

RODOVIA BR-116/SP/PR
TRECHO: São Paulo - Curitiba

VOLUME I

AS-BUILT

IMPLANTAÇÃO DE RETORNO

km 352+000 – Trecho Serra do Cafezal
Município de Miracatu/SP

DEZEMBRO / 2018

ÍNDICE

Documento Projetista		Documento ANTT		Título do Documento	pag.
Nº	Rev.	Nº	Rev.		
APRESENTAÇÃO					3
MAPA DE LOCALIZAÇÃO					5
MEMORIAL DESCRITIVO					7
SET-MD-06-116_SP-352-0-A09_501	A	MD-06-116_SP-352-0-A09_501	A	MEMORIAL DESCRITIVO VIÁRIO	8
ENE-MD-06-116-SP-352-0-C01-501	A	MD-06-116-SP-352-0-C01-501	A	MEMORIAL DESCRITIVO DA OAE	33
NOU-MD-06-116-SP-352-0-G23-601	A	MD-06-116-SP-352-0-G23-601	A	MEMORIAL DESCRITIVO DE CONTENÇÃO	35
SET-MD-06-116_SP-352-0-H01/501	A	MD-06-116-SP-352-0-H01/501	A	MEMORIAL DESCRITIVO DO ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	38
MEMÓRIA DE CÁLCULO					79
DYN-MC-06-116/SP-336-7-P09/501	A	MC-06-116/SP-336-7-P09/501	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTAÇÃO	80
NKE-RT-06-116/SP-336-2-J03/501	A	RT-06-116/SP-336-2-J03/501	A	ESTUDO DE TRÁFEGO E NÍVEIS DE SERVIÇO	105
SET-MC-06-116_SP-352-0-F07/501	A	MC-06-116_SP-352-0-F07/501	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ALINHAMENTO HORIZONTAL E VERTICAL	156
SET-MC-06-116_SP-352-0-F07/502	A	MC-06-116_SP-352-0-F07/502	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ALINHAMENTO HORIZONTAL E VERTICAL	164
SET-MC-06-116_SP-352-0-F07/503	A	MC-06-116_SP-352-0-F07/503	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ALINHAMENTO HORIZONTAL E VERTICAL	173
SET-RT-06-116_SP-352-0-G02/501	A	RT-06-116_SP-352-0-G02/501	A	PERFIL GEOTÉCNICO INDIVIDUAL - SONDAgens	181
SET-MC-06-116_SP-352-0-H04/501	A	MC-06-116_SP-352-0-H04/501	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DO ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	200
SET-MC-06-116_SP-352-0-Q04/501	A	MC-06-116_SP-352-0-Q04/501	A	QUADRO DE CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM	219
SET-MC-06-116_SP-352-0-Q04/502	A	MC-06-116_SP-352-0-Q04/502	A	QUADRO DE CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM	230
SET-MC-06-116_SP-352-0-Q05/501	A	MC-06-116_SP-352-0-Q05/501	A	QUADRO ORIENT. VOLUME DE TERRAPLENAGEM	239
ENE-MC-06-116-SP-352-0-C01-501	A	MC-06-116-SP-352-0-C01-501	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA	241
ENE-MC-06-116-SP-352-0-C01-502	A	MC-06-116-SP-352-0-C01-502	A	MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA	306
NOU-RT-06-116-SP-352-0-G23-601	A	RT-06-116-SP-352-0-G23-601	A	MEMORIAL DESCRITIVO	358
NOU-RT-06-116-SP-352-0-G23-501	A	RT-06-116-SP-352-0-G23-501	A	RELATÓRIO DO PROJETO DE CONTENÇÃO	360
NOU-RT-06-116-SP-352-0-G23-502	A	RT-06-116-SP-352-0-G23-502	A	RELATÓRIO DO PROJETO DE CONTENÇÃO - ESQUEMA CONSTRUTIVO	414
ENG-RT-06-116/SP-352-0-C01/501	A	RT-06-116/SP-352-0-C01/501	A	PROJETO PADRÃO – BARREIRAS RÍGIDAS EM CONCRETO ARMADO	435
ENE-MC-06-116/SP-351-9-C01/504	A	MC-06-116/SP-351-9-C01/504	A	CÁLCULO DE TAXAS DE ARMADURA DE VIGOTAS E PLACAS DA OBRA 19 - OAE	441
MD-06-116SP-352-0-E01-501	A	MD-06-116SP-352-0-E01-501	A	MEMORIA DE ILUMINAÇÃO	452

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o projeto do Retorno do km 352+000, trecho Serra do Cafezal BR-116/SP, município de Miracatu/SP. Essa obra tem por objetivo cumprir parte do Programa de Exploração da Rodovia do PER.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO
FOTO AÉREA

5/22/2015



*Implantação de Retorno
km 352+000 – Miracatu/SP*

Image © 2015 CNES / Astrium

Google earth

MEMORIAL DESCRITIVO



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MD-06-116/SP-352-0-A09/501

Revisão
A

Emissão
15/01/2016

Folha
01 de 26

Lote :
04

Rodovia : BR-116
RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT

Projetista:
SETENGE
Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.

Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA
Retorno Operacional – km 352+000

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto : MEMORIAL DESCRITIVO DE PROJETO

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
0	15/01/2016	SETENGE		

FIRMA PROJETISTA: **SETENGE** Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.

Nº INTERNO: SET-MD-06-116/SP-352-0-A09/501

Rev.:0

1. Sumário

1.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	3
2.	DESCRIPTIVO E IDENTIFICAÇÃO.....	5
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO RETORNO OPERACIONAL.....	6
2.2	LOCALIZAÇÃO	7
3.	CADASTRO E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EXISTENTE	9
3.1	OBJETIVO.....	10
4.	RESUMO DOS PARÂMETROS DE PROJETO	11
4.1	FAIXAS DE MUDANÇA DE VELOCIDADE	13
4.1.1	FAIXA DE DESACELERAÇÃO.....	14
4.1.2	FAIXA DE ACELERAÇÃO	14
4.2	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	15
4.3	VOLUME DE TRÁFEGO	15
5.	PAVIMENTAÇÃO	16
6.	DRENAGEM SUPERFICIAL	19
6.1	PROJETO.....	20
6.2	MATERIAIS	20
6.3	EXECUÇÃO.....	20
7.	MANEJO AMBIENTAL.....	21
7.1	METODOLOGIA.....	22
8.	TRÂNSITO E SEGURANÇA	23
8.1	SINALIZAÇÃO.....	24
9.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	25

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 3 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 4 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

O presente documento é parte integrante do processo de aprovação do projeto para implantação de um retorno operacional no km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt – BR 116/SP – Serra do Cafezal, localizado no município de Miracatu, Estado de São Paulo.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 5 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

2. DESCRITIVO E IDENTIFICAÇÃO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO RETORNO OPERACIONAL

Após concluída as obras de duplicação da rodovia, a pista existente passará a ser a Pista Sul e a implantada será a Pista Norte, e o retorno operacional proposto irá atender o fluxo no sentido Pista Norte para a Pista Sul.

No local previsto para a implantação do retorno, as pistas apresentam traçados independentes, uma em cada encosta do vale Córrego do Caçador.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 7 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

2.2 LOCALIZAÇÃO

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 8 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------



Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 9 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

3. CADASTRO E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

3.1 OBJETIVO

Promover o rápido atendimento aos usuários da rodovia.

Para a elaboração do presente projeto, foram adotadas as seguintes premissas do trecho da Rodovia:

- a) Rodovia: Classe 1-A (item 3.2 do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNIT);
- b) Veículo de Projeto: SR;
- c) Velocidade Diretriz : 60 km/h;
- d) Natureza da Região: Montanhosa;
- e) Pavimento : Rodovia – asfalto;
- f) Declividade da Pista:
 - Pista Norte (desaceleração) : 5,8% ascendente
 - Pista Sul (aceleração):5,3% descendente
- g) Velocidade de segurança na curva de saída : 30 km/h
- h) VDM da Rodovia em 2020 : 27000 veículos por sentido;
- i) Público alvo: Policia Rodoviária, ambulância, guincho e eventual retorno de veículos particulares.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 11 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

4. RESUMO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

O projeto do Retorno Operacional a ser implantado no km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt – BR 116/SP, Município de Miracatu/SP foi elaborado obedecendo aos critérios do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999).

Dessa maneira, podem ser relacionadas as características técnicas observadas no desenvolvimento do projeto geométrico e os estabelecidos no manual do DNIT:

Planilha resumo de parâmetros do projeto do Retorno Operacional		
Características Técnicas	Parâmetros utilizados	Parâmetros DNIT
Velocidade de projeto do retorno	30 km/h	30 km/h
Velocidade de projeto da rodovia na aproximação do dispositivo	80 km/h	60 km/h
Raio mínimo em função da velocidade	32 m	25 m
Rampa máxima em função da velocidade	8,0 %	8,0 %
Superelevação máxima em função da velocidade e do raio	4,0 %	2 %
Distância de visibilidade de parada em função K	70 m	30 m
Valor mínimo de k para curvas verticais convexas em função da velocidade	5,0	2
Valor mínimo de k para curvas verticais côncavas em função da velocidade	-	4,84
Veículo Tipo de Projeto	SR (semi-reboque)	SR (semi-reboque)

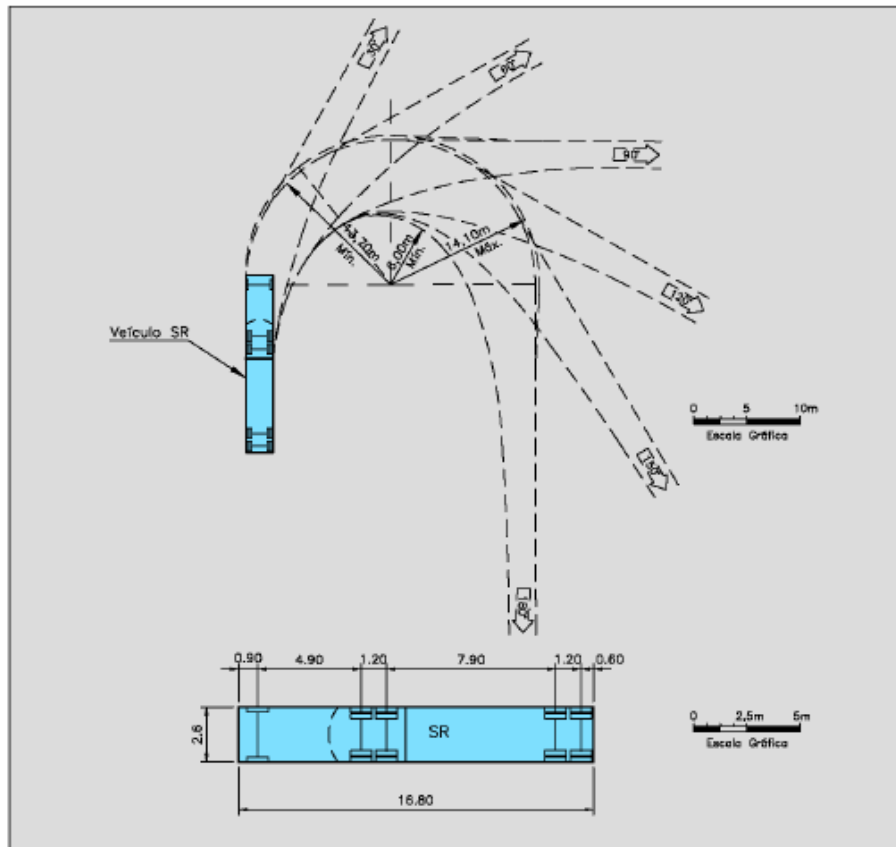


Figura 14 - Veículo de projeto SR

Fonte: Manual de Projeto de Interseções – DNIT / IPR 718, 2005 – página 83

4.1 FAIXAS DE MUDANÇA DE VELOCIDADE

Para dimensionamento das faixas de mudança de velocidade considerou-se Velocidade Diretriz de 80 km/h

4.1.1 FAIXA DE DESACELERAÇÃO

Assim conforme a tabela 14 – Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de desaceleração do Manual de Acesso a Propriedades Marginais a Rodovias Federais – IPR 728 de 2006 temos:

PARÂMETROS ADOTADOS		Comprimento (inclusive taper)	Fator de Ajustamento	Comprimento Calculado
Vel.Diretriz: 80km/h Vel.Saída: 40km/h Decliv. Pista: 5,8% ascend. Região montanhosa	Parâmetros utilizados	110,00	-	90,00
Classe da Rodovia: 1-A Veículo de Projeto: SR	Parâmetros DNIT	100,00	0,90	90,00

4.1.2 FAIXA DE ACELERAÇÃO

Ainda conforme a tabela 14 – Comprimento das faixas de mudança de velocidade – faixa de aceleração do Manual de Acesso a Propriedades Marginais a Rodovias Federais – IPR 728 de 2006 temos:

PARÂMETROS ADOTADOS		Comprimento (inclusive taper)	Fator de Ajustamento	Comprimento Calculado
Vel.Diretriz: 80km/h Vel.Saída: 40km/h Decliv. Pista: 5,3% descend. Região montanhosa	Parâmetros utilizados	185,00		99,00
Classe da Rodovia: 1-A Veículo de Projeto: SP	Parâmetros DNIT	180,00	0,55	99,00

4.2 DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE

Entre inúmeros itens de segurança nas rodovias, as distâncias de visibilidade são de fundamental importância pela necessidade de tomada de decisão em tempo hábil com relação a obstáculos.

As distâncias de visibilidade em acessos de propriedades marginais às rodovias devem ser estudadas principalmente com relação a dois pontos de conflito:

- Início da faixa de desaceleração;
- Final da faixa de aceleração;

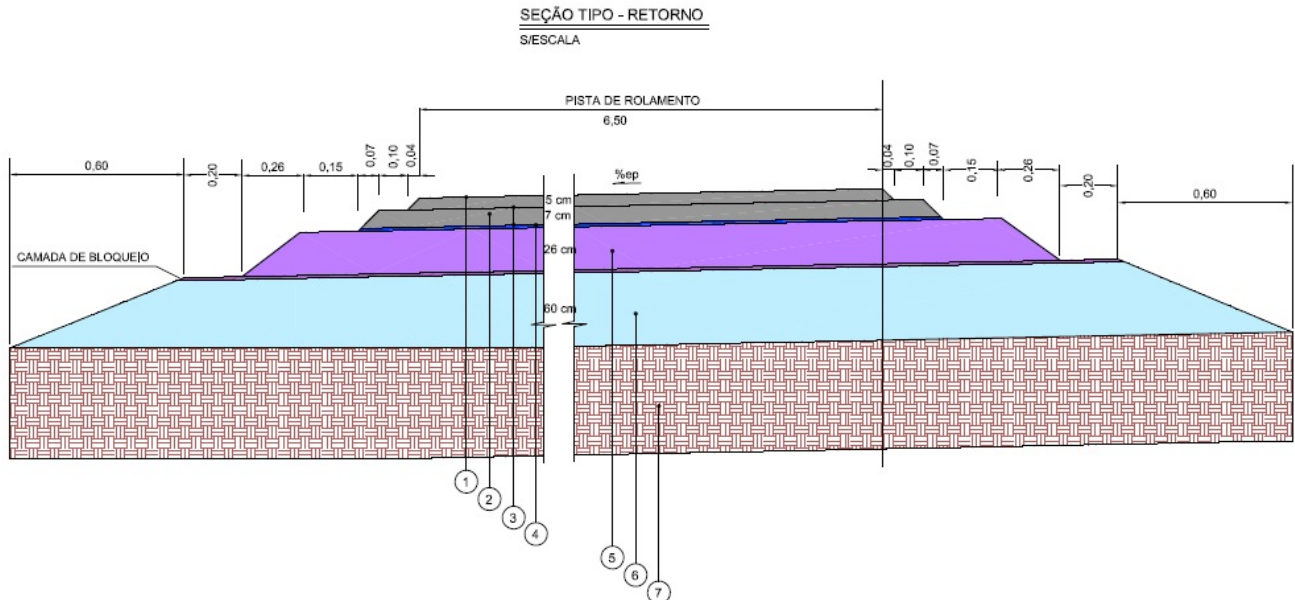
4.3 VOLUME DE TRÁFEGO

- É estimado um fluxo diário de 100 veículos comerciais e 150 veículos leves.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 16 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

5. PAVIMENTAÇÃO

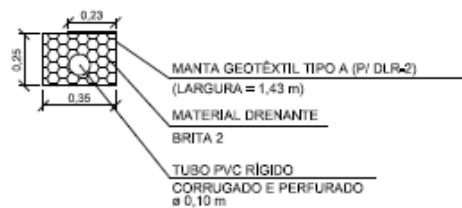
Desta forma está sendo a mesma estrutura de pavimento a ser utilizada na nova pista em fase implantação pela AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT abrangendo a faixa de aceleração e desaceleração e o retorno, conforme apresentado na figura a seguir:



ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

LEGENDA	MATERIAL	ESPECIFICAÇÕES
①	CONCRETO ASFÁLTICO (CAPA) - FAIXA "C"	DNIT 031/2006-ES
②	CONCRETO ASFÁLTICO (BINDER) - FAIXA "B"	DNIT 031/2006-ES
③	PINTURA DE LIGAÇÃO	DNIT 145/2010-ES
④	IMPRIMADURA IMPERMEABILIZANTE	DNIT 144/2010-ES
⑤	BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)	DER/SP ET-DE-P00/009
⑥	SUB-BASE DE RACHÃO	DER/SP ET-DE-P00/011
⑦	EXISTENTE	
⑧	FRESAGEM E RECOMPOSIÇÃO DE 4cm	

DETALHE A - DRENO DE PAVIMENTO



Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 19 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

6. DRENAGEM SUPERFICIAL

6.1 PROJETO

O projeto do sistema de drenagem foi projetado e dimensionado conforme preconizado nas normas do DNIT, inclusive com a utilização de dispositivos padronizados de drenagem do órgão.

6.2 MATERIAIS

- Em todos os dispositivos de drenagem previstos nesta obra serão empregados o concreto e argamassa de cimento Portland, brita, areia e água que e devem atender às normas do DNIT, ANTT e Concessionária;
- A argamassa cimento areia utilizada deverá ser preparada em betoneira no local ou transportadas por caminhões betoneira quando preparado em Usinas "Concreteiras";
- O concreto ou argamassa não empregado após 01 (uma) hora após mistura úmida, será descartada, não permitindo o seu retemperamento.

6.3 EXECUÇÃO

- Preliminarmente será realizado o preparo da superfície, com retirada e substituição de solo inadequado;
- Apiloamento mecânico ou manual, dependendo das circunstâncias;
- Instalação de formas, quando necessárias;
- Lançamento, espalhamento do concreto ou argamassa, e retirada das formas, quando utilizadas.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 21 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

7. MANEJO AMBIENTAL

- Todo o material excedente de escavação ou sobras será removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar entupimento, tendo-se cuidados para não serem conduzidos para os cursos d'água, evitando assim assoreamento dos mesmos;
- Nos locais de deságue dos dispositivos, serão executadas obras de proteção, para impedir erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;
- Nos locais onde ocorrerem escavações ou aterros, serão tomadas medidas cuidados para manutenção das condições locais com replantio de vegetação local ou gramíneas;
- Durante as obras, será evitado tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, evitando-se assim sua desfiguração.

7.1 METODOLOGIA

A implantação da obra se dará de acordo com o projeto e obedecerão as normas do DNIT e da Concessionária Autopista Régis Bittencourt.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 23 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

8. TRÂNSITO E SEGURANÇA

Serão previstas para execução da obra, todas as providências exigidas pelo DNIT e da Concessionária para prevenir acidentes que possam vir a ocorrer por falta ou deficiência de sinalização e/ou proteção das obras.

8.1 SINALIZAÇÃO

Onde se fizer necessário, serão providenciadas faixas de segurança, placas de sinalização, cones de borracha para direcionar trânsito e orientação a pedestres e condutores de veículos, durante o dia e a noite, mantendo-se permanentemente um sistema de vigilância devidamente habilitado.

A sinalização deverá obedecer às posturas e às exigências do Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

Neste caso, independentemente do que for exigido, será efetuada a sinalização preventiva nos locais indicados pelos órgãos responsáveis, com placas indicativas, cones de sinalização (borracha), cavaletes e placas de barragem, dispositivos de sinalização refletiva e iluminação de segurança ao longo do trecho da obra.

Código: MD-06-116/SP-352-0-A09/501	Revisão: A	Emissão: 15/01/2016	Folha: 25 de 26
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

9. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MD-06-116/SP-352-0-C01/501

Revisão
A

Emissão
15/01/2016

Folha
01 de 02

Lote :
04

Rodovia : BR-116
RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT

Projetista:
ENESCIL ENG. DE PROJETOS

Trecho: SÃO PAULO-CURITIBA-RETORNO OPERACIONAL
Duplicação da Serra do Cafezal

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto : MEMÓRIAL DESCRITIVO
RETORNO OPERACIONAL - OAE KM 352+000

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

DE-06-116-SP-352-0-C01-501	DE-06-116-SP-352-0-C01-513
DE-06-116-SP-352-0-C01-502	DE-06-116-SP-352-0-C01-514
DE-06-116-SP-352-0-C01-503	DE-06-116-SP-352-0-C01-515
DE-06-116-SP-352-0-C01-504	DE-06-116-SP-352-0-C01-516
DE-06-116-SP-352-0-C01-505	DE-06-116-SP-352-0-C01-517
DE-06-116-SP-352-0-C01-506	DE-06-116-SP-352-0-C01-518
DE-06-116-SP-352-0-C01-507	
DE-06-116-SP-352-0-C01-508	
DE-06-116-SP-352-0-C01-509	
DE-06-116-SP-352-0-C01-510	
DE-06-116-SP-352-0-C01-511	
DE-06-116-SP-352-0-C01-512	

Observação:

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
0	15-01-2016	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	

FIRMA PROJETISTA: ENESCIL
Nº INTERNO: ENE-MD-06-116/SP-352-0-C01/501 Rev.: 0

MEMORIAL DESCRITIVO –OAE RETORNO OPERACIONAL km 352+000 - SERRA DO CAFEZAL

A obra de arte em análise pertence à Duplicação da Serra do Cafezal, no estado de São Paulo. A obra é um viaduto de retorno operacional no km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt - BR-116.

O viaduto terá um comprimento de cerca de 59 m e largura de 7.40m no trecho constante, sendo que a largura varia até 8.40m no encontro com a OAE 19, totalizando uma área em planta de 447 m².

A superestrutura do viaduto será concreto moldado “in loco”, formada por duas longarinas em concreto armado e laje de concreto com 3 vãos de 17m aproximadamente cada. As longarinas possuirão altura de 1.60m e a laje possui espessura mínima de 0,18m; a laje de tabuleiro é constituída por vigotas pré-moldadas de 0.20m de altura, placas pré-moldadas de 7,0cm de espessura e de uma capa de laje sobre as placas com 0.11m de espessura. Nas zonas dos apoios e entre longarinas, serão definidas transversinas de 0.30m de espessura que também servirão de apoio para as pré-lajes.

A superestrutura em laje é apoiada na mesoestrutura que é composta de travessas e pilares e a infraestrutura é composta de estacas raiz de diâmetro 41cm em solo e 30,5cm em rocha e blocos de coroamento das mesmas.

A infraestrutura (estacas raiz e tubulão) será em concreto armado e utilizará concreto fck = 25MPa. Já os blocos utilizarão fck 30MPa. A laje, pré-lajes e vigas serão em concreto armado e utilizarão concreto fck = 30MPa. As transversinas e travessas do encontro serão em concreto armado e utilizarão concreto fck = 30MPa.



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MD-06-116/SP-352-0-G23/601

Rev
A

Emissão
03/02/2016

Folha
1 de 2

Lote:
04

Rodovia:
BR-116/SP

Firma Projetista:
Nouh Engenharia Ltda.

Trecho:
SÃO PAULO - CURITIBA

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto:
Projeto de contenção - km 352+000-Retorno Operacional
Memorial Descritivo

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

00	03/02/2016	Nouh Engenharia Ltda	AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT	
Rev	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: Nouh Engenharia Ltda.

Nº Interno: NOU-MD-06-116/SP-352-0-G23/601

Rev: 00

MEMORIAL DESCRITIVO – CONTENÇÃO NO km 352+000 – SERRA DO CAFEZAL

O presente Memorial Descritivo se refere ao Projeto Executivo para Contenção de localizado no km 352+000 Retorno Operacional da Rodovia BR-116/SP.

Trata-se de contenção em cortina atirantada apoiada sobre estacas para a implantação de retorno operacional.

A cortina, em concreto armado ($f_{ck} \geq 30$ MPa e aço CA-50) com espessura de 30 cm, altura variável de 1,2 m a 6,6 m e extensão de aproximadamente 37,4 m, contará com fundações profundas em estacas do tipo raiz \varnothing 310 mm, com comprimento útil (embutido no terreno) de 9 m, espaçadas longitudinalmente a cada 2 m.

A contenção contará com 34 tirantes com carga de trabalho e incorporação de 60 tf, comprimentos livres que variam entre 8 e 12 m e comprimento ancorado de 9 m. Estes tirantes deverão ser ensaiados conforme a NBR 5629 - Execução de Tirantes Ancorados ao Terreno.

Está prevista a implantação de sistema de drenagem superficial ao pé da cortina através de canaletas e escada hidráulica desaguando em rio a jusante por meio de dissipador de energia.

Na elaboração do Projeto Executivo foram utilizadas as especificações técnicas contidas nos manuais técnicos do DNIT, AASHTO, HCM e das normas técnicas da ABNT. Segue abaixo uma relação dos principais manuais utilizados:

Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – Publ. IPR 706

Manual de Hidrologia Básica – Publ. IPR 715

Manual de Pavimentação – Publ. IPR 719



Manual de Restauração de Pavimento Asfáltico – Publ. IPR 720

Manual de Estudos de Tráfego – Publ. IPR 723

Manual de Drenagem de Rodovias – Publ. IPR 724

Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias – Publ. IPR 738

Manual de Sinalização Rodoviária – Publ. IPR 743

		Código	MD-06.116/SP-352-0-H01/501	Revisão	A
		Emissão	03/12/2014	Folha	1 de 41
Lote :	04	Rodovia :	BR-116 REGIS BITTENCOURT		
Trecho :		SÃO PAULO-CURITIBA		Concessionária:	
Retorno Operacional – km 352+000				Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Memorial Descritivo do Estudo Hidrológico e Hidráulico da Ponte Sobre o Ribeirão do Caçador			ANTT:		



Documentos de Referência:

Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem – DNIT (2005)

Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – DNIT (2006)

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	03/12/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.**

Nº Interno: SET-MD-06-116/SP-352-0-H01/501

Rev.: 0

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. COLETA DE DADOS	3
2.1. Dados Básicos	3
2.2. Dados Pedológicos e Geológicos	3
2.3. Dados Hidro-Meteorológicos	4
2.4. Chuvas Intensas	5
3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS	6
3.1. Caracterização Física das Bacias Hidrográficas.....	6
3.1.1. Localização.....	6
3.1.2. Relevo e Ocupação das Bacias Hidrográficas.....	6
3.1.3. Características do Solo da Bacia.....	6
3.2. Caracterização do Regime Climático.....	9
4. ESTUDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	9
4.1. Classificação Quanto às Dimensões das Bacias	9
4.2. Períodos de Retorno	10
4.3. Método Racional	10
4.3.1. Coeficiente de escoamento Superficial	10
4.3.2. Tempo de Concentração	11
4.4. Método U.S. Soil Conservation Service	12
4.4.1. Definição da Chuva (Hietograma) de Projeto	13
4.4.2. A Chuva Excedente	13
4.4.3. Cálculo dos Hidrogramas de Projeto	14
4.4.4. Cálculo da Propagação dos Hidrogramas	17
4.4.5. Estimativa do Coeficiente de Deflúvio CN	19
5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	23
6. CÁLCULOS EFETUADOS.....	24
6.1. Cálculo do Nível de Enchente do Canal de Montante da Ponte Nova Projetada.....	24
6.2. Cálculo do Nível de Enchente do Canal de Jusante da Ponte Nova projetada	27
6.3. Cálculo do Nível de Enchente Sob a Ponte Nova Projetada	30
7. CONCLUSÃO.....	33
8. ANEXOS.....	34
8.1. Planta de Localização.....	35
8.2. Cálculo do Tempo de Concentração.....	37
8.3. Hidrograma	40

1. OBJETIVO

Este memorial tem por objetivo apresentar o Estudo Hidrológico e Hidráulico elaborado para a Ponte Sobre o Ribeirão do Caçador localizado no km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt – BR 116, trecho São Paulo – Curitiba.

