de tráfego.

Tabela 4.1
Quadro Síntese das Contagens de Tráfego – Volume Horário Médio em Veículos Equivalentes/ Hora/sentido

Posto	Localização	Sentido de Tráfego	Volume Horário Médio Veq/hor/sentido
1	PR-160 Subestação Klabin	Curiúva	109
		Telemâco Borba	112
2	PR-160 Próximo ao Cemitério Jardim da Saudade	Imbaú	291
		Telêmaco Borba	334
3	PR-340 2 km após cruzamento com PR 160	Ortigueira	141
		Tibagi	71
4	PR-340 Estrada de Terra a 10 km de Ortigueira	Ortigueira	3
		Tibagi	14
5	PR-160 a 2 km da área urbana de Imbaú	Imbaú	213
		Telêmaco Borba	239
6	BR-376 Próximo ao pedágio (3 km da PR 160)	Imbaú	418
		Ortigueira	394
7	BR-376 Rotatória de Ortigueira	Apucarana	456
		Imbaú	347

Os valores indicados em negrito correspondem aos maiores carregamentos observados nas contagens de campo os quais serão utilizados para a análise de capacidade de cada Posto.

5. VOLUMES DE TRÁFEGO GERADOS PELO EMPREENDIMENTO

A Tabela a seguir apresenta o volume anual estimado para o empreendimento com base em dados de movimentação de tráfegos de veículos estimados pelo empreendedor.

Os volumes de tráfego anuais por produto foram convertidos em veículos/hora e em veículos equivalentes/hora. Para efeito de análise de capacidade esses volumes serão considerados para cada sentido de tráfego.

Tabela 5.1
Volume de Tráfego Gerado pelo Empreendimento nos Principais Trechos Rodoviários

	t/ano	t/dia	cap veíc (t)	Veic./dia (*)	Veículos./h	Veq./Veículo (**)	Veq./hora
madeira	7.200.000	20.339	35	581	46	4	186
celulose	1.300.000	3.672	25	147	12	3	35
papel	500.000	1.412	25	56	5	3	14
insumos	400.000	1.130	25	45	4	3	11
pessoas							10
TOTAL							256

(*) Pico de demanda horária = 8 % da demanda diária

Veq. = Veículo equivalente em unidades de veículo de passageiro

Observação:

- (*) para efeito de análise de capacidade de tráfego adota-se a premissa de que o fluxo horário equivale a 8 % do fluxo diário.
- (**) para efeito de análise de capacidade de tráfego adota-se a premissa de que 1 caminhão bi-trem é equivalente a 4 veículos de passeio.
- O volume de transporte de madeira foi informado pelo departamento florestal da Klabin e ajustado para a produção de 1,8 milhão de t/ano.
- Os volumes de insumos foram extraídos de estudos anteriores desenvolvidos pela Poyry e ajustados para a produção de 1,8 milhão de t/ano.
- O volume de transporte de passageiros foi inferido a partir do registro da movimentação de veículos de passageiros em outra unidade da Klabin. Nesse caso cabe notar que o pico de movimentação de passageiros não coincide com o pico de movimentação de cargas.

Os resultados das estimativas de demanda indicaram que o empreendimento deverá gerar um volume bidirecional de tráfego de 256 veículos/hora/sentido.

6. VOLUMES DE TRÁFEGO TOTAIS

O volume de tráfego total nas vias do entorno do empreendimento corresponde à soma do volume atualmente existente (apresentado no item 4.0), com os volumes estimados a serem gerados pelo empreendimento indicados na Tabela 5.1. Esse procedimento considera a premissa de que qualquer que seja a seção de rodovia da área de influência, a demanda máxima que o empreendimento poderá gerar na mesma corresponde a 100% da demanda gerada pelo empreendimento todo. Essa premissa é conservadora em termos de análise de impacto, pois aloca em todas as seções rodoviárias a totalidade dos volumes de tráfego demandada pelo empreendimento, ou seja, 256 unidades de veículos equivalentes, na hora de pico de demanda, por sentido de tráfego.

Para efeito de análise de capacidade de tráfego, o volume de tráfego existente (situação atual), por sentido de tráfego, considerado em cada Posto de Pesquisa, corresponde ao volume horário médio do sentido mais carregado, devidamente identificado durante as pesquisas de campo. Dessa maneira as premissas adotadas para a análise de capacidade são as seguintes:

- O volume de tráfego total gerado pelo empreendimento será alocado a todas as seções rodoviárias objeto de análise.
- O volume de tráfego atualmente existente corresponde ao volume de tráfego do sentido mais carregado em cada seção rodoviária da pesquisa de campo (ver **Tabela 4.1**).

Tais premissas representam a situação mais crítica possível para cada seção viária analisada.

Na **Tabela 6.1** são apresentados os resultados da análise de capacidade de tráfego resultante das situações sem o empreendimento (situação atual) e com o empreendimento, indicando o Nível de Serviço de Tráfego resultante em ambas as situações.

Na **Tabela 6.2** são apresentados os resultados da análise de capacidade considerando a projeção do volume de tráfego atual para o período de 10 anos com taxa de crescimento de 3% ao ano, com e sem o empreendimento.

Na **Tabela 6.3** é apresentado o quadro resumo dos Níveis de Serviço de Tráfego para as situações com e sem o empreendimento para o período atual e para as projeções de 10 anos com as taxas de crescimento de 3% ao ano.

Tabela 6.1

Volumes de Tráfego em Veículos Equivalentes/hora/sentido e Relação V/C (Volume/Capacidade) na situação atual e após a implantação do empreendimento

Rodovia	Posto de Pesquisa	Capacidade (Veq./h/Sentido)	Volume Atual (*) (Veq./h/Sentido)	V/C Atual	NS Atual	Volume adicional Gerado pelo empreendimento(**) (Veq./h/Sentido)	(V/C) c/ empreendimento	NS c/ empreendimento
PR-160	Posto 1	1.300	112	0,09	A	256	0,28	A
PR-160	Posto 2	1.300	334	0,26	A	256	0,45	B
PR-340	Posto 3	1.100	141	0,13	A	256	0,36	B
PR-340	Posto 4	500	14	0,03	A	256	0,54	C
PR-160	Posto 5	1.100	239	0,22	A	256	0,45	C
BR-376	Posto 6	1.300	418	0,32	A	256	0,52	C
BR-376	Posto 7	1.300	456	0,35	B	256	0,55	C

Veq. = Veículos Equivalentes; V/C = Volume/Capacidade; NS = Nível de Serviço de Tráfego

(*) O volume atual corresponde ao volume horário médio pesquisado no sentido de tráfego mais carregado (ver Tabela 4.1)

(**) 100% do volume de tráfego gerado pelo empreendimento foi alocado nas seções rodoviárias analisadas

Caracterização dos Níveis de Serviço de Tráfego

Nível de Serviço de Tráfego	Caracterização do Tráfego	Relação Volume/capacidade (V/C)
A	Fluxo livre	$< 0,35$
B	Próximo ao fluxo livre	$0,35 < v/c \leq 0,50$
C	Estável	$0,50 < V/C < 0,75$
D	Próximo ao instável	$0,75 < V/C < 0,90$
E	Instável (fluxo saturado)	$0,90 < V/C < 1,0$
F	Fluxo forçado	$V/C \sim 1,0$

Fonte: ANTT

R.H.

Tabela 6.2

Ano 10 - Volumes de Tráfego em Veículos Equivalentes/ hora/sentido e Relação V/C (Volume/Capacidade), com taxa de crescimento de tráfego de 3% ao ano

Rodovia	Posto de Pesquisa	Capacidade (Veq./h/Sentido)	Volume Futuro (sem empreendimento) (*) (Veq./h/Sentido)	V/C (sem empreendimento)	NS Futuro (sem empreendimento)	Volume adicional Gerado pelo empreendimento (Veq./h/Sentido)	V/C Futuro c/ empreendimento	NS Futuro c/ empreendimento
PR-160	Posto 1	1.300	151	0,12	A	256	0,31	A
PR-160	Posto 2	1.300	449	0,35	B	256	0,54	C
PR-340	Posto 3	1.100	189	0,17	A	256	0,40	B
PR-340	Posto 4	500	19	0,04	A	256	0,55	C
PR-160	Posto 5	1.100	321	0,29	A	256	0,52	C
BR-376	Posto 6	1.300	562	0,43	B	256	0,63	C
BR-376	Posto 7	1.300	613	0,47	B	256	0,67	C

Veq. = Veículos Equivalentes; V/C = Volume/Capacidade; NS = Nível de Serviço de Tráfego

(*) Volume de Tráfego Geral Futuro projetado para o período de 10 anos com taxa de crescimento de 3% ao ano.

Caracterização dos Níveis de Serviço de Tráfego

Nível de Serviço de Tráfego	Caracterização do Tráfego	Relação Volume/capacidade (V/C)
A	Fluxo livre	$< 0,35$
B	Próximo ao fluxo livre	$0,35 < v/c \leq 0,50$
C	Estável	$0,50 < V/C < 0,75$
D	Próximo ao instável	$0,75 < V/C < 0,90$
E	Instável (fluxo saturado)	$0,90 < V/C < 1,0$
F	Fluxo forçado	$V/C \sim 1,0$

Fonte: ANTT

Tabela 6.3

Quadro Síntese da Estimativa de Evolução do Nível de Serviço de Tráfego em período de 10 anos com taxa de crescimento do tráfego geral de 3% ao ano.