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos de acordo com as metodologias e critérios preconizados pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica e os resultados subsidiaram a verificação hidráulica do bueiro existente e seu prolongamento.

2. COLETA DE DADOS

2.1. Dados Básicos

Para a caracterização fisiográfica da região em estudo foi utilizada planta de restituição aerofotogramétrica na escala 1:10.000 do IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. Estes elementos permitiram a delimitação da bacia hidrográfica, bem como o levantamento do perfil longitudinal do talvegue.

A planta cartográfica do IGC na escala 1:10.000 apresenta a seguinte codificação:

- Ribeirão do Caçador – SG-23-V-A-II-2-NO-C.

2.2. Dados Pedológicos e Geológicos

Na bibliografia "Tentativa de Avaliação de Escoamento Superficial de acordo com o Solo e o seu Recobrimento Vegetal nas Condições do Estado de São Paulo" - Prof. José Setzer (Boletim Técnico do DAEE, São Paulo, maio/agosto 1979), são apresentadas as características principais do solo da região que permitiram inferir as condições de deflúvio da bacia.

2.3. Dados Hidro-Meteorológicos

As relações entre intensidade, duração e freqüência das precipitações intensas devem ser deduzidas a partir das observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo longo, suficiente para que seja possível considerar as freqüências como probabilidades.

A partir de pesquisa ao banco de dados do DAEE/CTH, foram selecionados 03 postos pluviográficos situados próximo à região do presente estudo, conforme Tabela 2.1.

TABELA 2.1 – REDE PLUVIOGRÁFICA NA REGIÃO

Município	Prefixo	Nome do Posto	Lat.	Long.	Alt. (m)	Dados Utilizados	
						Período	Nº anos
São Paulo	E3-035	IAG / USP	23°39'S	46°38'W	780	1933-97	65
Iguape	F4-040R	Momuna	24°42'S	47°40'W	5	1970-77 1979-80 1983-86 1989-90 1994-97	20
Tapiraí	E4-055R	Tapiraí	23°58'S	47°30'W	870	1969-97	28

TABELA 2.2 – TABELA COMPARATIVA DE PREVISÃO DE MÁXIMAS ALTURAS DE CHUVAS, em mm

Duração t (minutos)	São Paulo				Iguape				Tapiraí			
	Período de retorno T (anos)				Período de retorno T (anos)				Período de retorno T (anos)			
	15	25	50	100	15	25	50	100	15	25	50	100
10	26,2	28,5	31,6	34,6	29,4	31,8	34,9	38,0	23,2	25,1	27,7	30,2
20	40,4	44,0	48,7	53,4	54,4	59,0	65,1	71,1	36,4	39,4	43,3	47,3
30	49,5	53,9	58,8	65,6	76,1	82,8	91,7	100,5	45,3	49,0	53,9	58,8
60	64,7	70,5	78,3	86,0	128,3	140,7	157,4	173,9	61,3	66,4	73,2	79,9
120	78,0	85,1	94,6	104,0	201,9	224,3	254,3	284,1	77,5	84,0	92,9	101,6
180	84,7	92,4	102,9	113,2	239,8	266,9	303,2	339,2	86,9	94,4	104,5	114,5
360	94,7	103,6	115,4	127,2	299,3	334,1	380,8	427,1	103,3	112,6	125,0	137,4
720	103,6	113,5	126,7	139,9	351,4	393,6	450,2	506,3	120,6	131,9	147,1	162,2
1080	108,6	119,0	133,1	147,0	378,9	425,4	487,6	549,3	131,5	144,2	161,1	178,0
1440	112,1	122,9	137,6	152,1	397,6	447,0	513,2	578,6	139,7	153,4	171,7	189,9

2.4. Chuvas Intensas

Na tabela 2.2. observa-se que para chuvas com duração de até 180 minutos (compatíveis com os tempos de concentração calculadas para as bacias hidrográficas abrangidas neste estudo) os postos de São Paulo e Tapiraí apresentam valores de máximas alturas de chuvas equivalentes e o posto de Iguape apresenta valores muito discrepantes. No presente estudo será adotada a equação de chuvas intensas de Tapiraí, atualizada em 2013 pelo DAEE/CTH por estar localizada próxima da região em estudo conforme apresentada a seguir:

- Para $10 \leq t \leq 1440$ min.

$$i_{t,T} = 27,4379 \cdot (t+20)^{-0,8447} + 4,3767 \cdot (t+15)^{-0,7369} \cdot [-0,4744 - 0,8863 \ln \ln(T/T-1)]$$

com:

i = intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t = duração da chuva em minutos; e

T = período de retorno em anos.

3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS

3.1. Caracterização Física das Bacias Hidrográficas

3.1.1. Localização

A área de interesse para o desenvolvimento do estudo e em questão encontra-se inserida no município de Miracatu. O presente estudo refere-se à bacia hidrográfica do curso que cruza o Retorno Operacional. O desenho DE-06-116-SP-352-0-H01/501 apresenta a hidrografia da região.

3.1.2. Relevo e Ocupação das Bacias Hidrográficas

Quanto ao relevo, pode-se considerar a região bastante acidentada na cabeceira e média próximo do retorno operacional em questão.

A urbanização da bacia é pequena nas proximidades do retorno operacional, apresentando uma grande parcela de cobertura vegetal na parte alta.

3.1.3. Características do Solo da Bacia

O Prof. José Setzer, na referência descrita no item 2.2, apresenta a classificação hidrológica de solos em 5 grupos, sem considerar sua topografia, tipo de uso e cobertura vegetal, excluindo-se as terras húmusas de baixada por receberem e não fornecerem escoamento. Estes grupos são os seguintes:

- **Grupo A:** solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%; não há rocha nem camadas argilosas, nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.

- **Grupo B:** solos arenosos menos profundos que os do grupo A e com maior teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20 % graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, para 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5 m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.

- **Grupo C:** solos barrentos com teor total de areia e argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até a profundidade de 1,2 m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser 40% e 1,5 m. Nota-se a cerca de 0,6 m de profundidade camada mais densificada que no grupo B mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

- **Grupo D:** solos argilosos (30-40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 0,5 m de profundidade; ou solos arenosos como do grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados. No caso de terras roxas o teor de argila pode subir a 45%.

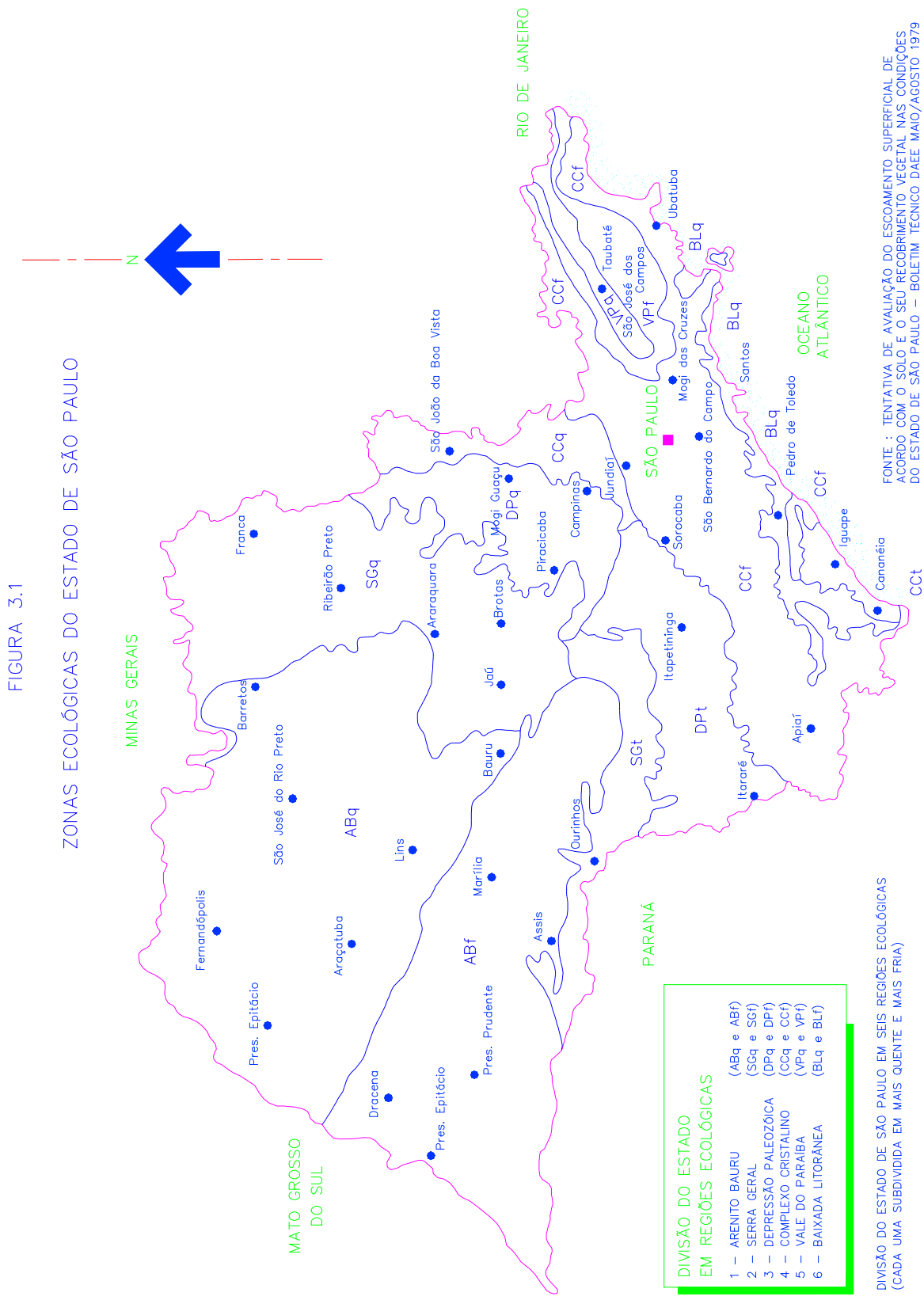
- **Grupo E:** solos barrentos como do grupo C, mas com camada argilosa impermeável ou com pedras; ou sem tal camada, mas o teor total de argila supera 40%. No caso de terras roxas este teor pode subir a 60%.

A figura 3.1 apresenta o mapa do Estado de São Paulo subdividido em zonas ecológicas, isto é, em áreas que apresentam certa unidade do conjunto solo e clima. Assim cada zona ecológica apresenta sua ocupação típica do solo, tipo particular de economia e mesmo características próprias da paisagem típica, inclusive quanto a aspectos geológicos.

Com base neste mapa, a bacia hidrográfica está inserida na Zona Ecológica Complexo Cristalino (CCf) e o tipo de solo da bacia pode ser enquadrado como n.º 29, com topografia acidentada e montanhosa, que abrange as terras mais altas das serras da Mantiqueira, da Bocaina, do Mar e Paranapiacaba.

Quanto ao grupo hidrológico, o tipo de solo n.º 29 apresenta a seguinte distribuição de solo:

Grupo Hidrológico	%
A	5
B	30
C	15
D	20
E	30



3.2. Caracterização do Regime Climático

Pelo sistema de classificação climática de Köppen a região objeto dos estudos apresenta o clima predominante do tipo “Cwb”.

O tipo “Cwb” é um clima temperado, inverno seco estiagem e com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 21°C. Precipitação de 1.300 a 1.500 mm.

A evapotranspiração potencial é função da temperatura média e na região de interesse é de aproximadamente 800 mm por ano. Em função da velocidade dos ventos, a qual a baixa a temperatura, provocando as geadas, na área de estudo tem-se geadas severas e freqüentes, num período médio de ocorrência de 3 dias anualmente.

Para a área de interesse a temperatura média anual próxima a 18°C, temperatura média do mês mais quente (janeiro) semelhante a 21°C, temperatura média do mês mais frio (julho) semelhante a 14°C, média das temperaturas máximas do mês mais quente (janeiro) em torno de 27°C e média das temperaturas mínimas do mês mais frio (julho) próxima a 8°C.

A umidade relativa média observada para a região é de cerca de 86 %, com os dados fornecida pela INEMET- Instituto Nacional de Meteorologia.

4. ESTUDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

4.1. Classificação Quanto às Dimensões das Bacias

Serão utilizados métodos indiretos baseados nos estudos de intensidade, duração e freqüência das chuvas na região objeto de estudos. O método indireto a ser utilizado é função das dimensões da área das bacias hidrográficas, conforme a seguir indicado:

- Método racional: áreas < 200 ha;
- Método U.S. Soil Conservation Service: áreas > 200 ha.

4.2. Períodos de Retorno

Os períodos de retorno utilizado para determinação das vazões de projeto são:

- Para bueiros e canalizações de talvegues, TR=15 anos, como canal e TR=25 anos, como orifício;
- Para bueiros de talvegue existentes, TR=15 anos, como canal e TR=25 anos, como orifício;
- Para pontes, TR=100 anos.

4.3. Método Racional

O cálculo da vazão é baseado na fórmula racional:

$$Q = \frac{C.i.A}{6}$$

Onde:

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A = área de drenagem (ha); e

i = intensidade pluviométrica (mm/min).

4.3.1. Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial é função de uma série de fatores, entre os quais o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade da chuva e outros. Usualmente, o coeficiente de escoamento é determinado em função da ocupação do solo.

Os valores utilizados são os preconizados na publicação “Drenagem Urbana” de Tucci et al. (1995) e são apresentados na Tabela 4.1 a seguir.

TABELA 4.1
COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO PARA A FÓRMULA RACIONAL

OCUPAÇÃO DO SOLO	VALORES DE C
DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

O DAEE recomenda um valor mínimo de $C=0,25$ e neste estudo está sendo adotado um valor mínimo de $C=0,30$ devido a fortes declividades da superfície do terreno apresentadas no local.

4.3.2. Tempo de Concentração

O tempo de concentração é denominado o tempo de percurso da água desde o ponto mais distante da bacia hidrográfica até a seção de interesse. Após o tempo de concentração, toda a área da bacia estará contribuindo para o escoamento, desde que a duração da chuva excedente seja no mínimo igual ao tempo de concentração.

Existe uma grande quantidade de fórmulas que fornecem o valor do tempo de concentração em função das características físicas das bacias, tais como área, declividade, comprimento do talvegue etc. Essas fórmulas são originárias de estudos de campo ou laboratório, e apresentam bons resultados quando aplicadas para condições semelhantes às aquelas as quais foram determinadas.

Para o cálculo do tempo de concentração, onde as condições naturais ainda não foram significativamente alteradas, a fórmula de Kirpich conduz a resultados aceitáveis. A sua expressão é dada por:

$$T_c = 57 \times (L^3/H)^{0,385}$$

Onde T_c é o tempo de concentração em minutos, L o comprimento do talvegue em km e H a diferença de cotas entre o ponto mais alto da cabeceira e a seção de cálculo, em metro.

4.4. Método U.S. Soil Conservation Service

Este método compreende a preparação de uma chuva de projeto, associada a uma dada probabilidade de ocorrência e a aplicação de um modelo de simulação chuva-vazão com os parâmetros correspondentes às condições de um determinado cenário de ocupação da bacia. O método do "Soil Conservation Service", de utilização corrente, se aplica especialmente quando não se dispõe de dados hidrológicos.

Os principais passos para a definição das vazões de projeto foram:

Delimitação da bacia e sub-bacias;

Delimitação das áreas com ocupação homogênea das sub-bacias;

Ponderação do parâmetro utilizado para a ponderação da taxa de infiltração da chuva (CN);

Determinação dos tempos de concentração e dos comprimentos dos canais que interligam as várias sub-bacias;

Cálculo da chuva de projeto e da chuva excedente;

Cálculo dos hidrogramas das várias sub-bacias; e

Cálculo da propagação dos hidrogramas e das suas integrações.

A metodologia empregada nestes cálculos é apresentada em detalhes a seguir.

4.4.1. Definição da Chuva (Hietograma) de Projeto

O denominado hietograma de projeto fica caracterizado por uma altura pluviométrica total, associada a uma dada duração e a um dado intervalo de recorrência, e ainda por um padrão de distribuição temporal e por um padrão de distribuição espacial da chuva.

Para efeitos da relação intensidade x duração x frequência (I.D.F) de chuvas intensas na bacia, adotou-se a equação de chuvas intensas de São Paulo, atualizada em 2013 pelo DAEE/CTH, conforme apresentado no item 2.4. No presente caso, foram utilizados os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, adotando-se uma duração pré-fixada em 60 minutos.

Para a discretização da chuva de projeto, adotou-se um intervalo de tempo de 10 minutos. Este valor foi definido considerando-se o tempo de concentração da bacia como um todo, cerca de 0,427 horas, e tomando-se 0,05 deste valor, conforme preconizado pelo SCS.

Para a distribuição temporal da chuva ao longo dos intervalos formados, adotou-se o critério de distribuição conhecida como de blocos alternados. Esta distribuição, bastante severa, assegura que as vazões resultantes dos cálculos não serão subestimadas.

Admitiu-se, como é de hábito em bacias pequenas, a chuva distribuída uniformemente na bacia.

4.4.2. A Chuva Excedente

O cálculo das excedências (ou chuva efetiva) será realizado pelo método do S.C.S., que considera três variáveis: a precipitação no intervalo de tempo, a umidade anterior do solo e as características hidrológicas do solo e áreas impermeabilizadas.

A fórmula geral proposta é a seguinte (está implícita nesta equação uma retenção inicial de 0,2 S):

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Onde:

Pe = excesso de chuva, mm; e

P = precipitação, mm.

O valor de S é dado pela equação a seguir:

Onde:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

CN = número ou coeficiente de deflúvio, que define o complexo hidrológico solo-vegetação-ocupação, onde:

$$CN = \frac{1000}{10 + (S / 25,4)}$$

O método do S.C.S. distingue 3 condições de umidade do solo:

Condição I: Solos Secos - as chuvas nos últimos dias não ultrapassam 1 mm;

Condição II: Situação muito freqüente em épocas chuvosas, as chuvas nos últimos 5 dias totalizam entre 1 e 40 mm; e

Condição III: Solo Úmido (próximo da saturação), as chuvas nos últimos dias foram superiores a 40 mm e as condições meteorológicas não foram favoráveis à evaporação.

No caso em questão adotou-se a condição II.

Com o total precipitado em cada intervalo de cálculo e o valor definido para os CN, calcula-se os módulos da chuva excedente, que se transformam em escoamento direto.

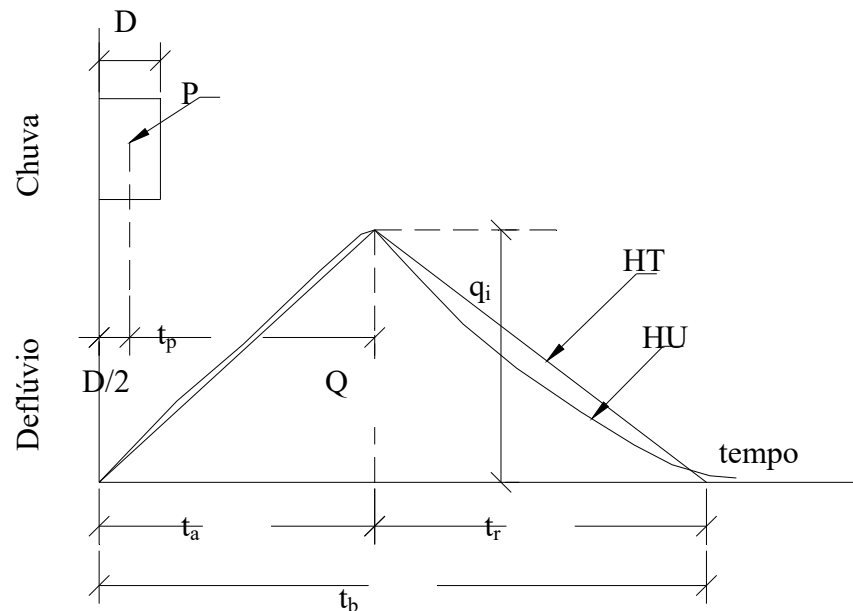
4.4.3. Cálculo dos Hidrogramas de Projeto

As vazões de projeto foram calculadas utilizando-se o hidrograma unitário adimensional do S.C.S.

O hidrograma adimensional do S.C.S. é um hidrograma unitário sintético, onde a vazão (q) é expressa como fração da vazão de pico (qp), e o tempo (t) como fração do tempo de ascensão do hidrograma unitário (ta). Dadas a vazão de pico e o tempo de resposta tp para a duração da chuva e excedente, o hidrograma unitário pode ser estimado a partir do hidrograma adimensional sintético para uma dada bacia.

Os valores de qp e ta podem ser estimados utilizando-se um modelo simplificado de um hidrograma unitário triangular, onde o tempo é dado em horas e as vazões em m³/s.cm (SCS, 1972).

A seguir tem-se um esquema do hidrograma unitário, com os parâmetros propostos pelo SCS.



Nesta figura:

HT = hidrograma unitário triangular;

HU = hidrograma unitário curvilíneo;

P = precipitação que produziu o hidrograma unitário, em cm;

D = duração da precipitação, em horas;

Q = volume de escoamento direto produzido pela chuva, em cm;

ta = tempo de ascensão, em horas;

tr = tempo de recensão, em horas;

tb = tempo de base, em horas;

tp = tempo de resposta, em horas;

qi = intensidade de pico em cm/h;

Como a área sob o hidrograma unitário deve ser igual ao volume de escoamento superficial direto de 1 cm, pode ser visto que:

$$Q = \frac{q_i \times t_a + q_i \times t_r}{2}, \text{ ou}$$

$$q_i = \frac{2Q}{t_a + t_r}$$

Fazendo $t_r = H \times t_a$, temos:

$$q_i = \frac{2}{1+H} \times \frac{H}{t_a}$$

Convertendo os cm/h e m m³/s (1 cm/h = 2,78 m³/s.km²), e introduzindo a área de drenagem em km², temos:

$$q_p = \frac{2 \times 2,78}{1+H} \times \frac{A \times Q}{t_a}, \text{ ou}$$

$$q_p = \frac{K \times A \times Q}{t_a}$$

$$K = \frac{5,56}{1+H}$$

Na qual:

O valor de H é uma constante a ser determinada para o tipo da bacia em estudo. O Soil Conservation Service fez extensas pesquisas concluindo pelo valor médio geral H = 1,67. Portanto, temos K = 2,08.

Um estudo posterior de hidrogramas unitários de muitas bacias rurais grandes e pequenas indicou que o tempo de retardo é aproximadamente igual a 60% do tempo de concentração da bacia. Assim, temos:

$$t_a = \frac{D}{2} + L = \frac{D}{2} + 0,6 \times t_c$$

Temos, assim, finalmente, o valor da vazão de pico:

$$q_p = \frac{2,08 \times A \times Q}{\left(\frac{D}{2} + 0,6 \times t_c\right)}$$

Construído o hidrograma unitário com os tempos de ascensão (t_a) e de recessão ($1,67 \times t_a$) nas abscissas e o vértice (q_p) na ordenada, alinhado com o tempo de ascensão, as demais ordenadas do hidrograma são medidas e armazenadas, num arquivo do tipo $t/tp \times q/q_p$.

Para cada um dos diversos módulos da chuva excedente, são obtidos os hidrogramas correspondentes, multiplicando-se a precipitação excedente pelas ordenadas do hidrograma unitário. Este procedimento é repetido para cada um dos módulos da chuva excedente.

O hidrograma de projeto final é obtido pela soma das ordenadas destes hidrogramas parciais, propriedade do hidrograma unitário, defasados entre si de um intervalo de cálculo. O pico do hidrograma somatório corresponde à vazão de projeto a ser adotada e a área definida pelo hidrograma corresponde ao volume afluente total. Os “softwares” do Soil Conservation Service, TR-55 e CABC dispõem desta metodologia de cálculo.

4.4.4. Cálculo da Propagação dos Hidrogramas

Os cálculos de propagação de hidrogramas em canais que interligam as sub-bacias delimitadas, serão também realizados pelo “software” CABC, que possibilita o cálculo da propagação utilizando o método de Muskingum.

O método de Muskingum é uma forma simples e prática de calcular a propagação da onda de enchente, a partir do conhecimento de algumas constantes relacionadas com o leito do curso d’água e com a própria onda de enchente. Estas constantes são determinadas utilizando-se dados de hidrogramas em duas seções (S1 e S2), a partir dos quais pode-se calcular a propagação da onda de enchente ao longo do curso d’água.

Portanto, conhecendo-se o hidrograma afluente num dado trecho de canal (entre seções S1 e S2), o “software” CABC fornece o hidrograma amortecido na extremidade de jusante do trecho (seção S3).

O volume de armazenamento de água no trecho do curso d’água é assimilado a um prisma e uma cunha. O armazenamento no prisma (M') pode ser escrito como sendo proporcional à vazão efluente (Q_s):

$$M' = K \cdot Q_s$$

Analogamente, o armazenamento na cunha (M'') é proporcional à diferença entre a vazão afluente e a vazão efluente ($Q_e - Q_s$)

$$M'' = K \cdot X \cdot (Q_e - Q_s)$$

Onde:

K = constante de armazenamento com dimensões de tempo; e

X = coeficiente de ponderação (adimensional).

Portanto, o armazenamento total (M) entre as seções S_1 e S_2 é:

$$M = M' + M''$$

$$M = K \cdot Q_s + K \cdot X \cdot (Q_e - Q_s)$$

$$M = K (X \cdot Q_e + (1 - X) \cdot Q_s)$$

A variação de armazenamento entre os instantes t_1 e t_2 , pode ser escrita como sendo:

$$M_2 - M_1 = K (X \cdot (Q_{e2} - Q_{e1}) + (1 - X) \cdot (Q_{s2} - Q_{s1}))$$

Por outro lado, aplicando-se a equação da continuidade ao trecho em estudo, tem-se;

$$M_2 - M_1 = \frac{(Q_{e2} + Q_{e1}) \cdot \Delta t}{2} - \frac{(Q_{s2} + Q_{s1}) \cdot \Delta t}{2}$$

Onde:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Combinando-se as equações, obtém-se o conjunto de equações utilizadas pelo programa:

$$Q_{s2} = C_1 \cdot Q_{e2} + C_2 \cdot Q_{e1} + C_3 \cdot Q_{s1}$$

Onde:

$$C1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t}$$

$$C2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t}$$

$$C3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t}$$

O valor do parâmetro X representa o peso da integração da vazão no espaço. Devido às condições de estabilidade numérica, $X < 0,50$. Considerando que uma ponderação negativa é irreal, o intervalo de X é:

$$0 < X < 0,50$$

O parâmetro K tem unidade de tempo e representa o tempo médio de deslocamento da onda entre montante e jusante do trecho.

Os parâmetros X e K serão estimados, devido ser um caso que não dispõe-se de informações acerca das características hidráulicas dos canais, tais como declividade, seção e rugosidade, etc., o que permitiria o seu cálculo direto. Rios naturais geralmente apresentam valores de X na faixa de 0,1 a 0,35.

4.4.5. Estimativa do Coeficiente de Deflúvio CN

O coeficiente de deflúvio CN influencia diretamente a quantidade de excesso de chuva ou deflúvio direto, sendo função principalmente do manejo do solo, condições antecedentes de saturação e de infiltração, do tipo de solo e de cobertura vegetal e da quantidade e duração da chuva.

Para o cálculo das vazões de enchentes pelo Método do Soil Conservation Service é fundamental a avaliação adequada do coeficiente de deflúvio CN.

Para a estimativa do coeficiente de deflúvio CN das sub-bacias, foi seguido o procedimento recomendado na publicação apresentada no item 2.2, baseando-se no uso e ocupação do solo atual da bacia, em observações efetuadas em campo e em foto aérea.

Os valores de CN para regiões urbanas e suburbanas foram determinadas com base na fonte "Applied Hydrology", elaborado pelo Ven T e Chow e reproduzido no Quadro 4.4.1. Os valores de CN para regiões rurais foram determinadas com base na reproduzido no Quadro 4.4.2.

No Quadro 4.4.3 é reproduzido o cálculo do valor do coeficiente de deflúvio médio (CN_{méd}) para os diversos usos e ocupações do solo na bacia em questão. A partir de observações efetuadas em campo e foto aérea da bacia, avaliou-se o uso e ocupação atual da bacia em estudo e de sua cobertura vegetal.

QUADRO 4.4.1

- VALORES DO NÚMERO DE DEFLÚVIO PARA REGIÕES URBANAS E SUBURBANAS

UTILIZAÇÃO OU COBERTURA DO SOLO	TIPO DE SOLO			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas:				
✓ Sem medidas de conservação do solo	72	81	88	91
✓ Com medidas de conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou baldios:				
✓ Em más condições	68	79	86	89
✓ Em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosque ou zonas florestais:				
✓ Cobertura má sem "mulch"	45	66	77	83
✓ Boa cobertura	25	55	70	70
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golf, cemitérios, etc.:				
✓ Boas condições: relva cobrindo mais de 75 %	39	61	74	80
✓ Condições razoáveis: relva cobrindo 50 % a 75 % da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritório (85 % de área impermeável)	89	92	94	95
Zonas industriais (72 % de área impermeável)	81	88	91	93
Zonas residenciais:				
Área média dos lotes Porcentagem média impermeável				
< 500m2 65%	77	85	90	92
1.000m2 38%	61	75	83	87
1.300m2 30%	54	72	81	86
2.000m2 25%	54	70	80	85
4.000m2 20%	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas:				
✓ Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
✓ Idem (climas quentes)	95	95	95	95
✓ Revestimento primário	76	85	89	91
✓ Sem revestimento, em terra	72	82	87	89

Fonte: "Applied Hydrology"- Ven Te Chow

QUADRO 4.4.2

NUMERAÇÃO DAS CURVAS DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE CHUVAS INTENSAS CONFORME O COMPLEXO HIDROLÓGICO DO SOLO COM A SUA COBERTURA VEGETAL PARA REGIÕES RURAIS

Cobertura vegetal ou tipo de uso do solo	Defesa contra a erosão	Situação hidrológica de infiltração	GRUPO HIDROLÓGICO DO SOLO				
			A	B	C	D	E
Arado, quase sem cobertura vegetal	SR	Boas	65	80	88	92	95
	C	Boas	65	78	86	90	92
Cultivos de ciclo curto e arações frequentes	SR	Más	60	72	81	87	90
	SR	Boas	52	66	75	82	86
	C	Más	56	65	78	84	87
	C	Boas	48	60	72	78	82
	C-T	Más	52	62	74	80	84
	C-T	Boas	45	55	67	75	80
Cultivos de ciclo médio e arações anuais	SR	Más	58	65	73	82	88
	SR	Boas	54	62	70	79	85
	C	Más	55	64	72	78	84
	C	Boas	50	60	67	75	83
	T	Más	52	62	70	77	82
	T	Boas	48	55	65	73	80
Semeação densa ou a lanço; cobertura curta, mas densa, como a das leguminosas e dos pastos em rodízio	SR	Más	56	64	72	80	86
	SR	Boas	50	58	66	76	82
	C	Más	54	60	69	76	83
	C	Boas	48	56	64	72	80
	T	Más	50	58	65	75	80
	T	Boas	45	52	60	70	76
Pastagem velha com arbustos		Más	65	70	78	85	90
		Médias	60	66	75	82	87
		Boas	56	62	72	79	84
	C	Más	55	62	70	78	86
	C	Médias	42	59	67	75	82
	C	Boas	50	55	64	72	79
Reflorestamento	SR	Más	35	50	62	74	83
	SR	Boas	30	42	55	68	78
	C	Más	30	45	57	69	80
	C	Boas	25	36	52	64	75
Mata, Capoeira velha		Más	32	40	55	67	76
		Boas	18	25	42	58	70
Gramado tratados		Más	65	72	78	84	88
		Boas	59	67	74	81	86
Estradas de terra	SR	Más	80	85	90	93	95
	C	Boas	74	80	86	90	92

NOTA: SR = sulcos retos; C = cultivo em contorno, paralelamente às curvas de nível; T = terraceamento. No caso de estradas de terra, SR é quando as águas pluviais são alojadas ao pé de barrancos, e C quando não atravessam a estrada. A estimativa dos dados numéricos baseia-se na condição II das bacias hidrográficas o em $A_i = 0,2 S$.

QUADRO 4.4.3
CÁLCULO DO COEFICIENTE DE DEFLÚVIO N_{méd}
PARA DIVERSOS USOS E OCUPAÇÕES DO SOLO

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO		TIPO DE SOLO: 29					
TIPO	%	A (5%)	B(30%)	C(15%)	D(20%)	E(30%)	CN _{méd}
1. Gramados tratados (boas)	20	59 (CN=0,20* 0,05*59=0,59)	67 (CN=0,20* 0,30*67=4,02)	74 (CN=0,20* 0,15*74=2,22)	81 (CN=0,20* 0,20*81=3,24)	86 (CN=0,20* 0,30*86=5,16)	15,23
2. Mata, capoeira velha (más)	80	32 (CN=0,80* 0,05*32=1,28)	40 (CN=0,80* 0,30*40=9,60)	55 (CN=0,80* 0,15*55=6,60)	67 (CN=0,80* 0,20*67=10,72)	76 (CN=0,80* 0,30*76=18,24)	46,44
CN médio		1,87	13,62	8,82	13,96	23,40	61,67

CN médio calculado = 61,67, portanto foi utilizado para este estudo o CN=62.

5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O dimensionamento dos bueiros e galerias foi fundamentado nos estudos hidrológicos, determinando-se as seções necessárias para captar e remover as águas que atingem o corpo estradal, através de dispositivos denominados bueiros de talwegues e/ou canais, geralmente transpondo o corpo estradal de um lado para outro.

A altura e velocidade de escoamento dos bueiros e galerias foram determinados utilizando-se a fórmula de Manning associada a equação de continuidade.

$$V = \frac{Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

Onde:

V = Velocidade de escoamento (m/s);

i = Declividade de escoamento (m/m);

Rh = Raio hidráulico (m); e

n = Coeficiente de rugosidade.

$$Q = A \cdot V$$

Onde: A = área (m²); e

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

O coeficiente de rugosidade de Manning “n” foi extraído do Manual de Drenagem de Rodovias do DNER – 1990, como segue:

- Canais abertos não conservados, vegetação e arbusto sem cortes, com fundo limpo e arbustos nas paredes: “n” variando de 0,050 a 0,080

Neste estudo foi adotado o valor médio de “n” = 0,030.

6. CÁLCULOS EFETUADOS

6.1. Cálculo do Nível de Enchente do Canal de Montante da Ponte Nova Projetada.

No quadro Nº 6.1 são apresentados os cálculos da seção hidráulica do Ribeirão do Caçador na seção “A-A” à montante da ponte existente, com a rugosidade adotada e em função das características do revestimento do solo na região em estudo.

A figura 6.1.1 corresponde ao Gráfico Cota x Vazão com a indicação da vazão centenária de 21,277 m³/s, gerada a partir dos dados do Quadro Nº 6.1 e a figura 6.1.2 corresponde a seção “A-A” transversal do ribeirão à montante da ponte projetada, com a planta de localização da seção em anexo.

QUADRO 6.1

RIBEIRÃO DO CAÇADOR $i=0,0367$ m/m $Q=21,277$ m³/s

COTA (m)	S (m ²)	P (m)	RH (m)	RH ^{^(2/3)}	n	Q (m ³ /s)	V (m/s)	VAZÃO TOTAL (m ³ /s)
360,20	1,238	3,967	0,31	0,460	0,030	3,64	2,94	3,64
360,40	2,048	4,668	0,44	0,577	0,030	7,55	3,69	7,55
360,60	2,971	5,370	0,55	0,674	0,030	12,79	4,30	12,79
360,80	4,006	6,071	0,66	0,758	0,030	19,39	4,84	19,39
361,00	5,157	6,821	0,76	0,830	0,030	27,33	5,30	27,33
361,20	6,434	7,580	0,85	0,896	0,030	36,83	5,72	36,83
361,40	7,838	8,368	0,94	0,957	0,030	47,92	6,11	47,92
361,60	9,378	9,169	1,02	1,015	0,030	60,79	6,48	60,79
361,80	11,053	9,932	1,11	1,074	0,030	75,80	6,86	75,80

FIGURA 6.1.1

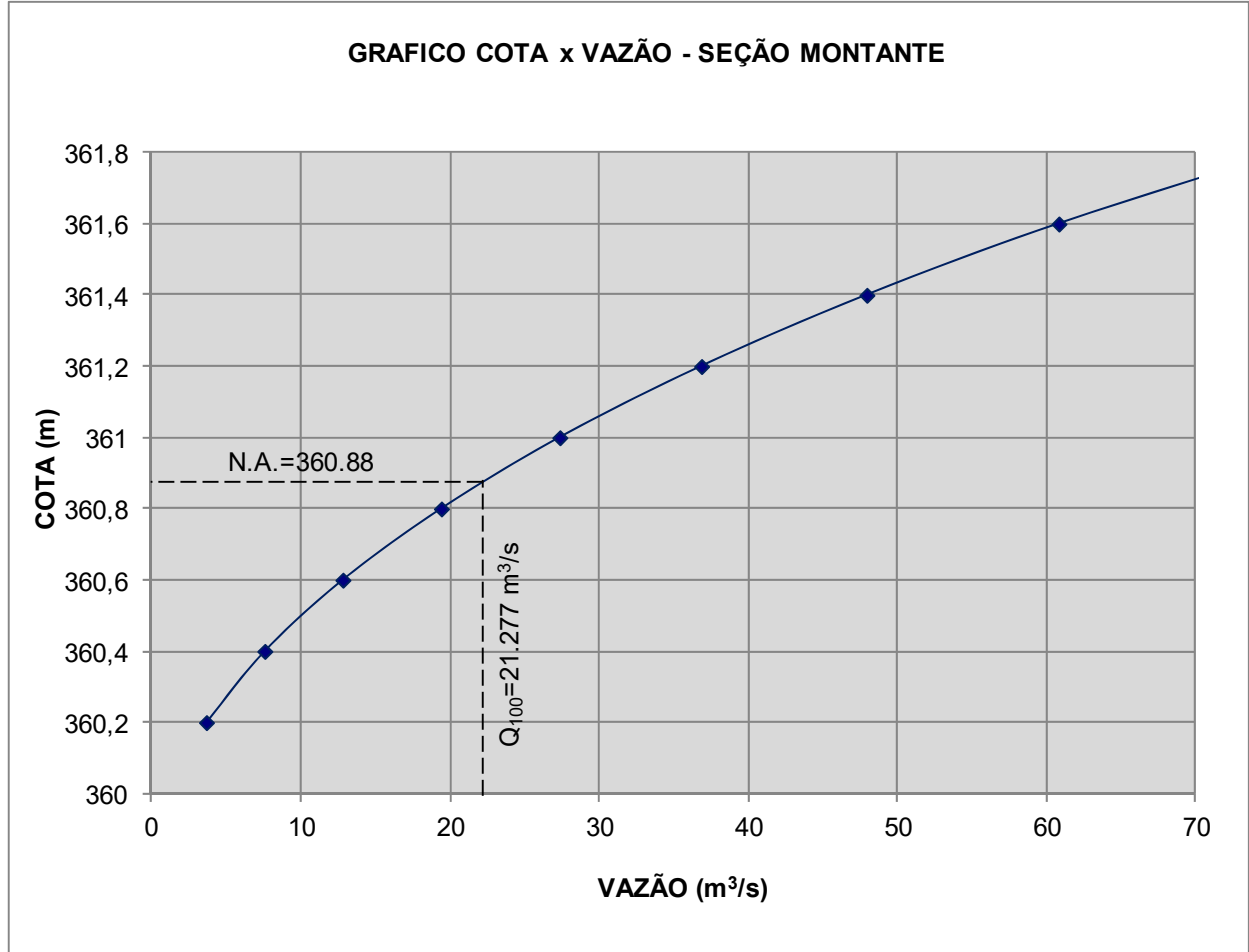
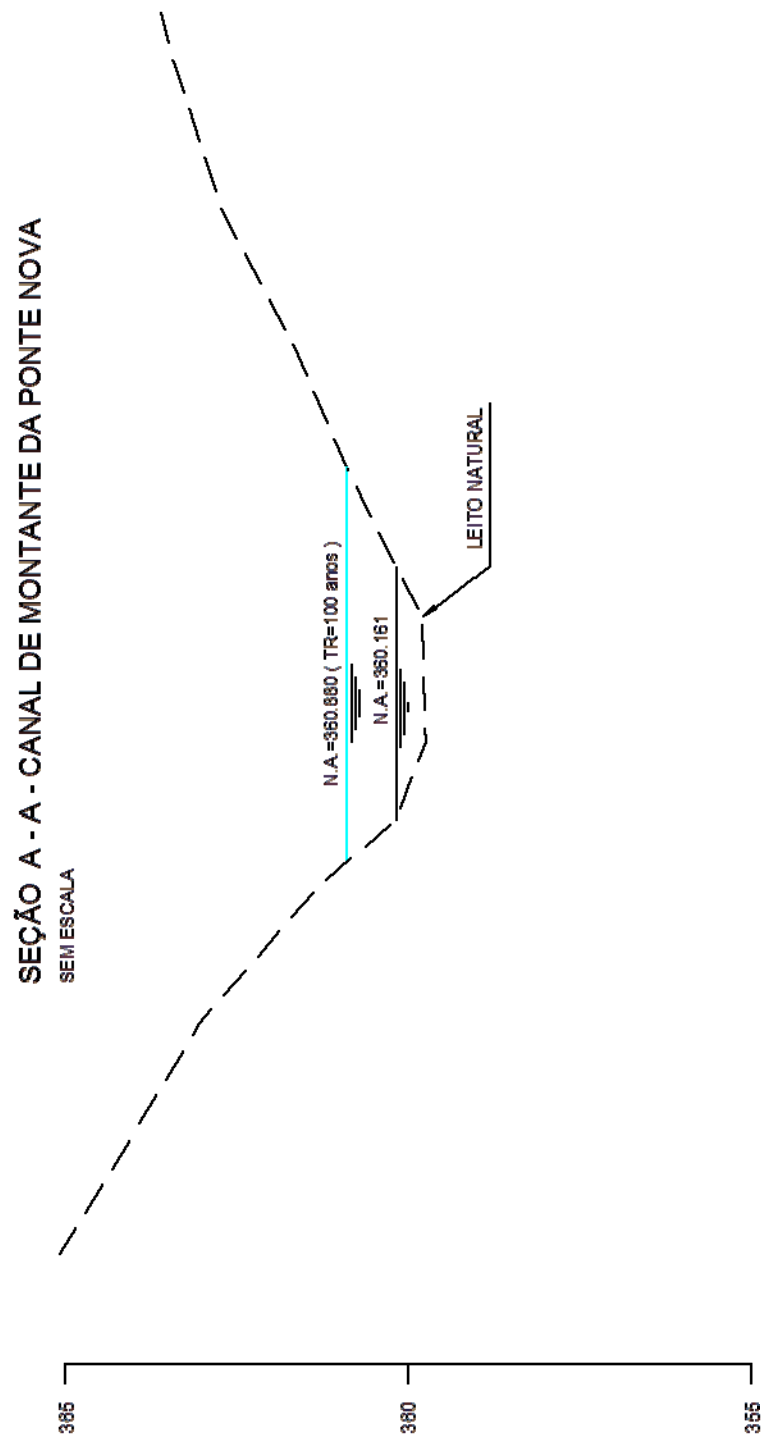


FIGURA 6.1.2



6.2. Cálculo do Nível de Enchente do Canal de Jusante da Ponte Nova projetada

No quadro N° 6.2 estão apresentados os cálculos da seção hidráulica do Ribeirão do Caçador na seção “C-C” à jusante da ponte projetada, com a rugosidade adotada em função das características do revestimento do solo na região inundável.

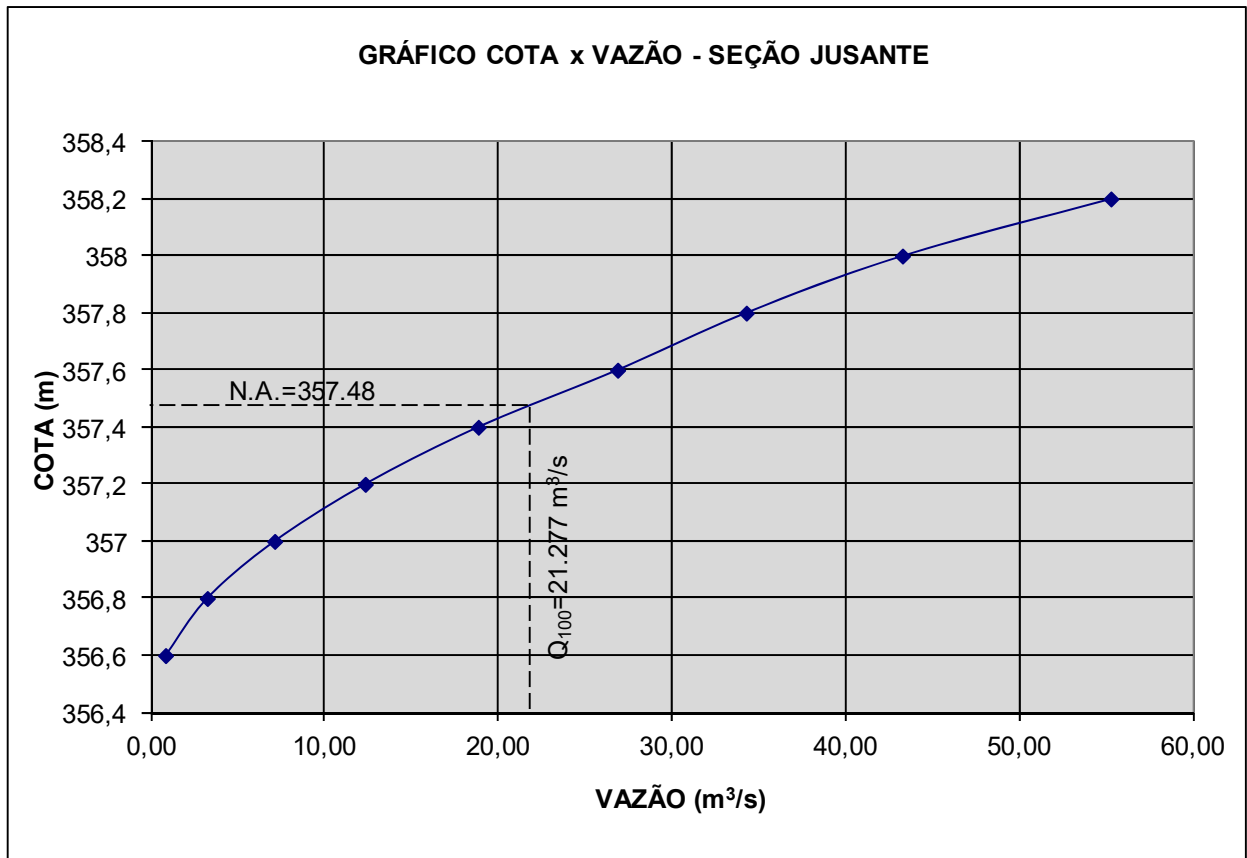
A figura 6.2.1 corresponde ao Gráfico Cota x Vazão com a indicação da cota de Nível D’ água para a vazão centenária de 21,277 m³/s, gerada a partir dos dados do Quadro N° 6.2 e a figura 6.2.2 corresponde a seção transversal do ribeirão à jusante da ponte projetada, com a planta de localização da seção em anexo.

QUADRO 6.2

RIBEIRÃO DO CAÇADOR $i=0,0367$ m/m $Q=21,277$ m³/s

COTA (m)	S (m ²)	P (m)	RH (m)	$RH^{(2/3)}$	n	Q (m ³ /s)	V (m/s)	VAZÃO TOTAL (m ³ /s)
356,60	0,462	3,102	0,15	0,281	0,030	0,83	1,79	0,83
356,80	1,161	4,038	0,29	0,436	0,030	3,23	2,78	3,23
357,00	1,989	4,749	0,42	0,560	0,030	7,11	3,57	7,11
357,20	2,917	5,420	0,54	0,662	0,030	12,32	4,23	12,32
357,40	3,942	6,091	0,65	0,748	0,030	18,83	4,78	18,83
357,60	5,057	6,668	0,76	0,832	0,030	26,86	5,31	26,86
357,80	6,293	7,993	0,79	0,853	0,030	34,26	5,44	34,26
358,00	7,833	9,741	0,80	0,865	0,030	43,25	5,52	43,25
358,20	9,692	11,489	0,84	0,893	0,030	55,26	5,70	55,26

FIGURA 6.2.1



6.3. Cálculo do Nível de Enchente Sob a Ponte Nova Projetada

No quadro N° 6.3 estão apresentados os cálculos da seção hidráulica do Ribeirão do Caçador na seção “B-B” da ponte nova projetada, com a rugosidade adotada em função das características do revestimento do solo na região inundável.

A figura 6.3.1 corresponde ao Gráfico Cota x Vazão com a indicação da cota de Nível D’ água para a vazão centenária de 21,277 m³/s, gerada a partir dos dados do Quadro N° 6.3 e a figura 6.3.2 corresponde a seção transversal do ribeirão da ponte projetada, com a planta de localização da seção em anexo.

QUADRO 6.3

RIO ATIBAIA $i=0,0525$ m/m $Q=21,277$ m³/s

COTA (m)	S (m ²)	P (m)	RH (m)	$RH^{(2/3)}$	n	Q (m ³ /s)	V (m/s)	VAZÃO TOTAL (m ³ /s)
358,60	0,640	3,737	0,17	0,308	0,030	1,51	2,36	1,51
358,80	1,523	5,402	0,28	0,430	0,030	5,00	3,28	5,00
359,00	2,710	6,662	0,41	0,549	0,030	11,36	4,19	11,36
359,20	4,122	8,305	0,50	0,627	0,030	19,74	4,79	19,74
359,40	5,933	10,607	0,56	0,679	0,030	30,76	5,18	30,76
359,60	8,221	13,275	0,62	0,727	0,030	45,62	5,55	45,62
359,80	11,547	22,233	0,52	0,646	0,030	56,98	4,93	56,98
360,00	16,225	25,731	0,63	0,735	0,030	91,12	5,62	91,12
360,20	21,607	29,483	0,73	0,813	0,030	134,14	6,21	134,14

FIGURA 6.3.1

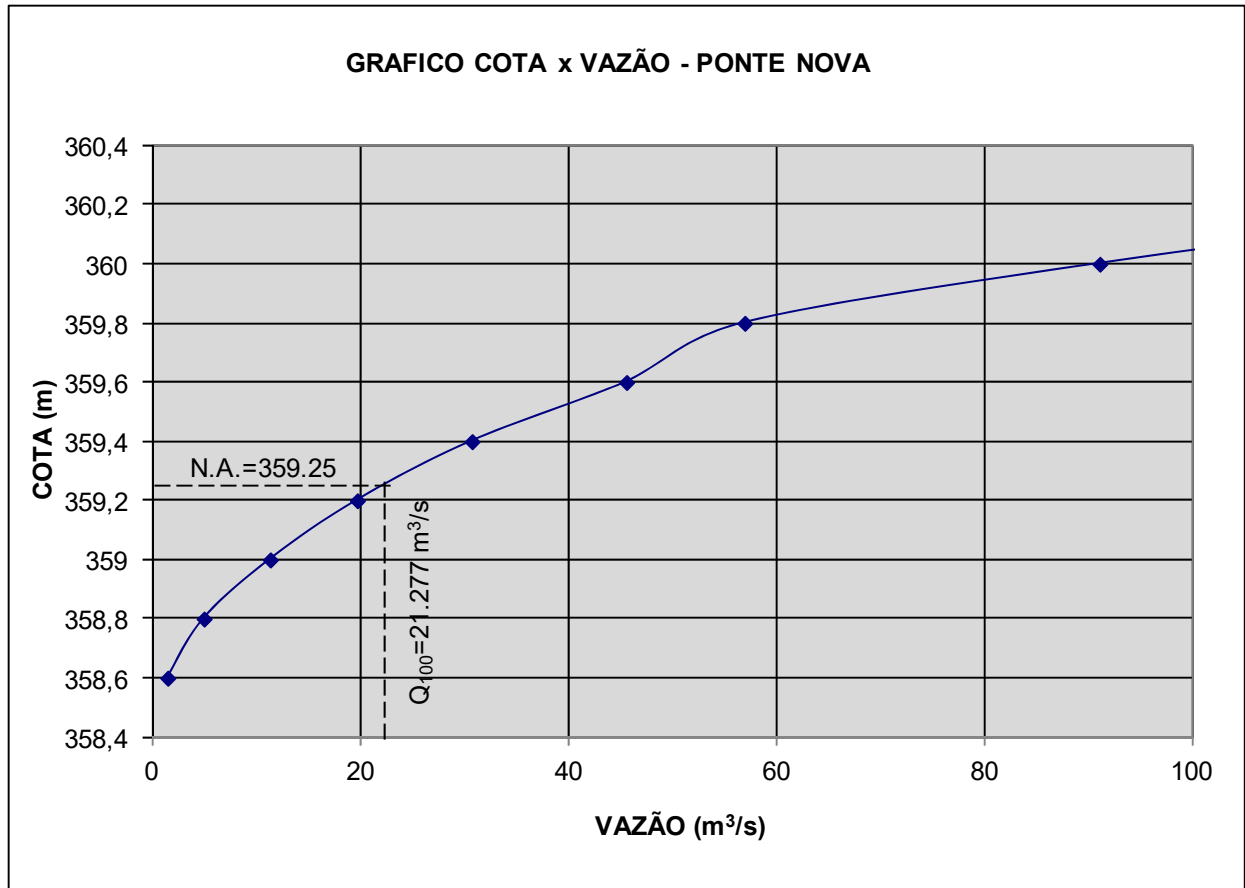
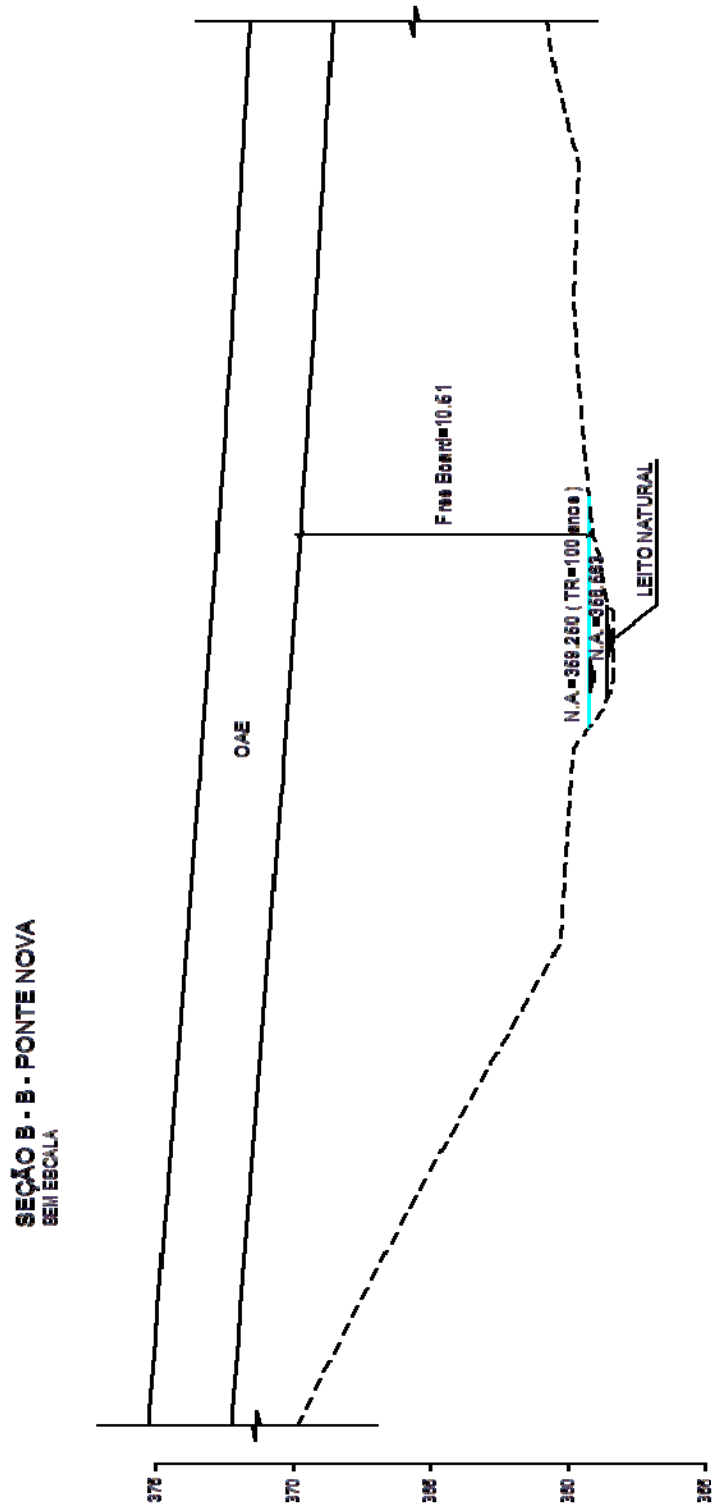