Rodovia	Posto de Pesquisa	Ano 1		Ano 10	
		V/C Sem empreendimento	V/C Com empreendimento	V/C Sem empreendimento	V/C Com empreendimento
PR-160	Posto 1	0,09	0,28	0,12	0,30
PR-160	Posto 2	0,26	0,45	0,35	0,53
PR-340	Posto 3	0,13	0,35	0,17	0,40
PR-340	Posto 4	0,03	0,52	0,04	0,53
PR-160	Posto 5	0,22	0,44	0,29	0,52
BR-376	Posto 6	0,32	0,51	0,43	0,62
BR-376	Posto 7	0,35	0,54	0,47	0,66

Rodovia	Posto de Pesquisa	Ano 1		Ano 10	
		NS Sem empreendimento	NS Com empreendimento	NS Sem empreendimento	NS Com empreendimento
PR-160	Posto 1	A	A	A	A
PR-160	Posto 2	A	B	B	C
PR-340	Posto 3	A	B	A	B
PR-340	Posto 4	A	C	A	C
PR-160	Posto 5	A	C	A	C
BR-376	Posto 6	A	C	B	C
BR-376	Posto 7	B	C	B	C

Obs.: o tráfego geral foi projetado até o ano 10 com taxa de crescimento de 3% ao ano

Os resultados apresentados nas tabelas acima indicam que os volumes de tráfego gerados pela operação do empreendimento para transporte de matéria prima (madeira), outros insumos, produtos (papel e celulose) e pessoal deverão alterar o padrão demanda nas rodovias da área de influência do empreendimento mantendo sempre, na pior situação, o Nível de Serviço de Tráfego Fluxo Estável (NS=C).

Na seção com pior Nível de Serviço (Posto 7, BR-376, Rotatória de Ortigueira) a relação V/C (Volume/Capacidade), após a implantação do empreendimento deverá ser de 55%. Projetando-se para o período de 10 anos com taxa de crescimento de 3% ao ano essa relação atinge 67%. Em ambos os casos o Nível de Serviço

corresponde ao NS=C (Fluxo Estável) sem necessidade de medidas de ampliação de capacidade.

Para o caso do Posto 4 (trecho da rodovia PR 340 sem pavimento), devido à menor capacidade de tráfego, o impacto do empreendimento em termos de nível de serviço de tráfego, é mais relevante podendo passar de NS=A (fluxo livre) para NS=C (fluxo estável).

Cabe notar que o volume de tráfego estimado corresponde ao cenário adotando: (i) as premissas de cálculo a favor da segurança (volume da hora de pico de 10% do volume diário e fator de equivalência do caminhão bi-trem igual a 4 veículos equivalentes); (ii) cenário de operação a plena capacidade do empreendimento; e (iii) a totalidade dos fluxos de transportes gerados pelo empreendimento alocada igualmente a todos os trechos rodoviários analisados.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos de tráfego realizados para a análise dos impactos da instalação do empreendimento da Klabin na região entre Telêmaco Borba e Ortigueira (PR), foram realizados adotando a premissa de que as rotas a serem adotadas para o transporte de matéria prima, outros insumos, produtos e pessoal, utilizarão trechos das rodovias PR-160, PR-340, e BR-376. As principais conclusões e recomendações associadas ao estudo são apresentadas a seguir:

- No cenário atual, sem o empreendimento, as rodovias do entorno do local previsto para a instalação da nova unidade da Klabin apresentam boas condições de circulação, baixos volumes de tráfego e consequentemente, bons níveis de serviço de tráfego (NS=A, tráfego com fluxo livre, nos Postos 1 a 6, e NS = B, tráfego próximo ao fluxo livre, para o Posto 7).
- Os estudos indicaram que o tráfego gerado com a implantação do empreendimento para atendimento das demandas de suprimento de matéria prima, outros insumos, produtos e pessoal, nas condições atuais da rede de transporte, deverá alterar o padrão de tráfego mantendo níveis de serviço com a relação Volume/Capacidade abaixo de 0,54 (NS=C Tráfego com Fluxo estável), ou seja, mantendo condições de tráfego que não requerem intervenções de ampliação de capacidade.
- Estimativas realizadas com taxas de crescimento da demanda não associada ao empreendimento, da ordem de 3% ao ano, indicam que em um período de 10 anos, os trechos em análise manterão o padrão operacional de NS entre A e C sem necessidade de implantação de medidas de ampliação de capacidade. Nesse caso, o trecho mais crítico, Posto 7, estará operando com a relação V/C próximo de 0,67.
- No caso do Posto 4, rodovia PR 340, o trecho analisado não é pavimentado, configurando condições precárias para o volume de tráfego estimado. Nesse trecho, o impacto da ampliação do empreendimento no nível de serviço de tráfego é mais relevante, podendo alterar da situação atual de $V/C = 0,02$ (NS=A, tráfego de fluxo livre), para $V/C = 0,52$ (NS=C, tráfego de fluxo estável). Embora a demanda estimada para o tráfego gerado pelo empreendimento represente um aumento relevante nesse trecho da rodovia, não há evidências de necessidade de ampliação de capacidade. Todavia cabe considerar que haverá comprometimento do estado do pavimento requerendo implantar medidas de manutenção periódica além de sinalização de tráfego.
- Cabe mencionar que a ponte sobre o Rio Tibagi na PR 160 não tem acostamento de forma que ocorre pequena redução de capacidade pontual que por sua vez não altera o padrão de capacidade de tráfego da via.

ANEXO 1

RESULTADOS DAS PESQUISAS DE CONTAGEM DE VOLUME DE TRÁFEGO

As pesquisas consistiram em levantamentos de contagem de tráfego classificadas nos 7 postos de pesquisa detalhados abaixo:

- POSTO 1: (PR-160), Subestação Klabin
- POSTO 2: (PR-160), Próximo ao Cemitério Jardim da Saudade
- POSTO 3: (PR-340), 2 km após cruzamento com PR 160
- POSTO 4: (PR-340) Estrada de Terra a 10km de Ortigueira
- POSTO 5: (PR-160) a 2 km da área urbana de Imbaú
- POSTO 6: (BR-376) Próximo ao pedágio (a 3km da PR 160)
- POSTO 7: (BR-376) Rotatória de Ortigueira

Na Tabela a seguir é apresentado o quadro resumo dos horários dos levantamentos de campo realizados nos dias 9, 10 e 11 de janeiro de 2012.

Quadro Resumo dos horários das Contagens de Tráfego realizadas em Campo

Data	Posto	Local	07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	13:00-13:15	13:15-13:30	13:30-13:45	13:45-14:00	14:00-14:15	14:15-14:30	14:30-14:45	15:00-15:15	15:15-15:30	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30	18:30-18:45
09/01/12	1	(PR 160) Subestação Klabin																																			
	2	(PR 160) Próximo ao cemitério Jd. Da Saudade																																			
	3	(PR 340) Após cruzamento com PR 160																																			
	5	(PR 160) Próximo área urbana de Imbaú																																			
	6	(BR 376) Pedágio																																			
10/01/12	1	(PR 160) Subestação Klabin																																			
	2	(PR 160) Próximo ao cemitério Jd. Da Saudade																																			
	3	(PR 340) Após cruzamento com PR 160																																			
	5	(PR 160) Próximo área urbana de Imbaú																																			
	6	(BR 376) Pedágio																																			
11/01/12	4	(PR 340) Estrada de terra																																			
	7	(BR 376) Rotatória de Ortigueira																																			

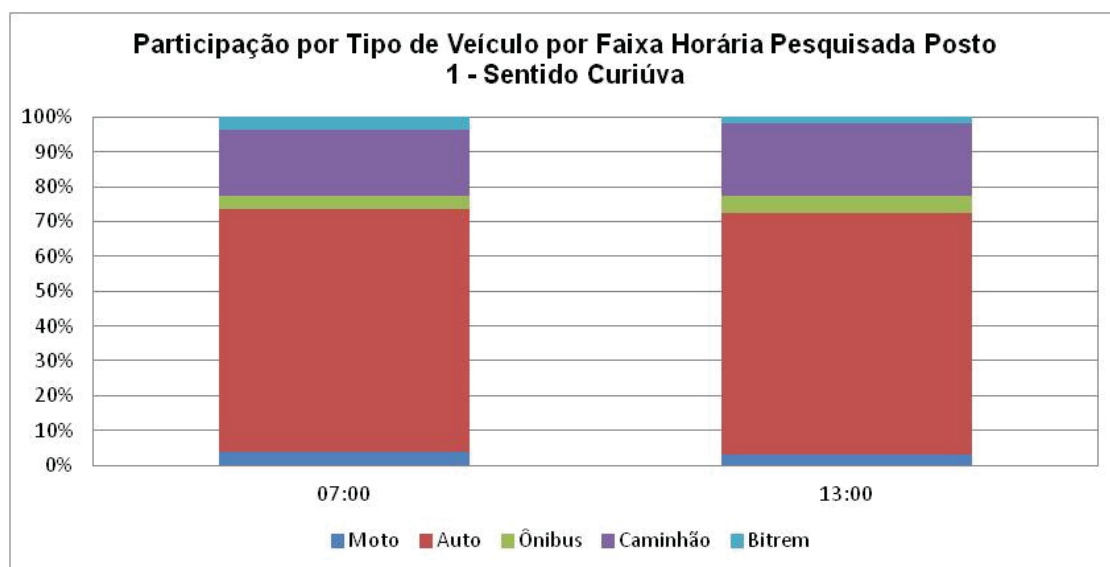
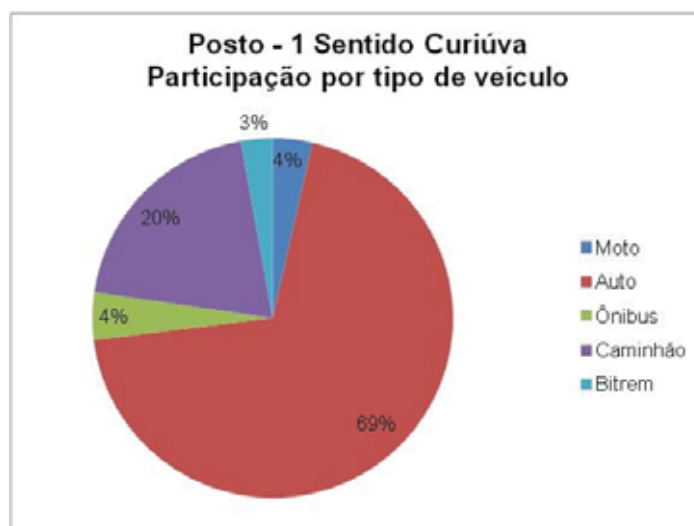
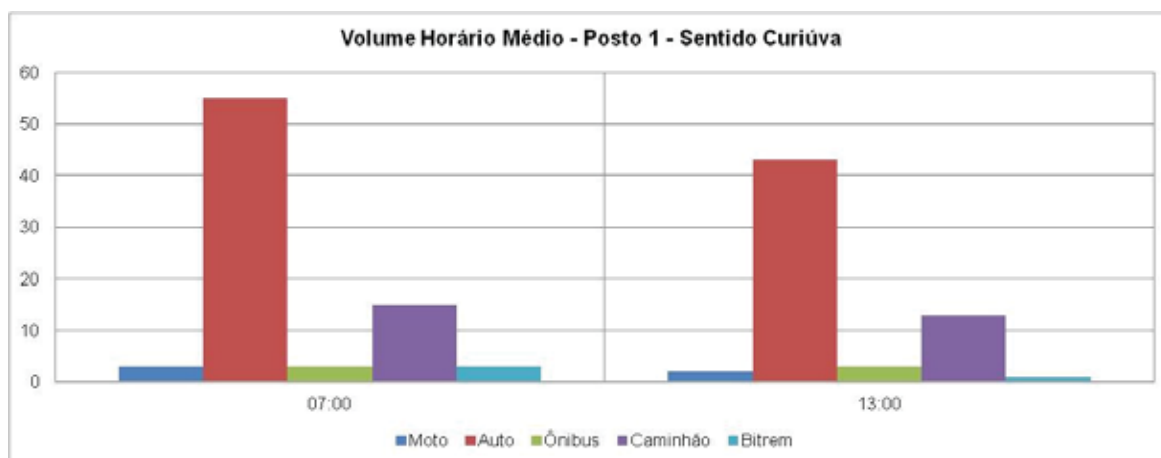
Alti