FIGURA 6.3.2



7. CONCLUSÃO

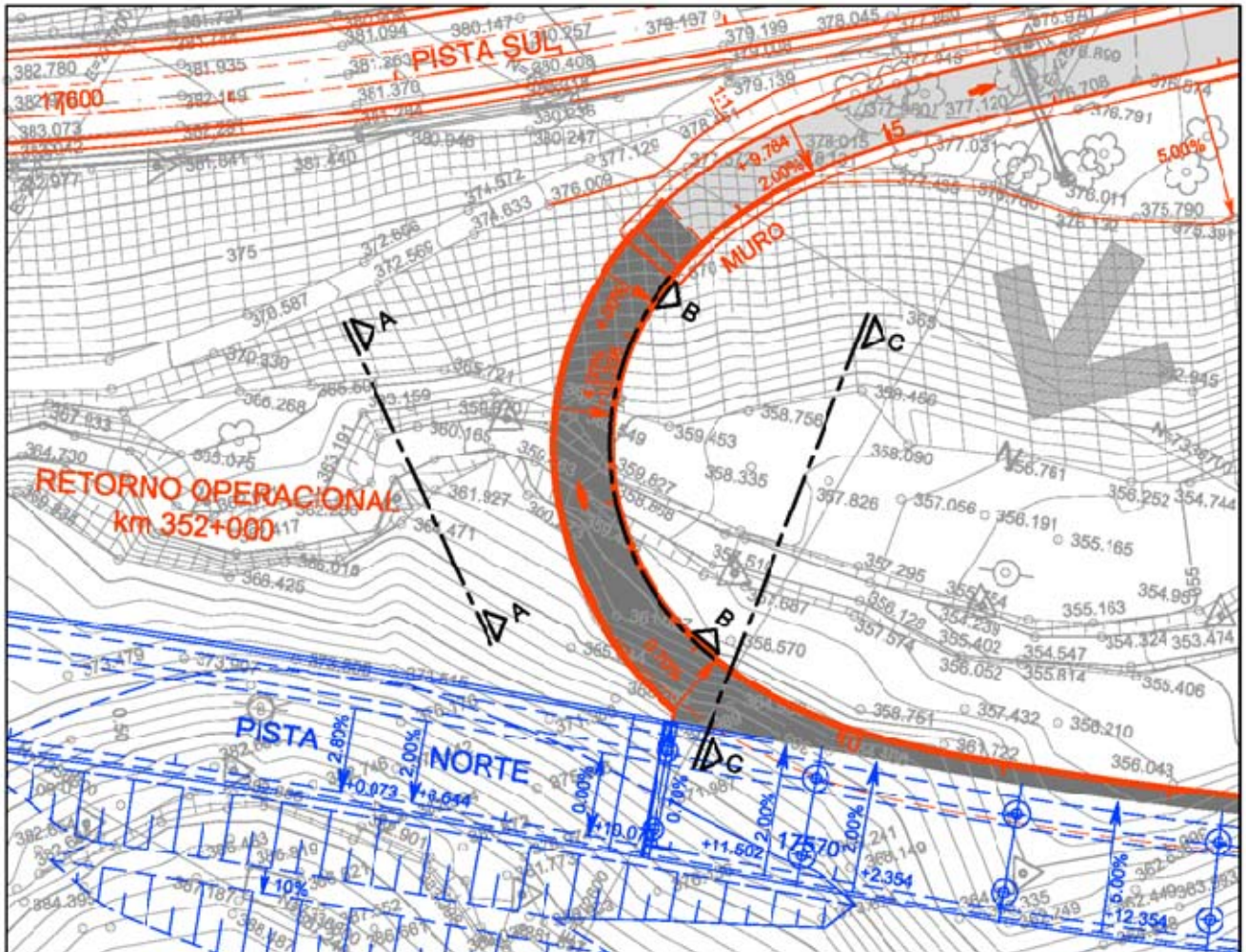
Pela verificação da capacidade da seção sob a ponte nova projetada concluímos que o vão é suficiente, porque o nível da água não ultrapassa a cota da ponte projetada, e resultou um Free Board de 10,51m.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-352-0-H01/501	A	03/12/2014	34 / 41

8. ANEXOS

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-352-0-H01/501	A	03/12/2014	35 / 41

8.1. Planta de Localização



Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-352-0-H01/501	A	03/12/2014	37 / 41

8.2. Cálculo do Tempo de Concentração

Cálculo do Tempo de Concentração

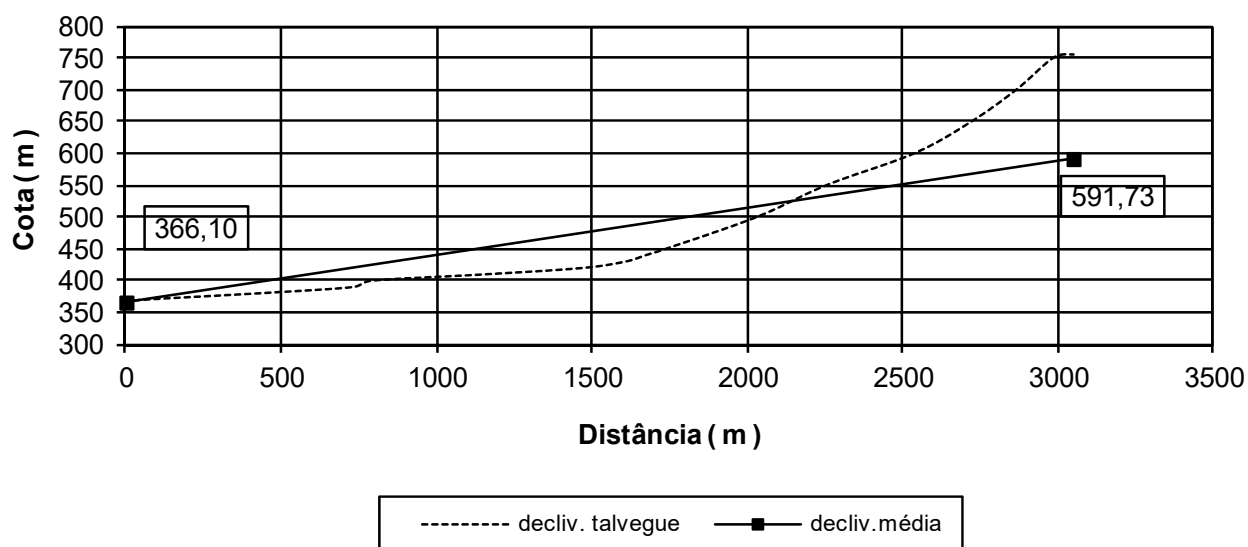
RESULTADOS: BACIA UNICA

Σ (HMÉDIO * D)	Σ DISTÂNCIA (m)	I (%)	C (m)	H (Desn. Médio) (m)
343757,23	3047,10	7,4047	591,7291	225,6291

KIRPICH (min)
25,6275

PONTO	COTA (m)	DELTA H (m)	H MÉDIO (m)	DISTÂNCIA (m)	HMÉDIO * D (min)
	366,10				
1	370,00	3,90	1,95	58,70	114,46
2	380,00	13,90	8,90	368,30	3277,87
3	390,00	23,90	18,90	307,60	5813,64
4	400,00	33,90	28,90	59,50	1719,55
5	410,00	43,90	38,90	368,00	14315,20
6	420,00	53,90	48,90	311,00	15207,90
7	430,00	63,90	58,90	136,00	8010,40
8	440,00	73,90	68,90	65,00	4478,50
9	450,00	83,90	78,90	64,50	5089,05
10	500,00	133,90	108,90	292,00	31798,80
11	550,00	183,90	158,90	224,00	35593,60
12	600,00	233,90	208,90	282,00	58909,80
13	650,00	283,90	258,90	183,50	47508,15
14	700,00	333,90	308,90	144,00	44481,60
15	750,00	383,90	358,90	119,00	42709,10
16	755,00	388,90	386,40	64,00	24729,60

Perfil Longitudinal do Curso D'água-B-Unica



Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-352-0-H01/501	A	03/12/2014	40 / 41

8.3. Hidrograma

MEMÓRIA DE CÁLCULO



Autopista Régis Bittencourt
arteris

Código
MC-06-116-SP-336-7-P09-501

REV.
A

Emissão
03/05/2013

Folha
1 de 26

Lote :
04

Rodovia : BR-116
RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT

Firma Projetista:
DYNA TEST ENGENHARIA LTDA.

Trecho :
SÃO PAULO - CURITIBA - PISTA NORTE

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto: MEMÓRIA DE CÁLCULO PAVIMENTAÇÃO
km 349+300 ao km 357+000

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
1	02/03/2015	ENG. ADRE FELIPE	Autopista Régis Bittencourt	
0	28/09/2012	ENG. ADRE FELIPE	Autopista Régis Bittencourt	

FIRMA PROJETISTA: DYNATEST

Nº INTERNO:

Rev. 1

ÍNDICE

ÍNDICE

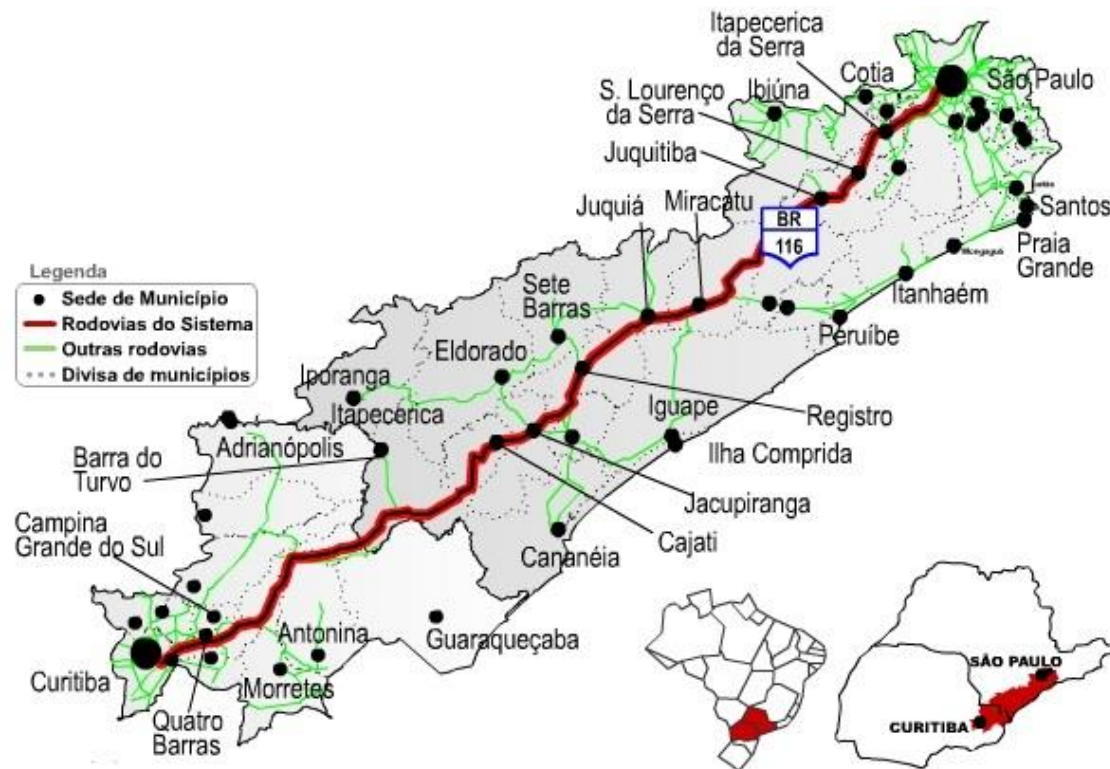
1. APRESENTAÇÃO	5
2. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NOVOS.....	7
2.1. Tráfego	8
2.2. Subleito	10
2.3. Método do Dimensionamento.....	10
2.3.1. Método do DNER.....	10
2.3.2. Métodos Mecanísticos	12
2.3.2.1. Deformação Vertical Máxima no Revestimento	12
2.3.2.2. Fadiga Quanto às Deformações das Misturas Betuminosas.....	13
2.3.2.3. Fadiga de Misturas Cimentadas	13
2.3.2.4. Deformações de Compressão no Subleito.....	14
3. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO	15
4. ESPECIFICAÇÕES.....	18
ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO	21

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

A Dynatest Engenharia Ltda. apresenta neste relatório o dimensionamento do pavimento referente à duplicação da rodovia BR-116/SP - Régis Bittencourt, no trecho entre o quilômetro 361+600 e o quilômetro 363+100, pertencente à malha viária da Concessionária Autopista Régis Bittencourt S.A.

A seguir apresenta-se um mapa rodoviário com a Malha Rodoviária que constitui a Autopista Régis Bittencourt S.A.



Furos de sondagem foram realizados pela concessionária para caracterização do solo existente no local e determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) do subleito.

De posse de tal informação, associada aos dados de tráfego do trecho, foi concebida e proposta a solução de pavimentação do trecho.

2. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NOVOS

2. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NOVOS

O pavimento rodoviário deve ser dimensionado tendo em vista os materiais disponíveis, o tráfego previsto para o período de projeto e as características locais, de forma a minimizar a tensão vertical que atinge o subleito e proteger as camadas asfálticas do processo de fadiga decorrente do carregamento cíclico do tráfego.

Para o dimensionamento das soluções técnicas propostas foram considerados os seguintes parâmetros e critérios:

2.1. Tráfego

Para efeito de dimensionamento, o tráfego de veículos pesados foi convertido em operações do eixo padrão rodoviário, número "N", definido como sendo o número de repetições equivalentes de um eixo-padrão de 8,2t (18.000lb ou 80kN) durante o período de vida útil do projeto de 10 anos, conforme as recomendações dos métodos de dimensionamento de pavimentos novos do DNER/SP.

Na determinação do Número "N" são considerados certos fatores relacionados com a composição do tráfego e referidos a cada categoria de veículos, definida em função da carga transportada e do número de eixos dos veículos. Seus valores anuais e acumulados durante o período de projeto são calculados com base nas projeções do tráfego, sendo necessário para isso o conhecimento qualitativo e quantitativo da composição presente e futura dos veículos.

O número "N" é calculado pela seguinte expressão:

$$N = 365 \times P \times VDM \times Fv \times Fr \times D \times d$$


Onde:

- N = número equivalente de operações do eixo padrão;
- P = período de projeto;
- VDM = volume diário médio de tráfego;
- Fv = fator de veículo;
- Fr = fator climático regional;
- D = porcentagem de veículos comerciais na faixa mais solicitada;
- d = porcentagem de veículos por sentido.

Inicialmente foram coletadas informações de contagem volumétrica de veículos junto à concessionária, referentes à praça de pedágio de Miracatu no km 370. Utilizaram-se os Fatores de Veículos (Fv) indicados no projeto de duplicação do km 362+200 a km 367+600 (documento MC-06-116/SP-362-2-P09/501) de 2010. Adotou-se uma taxa de 3% de crescimento dos veículos comerciais e ano de abertura ao tráfego em 2014.

Os dados de contagem volumétrica de veículos fornecidos pela concessionária indicam o volume de tráfego comercial médio de 5.641 veículos em 2012. Na sequência apresenta-se a tabela com detalhamento do cálculo do número "N".

Autopista Régis Bittencourt									
Contagem de Veículos - Praça de Miracatu - Km 370									
Arteris									
Mês	Automática								
	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5	Cat6	Cat7	Cat8	Cat9
jan-11	318.570	28.782	1.412	106.190	101	22.253	83.258	98.689	7.264
fev-11	164.911	27.933	779	108.654	61	23.294	87.654	98.631	4.133
mar-11	200.785	29.967	881	116.279	98	24.666	92.734	107.430	4.927
abr-11	209.184	29.553	924	108.498	72	24.577	88.831	104.116	6.305
mai-11	156.793	30.510	724	115.719	96	26.595	94.381	113.605	4.285
jun-11	169.800	29.294	854	108.709	82	26.048	87.146	104.876	4.206
jul-11	206.223	31.073	1.027	111.399	93	27.234	91.151	110.419	4.071
ago-11	160.225	31.494	837	116.537	87	27.941	95.755	115.037	3.848
set-11	172.895	31.122	856	112.938	74	27.794	91.669	108.460	4.007
out-11	189.006	32.947	954	118.652	104	30.390	95.100	116.279	5.057
nov-11	195.576	33.268	1.041	116.117	101	31.417	92.794	112.952	5.398
dez-11	282.573	33.538	1.392	112.304	120	32.581	88.605	108.804	6.759
Total	2.426.541	369.481	11.681	1.351.996	1.089	324.790	1.089.078	1.299.298	60.260

Projeção do VMD e dos Valores do Número N							
Rodovia: BR-116/SP Trecho: km 361+600 ao km 363+100 Praça: Miracatu - km 370 Sentido: Norte/Sul							
Ano da Pesquisa	Período de Análise	Fatores de Veículo - FV		Fator Climático Regional - FR	Fator de Pista - FP		
		Método USACE	Método AASHTO				
2012	10	8,59	2,99	1,00	0,475		
Ano		Taxa de Crescimento (%)	VMD com	N Anual USACE	N Anual AASHTO	N Acum. USACE	N Acum. AASHTO
2012	AE	3,0%	5641				
2013	-	3,0%	5810				
2014	1	3,0%	5985	8,92E+06	3,11E+06	8,92E+06	3,11E+06
2015	2	3,0%	6164	9,19E+06	3,20E+06	1,81E+07	6,31E+06
2016	3	3,0%	6349	9,46E+06	3,30E+06	2,76E+07	9,60E+06
2017	4	3,0%	6540	9,74E+06	3,40E+06	3,73E+07	1,30E+07
2018	5	3,0%	6736	1,00E+07	3,50E+06	4,73E+07	1,65E+07
2019	6	3,0%	6938	1,03E+07	3,60E+06	5,77E+07	2,01E+07
2020	7	3,0%	7146	1,06E+07	3,71E+06	6,83E+07	2,38E+07
2021	8	3,0%	7360	1,10E+07	3,82E+06	7,93E+07	2,76E+07
2022	9	3,0%	7581	1,13E+07	3,94E+06	9,06E+07	3,16E+07
2023	10	3,0%	7809	1,16E+07	4,05E+06	1,02E+08	3,56E+07
Número N Projeto						1,02E+08	3,56E+07

2.2. Subleito

Para determinação do Índice Suporte Califórnia (ISC) do subleito foram realizados furos de sondagem pela concessionária e as amostras coletadas foram submetidas aos ensaios laboratoriais. Dos ensaios constatou-se que o solo proveniente do trecho é constituído por areia siltosa, com ISC variando entre 7% e 9% e com expansão maior que 2%.

Com o intuito de se proteger o subleito, faz-se necessário o afastamento da carga do mesmo para dissipar as tensões e deformações que possam vir a gerar deformações excessivas. Assim, foi previsto no dimensionamento do pavimento um CBR de projeto 5%, a favor da segurança, e uma camada de sub-base de Rachão com 60 cm de espessura, executada em 3 camadas compactadas com grau maior ou igual a 100% em relação a energia do Proctor Normal. No caso de solo expansivo ou com CBR inferior a 5%, pode-se aumentar a espessura de rachão para substituição deste material.

2.3. Método do Dimensionamento

Para o presente estudo, considerou-se a concepção de pavimento semi-rígido, com a camada de base composta de BGTC, tendo em vista a disponibilidade de materiais no trecho em questão.

2.3.1. Método do DNER

O Método do DNER tem sua metodologia bastante difundida e é de domínio geral, tendo como premissa básica a proteção das camadas quanto à ruptura por cisalhamento. Nele, definem-se as espessuras equivalentes de pavimento necessárias para a proteção das camadas subjacentes em função do índice de Suporte Califórnia. Já as espessuras de cada camada são dadas em função de seus coeficientes de equivalência estrutural.

No que diz respeito às camadas betuminosas, recomenda-se a adoção de uma espessura mínima no intuito de se proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego e evitar a ruptura do revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. Esses valores mínimos para a espessura de revestimento são apresentados a seguir:

Parâmetro de Tráfego	Tipo e Espessura
$N \leq 1 \times 10^6$	Tratamentos Superficiais Betuminosos duplos e triplos
$1 \times 10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Concreto Betuminoso (5,0 cm)
$5 \times 10^6 < N \leq 1 \times 10^7$	Concreto Betuminoso (7,5 cm)
$1 \times 10^7 < N \leq 5,0 \times 10^7$	Concreto Betuminoso (10 cm)
$N > 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso (12,5 cm)

No caso de bases cimentadas, esta espessura mínima pode ser diminuída, pois o revestimento irá trabalhar somente a compressão.

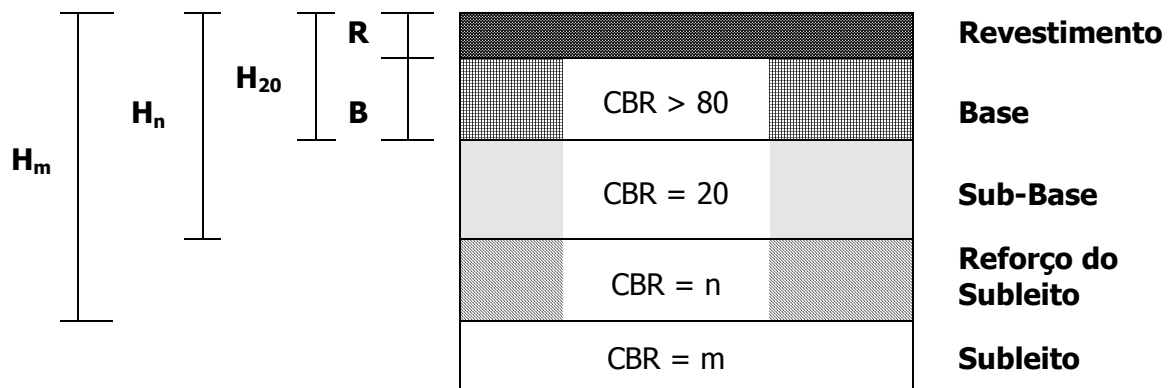
Dessa forma, o dimensionamento baseia-se nos seguintes parâmetros:

- Índice de Suporte Califórnia do subleito (ISC)
- Número de operações do eixo padrão de 8,2 tf (N)
- Coeficientes de equivalência estrutural das camadas do pavimento (K)

A partir do número N e da capacidade de suporte da camada em análise é possível definir a espessura equivalente em material granular (H) necessária para a proteção da mesma, conforme equação abaixo:

$$H = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

A definição das espessuras equivalentes para a proteção de cada camada separadamente é realizada para o subleito (H_m), o reforço do subleito (H_n) e a sub-base (H_{20}), conforme a figura apresentada na seqüência.



As espessuras individuais das camadas constituintes do pavimento são calculadas com base nos critérios a seguir:

$$R K_R + B K_B \geq H_{20}$$

$$R K_R + B K_B + S K_S \geq H_n$$

$$R K_R + B K_B + S K_S + Ref K_{Ref} \geq H_m$$

onde:

- R, B, S e Ref: espessuras do revestimento, base, sub-base e reforço, respectivamente;
- K: coeficientes estruturais.

2.3.2. Métodos Mecanísticos

Adicionalmente foram empregados modelos mecanísticos para a análise de deformações e deslocamentos das camadas asfálticas; deformações no subleito e tensões de tração nas camadas cimentadas.

A fadiga e a deformação são as condições fundamentais da avaliação estrutural de pavimentos. Assim, procurou-se determinar diversos indicadores estruturais representados pelas deformações verticais reversíveis (deflexões) na superfície (D), deformações horizontais de tração (ε_t) no revestimento, pela tensão de tração na camada cimentada (σ_t) e pela deformação vertical no topo do subleito (ε_v).

A análise de desempenho das estruturas é feita através da verificação da compatibilidade entre esforços solicitantes (devidos à aplicação de cargas de tráfego) e os esforços resistentes, intrínsecos de cada material, traduzidos pelas equações de fadiga apresentadas adiante. Quando as estruturas inicialmente testadas em simulações computacionais não atendem aos parâmetros admissíveis (ou desejados) de cada material, devem ser realizadas adequações nas espessuras das camadas de forma a se obter um pavimento equilibrado para atender o período de projeto desejado.

Os modelos ou critérios mecanísticos empregados neste estudo são apresentados a seguir.

2.3.2.1. Deformação Vertical Máxima no Revestimento

Os deslocamentos verticais máximos no topo do revestimento ocorrem devido às tensões e deformações das camadas estruturais constituintes do pavimento e do subleito em resposta ao carregamento na superfície do pavimento. Portanto, é necessário verificar os valores de deslocamentos verticais recuperáveis máximos no topo do pavimento de modo a garantir deformações inferiores às deformações de projeto.

Como critério comparativo, utilizou-se, para este parâmetro, a equação tradicionalmente aceita e proposta por Preussler e Pinto no método TECNAPAV:

$$N_{RUPTURA} = 5,55 \times 10^{16} D_{adm}^{-5,32}$$

Onde:

$N_{RUPTURA}$ = número de operações para a ruptura do pavimento (método da USACE);

D_{adm} = deflexão admissível (deslocamento vertical máximo da superfície do pavimento).

2.3.2.2. Fadiga Quanto às Deformações das Misturas Betuminosas

As deformações horizontais de tração (ε_t) nas faces inferiores das camadas betuminosas, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, se forem excessivas, poderão causar ruptura por fadiga dessas camadas.

Desta forma, existe um número muito grande de procedimentos analíticos de projeto que consideram a deformação específica de tração na face inferior da camada betuminosa como o fator determinante da fadiga. No caso em estudo foi utilizada a equação definida por *Federal Highway Administration* (FHWA, 1976):

$$N_{RUPTURA} = 1,09 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{3,512}$$

Onde:

$N_{RUPTURA}$ = número de operações para a ruptura do pavimento por fadiga
(método da AASHTO);

ε_t = deformação específica horizontal de tração.

2.3.2.3. Fadiga de Misturas Cimentadas

Em camadas cimentadas, seja ela composta de solo-cimento ou brita graduada tratada com cimento (BGTC), deformações ou tensões horizontais de tração na fibra inferior da camada cimentada, causadas pelo carregamento na superfície do pavimento, podem causar sua ruptura por fadiga.

Para modelar o comportamento à fadiga da camada de brita graduada tratada com cimento, utilizou-se o modelo desenvolvido por Balbo (1993) para camadas deste tipo, a saber:

$$N_{RUPTURA} = 10^{(17,137 - 19,608 \times SR)} \text{ e } SR = \frac{\sigma_a}{\Delta\sigma}$$

Onde:

$N_{RUPTURA}$ = número de operações para a ruptura do pavimento por fadiga
(método da USACE);

σ_a = tensão atuante;

$\Delta\sigma$ = tensão de tração na flexão de ruptura do material.

Para o estudo em questão, utilizou-se uma tensão de tração na flexão de 10 Kgf/cm².

2.3.2.4. Deformações de Compressão no Subleito

O solo de fundação é normalmente o material menos resistente da estrutura, portanto é por ele que se inicia a verificação estrutural. Entretanto, uma vez confirmado o seu desempenho, é importante efetuar-se também a análise global para assegurar eventuais problemas devido ao fenômeno da deformação permanente.

A análise é feita comparando-se a máxima deformação específica vertical de compressão (ε_V) atuante no topo do subleito, considerando-se um sistema de camadas elásticas, comparando-as com os valores admissíveis correspondentes ao material utilizado.

Nos pavimentos rodoviários onde o tráfego é canalizado, a deformação permanente em geral se manifesta nas chamadas trilhas de roda. Essa deformação devida ao cisalhamento é um dos fatores que precisa ser levado em conta no projeto racional de pavimentos, objetivando-se minimizar as deformações totais dos mesmos.

O critério da fadiga para deformações verticais de compressão do subleito é idêntico aos modelos adotados para a fadiga de misturas betuminosas e expresso neste trabalho por uma equação da seguinte forma (Dormon & Metcalf, 1965):

$$N_{USACE} = 6,069 \times 10^{-10} \times (\varepsilon_V)^{-4,762}$$

3. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO

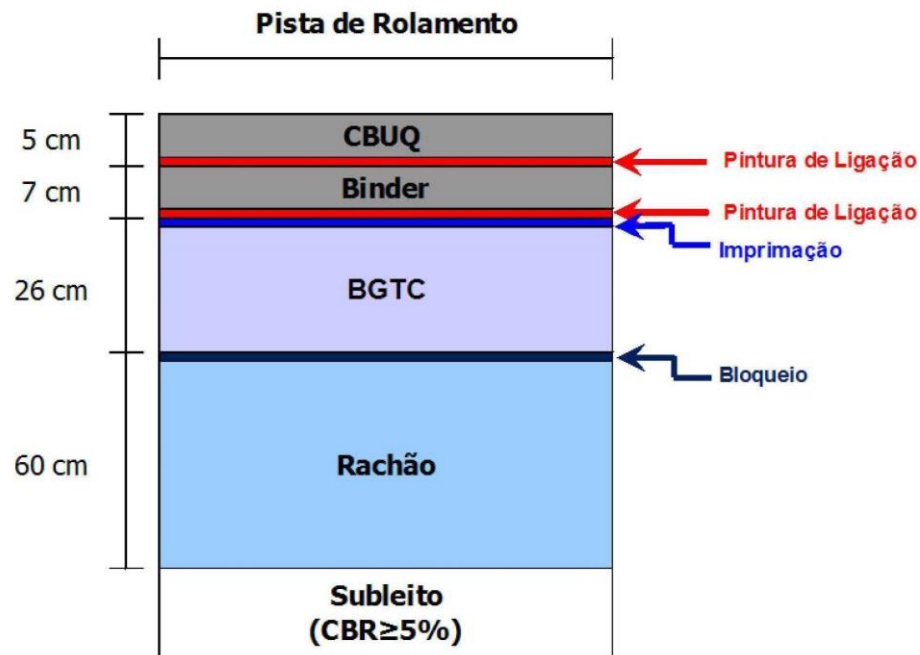
3. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO

A partir dos dados do estudo de tráfego e das características do subleito local foram realizados dimensionamentos das estruturas de pavimento. Inicialmente, foi determinada uma estrutura de pavimento a partir do método de dimensionamento do DNER seguindo-se a adequação desta estrutura pelos critérios mecanísticos.

No desenvolvimento deste estudo, utilizou-se a teoria das camadas elásticas para o cálculo dos deslocamentos, das tensões e das deformações nas estruturas simuladas. Nesta tarefa, fez-se uso do programa do ELSYM5 – *Elastic Layered System*, que aplica o método das diferenças finitas no cálculo destes parâmetros, produzidos por um eixo de cargas, em qualquer ponto da estrutura do pavimento.

A solução de pavimento proposta é descrita a seguir:

- ✓ Sub-base de Rachão com 60 cm de espessura total, executada em 3 camadas de 20 cm cada;
- ✓ Camada de bloqueio;
- ✓ Base de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) com 26 cm de espessura;
- ✓ Imprimação;
- ✓ Pintura de Ligação;
- ✓ Concreto betuminoso usinado a quente "Faixa B" (Binder) com 7 cm de espessura;
- ✓ Pintura de Ligação;
- ✓ Concreto betuminoso usinado a quente "Faixa C" (CBUQ) com 5 cm de espessura.



A memória de cálculo do dimensionamento da estrutura em questão é apresentada no anexo I, incluindo-se os resultados dos modelos mecânicos.

Os desenhos de referência para o projeto executivo de pavimentação, plantas de localização da duplicação e seção tipo com notas especificações de serviço, detalhes construtivos e tabela deliberação de camadas por deflectometria, estão apresentados nos conjuntos de desenho P02, P05 e P09.

4. ESPECIFICAÇÕES

4. ESPECIFICAÇÕES

São necessários cuidados e controle na execução da estrutura, especialmente no que se refere à umidade e à compactação das camadas granulares, à resistência e ao processo de cura da camada cimentada, e à compactação, à usinagem e a aplicação das camadas asfálticas.

As obras de pavimentação propostas devem atender as especificações de serviço do DNIT (antigo DNER). O quadro a seguir ilustra as especificações de materiais a serem adotadas:

Especificação	Descrição
DER/SP ET-DE-P00/011	SUB-BASE DE RACHÃO
DER/SP ET-DE-P00/009	BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)
DNIT 144/2010-ES	IMPRIMADURA IMPERMEABILIZANTE
DNIT 145/2010-ES	PINTURA DE LIGAÇÃO
DNIT 031/2006-ES	CONCRETO ASFÁLTICO FAIXA B (Binder)
DNIT 031/2006-ES	CONCRETO ASFÁLTICO FAIXA C (CBUQ)


As seguintes especificações particulares também deverão ser atendidas:

- Camada de sub-base em Rachão, executada em 3 etapas de 20 cm, totalizando 60 cm;
- Camada de bloqueio composta de pedrisco com dimensão máxima do agregado limitada a 3/8”;
- Base executada em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) com teor mínimo de cimento de 4%, tal que apresente as seguintes resistências características:
 - Resistência por compressão simples aos 7 dias de, no mínimo, 35 kg/cm²
 - Resistência por compressão simples aos 28 dias de, no mínimo, 45 kg/cm²
 - Resistência a tração diametral aos 28 dias de, no mínimo, 5,5 kg/cm²

Deverá ser executado um dreno longitudinal raso em toda a extensão em conformidade com o dispositivo DSS-04 especificado no Álbum de Projetos – Tipo de Dispositivos de Drenagem, Publicação IPR-736/2010, com o intuito de se drenar a camada de rachão, conforme demonstrado no desenho DE-06-116/SP-349-3-P05/501. Além disso, deverão ser previstos drenos longitudinais de pavimento nos locais onde há confinamento das camadas asfálticas em função dos elementos de drenagem com o intuito de se drenar a camada de binder, podendo-se utilizar como alternativa o dreno do tipo MacDrain.

O controle deflectométrico deve ser realizado com Viga Benkelman ou FWD conforme figura a seguir:

CONTROLE DEFLECTOMÉTRICO

<i>Espessura</i>	<i>Camada</i>	<i>Deflexão</i>
5 cm	CBUQ	24x10 ² mm
7 cm	Binder	27x10 ² mm
26 cm	BGTC	30x10 ² mm
		75x10 ² mm
60 cm	Rachão	 Camada de Bloqueio
-	Subleito CBR ± 5%	

ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO

- Dimensionamento pelo Método do DNER**

Método do DNER

Dados de Entrada

CBR subleito	5%
CBR sub-base	20%
Número N_{USACE}	$1,02 \times 10^8$

Parâmetros de Verificação

H_m	72,2	cm
H_{20}	31,5	cm

Dimensionamento

Camada	Material	K	H_{proj} (cm)	H_{equiv} (cm)	H_{acum} (cm)	Aceito		
Revestimento	CBUQ	2,00	10,0	20,0	64,2	> H_{20}	31,5 cm	SIM
Base	BGTC	1,70	26,0	44,2				
Sub-base	Rachão	1,00	60,0	60,0	124,2	> H_m	72,2 cm	SIM

Obs.

O fator de equivalência (K) de cada material é o proposto no Método do DNER

O H_{equiv} indica a espessura equivalente da camada para a proteção da camada inferior

O H_{acum} indica a espessura equivalente acumulada a ser comparada com os parâmetros de verificação

- Critérios de Fadiga**

Pista de Rolamento		E (Kgf/cm²)	Poisson
10 cm	Revestimento Asfáltico	45.000	0,30
26 cm	BGTC	70.000	0,20
60 cm	Rachão	2.000	0,35
	Subleito (CBR ≥ 5%)	500	0,40

- Análise Mecânica**

Material	Espessura (cm)	Parâmetro	número N		Modelo	Valor admissível	Unidade	Valor Previsto	Aceito
Revestimento Asfáltico	10	D	USACE	1,02 x 10 ⁸	Preussler e Pinto	43,84	x 10 ⁻² mm	25,53	SIM
		ϵ_t	AASHTO	3,56 x 10 ⁷	FHWA, 1976	1,42E-04	mm / mm	-4,38E-06	SIM
BGTC	26	σ_t	USACE	1,02 x 10 ⁸	Balbo, 1993	4,65	kgf/cm ²	3,27	SIM
Rachão	60	-	-	-	-	-	-	-	-
Subleito	-	ϵ_v	USACE	1,02 x 10 ⁸	Dormon & Metcalf, 1965	2,41E-04	mm / mm	8,30E-05	SIM

• Arquivos de Saída do EISYM5

1 ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

* * * SISTEMA ELASTICO 1 -

CAMADA	MODULO DE ELASTIC. (KGF/CM2)	COEF. DE POISSON	ESPESSURA (CM)
1	45000.	.300	10.000
2	70000.	.200	26.000
3	2000.	.350	60.000
4	500.	.400	SEMI-INFINITO

UM CARGA(S), CADA CARGA NA SEQUENCIA

VALOR DAS CARGAS..... 4100.00 KGF
PRESSAO DE CONTATO..... 5.80 KGF/CM2
RAIO DE CONTATO..... 15.00 CM

DISPOSICAO

CARGA	X (CM)	Y (CM)
1	.000	.000

RESULTADOS REQUISITADOS PARA DISP. DE SISTEMAS

PROF.(S) - (CM)
Z= .01 9.99 35.99 96.01
PONTO(S) X-Y - (CM)
X= .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
Y= .00 20.00 30.00 45.00 65.00 90.00 120.00

1 ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

* * * SISTEMA ELASTICO 1 -

Z= .01 CAMADA NO. 1
X= .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
Y= .00 20.00 30.00 45.00 65.00 90.00 120.00

TENSOES NORMAIS
SXX -5.99 -2.32 -1.90 -1.44 -1.04 -.69 -.48
SYY -5.99 -1.17 -1.23 -.81 -.43 -.13 -.01
SZZ -5.80 -.05 .02 .03 .00 .02 -.02

TENSOES DE CISALHAMENTO
SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SYZ .0000E+00 .2249E-02 .8163E-04 -.3118E-03 -.1825E-03 -.1422E-03 -.7061E-04

TENSOES PRINCIPAIS
PS 1 -5.80 -.05 .02 .03 .00 .02 -.01
PS 2 -5.99 -1.17 -1.23 -.81 -.43 -.13 -.02
PS 3 -5.99 -2.32 -1.90 -1.44 -1.04 -.69 -.48

TENSAO PRINCIPAL DE CIS.
PSS1 .9242E-01 .1135E+01 .9591E+00 .7362E+00 .5193E+00 .3576E+00 .2338E+00
PSS2 .9242E-01 .5601E+00 .6254E+00 .4204E+00 .2135E+00 .7522E-01 .4719E-02
PSS3 .0000E+00 .5744E+00 .3337E+00 .3158E+00 .3058E+00 .2823E+00 .2290E+00

DESLOCAMENTOS
UX .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
UY .0000E+00 -.8683E-03 -.1023E-02 -.1208E-02 -.1315E-02 -.1323E-02 -.1248E-02
UZ .2622E-01 .2313E-01 .2167E-01 .2070E-01 .1933E-01 .1758E-01 .1563E-01

DEF.ESPECIFICAS NORMAIS
EXX -.5443E-04 -.4341E-04 -.3411E-04 -.2685E-04 -.2023E-04 -.1470E-04 -.1040E-04
EYY -.5443E-04 -.1023E-04 -.1483E-04 -.8606E-05 -.2559E-05 .1614E-05 .3108E-05
EZZ -.4909E-04 .2214E-04 .2130E-04 .1568E-04 .9778E-05 .5961E-05 .2835E-05

DEF.ESP.DE CISALHAMENTO
EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
EXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
EYZ .0000E+00 .1300E-06 .4716E-08 -.1802E-07 -.1054E-07 -.8214E-08 -.4080E-08

DEF.ESP.PRINCIPAIS
PE 1 -.4909E-04 .2214E-04 .2130E-04 .1568E-04 .9778E-05 .5961E-05 .3108E-05
PE 2 -.5443E-04 -.1023E-04 -.1483E-04 -.8606E-05 -.2559E-05 .1614E-05 .2835E-05
PE 3 -.5443E-04 -.4341E-04 -.3411E-04 -.2685E-04 -.2023E-04 -.1470E-04 -.1040E-04

DEF.ESP.PRINCIP.DE CIS.
PSE1 .5340E-05 .6555E-04 .5542E-04 .4253E-04 .3001E-04 .2066E-04 .1351E-04
PSE2 .5340E-05 .3236E-04 .3613E-04 .2429E-04 .1234E-04 .4346E-05 .2726E-06
PSE3 .0000E+00 .3319E-04 .1928E-04 .1825E-04 .1767E-04 .1631E-04 .1323E-04

1 ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

* * * SISTEMA ELASTICO 1 -

Z= 9.99 CAMADA NO. 1
X= .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
Y= .00 20.00 30.00 45.00 65.00 90.00 120.00

TENSOES NORMAIS
SXX -2.66 -1.26 -.94 -.73 -.53 -.37 -.25
SYY -2.66 -1.52 -.89 -.49 -.25 -.10 -.02
SZZ -4.78 -.72 -.03 -.01 -.01 -.01 .00

TENSOES DE CISALHAMENTO
SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SYZ .0000E+00 -.1253E+01 -.5459E+00 -.3115E+00 -.1873E+00 -.1054E+00 -.5706E-01

TENSOES PRINCIPAIS
PS 1 -2.66 .19 .23 .15 .09 .06 .05
PS 2 -2.66 -1.26 -.94 -.65 -.36 -.17 -.07
PS 3 -4.78 -2.43 -1.16 -.73 -.53 -.37 -.25

TENSAO PRINCIPAL DE CIS.
PSS1 .1063E+01 .1314E+01 .6932E+00 .4375E+00 .3118E+00 .2152E+00 .1481E+00
PSS2 .0000E+00 .7256E+00 .5842E+00 .3959E+00 .2238E+00 .1162E+00 .5737E-01
PSS3 .1063E+01 .5888E+00 .1090E+00 .4160E-01 .8795E-01 .9902E-01 .9075E-01

DESLOCAMENTOS
UX .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
UY .0000E+00 -.2598E-03 -.4400E-03 -.5790E-03 -.6535E-03 -.6728E-03 -.6475E-03
UZ .2553E-01 .2330E-01 .2184E-01 .2082E-01 .1941E-01 .1763E-01 .1566E-01

DEF.ESPECIFICAS NORMAIS
EXX -.9460E-05 -.1299E-04 -.1467E-04 -.1287E-04 -.1005E-04 -.7475E-05 -.5395E-05
EYY -.9460E-05 -.2050E-04 -.1328E-04 -.6085E-05 -.2046E-05 .1868E-06 .1334E-05
EZZ -.7086E-04 .2427E-05 .1140E-04 .8032E-05 .5034E-05 .3019E-05 .1676E-05

DEF.ESP.DE CISALHAMENTO
EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
EXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
EYZ .0000E+00 -.7240E-04 -.3154E-04 -.1800E-04 -.1082E-04 -.6088E-05 -.3297E-05

DEF.ESP.PRINCIPAIS
PE 1 -.9460E-05 .2893E-04 .1909E-04 .1241E-04 .7960E-05 .4960E-05 .3163E-05
PE 2 -.9460E-05 -.1299E-04 -.1467E-04 -.1046E-04 -.4972E-05 -.1754E-05 -.1520E-06
PE 3 -.7086E-04 -.4701E-04 -.2097E-04 -.1287E-04 -.1005E-04 -.7475E-05 -.5395E-05

DEF.ESP.PRINCIP.DE CIS.
PSE1 .6140E-04 .7594E-04 .4005E-04 .2528E-04 .1801E-04 .1244E-04 .8558E-05
PSE2 .0000E+00 .4192E-04 .3375E-04 .2287E-04 .1293E-04 .6715E-05 .3315E-05
PSE3 .6140E-04 .3402E-04 .6299E-05 .2403E-05 .5082E-05 .5721E-05 .5243E-05

1 ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

* * * SISTEMA ELASTICO 1 -

Z= 35.99 CAMADA NO. 2
X= .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
Y= .00 20.00 30.00 45.00 65.00 90.00 120.00

TENSOES NORMAIS
SXX 3.55 2.85 2.33 1.69 1.16 .76 .49
SYY 3.55 2.20 1.37 .63 .20 -.05 -.16
SZZ -.21 -.16 -.13 -.09 -.06 -.04 -.02

TENSOES DE CISALHAMENTO
SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
SYZ .0000E+00 -.5481E-01 -.5961E-01 -.5545E-01 -.4806E-01 -.3966E-01 -.3061E-01

TENSOES PRINCIPAIS
PS 1 3.55 2.85 2.33 1.69 1.16 .76 .49
PS 2 3.55 2.20 1.38 .64 .20 .00 -.02
PS 3 -.21 -.16 -.13 -.09 -.07 -.08 -.17

TENSAO PRINCIPAL DE CIS.
PSS1 .1881E+01 .1505E+01 .1227E+01 .8907E+00 .6115E+00 .4229E+00 .3308E+00
PSS2 .0000E+00 .3215E+00 .4745E+00 .5257E+00 .4754E+00 .3830E+00 .2529E+00
PSS3 .1881E+01 .1183E+01 .7530E+00 .3650E+00 .1361E+00 .3994E-01 .7796E-01

DESLOCAMENTOS
 UX .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 UY .0000E+00 .6967E-03 .8898E-03 .1015E-02 .1048E-02 .1005E-02 .9049E-03
 UZ .2470E-01 .2304E-01 .2175E-01 .2077E-01 .1938E-01 .1762E-01 .1565E-01
 DEF.ESPECIFICAS NORMAIS
 EXX .4118E-04 .3484E-04 .2966E-04 .2256E-04 .1612E-04 .1116E-04 .7541E-05
 EYY .4118E-04 .2379E-04 .1335E-04 .4466E-05 -.3324E-06 -.2736E-05 -.3695E-05
 EZZ -.2329E-04 -.1673E-04 -.1238E-04 -.7903E-05 -.4698E-05 -.2572E-05 -.1237E-05
 DEF.ESP.DE CISALHAMENTO
 EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 EXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 EYZ .0000E+00 -.1879E-05 -.2044E-05 -.1901E-05 -.1648E-05 -.1360E-05 -.1050E-05
 DEF.ESP.PRINCIPAIS
 PE 1 .4118E-04 .3484E-04 .2966E-04 .2256E-04 .1612E-04 .1116E-04 .7541E-05
 PE 2 .4118E-04 .2381E-04 .1339E-04 .4538E-05 -.1821E-06 -.1969E-05 -.1130E-05
 PE 3 -.2329E-04 -.1675E-04 -.1242E-04 -.7976E-05 -.4849E-05 -.3339E-05 -.3802E-05
 DEF.ESP.PRINCIP.DE CIS.
 PSE1 .6448E-04 .5158E-04 .4208E-04 .3054E-04 .2097E-04 .1450E-04 .1134E-04
 PSE2 .0000E+00 .1102E-04 .1627E-04 .1802E-04 .1630E-04 .1313E-04 .8670E-05
 PSE3 .6448E-04 .4056E-04 .2582E-04 .1251E-04 .4667E-05 .1370E-05 .2673E-05

1 ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

* * * SISTEMA ELASTICO 1 -

Z= 96.01 CAMADA NO. 4
 X= .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
 Y= .00 20.00 30.00 45.00 65.00 90.00 120.00
 TENSOES NORMAIS
 SXX .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
 SYY .00 .00 .00 .00 -.01 -.01 -.01
 SZZ -.05 -.04 -.04 -.04 -.03 -.03 -.02
 TENSOES DE CISALHAMENTO
 SXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 SYZ .0000E+00 -.4700E-02 -.6827E-02 -.9087E-02 -.1076E-01 -.1127E-01 -.1058E-01
 TENSOES PRINCIPAIS
 PS 1 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
 PS 2 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
 PS 3 -.05 -.04 -.04 -.04 -.04 -.03 -.03
 TENSÃO PRINCIPAL DE CIS.
 PSS1 .2187E-01 .2099E-01 .2120E-01 .2024E-01 .1814E-01 .1549E-01 .1262E-01
 PSS2 .0000E+00 .3106E-04 .5670E-04 .1222E-03 .1806E-03 .1955E-03 .1558E-03
 PSS3 .2187E-01 .2096E-01 .2115E-01 .2012E-01 .1796E-01 .1530E-01 .1247E-01
 DESLOCAMENTOS
 UX .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 UY .0000E+00 .6561E-03 .1011E-02 .1449E-02 .1874E-02 .2211E-02 .2386E-02
 UZ .2090E-01 .1973E-01 .1876E-01 .1833E-01 .1756E-01 .1634E-01 .1482E-01
 DEF.ESPECIFICAS NORMAIS
 EXX .3345E-04 .3281E-04 .3371E-04 .3220E-04 .2883E-04 .2457E-04 .1989E-04
 EYY .3345E-04 .3114E-04 .3023E-04 .2544E-04 .1780E-04 .9608E-05 .2557E-05
 EZZ **-.8905E-04** -.8326E-04 -.8185E-04 -.7507E-04 -.6274E-04 -.4833E-04 -.3434E-04
 DEF.ESP.DE CISALHAMENTO
 EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 EXZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
 EYZ .0000E+00 -.2632E-04 -.3823E-04 -.5089E-04 -.6024E-04 -.6310E-04 -.5926E-04
 DEF.ESP.PRINCIPAIS
 PE 1 .3345E-04 .3281E-04 .3371E-04 .3220E-04 .2883E-04 .2457E-04 .1989E-04
 PE 2 .3345E-04 .3263E-04 .3340E-04 .3152E-04 .2782E-04 .2347E-04 .1901E-04
 PE 3 **-.8905E-04** **-.8475E-04** **-.8502E-04** **-.8115E-04** **-.7276E-04** **-.6220E-04** **-.5080E-04**
 DEF.ESP.PRINCIP.DE CIS.
 PSE1 .1225E-03 .1176E-03 .1187E-03 .1133E-03 .1016E-03 .8676E-04 .7068E-04
 PSE2 .0000E+00 .1739E-06 .3175E-06 .6845E-06 .1011E-05 .1095E-05 .8725E-06
 PSE3 .1225E-03 .1174E-03 .1184E-03 .1127E-03 .1006E-03 .8567E-04 .6981E-04



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
RT-06-116_SP-336-2-J03_501-R0

Rev.
A

Emissão
23/10/2013

Folha
1 / 51

Lote :

04

Rodovia :

BR 116 – RODOVIA RÉGIS
BITTENCOURT

Projetista



Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA

Concessionária:

Autopista Régis Bittencourt

Objeto : Relatório Técnico - Estudo de Tráfego e Níveis de Serviço
Projeto de Duplicação da Serra do Cafezal – km 336 ao km 366

ANTT:

Documentos de Referência: RT-06-116_SP-335-0-J11_001-R0

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
1	23/10/2013			
0	26/03/2010			

Firma Projetista: NK Engenharia de Transportes Ltda

Nº Interno: NK- RT-06-116/SP-336-2-J03/501

Rev.: 1

ÍNDICE

1.	APRESENTAÇÃO	3
2.	A ESCOLHA DO SENTIDO DAS PISTAS	4
2.1	Caracterização do segmento de duplicação.....	4
2.2	A Solução adotada para aproveitamento da pista existente.....	6
2.2.1.	Análise Sob o Ponto de Vista do Nível de Segurança	7
2.2.2.	Análise Sob o Ponto de Vista de Nível de Serviço.....	9
3.	ESTUDOS DE TRÁFEGO E CAPACIDADE.....	12
3.1	Demanda no Ano Base	12
3.2	Projeções	13
3.3	Fluxos de Projeto	18
4.	NÍVEIS DE SERVIÇO E DIMENSIONAMENTO DA VIA DUPLICADA.....	20
4.1	Procedimentos Metodológicos	20
4.2	Parâmetros Utilizados Para Análise	21
4.3	Sequencia de Cálculo.....	22
4.4	Dimensionamento da Via Duplicada	24
4.4.1.	Dimensionamento para o ano de projeto	24
4.4.2.	Provisão de faixas de tráfego para o final do contrato	27
5.	IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DO ESTUDO	31
6.	ANEXO TÉCNICO	32
6.1	Cálculo dos Níveis de Serviço.....	32
6.1.1.	Pista Norte	32
6.1.2.	Pista Sul.....	44

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório contém os memoriais e resultados dos estudos de tráfego e níveis de serviço desenvolvidos para o projeto de duplicação do trecho do km 336,2 ao km 366,1 da BR-116/SP (km 336,7 a km 367,2, segundo a antiga quilometragem), incluindo o segmento da Serra do Cafezal, no estado de São Paulo.

Esta duplicação está prevista nos serviços de Ampliação de Capacidade definidos no Programa de Exploração Rodoviária do Lote 6.



Figura 1.1 – Localização do trecho a ser duplicado

Estas obras, que tiveram seu início em 2011 e deverão ser concluídas no início de 2017, assumem especial importância, pois o segmento da Serra do Cafezal constitui um grande óbice à utilização da rodovia, por conta dos frequentes congestionamentos verificados no segmento de serra, tanto no sentido ascendente como descendente.

Considera-se que estas obras, além de eliminar os gargalos de capacidade, deverão induzir uma maior utilização do corredor pelo tráfego regional e de passagem e incrementar as condições de segurança operacional no trecho.

2. A ESCOLHA DO SENTIDO DAS PISTAS

2.1 Caracterização do segmento de duplicação

O segmento para duplicação, que inclui a serra do cafezal, se inicia no km 336,18 e termina no km 366,12, com extensão total de 29,94 km, entre o Bairro dos Barnabés e o vale do Kiri.



Figura 2.1: Identificação do Trecho em Estudo – Serra do Cafezal

O perfil longitudinal da pista existente desenvolve-se através de pequenos trechos de inclinação variável que compõem, muitas vezes, grandes extensões de rampas de mesmo sentido (ascendente ou descendente).

Os segmentos de análise, definidos conforme metodologia do HCM 2000, para as duas pistas, estão apresentados no quadro abaixo e podem ser divididos em dois grandes trechos, bem distintos:

- ✓ O sub-segmento do km 336 ao km 365, com velocidades de fluxo livre (FFS) de 70 km/h ou pouco mais;

- ✓ O sub-segmento entre os km 365 e o km 367, com FFS da ordem de 90 km/h.

Os trechos das pistas que compõem o segmento a ser duplicado são apresentados nos quadros a seguir.

Entre os segmentos da Pista Sul foi inserido um segmento de análise, identificado como segmento 10, referente a análise para escolha dos sentidos das pistas que será apresentada no capítulo seguinte, item 2.2.

Quadro 2.1 – Serra do Cafezal – Segmentos de análise para Duplicação – Pista Norte

Pista Norte				
	Trecho	Terreno	Inclinação (*)	Extensão (m)
1	km 336,2 – km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150
2	km 337,35 – km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755
3	km 340,105 – km 341,165	Plano	-	1.060
4	km 341,165 – km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650
5	km 341,815 – km 343,505	Ondulado	-	1.690
6	km 343,505 – km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765
7	km 347,27 – km 348,305	Plano	-	1.035
8	km 348,305 – km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395
9	km 354,7 – km 355,525	Plano	-	825
10	km 355,525 – km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910
11	km 358,435 – km 358,685	Plano	-	250
12	km 358,685 – km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825
13	km 359,51 – km 360,02	Plano	-	510
14	km 360,02 – km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463

(*) Inclinação da rampa composta equivalente

Quadro 2.2 – Serra do Cafezal – Segmentos de análise para Duplicação – Pista Sul

Pista Sul				
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)
1	km 336,18 – km 337,165	Rampa composta	3,60%(*)	985
2	km 337,165 – km 340,15	Montanhoso	-	2.985
3	km 340,15 – km 341,06	Rampa composta	5,95%(*)	910
4	km 341,06 – km 342,385	Ondulado	-	1.325
5	km 342,385 – km 343,385	Rampa composta	3,90%(*)	1.000
6	km 343,385 – km 347,27	Rampa composta	-4,95%**	3.885
7	km 347,27 – km 348,66	Rampa composta	3,75%(*)	1.390
8	km 348,66 – km 359,155	Rampa composta	-4,55%**	10.495
9	km 359,155 – km 364,697	Ondulado	-	5.542
10	Km 355,87 – km 359,155	Rampa composta	6,20%(*)	3.285

(*) Inclinação da rampa composta equivalente

(**) inclinação da rampa composta média

É evidente a mudança de condições de alinhamento vertical, no sentido Norte, a partir do km 360,6 até o km 337,4, em que se sucedem diversos trechos de rampas íngremes e extensas no sentido Norte, ascendente, que provocam grande redução nas velocidades operacionais dos veículos de carga carregados.