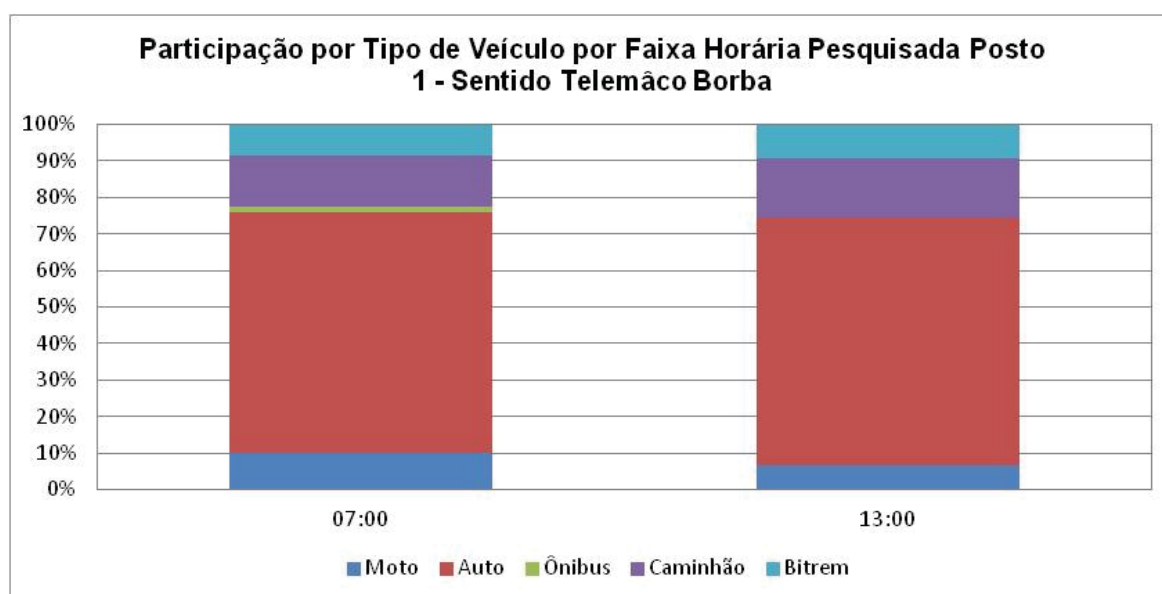
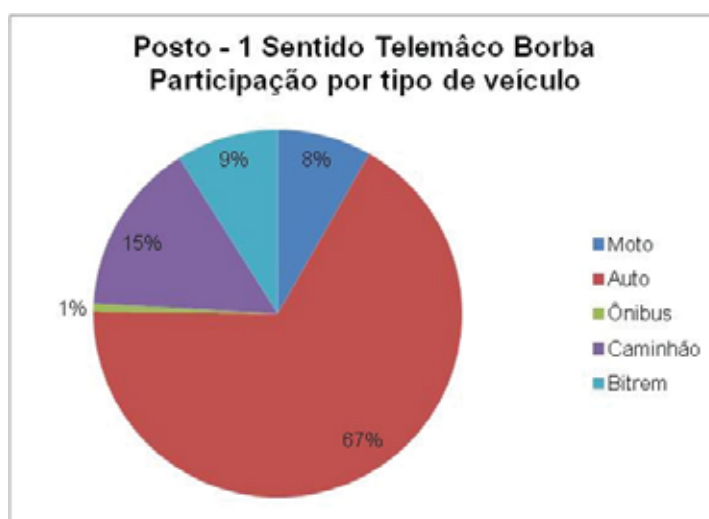
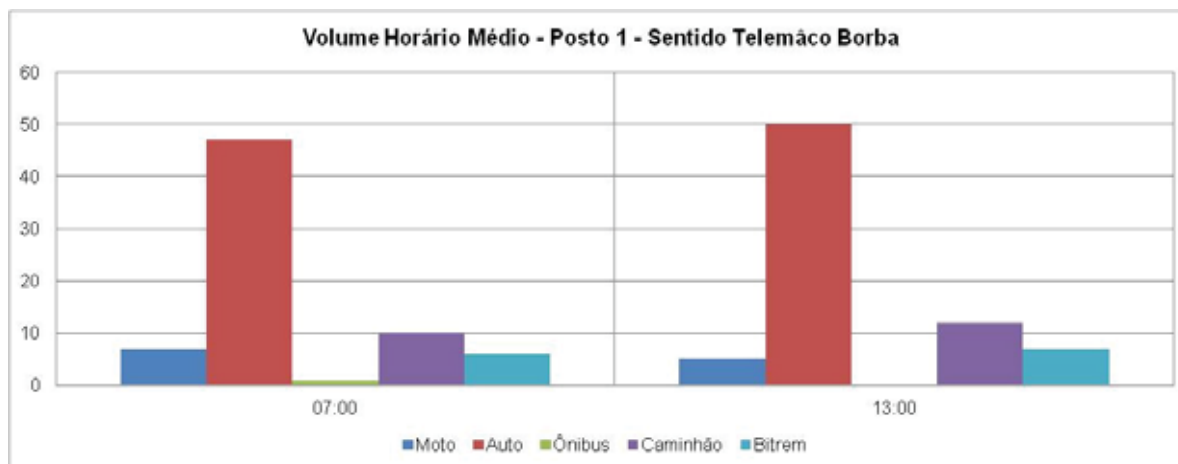
POSTO 1

(PR 160), Subestação Klabin

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	13:00-13:15	13:15-13:30	13:30-13:45	13:45-14:00
Curiúva	Moto	0	0	2	1	0	0	1	1
	Auto	13	20	10	12	6	10	8	19
	Ônibus	1	2	0	0	0	1	1	1
	Caminhão	3	1	5	6	6	3	1	3
	Bitrem	0	0	1	2	0	0	0	1
	Veículos Equivalentes	25	29	30	39	24	22	15	36
Telemâco Borba	Moto	0	1	1	5	0	3	0	2
	Auto	9	16	10	12	13	12	11	14
	Ônibus	0	0	0	1	0	0	0	0
	Caminhão	0	3	5	2	2	3	1	6
	Bitrem	1	3	1	1	2	3	2	0
	Veículos Equivalentes	13	38	30	28	27	35	22	33





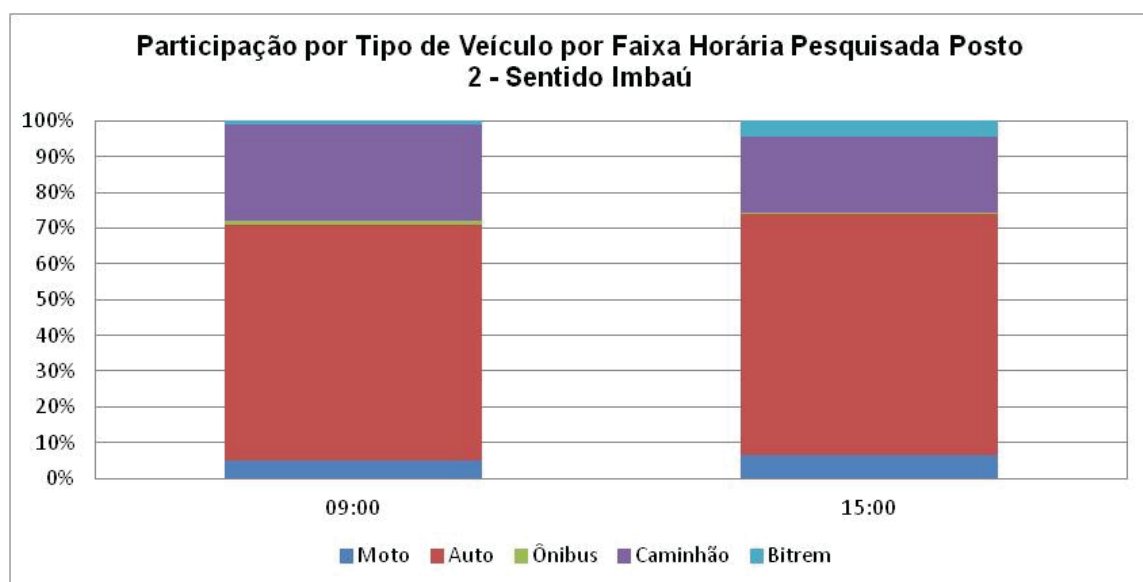
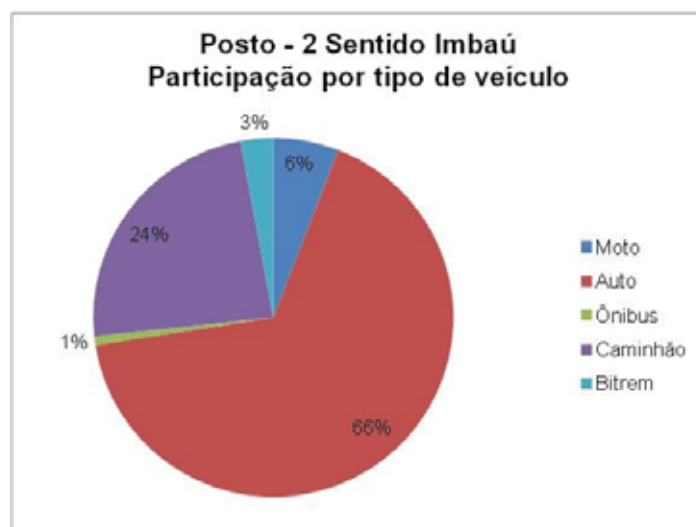
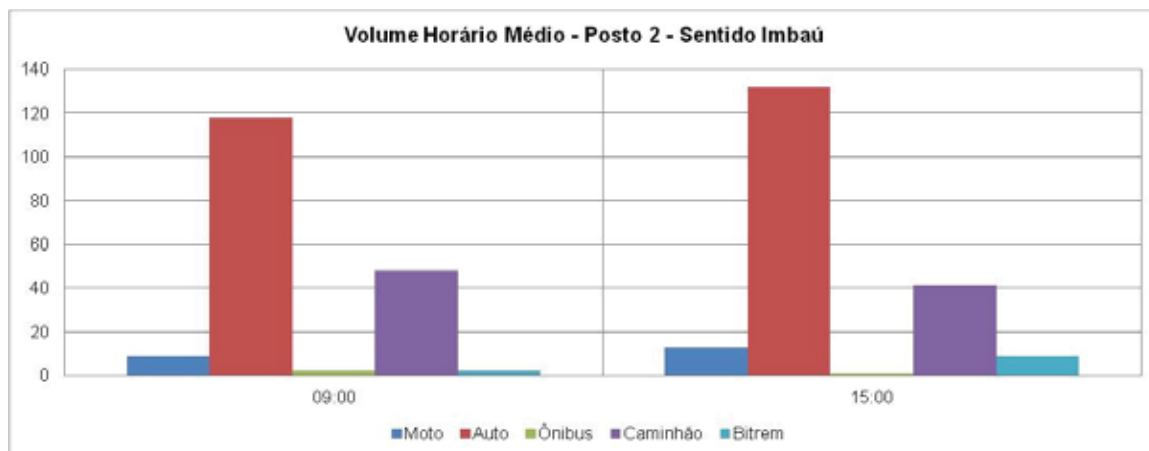
POSTO 2

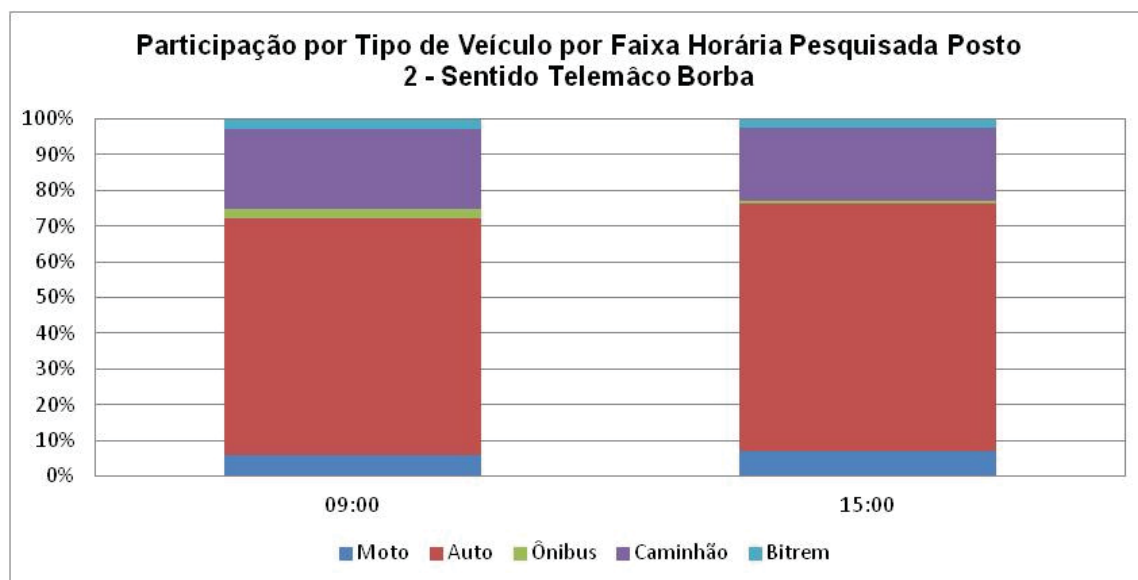
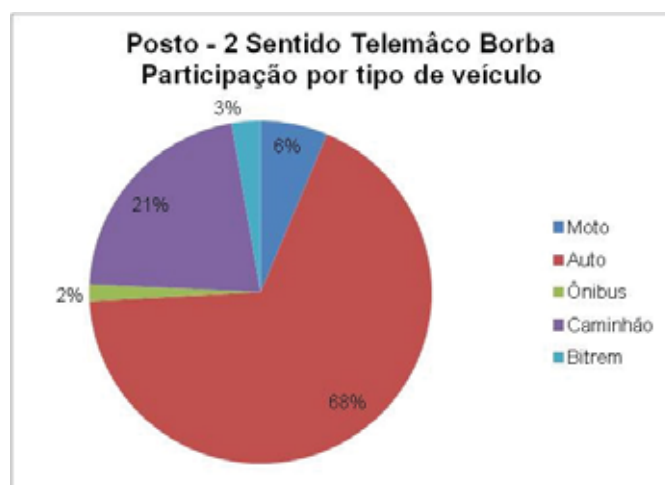
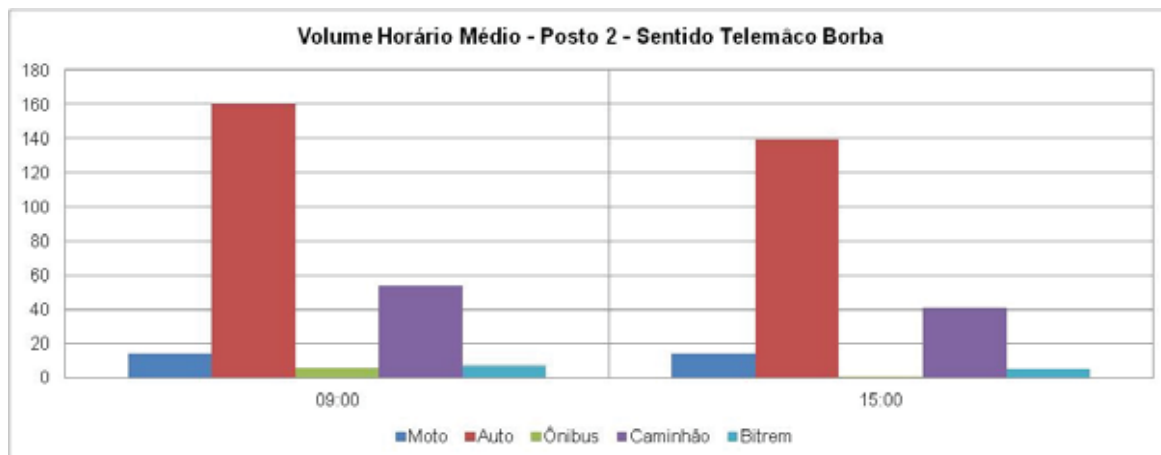
(PR 160), Próximo ao Cemitério Jardim da Saudade

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	15:00-15:15	15:15-15:30	15:30-15:45	15:45-16:00
Imbaú	Moto	3	4	2	0	1	8	1	3
	Auto	19	31	51	17	35	31	25	41
	Ônibus	0	1	1	0	1	0	0	0
	Caminhão	9	11	13	15	3	14	10	14
	Bitrem	0	0	1	1	1	2	5	1
	Veículos Equivalentes	48	69	98	66	52	85	76	89
Telêmaco Borba	Moto	2	6	3	3	2	2	4	6
	Auto	37	50	47	26	33	40	34	32
	Ônibus	1	3	2	0	0	0	0	1
	Caminhão	13	10	17	14	8	8	9	16
	Bitrem	1	1	3	2	1	1	2	1
	Veículos Equivalentes	84	96	118	78	62	69	71	90