Além disso, o alinhamento horizontal da pista existente não permite velocidades superiores a 60 km/h, para o veículo de projeto, naquele segmento. Sendo que, no segmento compreendido aproximadamente entre os km 356 e o km 362, o alinhamento apresenta uma geometria horizontal de 50 km/h para o veículo de projeto.

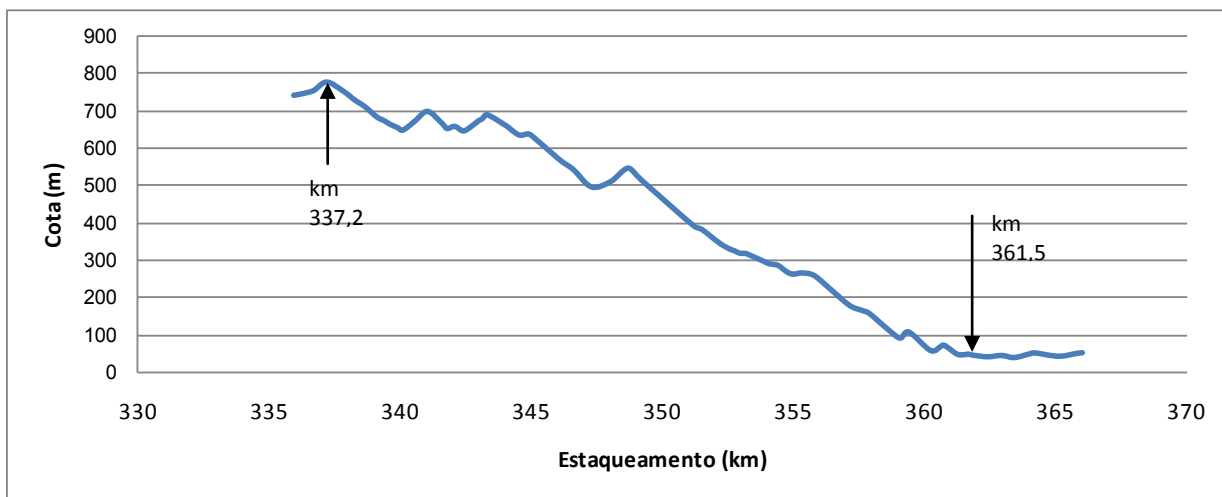


Figura 2.2 – Perfil longitudinal do trecho de duplicação – Fonte: RT-06-116_SP-335-0-J11_001-R0

2.2 A Solução adotada para aproveitamento da pista existente

Tendo em vista o melhor aproveitamento da pista existente, foi elaborado o projeto executivo de duplicação do trecho, o qual é objeto de análise no presente trabalho, sob o aspecto de capacidade e Níveis de Serviço.

A alternativa de projeto desenvolvida prevê a duplicação paralela em relação à pista existente, mantendo, praticamente, o desenvolvimento do perfil longitudinal daquela pista em boa parte da sua extensão, porém prevê traçado independente nos segmentos de topografia mais difícil.

O projeto contempla:

- Entre o km 337 e o km 348,2: construção de nova pista paralela à existente;
- Entre o km 348,2 e o km 352,7: construção de nova pista em traçado independente;
- Entre o km 352,7 e o km 355,6: construção de nova pista paralela à existente;
- Entre o km 355,6 e o km 361,1: construção de nova pista em traçado independente;
- Entre o km 361,1 e a pista dupla existente: construção de nova pista paralela à existente.

A nova pista deverá operar em sentido ascendente ente os quilômetros 348,2 e 352,7, sendo que entre os quilômetros 355,6 e 361,1, onde a pista existente possui traçado mais acidentado, a pista nova deverá operar em sentido descendente.

Nos outros segmentos, onde a pista nova será implantada de forma paralela à existente, haverá derivações de sentido, porém isso se dará em nível, sendo imperceptível ao usuário.

A justificativa da escolha do sentido da nova pista no trecho (d) acima é o objeto desta seção.

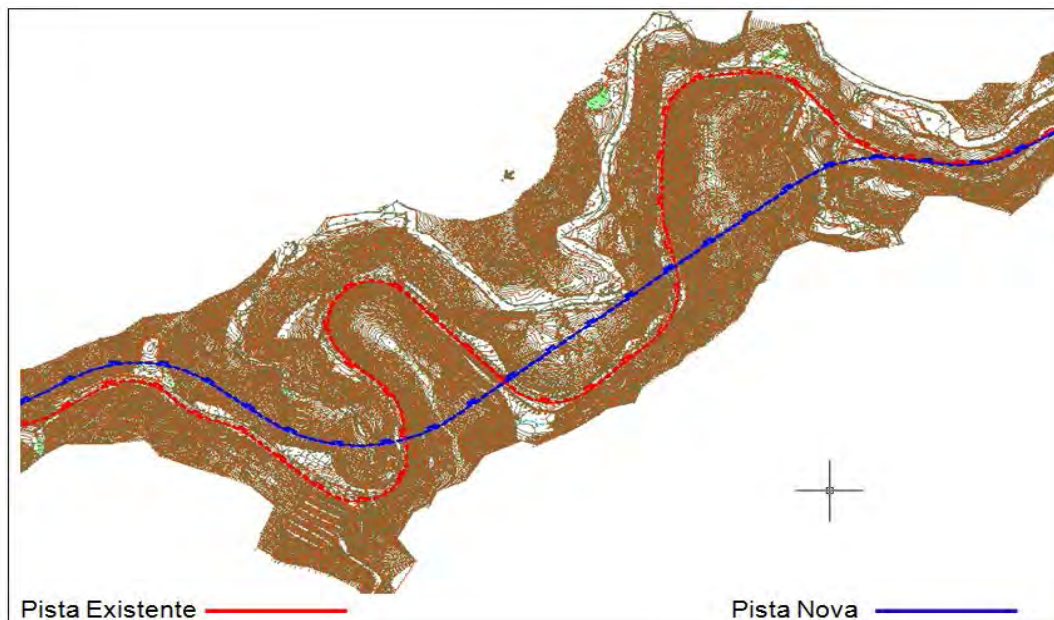


Figura 2.3: Pistas da BR116/SP entre o km 359 e o km 361

2.2.1. Análise Sob o Ponto de Vista do Nível de Segurança

A Figura 2.3 focaliza o trecho mais crítico da pista existente. As curvas extremamente restritas são, em princípio, mais suscetíveis à ocorrência de acidentes. Para verificar a veracidade dessa hipótese, foram examinadas as estatísticas de acidentes entre 2008 e 2011 no trecho.

O Quadro 2.3 e a Figura 2.4 resumem as estatísticas de acidentes no trecho crítico entre os quilômetros 359 e 361. Essas estatísticas referem-se aos anos entre 2008 (dados parciais a partir do início da coleta pela concessionária) a 2011.

Verifica-se um número bastante significativo de acidentes, de 260 acidentes no período (cerca de 6 a 8 ocorrências por mês) somente nesse trecho de 2 km.

Alguns desses tipos de acidentes deverão ser significativamente reduzidos pela duplicação da via (colisão frontal, lateral e transversal).

Outros tipos de acidentes estão ligados à existência de curvas muito fechadas em que alguns veículos podem trafegar em excesso de velocidade, causando tombamentos, saídas de pista, capotamentos e choques com barreiras. Nesses casos, a duplicação da pista não eliminará a tendência a acidentes, embora possa reduzir sua gravidade, já que a possibilidade de choque frontal após uma saída de pista será praticamente eliminada.

Quadro 2.3 - Estatísticas de Acidentes entre os km 359 e km 361 da BR116/SP

Tipos de Acidentes	Ano				Total	Total %	
	2008*	2009	2010	2011			
Outros	6	5	5	5	21	8,1%	50,4%
Choque - Objeto sobre a pista	-	-	2	-	2	0,8%	
Choque - Talude	1	-	3	-	4	1,5%	
Colisão Frontal	3	4	7	3	17	6,5%	
Colisão Lateral	2	9	19	16	46	17,7%	
Colisão Transversal	-	2	-	-	2	0,8%	
Colisão Traseira	1	14	10	8	33	12,7%	
Engavetamento	-	1	2	3	6	2,3%	
Capotamento	-	2	-	7	9	3,5%	
Choque - Barreira	2	2	2	2	8	3,1%	
Saída de Pista	4	12	17	8	41	15,8%	49,6%
Tombamento	4	18	23	26	71	27,3%	
Total	23	69	90	78	260	100,0%	100%

*Estatística parcial

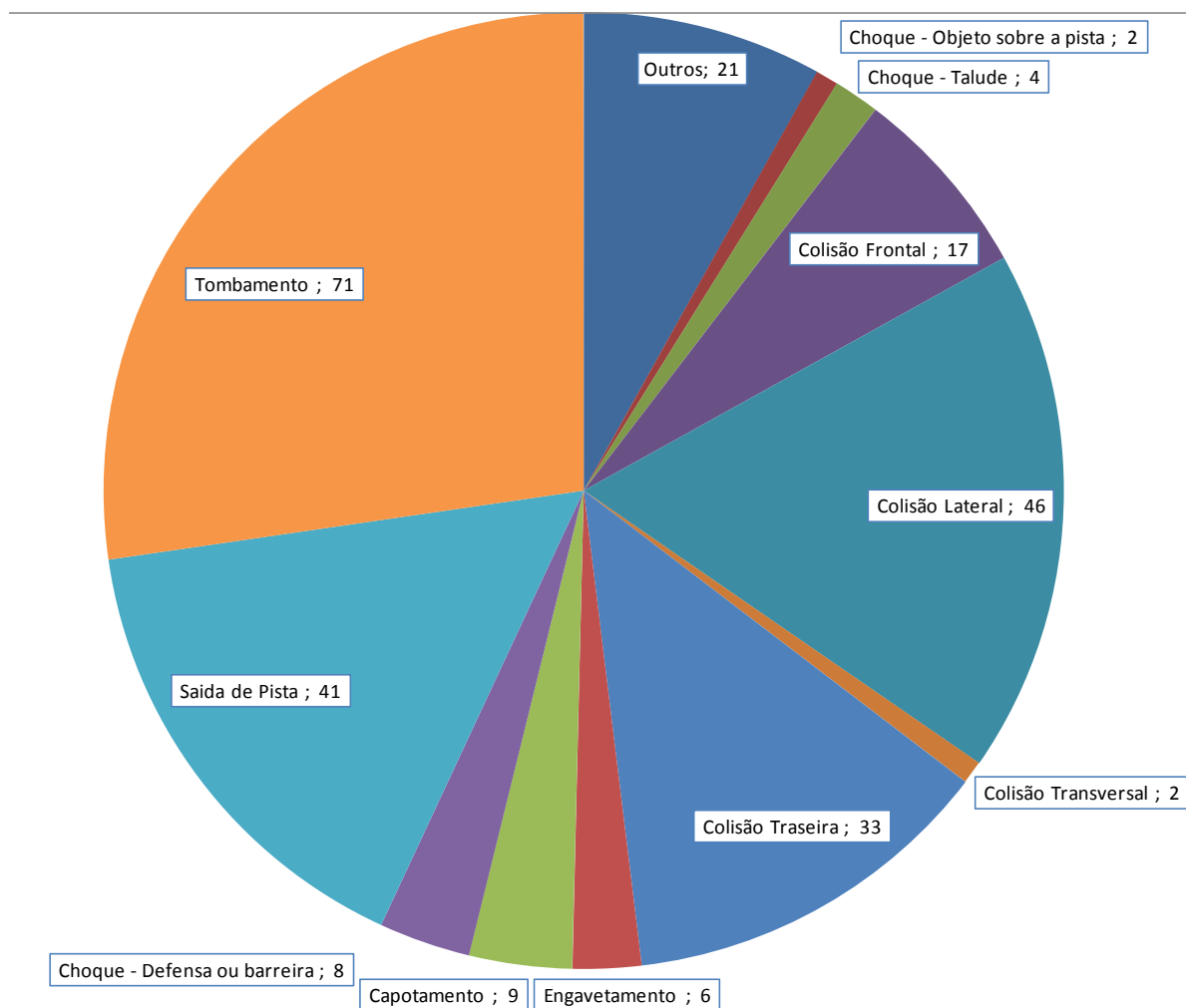


Figura 2.4: Estatísticas de Acidentes entre os km 359 e 361 da BR116/SP (2008 e 2011)

O Quadro 2.3 e o gráfico da Figura 2.4 mostram que praticamente 50% dos acidentes no trecho são do tipo “Veículo Só” (tombamento, saída de pista, choque contra barreira ou capotamento).

Se a pista atual operar no sentido ascendente, a velocidade dos caminhões será naturalmente baixa, limitando a influência do sistema de freios e da perícia dos motoristas. Mesmo no caso dos próprios veículos leves, a velocidade será muito mais restrita em curvas ascendentes do que em curvas descendentes.

Por outro lado, a pista nova (ver Figura 2.3) terá curvas muito mais suaves.

Portanto, se a pista nova Operar no sentido descendente, deverá haver uma redução substancial nos acidentes típicos de curvas.

Em conclusão, recomenda-se:

Do ponto de vista da segurança, a pista nova deverá funcionar no sentido descendente, entre o km 355 e o km 363.

Nos demais trechos a pista nova poderá funcionar no sentido ascendente.

2.2.2. Análise Sob o Ponto de Vista de Nível de Serviço

Embora em uma análise somente conceitual seja possível acreditar que a pista nova operando no sentido ascendente proporcione melhor Nível de Serviço em função de sua geometria e de seu traçado mais moderno, na prática, fazendo-se análises comparativas de Níveis de Serviço (apresentadas no Capítulo 4), verificou-se justamente o contrário: a pista antiga apresenta melhor aproveitamento da capacidade no sentido ascendente, mesmo no trecho mais sinuoso. Isto pode ser explicado por duas razões principais:

Primeira razão - O projeto da pista nova, por contar com túneis e obras de arte, permite que a rodovia venha a ter uma inclinação média maior do que a pista que a pista antiga, que por contornar o relevo da Serra do Cafezal, apresenta inclinação menor.

A inclinação maior da pista nova afeta severamente a operação dos veículos pesados no sentido ascendente, causando a queda de suas velocidades para os patamares mais baixos (ver Figura 2.5). Em termos de cálculo de capacidade, a velocidade de caminhões nos patamares mais baixos representa fatores de equivalência maiores, o que afeta o Nível de Serviço da rodovia.

A pista antiga, embora tenha curvas fechadas sucessivas, apresenta inclinação mais baixa, o que permite que os veículos pesados mantenham velocidades um pouco mais altas, não ocasionando a queda do desempenho dos caminhões de forma tão drástica. A diferença de rampas das pistas nova e antiga é ilustrada na Figura 2.5;

Segunda razão - Como se sabe, em um trecho de serra, o Nível de Serviço da rodovia no sentido ascendente é muito mais crítico que no sentido descendente, já que nas subidas as velocidades dos caminhões são extremamente baixas, o que afeta a operação da rodovia de uma maneira bastante negativa. Assim, como o Nível de Serviço é pior no sentido ascendente, é natural que neste

sentido a rodovia necessite de mais faixas de tráfego para acomodar a demanda.

Como a pista antiga já possui três faixas de tráfego, ela poderá proporcionar Nível de Serviço adequado à demanda de tráfego ao longo de um tempo muito maior.

Nos estudos de capacidade realizados e reportados no capítulo 4, verificou-se que, caso a pista nova fosse ascendente no trecho crítico, seria necessária a implantação de terceira faixa em certos trechos já no ano de 2012, além de quarta e quinta faixa até aos anos finais da concessão. Isto acarretaria em maiores investimentos com a construção de faixas adicionais ao longo de toda a concessão em relação à pista antiga.

O quadro 2.4 apresenta um resumo das análises de Níveis de Serviço detalhadas no capítulo 4, demonstrando que a operação da pista antiga no sentido ascendente do trecho crítico da Serra do Cafezal é uma solução que apresenta Nível de Serviço significativamente melhor.

Os segmentos de análise são identificados como segmento 10 na Pista Norte, referente ao segmento da pista antiga. O segmento 10 da Pista Sul, sempre destacado em cinza, é o segmento da pista nova, para efeito dos resultados das análises apresentadas neste item.

Assim, levando em conta o aproveitamento da capacidade existente, faz mais sentido utilizar as três faixas existentes da pista antiga no sentido em que a rodovia realmente necessita de mais faixas, que é o sentido ascendente.

Quadro 2.4: BR 116 km 355 ao 361 na BR116 - Comparação de Capacidade entre Pista Nova e Pista Antiga na Situação da Operação do Trecho no Sentido Ascendente

Sentido Norte					Último ano com NS "D"		
Pista	km Inicial	km Final	Extensão (km)	Inclinação	2 Faixas	3 Faixas	4 Faixas
Antiga	355,525	358,435	2.910,00	3,85%	2023*	>2033	>2033
Nova	355,87	359,155	3.284,98	6,20%	2014	2024	2030

*Já possui 3 faixas

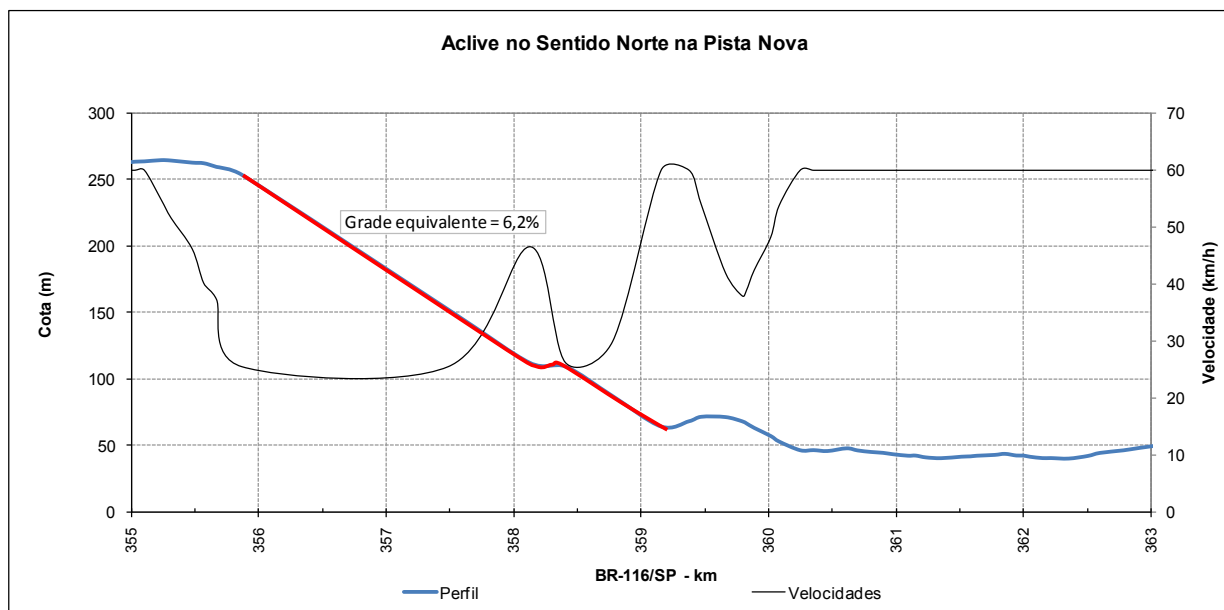


Figura 2.5a – Velocidades para o veículo de projeto no segmento do km 355,6 a 361,1 caso este trecho da pista nova opere no sentido ascendente

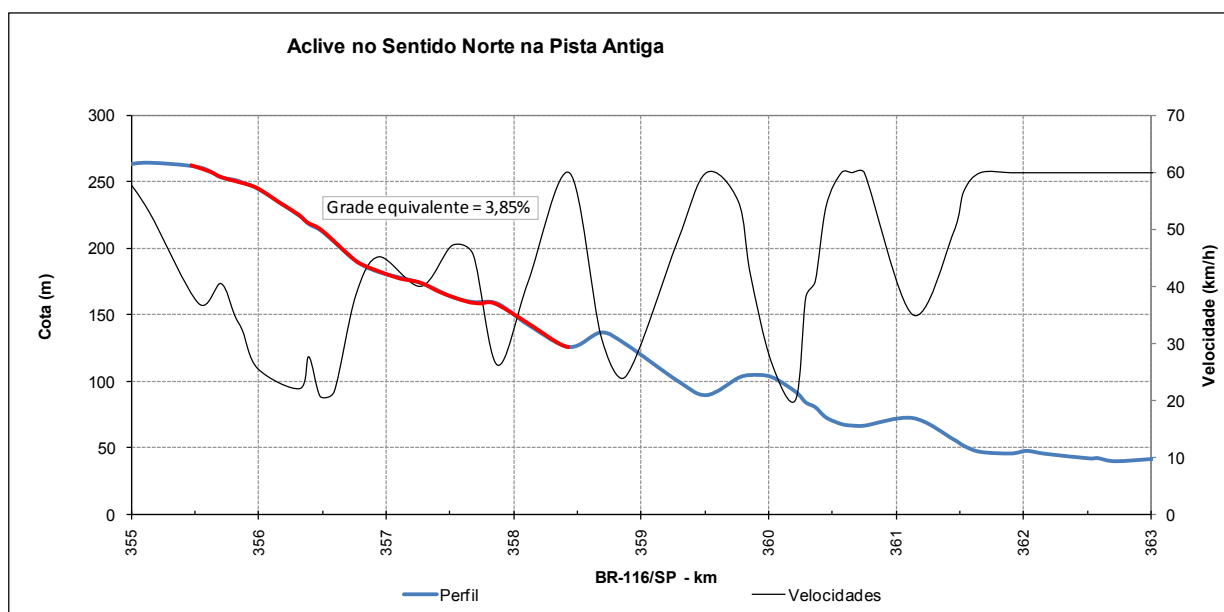


Figura 2.5b – Velocidades para o veículo de projeto no segmento do km 355,6 a 361,1 caso este trecho da pista existente opere no sentido ascendente

3. ESTUDOS DE TRÁFEGO E CAPACIDADE

3.1 Demanda no Ano Base

A demanda destes segmentos é a demanda do pedágio P2, da Concessão da Autopista Régis Bittencourt, situado na altura do km 370,7, em Miracatu/SP. Os fluxos foram registrados na seção do pedágio onde ocorrem menos restrições ao fluxo do que na serra, sendo que o fluxo horário, registrado em cada sentido, reflete melhor a demanda real.

Para esta praça, na época da elaboração dos presentes estudos, estavam disponíveis os dados de tráfego classificado, por intervalo horário, dos 366 dias do quinto ano de contrato (2012), com os quais foram desenvolvidos os estudos de tráfego, capacidade e níveis de serviço para o projeto de duplicação.

Os estudos de capacidade consideraram as demandas de 50ª hora ordenada, em equivalentes, no trecho de projeto de cada uma das rampas ou de cada segmento extenso analisado.

Para a consideração da 50ª hora ordenada foi obtida esta hora para diversos fatores de equivalência, sendo estes os seguintes:

- ✓ Para a Pista Norte: 1,5; 2,0; 2,5 e 3,5.
- ✓ Para a Pista Sul: 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 4,0.

No quadro apresentado a seguir são mostrados os volumes de tráfego, na 50ª hora, para estes diversos fatores de equivalência.

Quadro 3.1 – Volumes de tráfego na 50ª hora

Fator de Eqv.	BR116 – Rodovia Régis Bittencourt – Tráfego P2 – 2012											
	VHP – Pista Ascendente – Norte						VHP – Pista Descendente – SUL					
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados	K50 (%)	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados	K50 (%)
1,5	914	268	1.182	1316	22,7%	10,07	913	180	1.093	1183	16,5%	9,41
2,0	881	314	1.195	1509	26,3%	9,46	936	193	1.129	1322	17,1%	8,65
2,5	1.014	293	1.307	1747	22,4%	9,27	770	289	1.059	1493	27,3%	8,29
3,0	959	343	1.302	1988	26,3%	9,15	789	289	1.078	1656	26,8%	7,99
3,5	760	424	1.184	2244	35,8%	9,11	1.047	230	1.277	1852	18,0%	7,90
4,0	853	410	1.263	2493	32,5%	9,06	1.028	254	1.282	2044	19,8%	7,81

Do quadro anterior é importante perceber que os fluxos da Pista Sul são ligeiramente menores que os da Pista Norte, principalmente devido ao menor número de veículos pesados na hora de projeto (50ª hora do ano). Devido a estes fluxos menores, os fatores K50 da pista Sul também são menores que os da pista Norte.

3.2 Projeções

Os fluxos obtidos conforme o capítulo 3.1, foram projetados ao longo dos anos futuros em que a concessão da Autopista Régis Bittencourt estará em vigor, às seguintes taxas anuais:

- ✓ Para o ano de 2013 foi calculado o crescimento ocorrido, através da comparação dos fluxos contados na praça de pedágio P2 nos períodos de janeiro a setembro de 2012 e janeiro a setembro de 2013. Esta comparação resultou que o volume de veículos leves cresceu a uma taxa de 2,98% e o volume de veículos pesados cresceu a uma taxa de 1,14%;
- ✓ Para os anos de 2014 a 2017 foi aplicada 1,1 vezes os valores projetados para o crescimento do PIB do país, conforme estimativa do BCB (Banco Central do Brasil) em 04/10/2013. No quadro apresentado a seguir são mostrados estes valores;

Quadro 3.2 – Crescimento Esperado do PIB e Taxa de Projeção

Ano	PIB Projetado	Taxa de Projeção (1,1*PIB)
2014	2,21%	2,43%
2015	2,62%	2,88%
2016	3,08%	3,39%
2017	3,17%	3,49%

- ✓ Para os anos a partir de 2018 foram utilizadas as taxas de crescimento contratuais da concessionária até o ano de 2020, a partir do qual foi mantida a taxa prevista para aquele ano, sendo apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 3.3 – Taxas de Crescimento previstas no estudo de tráfego – 2018 a 2032

Ano	Taxas Contratuais
2018	4,54%
2019	4,53%
2020	4,54%
2021	4,54%
2022	4,54%
2023	4,54%
2024	4,54%
2025	4,54%
2026	4,54%
2027	4,54%
2028	4,54%
2029	4,54%
2030	4,54%
2031	4,54%
2032	4,54%

Os anos de análise, para efeito do dimensionamento das obras de duplicação, foram definidos a partir do ano de abertura ao tráfego, ano 10 da Concessão que corresponde ao ano calendário de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018.

O ano de projeto das obras é o 10º ano de operação, ou seja, o 19º ano de contrato, ou ano calendário de fevereiro de 2026 a fevereiro de 2027.

O quadro apresentado a seguir mostra todas as taxas de crescimento utilizadas e os fatores de projeção.

Quadro 3.4 – Taxas de crescimento e Fatores de Projeção

Ano	Taxas de Crescimento	Fator de Projeção - Leves	Fator de Projeção - Pesados
Ano 6	2,98%/1,14%	1,030	1,011
Ano 7	2,43%	1,024	1,024
Ano 8	2,88%	1,029	1,029
Ano 9	3,39%	1,034	1,034
Ano 10	3,49%	1,035	1,035
Ano 11	4,54%	1,045	1,045
Ano 12	4,53%	1,045	1,045
Ano 13	4,54%	1,045	1,045
Ano 14	4,54%	1,045	1,045
Ano 15	4,54%	1,045	1,045
Ano 16	4,54%	1,045	1,045
Ano 17	4,54%	1,045	1,045
Ano 18	4,54%	1,045	1,045
Ano 19	4,54%	1,045	1,045
Ano 20	4,54%	1,045	1,045
Ano 21	4,54%	1,045	1,045
Ano 22	4,54%	1,045	1,045
Ano 23	4,54%	1,045	1,045
Ano 24	4,54%	1,045	1,045
Ano 25	4,54%	1,045	1,045

A aplicação destes fatores de projeção aos fluxos obtidos para os diversos fatores de equivalência, como apresentado no item anterior, resulta no Volume Horário de Projeto (VHP), ano a ano, a partir de 2013 até 2026. A seguir são apresentados os quadros com estes VHP para os diversos fatores de equivalência (Et) dos veículos pesados.