Contagens realizadas nos dias 9 e 10 de janeiro de 2012

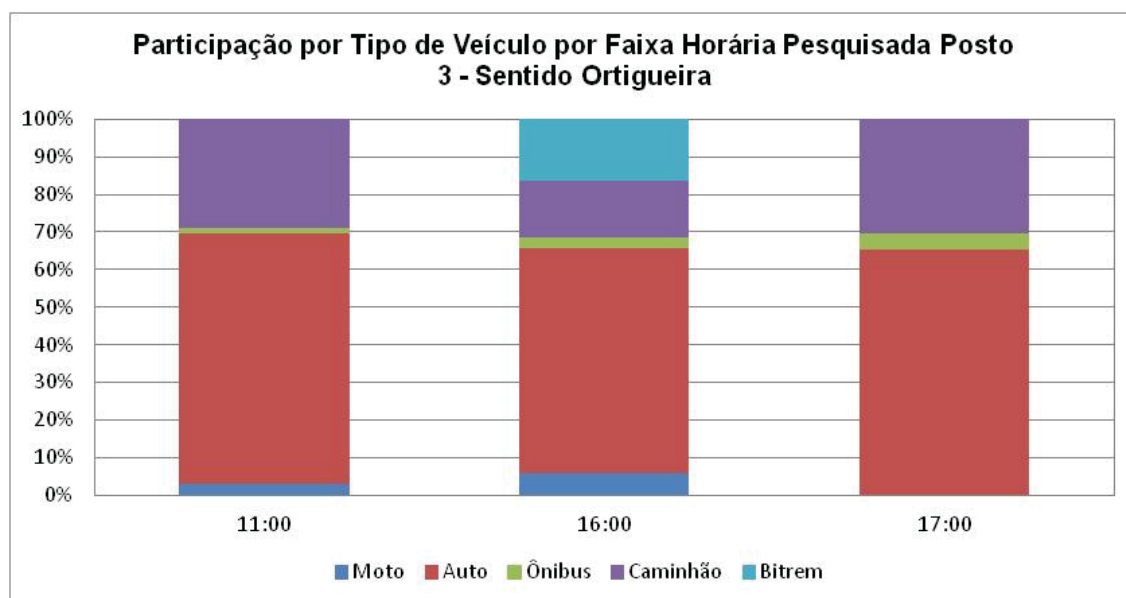
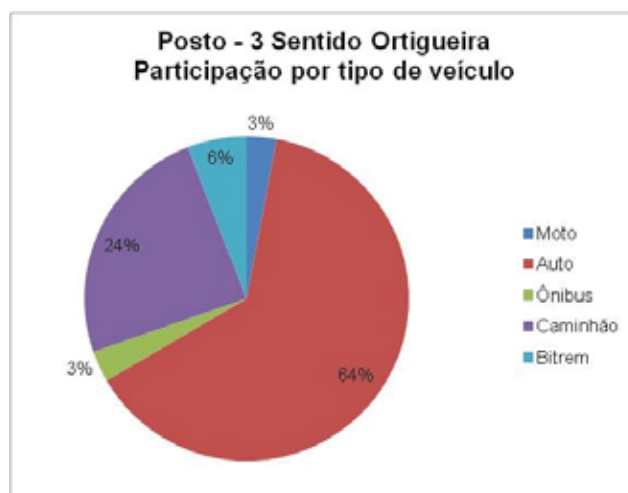
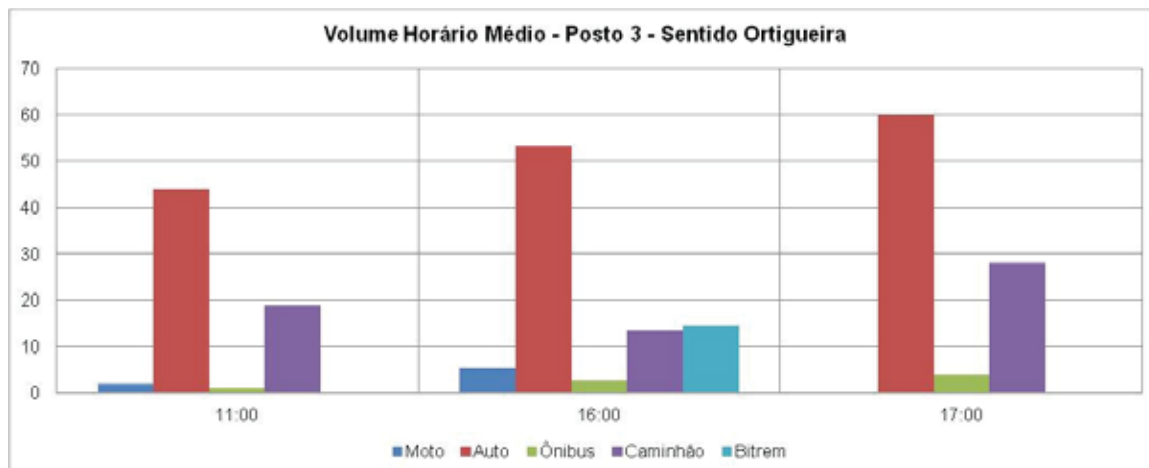


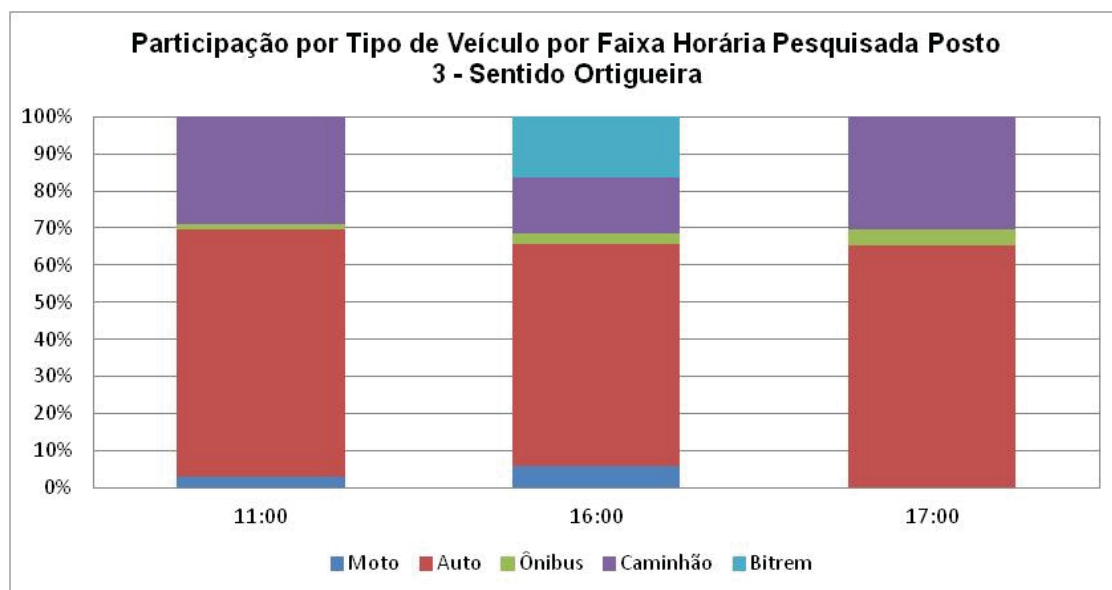
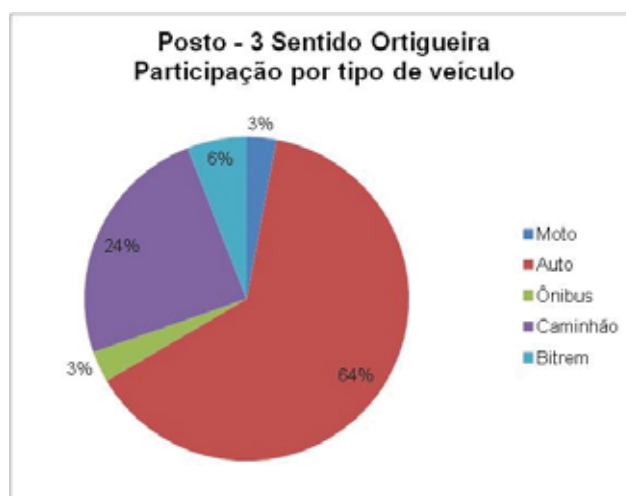
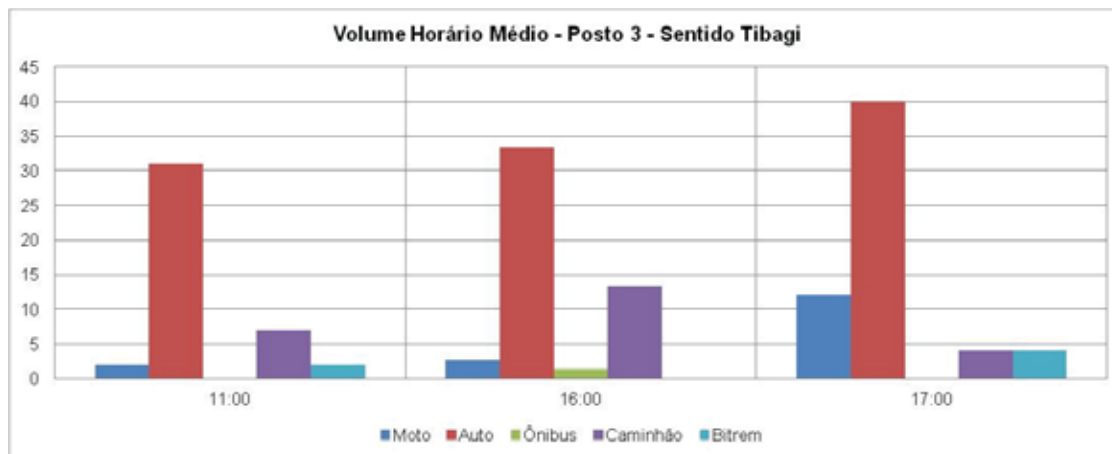


POSTO 3
(PR 340), 2 km após cruzamento com PR 160

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15
Ortigueira	Moto	0	1	1	0	2	1	1	0
	Auto	12	10	13	9	15	10	15	15
	Ônibus	1	0	0	0	1	0	1	1
	Caminhão	3	5	6	5	3	2	5	7
	Bitrem	0	0	0	0	7	2	2	0
	Veículos Equivalentes	24	26	32	24	56	25	42	39
Tibagi	Moto	0	1	0	1	1	0	1	3
	Auto	5	11	8	7	6	6	13	10
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	1	0
	Caminhão	3	1	3	0	5	3	2	1
	Bitrem	0	1	1	0	0	0	0	1
	Veículos Equivalentes	14	19	21	8	22	15	23	19



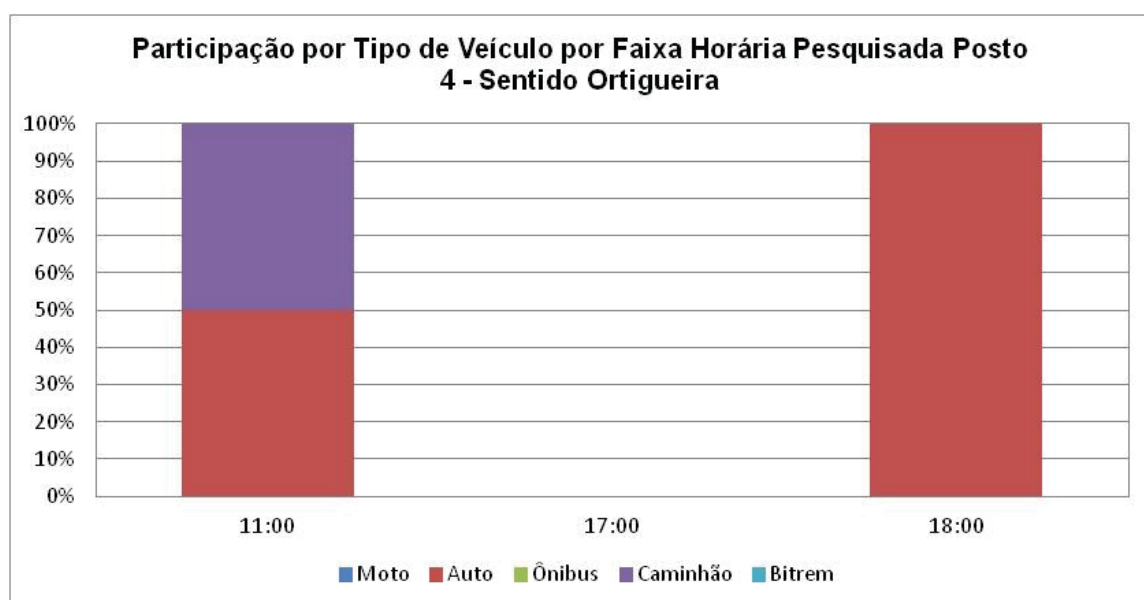
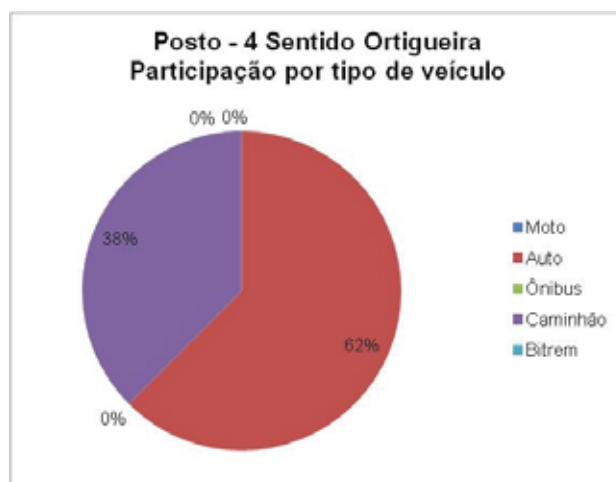


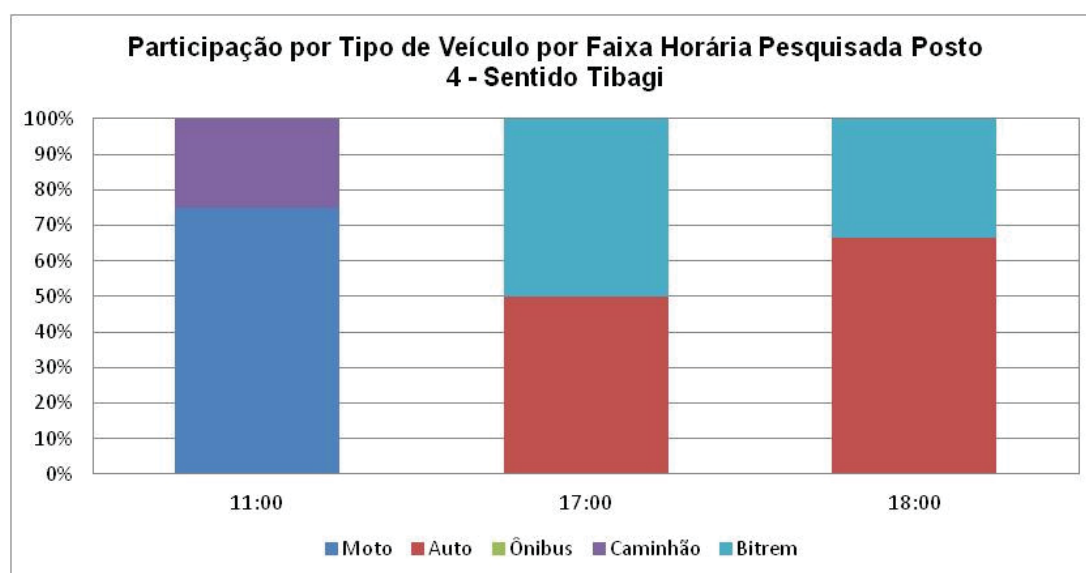
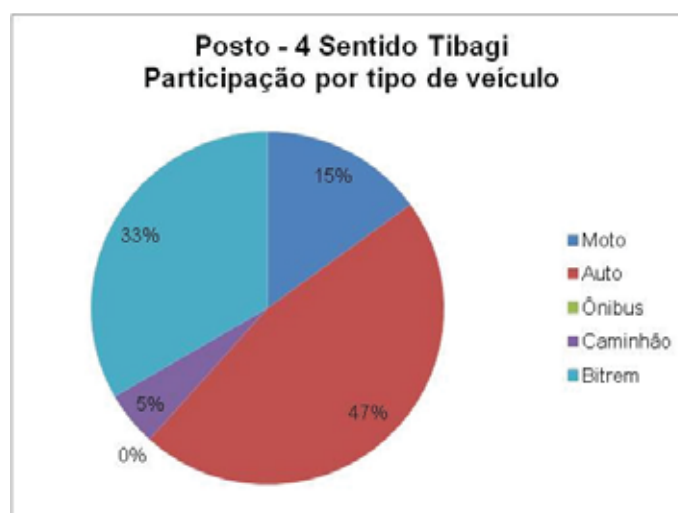
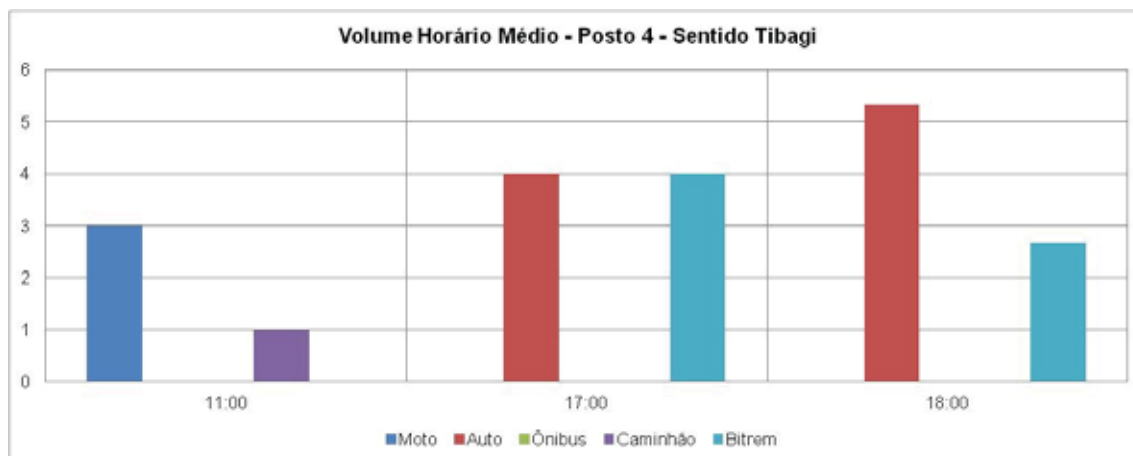
POSTO 4

(PR 340) Estrada de Terra a aproximadamente 10km de Ortigueira

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30	18:30-18:45
Ortigueira	Moto	0	0	0	0	0	0	0	0
	Auto	0	1	0	1	0	1	0	0
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caminhão	0	1	0	1	0	0	0	0
	Bitrem	0	0	0	0	0	0	0	0
	Veículos Equivalentes	0	4	0	4	0	1	0	0
Tibagi	Moto	0	2	1	0	0	0	0	0
	Auto	0	0	0	0	1	2	2	0
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caminhão	0	0	1	0	0	0	0	0
	Bitrem	0	0	0	0	1	1	1	0
	Veículos Equivalentes	0	1	4	0	5	6	6	0