Quadro 3.5 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 1,5

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 1,5									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	914	268	1.182	1316	22,7%	913	180	1.093	1183	16,5%
ANO 6	941	271	1.212	1348	22,4%	940	182	1.122	1213	16,2%
ANO 7	964	278	1.242	1381	22,4%	963	186	1.150	1243	16,2%
ANO 8	992	286	1.278	1420	22,4%	991	192	1.183	1279	16,2%
ANO 9	1.026	295	1.321	1468	22,4%	1.024	198	1.223	1322	16,2%
ANO 10	1.061	306	1.367	1520	22,4%	1.060	205	1.265	1368	16,2%
ANO 11	1.109	319	1.429	1589	22,4%	1.108	215	1.323	1430	16,2%
ANO 12	1.160	334	1.494	1661	22,4%	1.158	224	1.383	1495	16,2%
ANO 13	1.212	349	1.561	1736	22,4%	1.211	234	1.445	1563	16,2%
ANO 14	1.267	365	1.632	1815	22,4%	1.266	245	1.511	1634	16,2%

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 1,5									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 15	1.325	382	1.706	1897	22,4%	1.323	256	1.580	1708	16,2%
ANO 16	1.385	399	1.784	1983	22,4%	1.383	268	1.651	1785	16,2%
ANO 17	1.448	417	1.865	2073	22,4%	1.446	280	1.726	1866	16,2%
ANO 18	1.513	436	1.949	2167	22,4%	1.512	293	1.805	1951	16,2%
ANO 19	1.582	456	2.038	2266	22,4%	1.580	306	1.886	2039	16,2%
ANO 20	1.654	476	2.130	2368	22,4%	1.652	320	1.972	2132	16,2%
ANO 21	1.729	498	2.227	2476	22,4%	1.727	334	2.062	2229	16,2%
ANO 22	1.807	521	2.328	2588	22,4%	1.805	350	2.155	2330	16,2%
ANO 23	1.889	544	2.434	2706	22,4%	1.887	365	2.253	2436	16,2%
ANO 24	1.975	569	2.544	2828	22,4%	1.973	382	2.355	2546	16,2%
ANO 25	2.065	595	2.659	2957	22,4%	2.063	399	2.462	2662	16,2%

Quadro 3.6 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 2,0

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 2,0									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	881	314	1.195	1509	26,3%	936	193	1.129	1322	17,1%
ANO 6	907	318	1.225	1542	25,9%	964	195	1.159	1354	16,8%
ANO 7	929	325	1.255	1580	25,9%	987	200	1.187	1387	16,8%
ANO 8	956	335	1.291	1625	25,9%	1.016	206	1.221	1427	16,8%
ANO 9	988	346	1.334	1681	25,9%	1.050	213	1.263	1476	16,8%
ANO 10	1.023	358	1.381	1739	25,9%	1.087	220	1.307	1527	16,8%
ANO 11	1.069	374	1.444	1818	25,9%	1.136	230	1.366	1596	16,8%
ANO 12	1.118	391	1.509	1900	25,9%	1.188	240	1.428	1669	16,8%
ANO 13	1.168	409	1.578	1987	25,9%	1.241	251	1.493	1744	16,8%
ANO 14	1.222	428	1.649	2077	25,9%	1.298	263	1.561	1823	16,8%
ANO 15	1.277	447	1.724	2171	25,9%	1.357	275	1.631	1906	16,8%
ANO 16	1.335	467	1.802	2269	25,9%	1.418	287	1.705	1993	16,8%
ANO 17	1.395	488	1.884	2372	25,9%	1.483	300	1.783	2083	16,8%
ANO 18	1.459	511	1.969	2480	25,9%	1.550	314	1.864	2178	16,8%
ANO 19	1.525	534	2.059	2593	25,9%	1.620	328	1.948	2276	16,8%
ANO 20	1.594	558	2.152	2710	25,9%	1.694	343	2.037	2380	16,8%
ANO 21	1.667	583	2.250	2833	25,9%	1.771	359	2.129	2488	16,8%
ANO 22	1.742	610	2.352	2962	25,9%	1.851	375	2.226	2601	16,8%
ANO 23	1.821	638	2.459	3096	25,9%	1.935	392	2.327	2719	16,8%
ANO 24	1.904	666	2.570	3237	25,9%	2.023	410	2.432	2842	16,8%
ANO 25	1.990	697	2.687	3384	25,9%	2.115	428	2.543	2971	16,8%

Quadro 3.7 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 2,5

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 2,5									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	1.014	293	1.307	1747	22,4%	770	289	1.059	1493	27,3%
ANO 6	1.044	296	1.341	1785	22,1%	793	292	1.085	1524	26,9%
ANO 7	1.070	304	1.373	1828	22,1%	812	299	1.112	1561	26,9%
ANO 8	1.100	312	1.413	1881	22,1%	836	308	1.144	1606	26,9%

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 2,5									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 9	1.138	323	1.461	1945	22,1%	864	318	1.182	1660	26,9%
ANO 10	1.177	334	1.512	2013	22,1%	894	330	1.224	1718	26,9%
ANO 11	1.231	349	1.580	2104	22,1%	935	345	1.279	1796	26,9%
ANO 12	1.287	365	1.652	2199	22,1%	977	360	1.337	1877	26,9%
ANO 13	1.345	382	1.727	2299	22,1%	1.021	376	1.398	1962	26,9%
ANO 14	1.406	399	1.805	2403	22,1%	1.068	394	1.461	2051	26,9%
ANO 15	1.470	417	1.887	2512	22,1%	1.116	411	1.527	2145	26,9%
ANO 16	1.536	436	1.972	2626	22,1%	1.167	430	1.597	2242	26,9%
ANO 17	1.606	456	2.062	2746	22,1%	1.220	450	1.669	2344	26,9%
ANO 18	1.679	476	2.156	2870	22,1%	1.275	470	1.745	2450	26,9%
ANO 19	1.755	498	2.253	3001	22,1%	1.333	491	1.824	2561	26,9%
ANO 20	1.835	521	2.356	3137	22,1%	1.393	514	1.907	2677	26,9%
ANO 21	1.918	544	2.463	3279	22,1%	1.457	537	1.994	2799	26,9%
ANO 22	2.005	569	2.574	3428	22,1%	1.523	561	2.084	2926	26,9%
ANO 23	2.096	595	2.691	3583	22,1%	1.592	587	2.179	3059	26,9%
ANO 24	2.191	622	2.813	3746	22,1%	1.664	613	2.277	3197	26,9%
ANO 25	2.291	650	2.941	3916	22,1%	1.740	641	2.381	3343	26,9%

Quadro 3.8 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 3,0

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 3,0									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	959	343	1.302	1988	26,3%	789	289	1.078	1656	26,8%
ANO 6	988	347	1.334	2028	26,0%	813	292	1.105	1689	26,5%
ANO 7	1.012	355	1.367	2078	26,0%	832	299	1.132	1730	26,5%
ANO 8	1.041	366	1.406	2137	26,0%	856	308	1.164	1780	26,5%
ANO 9	1.076	378	1.454	2210	26,0%	885	318	1.204	1841	26,5%
ANO 10	1.114	391	1.505	2287	26,0%	916	330	1.246	1905	26,5%
ANO 11	1.164	409	1.573	2391	26,0%	958	345	1.302	1991	26,5%
ANO 12	1.217	427	1.644	2499	26,0%	1.001	360	1.361	2081	26,5%
ANO 13	1.272	447	1.719	2612	26,0%	1.046	376	1.423	2176	26,5%
ANO 14	1.330	467	1.797	2731	26,0%	1.094	394	1.488	2275	26,5%
ANO 15	1.390	488	1.878	2855	26,0%	1.144	411	1.555	2378	26,5%
ANO 16	1.453	510	1.964	2984	26,0%	1.196	430	1.626	2486	26,5%
ANO 17	1.519	534	2.053	3120	26,0%	1.250	450	1.699	2599	26,5%
ANO 18	1.588	558	2.146	3261	26,0%	1.306	470	1.776	2716	26,5%
ANO 19	1.660	583	2.243	3409	26,0%	1.366	491	1.857	2840	26,5%
ANO 20	1.735	610	2.345	3564	26,0%	1.428	514	1.941	2969	26,5%
ANO 21	1.814	637	2.451	3726	26,0%	1.493	537	2.029	3103	26,5%
ANO 22	1.896	666	2.563	3895	26,0%	1.560	561	2.122	3244	26,5%
ANO 23	1.982	696	2.679	4072	26,0%	1.631	587	2.218	3391	26,5%
ANO 24	2.072	728	2.800	4256	26,0%	1.705	613	2.318	3545	26,5%
ANO 25	2.167	761	2.928	4450	26,0%	1.782	641	2.424	3706	26,5%

Quadro 3.9 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 3,5

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 3,5									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	760	424	1.184	2244	35,8%	1.047	230	1.277	1852	18,0%
ANO 6	783	429	1.211	2284	35,4%	1.078	233	1.311	1892	17,7%
ANO 7	802	439	1.241	2339	35,4%	1.104	238	1.343	1938	17,7%
ANO 8	825	452	1.277	2406	35,4%	1.136	245	1.381	1994	17,7%
ANO 9	853	467	1.320	2488	35,4%	1.175	253	1.428	2062	17,7%
ANO 10	882	484	1.366	2575	35,4%	1.216	262	1.478	2134	17,7%
ANO 11	922	505	1.428	2692	35,4%	1.271	274	1.545	2231	17,7%
ANO 12	964	528	1.493	2813	35,4%	1.328	287	1.615	2331	17,7%
ANO 13	1.008	552	1.560	2941	35,4%	1.389	300	1.688	2437	17,7%
ANO 14	1.054	577	1.631	3075	35,4%	1.452	313	1.765	2548	17,7%
ANO 15	1.102	604	1.705	3214	35,4%	1.518	327	1.845	2664	17,7%
ANO 16	1.152	631	1.783	3360	35,4%	1.586	342	1.929	2784	17,7%
ANO 17	1.204	660	1.863	3512	35,4%	1.658	358	2.016	2911	17,7%
ANO 18	1.258	690	1.948	3672	35,4%	1.734	374	2.108	3043	17,7%
ANO 19	1.316	721	2.036	3838	35,4%	1.812	391	2.203	3181	17,7%
ANO 20	1.375	754	2.129	4013	35,4%	1.895	409	2.303	3325	17,7%
ANO 21	1.438	788	2.225	4195	35,4%	1.981	427	2.408	3476	17,7%
ANO 22	1.503	823	2.326	4385	35,4%	2.070	447	2.517	3634	17,7%
ANO 23	1.571	861	2.432	4584	35,4%	2.164	467	2.631	3799	17,7%
ANO 24	1.642	900	2.542	4792	35,4%	2.263	488	2.751	3971	17,7%
ANO 25	1.717	941	2.658	5010	35,4%	2.365	510	2.876	4151	17,7%

Quadro 3.10 – Volumes de tráfego na 50ª hora projetados – Et = 4,0

Ano	BR116 - Rodovia Régis Bittencourt – Fator de Equivalência de 4,0									
	VHP - Pista Ascendente - Norte					VHP - Pista Descendente - SUL				
	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h	Leve	Pesado	Total	Eqcp/h	% pesados 50ª h
ANO 5	853	410	1.263	2493	32,5%	1.028	254	1.282	2044	19,8%
ANO 6	878	415	1.293	2537	32,1%	1.059	257	1.316	2086	19,5%
ANO 7	900	425	1.325	2599	32,1%	1.084	263	1.348	2137	19,5%
ANO 8	926	437	1.363	2674	32,1%	1.116	271	1.386	2199	19,5%
ANO 9	957	452	1.409	2764	32,1%	1.153	280	1.433	2273	19,5%
ANO 10	990	468	1.458	2861	32,1%	1.194	290	1.483	2352	19,5%
ANO 11	1.035	489	1.524	2990	32,1%	1.248	303	1.551	2459	19,5%
ANO 12	1.082	511	1.593	3126	32,1%	1.304	317	1.621	2570	19,5%
ANO 13	1.131	534	1.665	3268	32,1%	1.363	331	1.694	2687	19,5%
ANO 14	1.183	558	1.741	3416	32,1%	1.425	346	1.771	2809	19,5%
ANO 15	1.236	584	1.820	3571	32,1%	1.490	362	1.852	2936	19,5%
ANO 16	1.292	610	1.903	3733	32,1%	1.558	378	1.936	3070	19,5%
ANO 17	1.351	638	1.989	3902	32,1%	1.628	395	2.023	3209	19,5%
ANO 18	1.412	667	2.079	4080	32,1%	1.702	413	2.115	3355	19,5%
ANO 19	1.477	697	2.174	4265	32,1%	1.779	432	2.211	3507	19,5%
ANO 20	1.544	729	2.272	4458	32,1%	1.860	451	2.312	3666	19,5%
ANO 21	1.614	762	2.375	4661	32,1%	1.945	472	2.417	3832	19,5%
ANO 22	1.687	796	2.483	4872	32,1%	2.033	493	2.526	4006	19,5%
ANO 23	1.763	832	2.596	5093	32,1%	2.125	516	2.641	4188	19,5%
ANO 24	1.843	870	2.714	5324	32,1%	2.222	539	2.761	4378	19,5%
ANO 25	1.927	910	2.837	5566	32,1%	2.322	564	2.886	4577	19,5%

3.3 Fluxos de Projeto

Segundo os padrões do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais e conforme definido no PER do Lote 6, as rodovias da Autopista Régis Bittencourt devem apresentar fluidez compatível com o Nível de Serviço “C” ou melhor, nos trechos inseridos em regiões planas.

Para os trechos inseridos em regiões montanhosas ou onduladas, o Nível de Serviço deve ser o nível “D” ou melhor.

Como há contagens ininterruptas próximas ao trecho estudado, na praça de pedágio P2, a 50ª Hora pode ser obtida diretamente pela ordenação dos fluxos horários de maior volume de tráfego do último ano no trecho.

Contudo, é importante ressaltar que cada trecho, especialmente falando sobre Rampas Ascendentes, possui sua própria ordenação de horas críticas, já que a influência dos veículos pesados pode ser maior ou menor conforme o comprimento e a inclinação da rampa analisada. Como a ordenação da 50ª Hora deve ser feita idealmente em termos de Fluxo Equivalente (Leves + Pesados x Fator de Equivalência), verifica-se que o Fator de Equivalência é preponderante na ordenação e identificação da 50ª Hora.

Assim, para a análise das Rampas Ascendentes, não foi feita uma ordenação genérica da 50ª Hora, adotando-se um Fator de Equivalência médio ou arbitrário. O cálculo da 50ª Hora foi feito utilizando diretamente os vários fatores de equivalência recomendados segundo o HCM 2000. Desta forma foi obtida a 50ª hora para cada fator de equivalência e para cada sentido, como apresentado nos itens 3.1 e 3.2. Desta forma, sabendo a extensão da rampa e sua inclinação, foi obtido o fator de equivalência desta e de acordo com este, utilizou-se a 50ª hora.

Para os trechos planos, ou descendentes com extensão inferior a 3,2km, o HCM estabelece que o fator de equivalência seja sempre igual a 1,5, independente da composição do tráfego de pesados na corrente de tráfego.

Assim, para os segmentos planos e descendentes, foi possível fazer uma ordenação direta com base no cálculo simples do fluxo equivalente (leves + pesados x 1,5), permitindo assim a identificação da 50ª Hora.

No quadro apresentado a seguir são apresentados os trechos e seus fatores de equivalência.

Quadro 3.11 – Fatores de Equivalência para os Segmentos de Análise – Pista Norte

Pista Norte					
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Fator de Equivalência
1	km 336,2 - km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150	1,50
2	km 337,35 - km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755	2,50
3	km 340,105 - km 341,165	Plano	-	1.060	1,50
4	km 341,165 - km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650	2,50

Pista Norte					
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Fator de Equivalência
5	km 341,815 - km 343,505	Ondulado	-	1.690	2,50
6	km 343,505 - km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765	3,50
7	km 347,27 - km 348,305	Plano	-	1.035	1,50
8	km 348,305 - km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395	3,50
9	km 354,7 - km 355,525	Plano	-	825	1,50
10	km 355,525 - km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910	2,50
11	km 358,435 - km 358,685	Plano	-	250	1,50
12	km 358,685 - km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825	2,50
13	km 359,51 - km 360,02	Plano	-	510	1,50
14	km 360,02 - km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550	2,50
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560	1,50
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530	2,00
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463	2,00

Quadro 3.12 – Fatores de Equivalência para os Segmentos de Análise – Pista Sul

Pista Sul					
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Fator de Equivalência
1	km 336,18 - km 337,165	Rampa composta	3,60%	985	2,00
2	km 337,165 - km 340,15	Montanhoso	-	2.985	1,50
3	km 340,15 - km 341,06	Rampa composta	5,95%	910	3,00
4	km 341,06 - km 342,385	Ondulado	-	1.325	2,50
5	km 342,385 - km 343,385	Rampa composta	3,90%	1.000	2,00
6	km 343,385 - km 347,27	Rampa composta	-4,95%	3.885	1,50
7	km 347,27 - km 348,66	Rampa composta	3,75%	1.390	2,50
8	km 348,66 - km 359,155	Rampa composta	-4,55%	10.495	1,50
9	km 359,155 - km 364,697	Ondulado	-	5.542	2,50
10	Km 355,87 – km 359,155(*)	Rampa composta	6,20%	3.285	4,00

(*) Este segmento será operado no sentido descendente, conforme justificado na seção 2.2

4. NÍVEIS DE SERVIÇO E DIMENSIONAMENTO DA VIA DUPLICADA

4.1 Procedimentos Metodológicos

Para a análise de capacidade e níveis de serviço foi utilizada metodologia de análise operacional de Rodovias de Múltiplas Faixas, definida no capítulo 21 do Highway Capacity Manual, publicado em 2000, pelo Transportation Research Board (TRB) – USA, conforme estabelecido no PER do Lote 6.

O dimensionamento da rodovia duplicada deverá atender aos padrões de nível de serviço definidos no PER do Lote 6 e descritos no item 3.3.

Como o segmento de duplicação tem diversos trechos com características de terreno diferentes, os níveis de serviço exigidos, para novas implantações, para o ano de projeto são também diferentes, conforme o Manual de Projeto de Rodovias Rurais do DNIT, definidos no quadro a seguir.

Quadro 4.1 – Níveis de Serviço Padrão – Pista Norte

Pista Norte					
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	NS padrão
1	km 336,2 - km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150	D
2	km 337,35 - km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755	D
3	km 340,105 - km 341,165	Plano	-	1.060	C
4	km 341,165 - km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650	D
5	km 341,815 - km 343,505	Ondulado	-	1.690	D
6	km 343,505 - km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765	D
7	km 347,27 - km 348,305	Plano	-	1.035	C
8	km 348,305 - km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395	D
9	km 354,7 - km 355,525	Plano	-	825	C
10	km 355,525 - km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910	D
11	km 358,435 - km 358,685	Plano	-	250	C
12	km 358,685 - km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825	D
13	km 359,51 - km 360,02	Plano	-	510	C
14	km 360,02 - km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550	D
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560	C
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530	D
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463	D

Quadro 4.2 – Níveis de Serviço Padrão – Pista Sul

Pista Sul					
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	NS padrão
1	km 336,18 - km 337,165	Rampa composta	3,60%	985	D
2	km 337,165 - km 340,15	Montanhoso	-	2.985	D
3	km 340,15 - km 341,06	Rampa composta	5,95%	910	D
4	km 341,06 - km 342,385	Ondulado	-	1.325	D
5	km 342,385 - km 343,385	Rampa composta	3,90%	1.000	D
6	km 343,385 - km 347,27	Rampa composta	-4,95%	3.885	D
7	km 347,27 - km 348,66	Rampa composta	3,75%	1.390	D
8	km 348,66 - km 359,155	Rampa composta	-4,55%	10.495	D
9	km 359,155 - km 364,697	Ondulado	-	5.542	D
10	Km 355,87 – km 359,155(*)	Rampa composta	6,20%	3.285	D

(*) Este segmento será operado no sentido descendente, conforme justificado na seção 2.2

4.2 Parâmetros Utilizados Para Análise

Foram adotados os seguintes valores para os principais parâmetros envolvidos na análise de capacidade.

Velocidade de Fluxo Livre

A velocidade de projeto considerada no projeto executivo, por trecho, é a seguinte:

- ✓ km 336 a 365 para ambas as pistas - 60 km/h;
- ✓ km 365 a 367 para ambas as pistas - 90 km/h;
- ✓ km 356 a 362 – pista Norte – 50 km/h;

É proposta a velocidade regulamentada para automóveis de 70 km/h para veículos leves em toda a extensão do km 336 a 365, em ambas as pistas. Para os veículos pesados será regulamentada a velocidade de projeto de cada trecho.

A favor da segurança, a velocidade básica de fluxo livre, considerada no presente estudo, é a velocidade regulamentada para os automóveis, muito embora o HCM 2000 considere que, para esta faixa de velocidade regulamentada, a velocidade básica de fluxo livre possa ser considerada até 11 km/h superior à regulamentada.

As Velocidades de Fluxo Livre (FFS) foram calculadas com base nos procedimentos previstos no Manual HCM 2000, a partir da aplicação de fatores de ajuste devidos à largura das faixas de tráfego, obstruções laterais, tipo de separação entre as pistas e quantidade de acessos à pista no trecho analisado.

Velocidade Média de Operação na Hora de Projeto

$$S = FFS - \left[\left(\frac{3}{28} FFS - \frac{75}{14} \right) \left(\frac{v_p - 1,400}{25FFS - 1,250} \right)^{1,31} \right]$$

onde:

S = Velocidade Média na hora de projeto, quando a taxa de fluxo é V_p maior ou igual a 1.400 eqcp/h por faixa de tráfego.

FFS = Velocidade de Fluxo Livre no segmento analisado;

V_p = Taxa de fluxo de serviço de projeto.

Quando a taxa de fluxo de projeto for menor do que 1.400 eqcp/h por faixa, a velocidade média de operação será considerada igual à velocidade básica de fluxo livre.

Largura das faixas e Acostamentos

Apresentado no quadro a seguir, para todo o trecho de duplicação.

Quadro 4.3 – Largura das faixas de rolamento e Largura de Acostamentos

PISTA NORTE						
TRECHO INICIAL (km)	TRECHO FINAL (km)	REFÚGIO (m)	Nº DE FAIXAS	FAIXA (m)	FAIXA ADICIONAL (m)	ACOSTAMENTO (m)
336+200	342+300	1,0	2	3,5	3,0	1,2
342+300	343+200	1,0	2	3,5		2,5
343+200	361+700	1,0	2	3,5	3,0	1,2
361+700	366+123	0,8	2	3,5		2,7
PISTA SUL						
TRECHO INICIAL (km)	TRECHO FINAL (km)	REFÚGIO (m)	Nº DE FAIXAS	FAIXA (m)	FAIXA ADICIONAL (m)	ACOSTAMENTO (m)
336+180	339+900	1,0	2	3,5		2,5
339+900	341+300	1,0	2	3,5	3,0	1,2
341+300	342+600	1,0	2	3,5		2,5
342+600	343+900	1,0	2	3,5	3,0	1,2
343+900	347+400	1,0	2	3,5		2,5
347+400	348+800	1,0	2	3,5	3,0	1,2
348+800	359+400	1,0	2	3,5		2,5
359+400	364+697	0,8	2	3,5		2,7

Fator de Flutuação do Fluxo na Hora de Pico (FHP): 0,86, para Zona Rural – conforme o HCM 2000.

4.3 Sequencia de Cálculo

A partir do volume horário de projeto (VHP), em veículos mistos, é calculado a Taxa de Fluxo em equivalentes (VHP_{eq}), através da seguinte fórmula:

$$VHP_{eq} = \frac{VHP}{FHP * f_p * f_{hv}}$$

onde:

VHP = Volume Horário de Projeto, em veículos mistos;

FHP = fator de pico horário;

f_p = fator de ajuste populacional, relativo aos usuários da rodovia (1,0);

f_{hv} = fator de ajuste devido à presença de veículos pesados no fluxo de tráfego.

O fator de ajuste devido à presença de veículos pesados no fluxo de tráfego é calculado através da seguinte fórmula:

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + p_{hv} * (E_T - 1)}$$

Onde:

p_{hv} = porcentagem de veículos pesados;

E_T = fator de equivalência para veículos pesados em relação aos veículos de passeio.

Os valores dos equivalentes veiculares para segmentos genéricos devem ser utilizados para o dimensionamento global do número de faixas de rolamento de uma rodovia quando não houver trecho (s) em rampa ao longo do perfil longitudinal da pista que imponha impacto significativo para a operação dos veículos pesados.

Para o cálculo do fluxo por faixa de rolamento, utiliza-se a seguinte expressão:

$$v_p = \frac{VHP_{eq}}{N}$$

Onde:

v_p = Taxa de Fluxo em equivalente de veículos por faixa de rolamento, em vph/fx;

N = número de faixas da pista;

VHP_{eq} = volume equivalente de veículos na seção, em vph.

Por fim, calcula-se a densidade de cada faixa de rolamento, da seguinte forma:

$$D = \frac{v_p}{S}$$

Onde D é a densidade em veículos por quilometro por faixa.

Os principais parâmetros associados aos níveis de serviço ofertados são a velocidade, a liberdade de movimentação do veículo no fluxo de tráfego e a proximidade entre os veículos. A tabela a seguir apresenta os níveis de serviço de acordo com a velocidade de fluxo livre, densidade máxima, e a relação volume/capacidade, conforme definido no HCM 2000.

Quadro 4.4 – Critérios para Análise do Nível de Serviço – Quadro 21.2 do HCM 2000

VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE	PARÂMETRO / NÍVEL DE SERVIÇO	A	B	C	D	E
100 km/h	Densidade máxima (veíc./km/fx)	7	11	16	22	25
	Velocidade média (km/h)	100	100	98,4	91,5	88
	Taxa máxima volume / capacidade	0,3	0,5	0,72	0,92	1
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veíc/h/fx)	700	1.100	1.575	2.015	2.200
90 km/h	Densidade máxima (veíc./km/fx)	7	11	16	22	26
	Velocidade média (km/h)	90	90	89,8	84,7	80,8
	Taxa máxima volume / capacidade	0,3	0,47	0,68	0,89	1
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veíc/h/fx)	630	990	1.435	1.860	2.100
80 km/h	Densidade máxima (veíc./km/fx)	7	11	16	22	27
	Velocidade média (km/h)	80	80	80	77,6	74,1
	Taxa máxima volume / capacidade	0,3	0,44	0,64	0,85	1
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veíc/h/fx)	560	880	1.280	1.705	2.000
70 km/h	Densidade máxima (veíc./km/fx)	7	11	16	22	28
	Velocidade média (km/h)	70	70	70	69,6	67,9
	Taxa máxima volume / capacidade	0,3	0,41	0,59	0,81	1
	Taxa máxima de fluxo de serviço (veíc/h/fx)	490	770	1.120	1.530	1.900

4.4 Dimensionamento da Via Duplicada

4.4.1. Dimensionamento para o ano de projeto

Para atender aos níveis de serviço do padrão exigido pelo PER, acima, os estudos de capacidade apontaram as necessidades distintas para as pistas Norte (ascendente) e Sul (descendente), em termos de número de faixas a implantar, nos diversos trechos de duplicação das pistas ascendente e descendente.

Nos quadros apresentados a seguir, são mostrados os números de faixas necessárias para a obtenção dos Níveis de Serviço padrões a serem atendidos. No Anexo 6.1 são apresentadas as planilhas de cálculo para cada segmento.

Quadro 4.5 – Níveis de Serviço no Ano de Projeto para a Duplicação – Pista Norte

Pista Norte – NS no ano de projeto (2026)							
Trecho		Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas necessárias	NS	NS padrão
1	km 336,2 - km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150	3	C	D
2	km 337,35 - km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755	3	D	D
3	km 340,105 - km 341,165	Plano	-	1.060	3	C	C
4	km 341,165 - km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650	3	D	D
5	km 341,815 - km 343,505	Ondulado (*)	-	1.690	3	C	D
6	km 343,505 - km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765	3	D	D
7	km 347,27 - km 348,305	Plano	-	1.035	3	C	C
8	km 348,305 - km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395	3	D	D
9	km 354,7 - km 355,525	Plano	-	825	3	C	C
10	km 355,525 - km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910	3	D	D
11	km 358,435 - km 358,685	Plano	-	250	3	C	C
12	km 358,685 - km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825	3	D	D
13	km 359,51 - km 360,02	Plano	-	510	3	C	C
14	km 360,02 - km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550	3	D	D
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560	3	B	C
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530	3	C	D
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463	2	D	D

(*) O subtrecho do km 342,3 até o km 343,2, rampa composta descendente foi projetado com 2 faixas de tráfego. O restante deste segmento possui 3 faixas de tráfego.