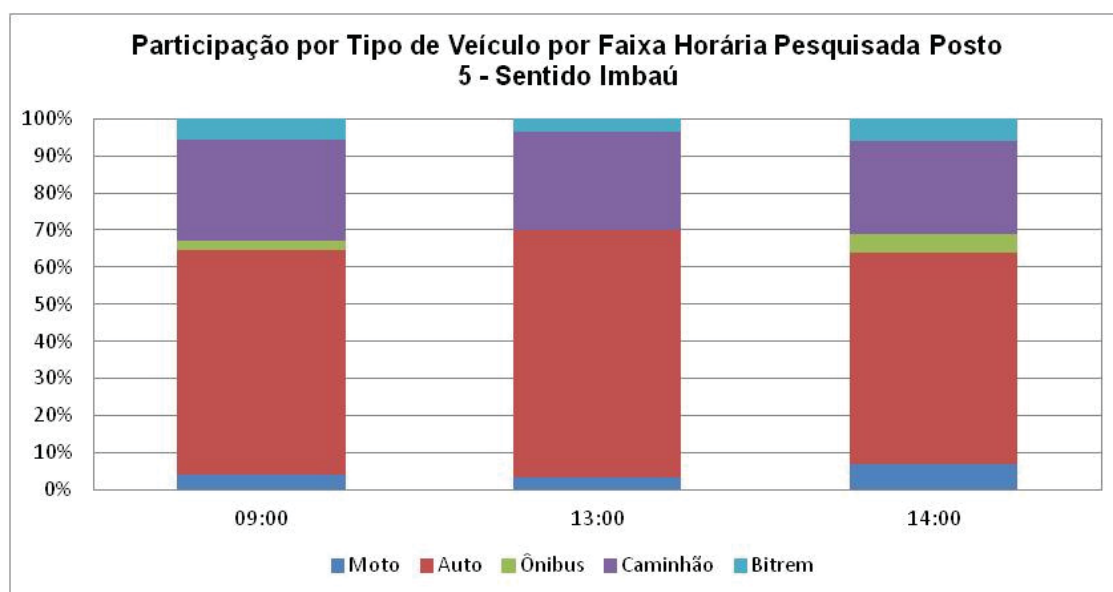
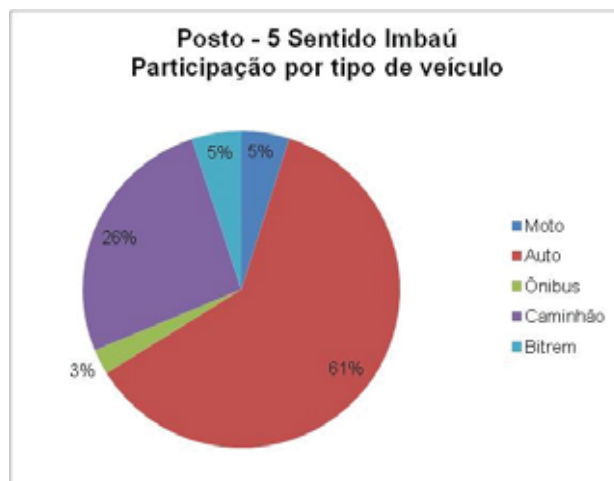
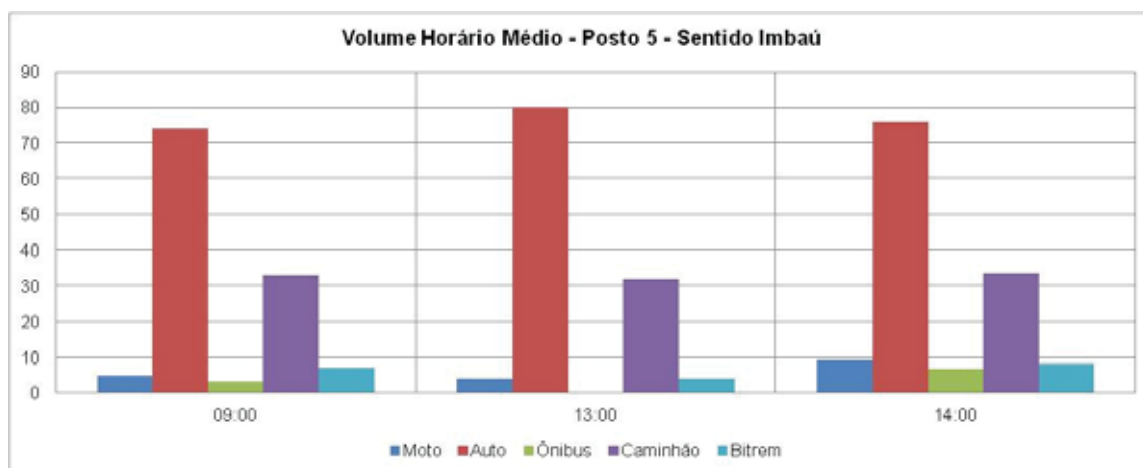


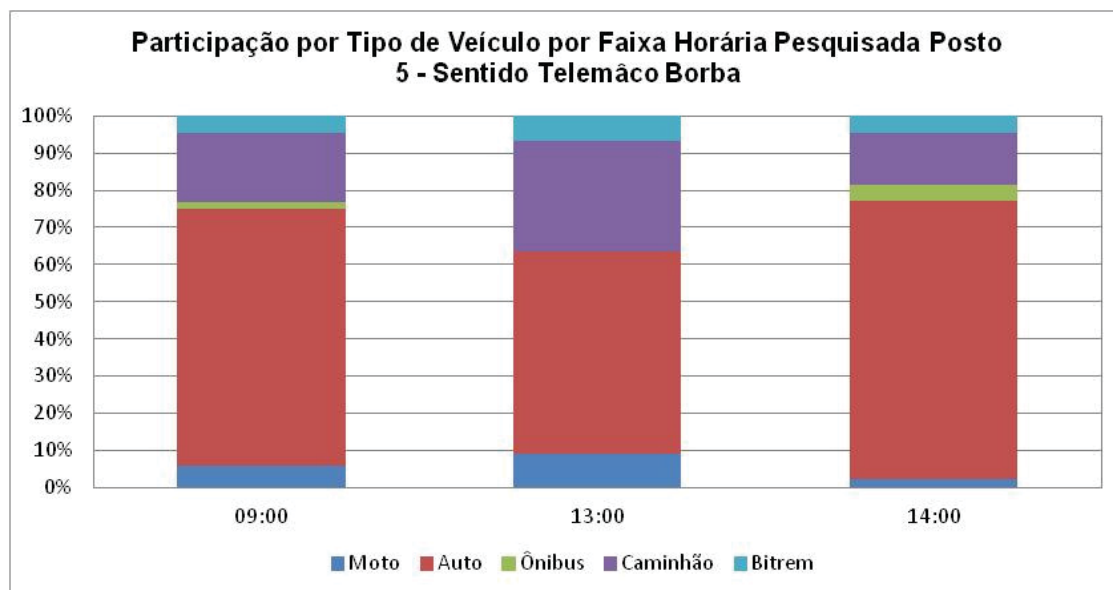
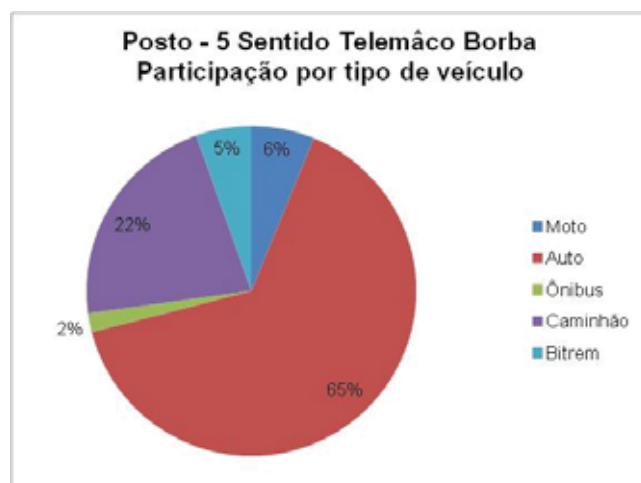
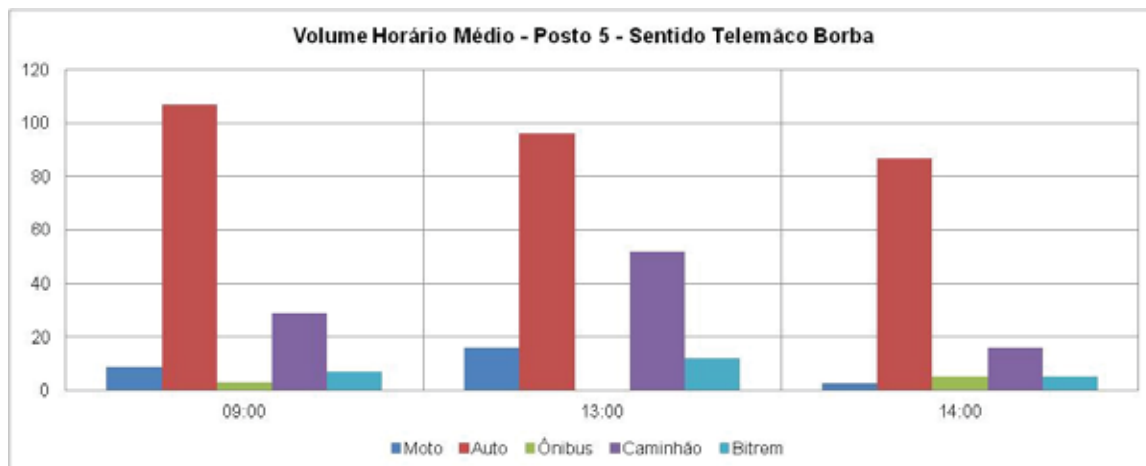


POSTO 5
(PR 160) a 2 km da área urbana de Imbaú

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		09:00-09:15	09:15-09:30	09:30-09:45	09:45-10:00	13:45-14:00	14:00-14:15	14:15-14:30	14:30-14:45
Imbaú	Moto	4	1	0	0	1	0	6	1
	Auto	29	13	15	17	20	13	22	22
	Ônibus	0	0	2	1	0	1	3	1
	Caminhão	12	11	5	5	8	12	3	10
	Bitrem	3	0	3	1	1	0	2	4
	Veículos Equivalentes	79	47	48	39	49	52	51	72
Telêmaco Borba	Moto	0	1	1	7	4	0	1	1
	Auto	26	24	23	34	24	28	19	18
	Ônibus	1	2	0	0	0	2	1	1
	Caminhão	5	7	10	7	13	5	3	4
	Bitrem	1	1	3	2	3	2	0	2
	Veículos Equivalentes	48	56	66	67	77	57	32	42



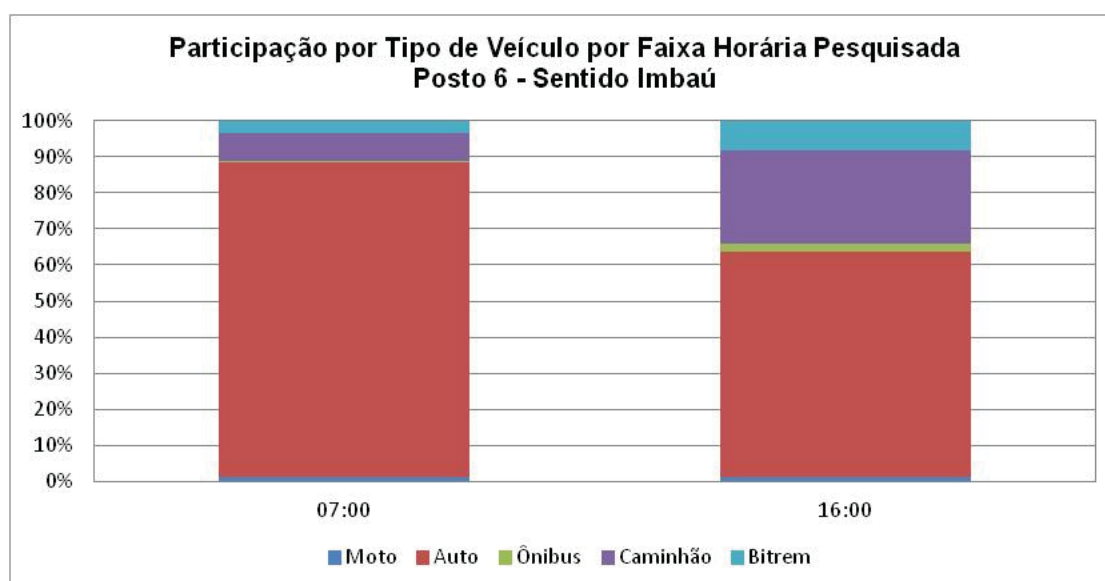
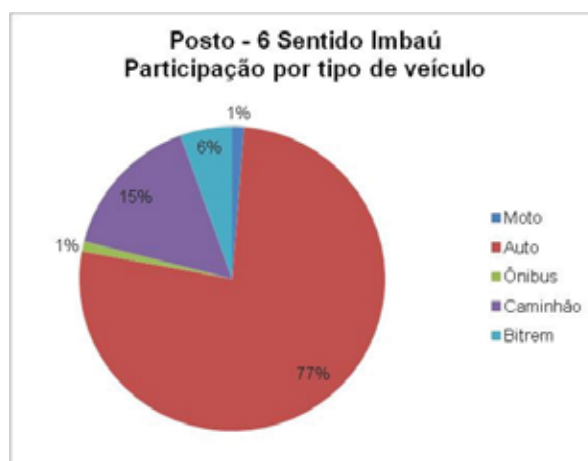
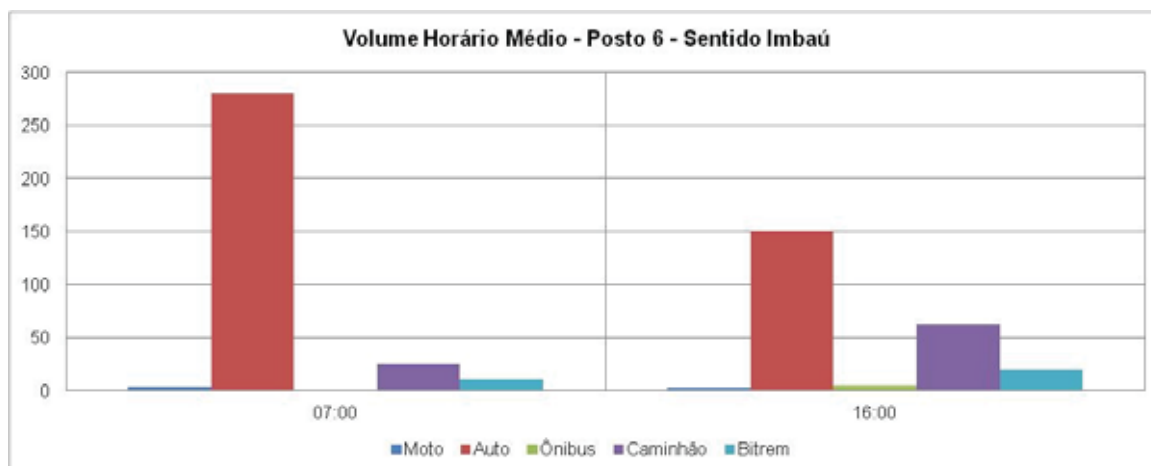


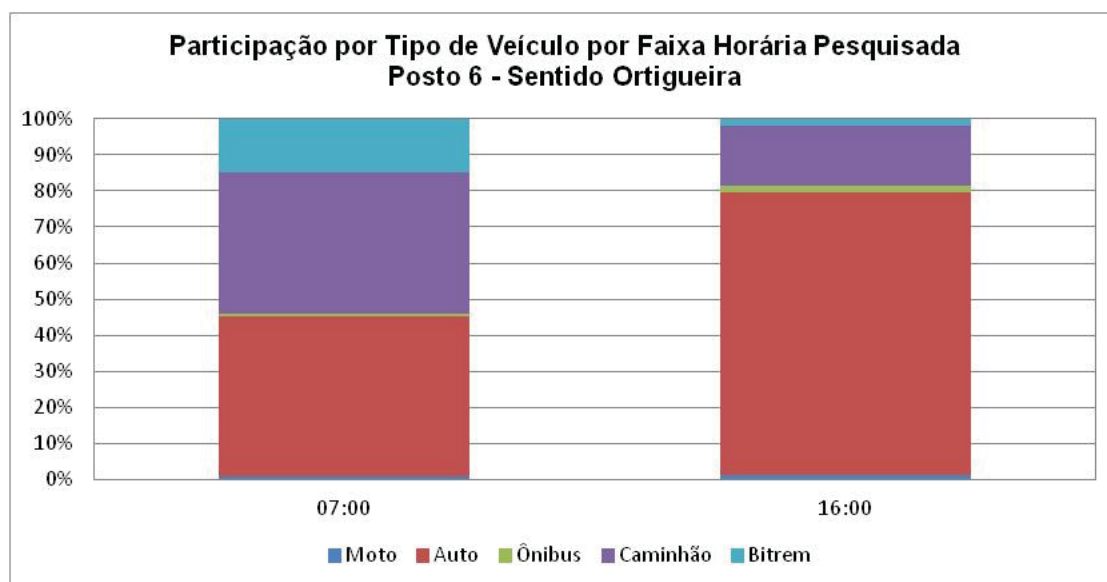
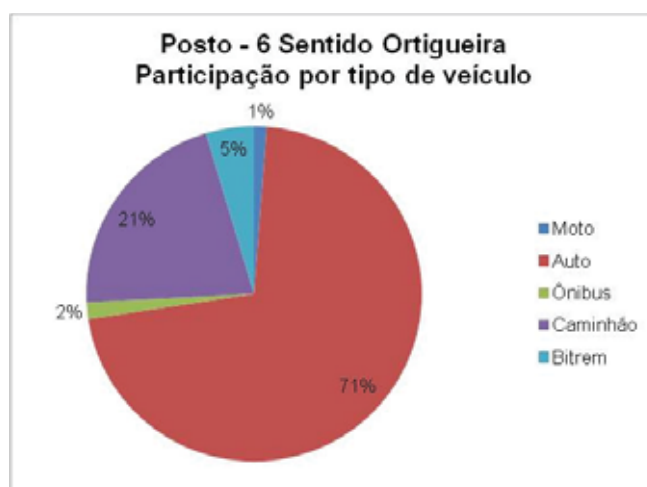
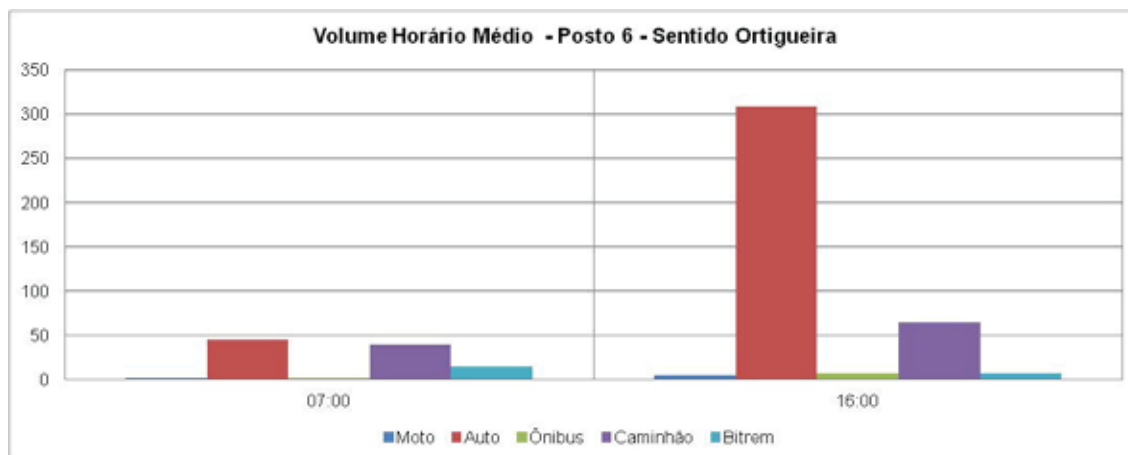
POSTO 6

(BR 376) Próximo ao pedágio (a 3km do entroncamento com a PR 160)

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00
Imbaú	Moto	0	2	0	2	1	0	1	1
	Auto	62	71	57	90	43	35	32	40
	Ônibus	1	0	0	0	3	0	0	2
	Caminhão	7	4	7	7	20	10	15	17
	Bitrem	3	1	6	1	6	4	6	4
	Veículos Equivalentes	98	88	102	116	137	81	102	114
Ortigueira	Moto	0	0	1	0	1	1	2	1
	Auto	6	12	15	12	77	101	59	72
	Ônibus	0	0	1	0	1	0	3	3
	Caminhão	9	11	7	13	21	15	14	15
	Bitrem	2	8	3	2	3	4	0	1
	Veículos Equivalentes	41	77	52	59	156	163	111	131





POSTO 7

(BR 376) Rotatória de Ortigueira

Resultados das Contagens de Tráfego (veículos por sentido em intervalos de 15 minutos)

Sentido de Tráfego	Tipo de Veículo	Período de Contagem de Tráfego							
		09:40-09:55	09:55-10:10	10:10-10:25	10:25-10:40	15:15-15:30	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15
Apucarana	Moto	0	3	0	0	0	2	1	0
	Auto	20	34	38	47	42	67	70	84
	Ônibus	0	0	0	0	0	1	2	1
	Caminhão	17	16	11	13	12	10	10	11
	Bitrem	4	3	3	9	7	3	7	6
	Veículos Equivalentes	87	96	83	122	106	113	135	144
Imbaú	Moto	0	1	1	1	0	1	0	0
	Auto	32	71	29	37	17	33	29	29
	Ônibus	0	0	1	0	1	1	0	2
	Caminhão	10	8	7	9	8	17	20	15
	Bitrem	1	5	3	2	2	7	7	3
	Veículos Equivalentes	66	116	66	73	52	116	117	92