Quadro 4.6 – Níveis de Serviço no Ano de Projeto para a Duplicação – Pista Sul

Pista Sul – NS no ano de projeto (2026)							
Trecho		Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas necessárias	NS	NS padrão
1	km 336,18 - km 337,165	Rampa composta	3,60%	985	2	D	D
2	km 337,165 - km 340,15	Montanhoso	-	2.985	2	D	D
3	km 340,15 - km 341,06	Rampa composta	5,95%	910	3	C	D
4	km 341,06 - km 342,385	Ondulado	-	1.325	2	D	D
5	km 342,385 - km 343,385	Rampa composta	3,90%	1.000	3	C	D
6	km 343,385 - km 347,27	Rampa composta	-4,95%	3.885	2	D	D
7	km 347,27 - km 348,66	Rampa composta	3,75%	1.390	3	C	D
8	km 348,66 - km 359,155	Rampa composta	-4,55%	10.495	2	D	D
9	km 359,155 - km 364,697	Ondulado	-	5.542	2	D	D
10	km 355,87 - km 359,155(*)	Rampa composta	6,20%	3.285	4	D	D

(*) Este segmento será operado no sentido descendente, conforme justificado na seção 2.2

As figuras, a seguir apresentadas, apontam as necessidades, em termos de números de faixas de tráfego, definidas nos estudos de capacidade e níveis de serviço.

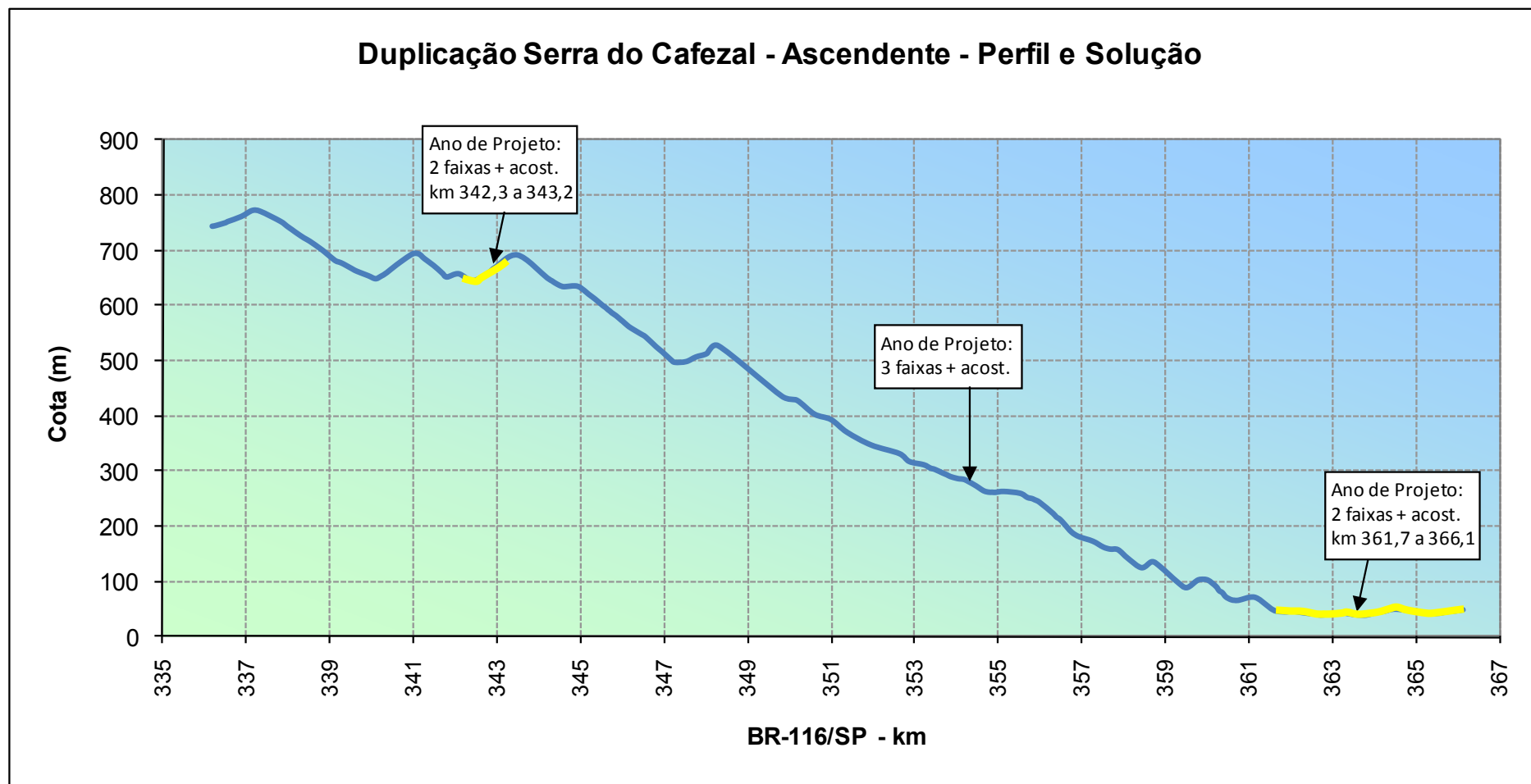


Figura 4.1 – Perfil e Solução em Número de Faixas para Pista Ascendente – Norte

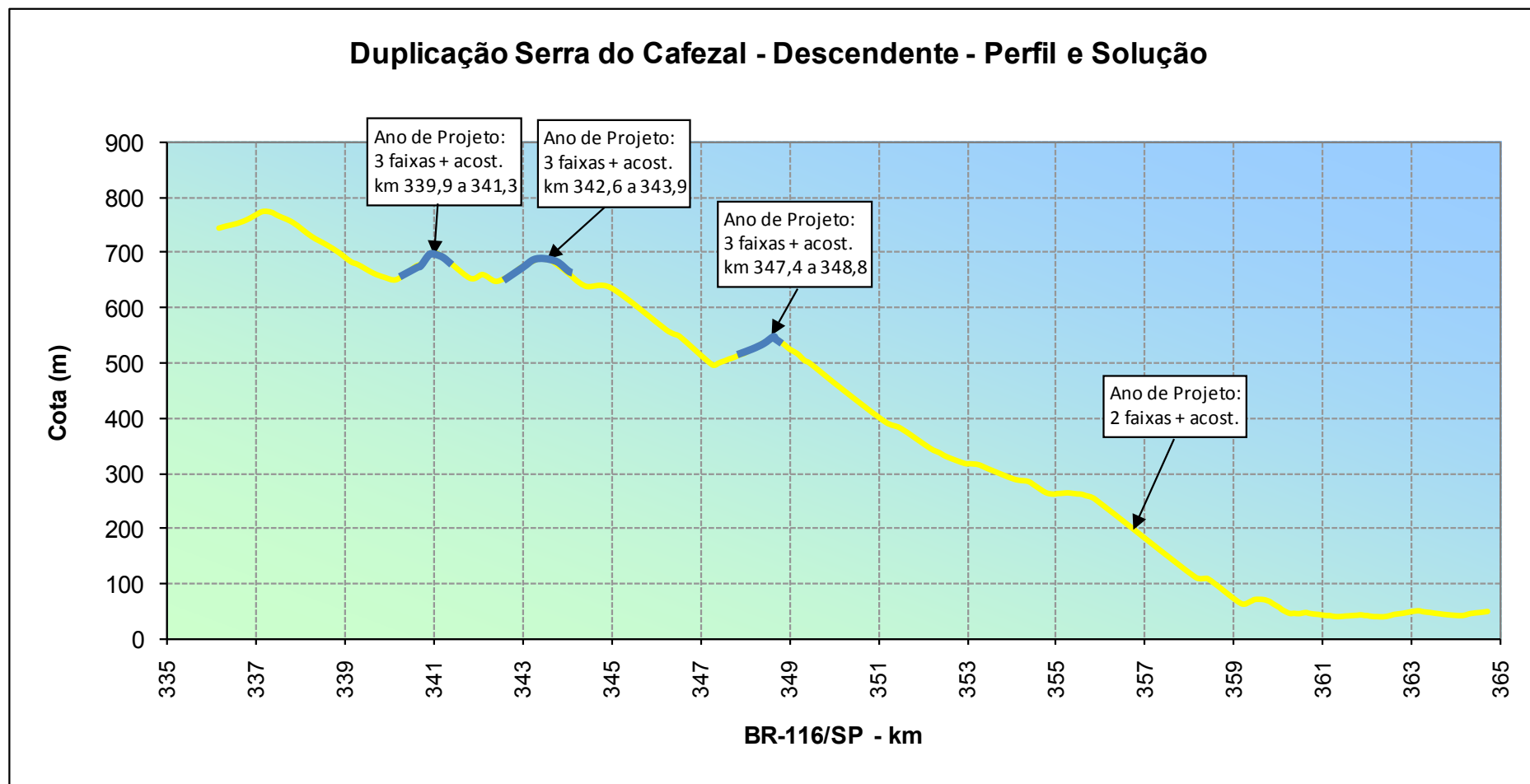


Figura 4.2 – Perfil e Solução em Número de Faixas para Pista Descendente – Sul

4.4.2. Provisão de número de faixas de tráfego para o final do contrato

Nos quadros apresentados a seguir, são mostrados os Níveis de Serviço para o ano 25 da concessão, ano calendário de fevereiro de 2032 a fevereiro de 2033, considerando o mesmo número de faixas utilizado no ano de projeto. No Anexo 6.1 são apresentadas as planilhas de cálculo para cada segmento.

Quadro 4.7 – NS no Ano 2032 com Número de Faixas do Ano de Projeto – Pista Norte

Pista Norte							
Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas – 2026	NS 2032	NS padrão	
1	km 336,2 - km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150	3	D	D
2	km 337,35 - km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755	3	D	D
3	km 340,105 - km 341,165	Plano	-	1.060	3	D	C
4	km 341,165 - km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650	3	D	D
5	km 341,815 - km 343,505	Ondulado	-	1.690	3	D	D
6	km 343,505 - km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765	3	F	D
7	km 347,27 - km 348,305	Plano	-	1.035	3	D	C
8	km 348,305 - km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395	3	F	D
9	km 354,7 - km 355,525	Plano	-	825	3	D	C
10	km 355,525 - km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910	3	D	D
11	km 358,435 - km 358,685	Plano	-	250	3	D	C
12	km 358,685 - km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825	3	D	D
13	km 359,51 - km 360,02	Plano	-	510	3	D	C
14	km 360,02 - km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550	3	D	D
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560	3	C	C
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530	3	D	D
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463	2	F	D

Quadro 4.8 – NS no Ano 2032 com Número de Faixas do Ano de Projeto – Pista Sul

Pista Sul							
Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas – 2026	NS 2032	NS padrão	
1	km 336,18 - km 337,165	Rampa composta	3,60%	985	2	E	D
2	km 337,165 - km 340,15	Montanhoso	-	2.985	2	E	D
3	km 340,15 - km 341,06	Rampa composta	5,95%	910	3	D	D
4	km 341,06 - km 342,385	Ondulado	-	1.325	2	F	D
5	km 342,385 - km 343,385	Rampa composta	3,90%	1.000	3	D	D
6	km 343,385 - km 347,27	Rampa composta	-4,95%	3.885	2	E	D
7	km 347,27 - km 348,66	Rampa composta	3,75%	1.390	3	D	D
8	km 348,66 - km 359,155	Rampa composta	-4,55%	10.495	2	E	D
9	km 359,155 - km 364,697	Ondulado	-	5.542	2	F	D

As células sombreadas em vermelho destacam os segmentos em que o número de faixas projetadas para o ano de projeto não atenderiam aos padrões operacionais até o final da Concessão.

Desta forma, a maior parte da extensão do trecho de serra, ou seja, os segmentos 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 17 da Pista Norte, representando 73,4% da extensão da pista ascendente da serra, e os segmentos 1, 2, 4, 6, 8 e 9 da Pista Sul, representando 88,4% da extensão da

pista descendente da serra, apresentaram Níveis de Serviço projetados inadequados para o ano final da Concessão.

Para estes segmentos é proposta a provisão de largura adicional de plataforma de projeto, visando a futura implantação de faixa adicional, depois do ano de 2026, mas antes do término da Concessão.

Nos quadros apresentados a seguir, são mostrados os Níveis de Serviço no ano 25, considerando a implantação de faixa adicional nos segmentos nas quais estas são necessárias. No Anexo 6.1 são apresentadas as planilhas de cálculo para cada segmento.

Quadro 4.9 – Níveis de Serviço no Ano 2032, com as faixas adicionais – Pista Norte

Pista Norte							
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas	NS 2032	NS padrão
1	km 336,2 - km 337,35	Rampa Composta	-2,35%	1.150	3	D	D
2	km 337,35 - km 340,105	Rampa Composta	3,90%	2.755	3	D	D
3	km 340,105 - km 341,165	Plano	-	1.060	4	C	C
4	km 341,165 - km 341,815	Rampa Composta	6,90%	650	3	D	D
5	km 341,815 - km 343,505	Ondulado	-	1.690	3	D	D
6	km 343,505 - km 347,27	Rampa Composta	5,90%	3.765	4	D	D
7	km 347,27 - km 348,305	Plano	-	1.035	4	C	C
8	km 348,305 - km 354,7	Rampa Composta	6,00%	6.395	4	D	D
9	km 354,7 - km 355,525	Plano	-	825	4	C	C
10	km 355,525 - km 358,435	Rampa Composta	3,85%	2.910	3	D	D
11	km 358,435 - km 358,685	Plano	-	250	4	C	C
12	km 358,685 - km 359,51	Rampa Composta	5,75%	825	3	D	D
13	km 359,51 - km 360,02	Plano	-	510	4	C	C
14	km 360,02 - km 360,57	Rampa Composta	6,00%	550	3	D	D
15	km 360,57 - km 361,13	Plano	-	560	3	C	C
16	km 361,13 - km 361,66	Rampa Composta	4,75%	530	3	D	D
17	km 361,66 - km 366,123	Levemente Ondulado	-	4.463	3	D	D

Quadro 4.10 – Níveis de Serviço no Ano 2032, com as faixas adicionais – Pista Sul

Pista Sul							
	Trecho	Terreno	Inclinação	Extensão (m)	Nº de Faixas	NS 2032	NS padrão
1	km 336,18 - km 337,165	Rampa composta	3,60%	985	3	D	D
2	km 337,165 - km 340,15	Montanhoso	-	2.985	3	C	D
3	km 340,15 - km 341,06	Rampa composta	5,95%	910	3	D	D
4	km 341,06 - km 342,385	Ondulado	-	1.325	3	D	D
5	km 342,385 - km 343,385	Rampa composta	3,90%	1.000	3	D	D
6	km 343,385 - km 347,27	Rampa composta	-4,95%	3.885	3	C	D
7	km 347,27 - km 348,66	Rampa composta	3,75%	1.390	3	D	D
8	km 348,66 - km 359,155	Rampa composta	-4,55%	10.495	3	C	D
9	km 359,155 - km 364,697	Ondulado	-	5.542	3	D	D

As figuras, a seguir apresentadas, apontam as necessidades em termos de números de faixas de tráfego definidas nos estudos de capacidade e níveis de serviço, para o último ano do contrato de concessão.

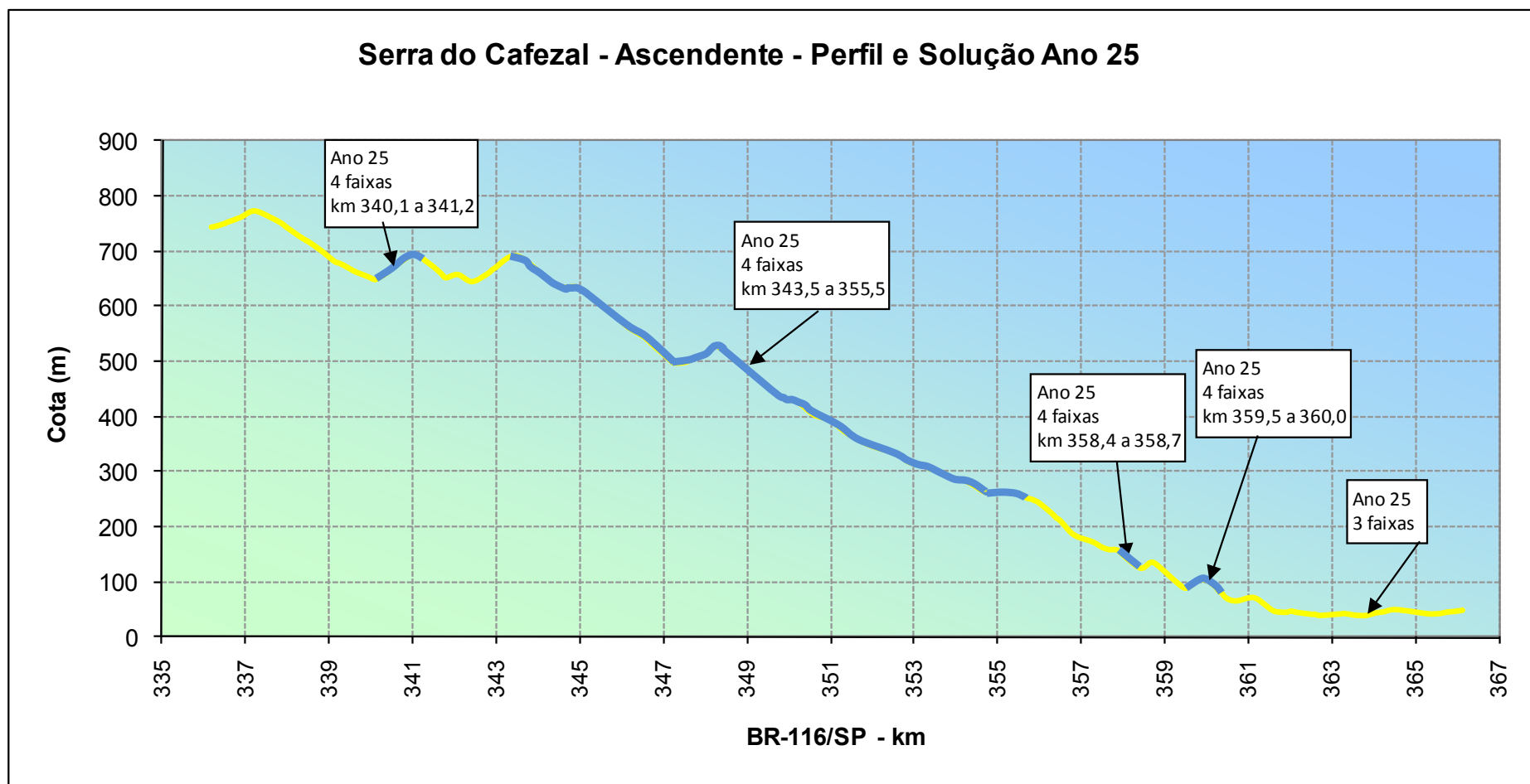


Figura 4.3 – Perfil e Solução em Número de Faixas para Pista Norte – Ano 25

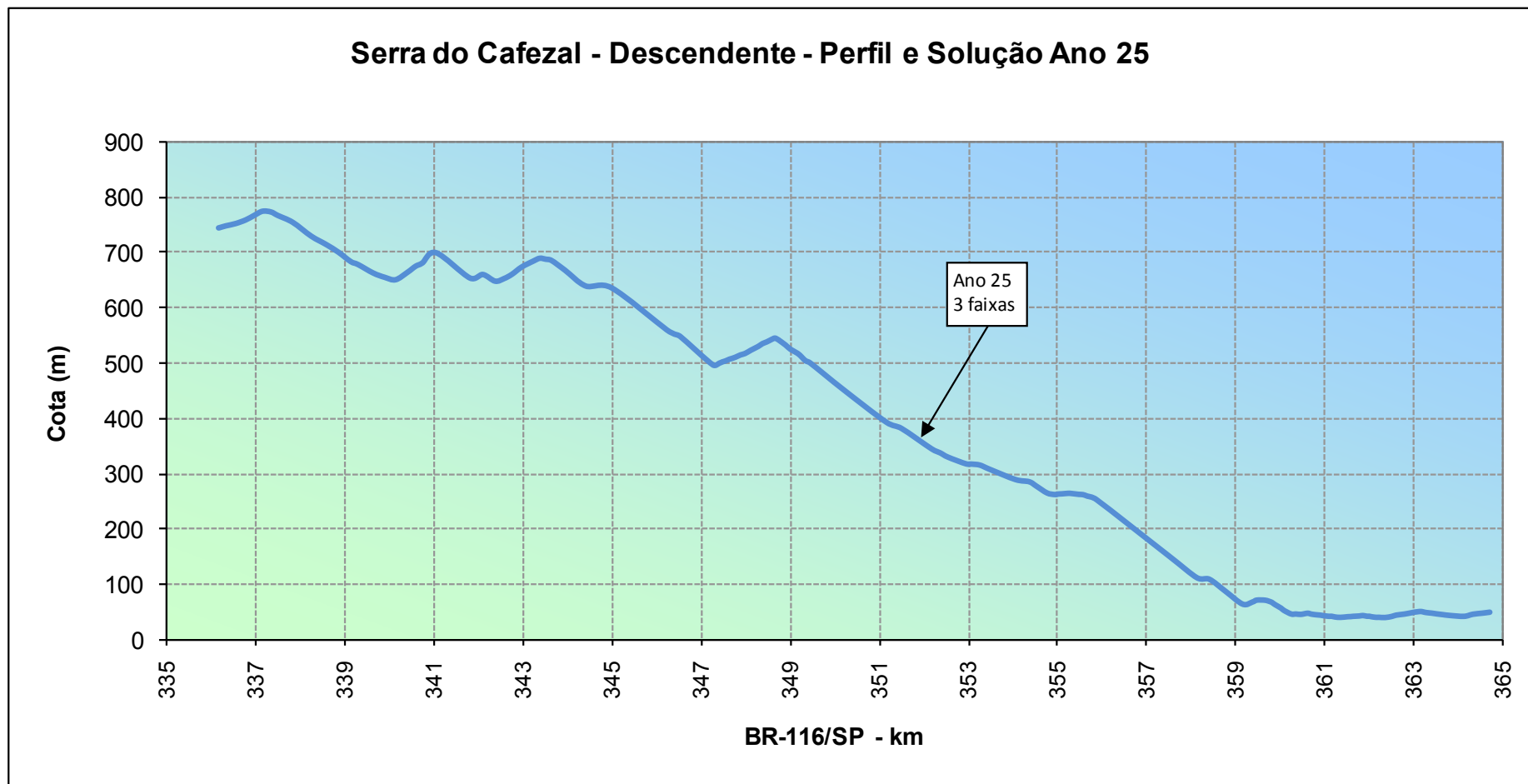


Figura 4.4 – Perfil e Solução em Número de Faixas para Pista Sul – Ano 25

5. IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DO ESTUDO

A solução de projeto, conforme exposto no capítulo 4, deverá funcionar até o ano 19 do contrato, ano de projeto.

A implantação de 3 faixas na obra de duplicação e a provisão de uma seção suficiente para implantar a quarta faixa até o final da Concessão, na pista ascendente, não fazem parte da proposta comercial da Autopista Régis Bittencourt, mas constituem uma necessidade técnica, demonstrada nos estudos de capacidade desenvolvidos para o projeto de duplicação.

Com efeito, na Seção 3.2.3.2 – Ampliação de Capacidade, da Proposta Comercial da Concessionária, a Contratada declara, textualmente, sua proposta de realizar a duplicação do segmento da Serra do Cafezal com duas faixas de tráfego, no segmento entre o km 336,7 e o km 367,2, que com as correções de quilometragem realizadas com maior precisão pela Concessionária, correspondem ao segmento do km 335,95 ao km 365,97.

No entanto, como demonstram os estudos de capacidade, a pista com duas faixas não será suficiente para atender à demanda de projeto no sentido ascendente, especificamente no sub-trecho mais acidentado, do km 336,2 ao km 361,7, no ano de projeto, devendo ser implantada, desde o ano de abertura ao tráfego do sistema duplicado, com três faixas de tráfego.

Com o crescimento da demanda no período posterior ao ano de projeto, entre fevereiro de 2027 e fevereiro de 2033, caso se deseje manter o padrão de nível de serviço, definido no PER, será necessário implantar mais uma faixa de tráfego no sentido ascendente, que necessitaria operar, nos últimos anos do contrato de concessão, com até quatro faixas.

Para a pista Sul, descendente, as duas faixas, definidas na proposta comercial da Concessionária, seriam suficientes para garantir o nível de serviço padrão no ano de projeto da duplicação na maior parte de sua extensão (88,4%), porém, a exemplo do caso da pista Norte, necessitaria de ampliação, com a implantação de uma faixa adicional, em todos os trechos com duas faixas, antes do final do Contrato de Concessão.

Nos trechos mais críticos de rampa ascendente da Pista Sul, entre os km 340,15 e 341,06, entre os km 342,38 e 343,38 e entre os km 347,27 e 348,66, serão necessárias três faixas para garantir o nível de serviço padrão já no ano de projeto.

Como as condições de implantação das pistas da duplicação e a adaptação da pista existente devem ser realizados em condições especialmente difíceis, no trecho de serra, será prudente prever a implantação da plataforma de terraplenagem e as obras de arte especiais com provisão para implantação das faixas adicionais necessárias para a operação até o final da Concessão.

Assim, serão necessários recursos adicionais aos previstos na proposta comercial da Concessionária para garantir o nível de serviço padrão através das obras de duplicação no trecho da Serra do Cafezal, tanto para a implantação da pista nova, como para a reforma dos segmentos existentes.

6. ANEXO TÉCNICO

6.1 Cálculo dos Níveis de Serviço

6.1.1. Pista Norte

6.1.1.1 Segmento 1

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 336,2 - km 337,35	Sentido: Norte							
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	-2,35%								
Extensão (m) =	1150,00	Et=		1,5					
Número de faixas para 2032=	3								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D

6.1.1.2 Segmento 2

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 337,35 - km 340,105	Sentido: Norte							
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000

Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 337,35 - km 340,105			Sentido: Norte					
Inclinação =	3,90%								
Extensão (m) =	2755,00			Et= 2,50					
Número de faixas para 2032=	3								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	70,0	70,0	15,2	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	70,0	70,0	15,6	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	70,0	70,0	16,1	D
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	70,0	70,0	11,1	C
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	70,0	70,0	11,6	C
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	70,0	70,0	12,2	C
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	70,0	70,0	12,7	C
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	70,0	70,0	13,3	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	70,0	70,0	13,9	C
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	70,0	70,0	14,5	C
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	70,0	70,0	15,2	C
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	70,0	70,0	15,9	C
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	70,0	70,0	16,6	D
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	70,0	70,0	17,4	D
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	70,0	70,0	18,1	D
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	70,0	70,0	19,0	D
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	70,0	70,0	19,8	D
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	70,0	69,9	20,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D

6.1.1.3 Segmento 3

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000

Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 340,105 - km 341,165			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2			por sentido					
Número de Faixas Projeto=	3			por sentido					
FFS=	70			km/h					
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	-								
Extensão (m) =	1060,00			Et= 1,50					
Número de faixas para 2032=	4								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 340,105 - km 341,165 Sentido: Norte									
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D
2032	25	22,4%	2.659	0,899	859	70,0	70,0	12,3	C

6.1.1.4 Segmento 4

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 341,165 - km 341,815 Sentido: Norte									
Fator de Hora Pico = 0,86									
Número de faixas atual= 2 por sentido									
Número de Faixas Projeto= 3 por sentido									
FFS= 70 km/h									
Fator de distribuição direcional (d) = 100,0%									
Fator de população = 1									
Inclinação = 6,90%									
Extensão (m) = 650,00 Et= 2,50									
Número de faixas para 2032= 3									
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	70,0	70,0	15,2	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	70,0	70,0	15,6	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	70,0	70,0	16,1	D
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	70,0	70,0	11,1	C
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	70,0	70,0	11,6	C
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	70,0	70,0	12,2	C
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	70,0	70,0	12,7	C
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	70,0	70,0	13,3	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	70,0	70,0	13,9	C
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	70,0	70,0	14,5	C
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	70,0	70,0	15,2	C
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	70,0	70,0	15,9	C
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	70,0	70,0	16,6	D
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	70,0	70,0	17,4	D
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	70,0	70,0	18,1	D
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	70,0	70,0	19,0	D
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	70,0	70,0	19,8	D
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	70,0	69,9	20,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D

6.1.1.5 Segmento 5

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 341,815 - km 343,505 Sentido: Norte									
Fator de Hora Pico = 0,86									
Número de faixas atual= 2 por sentido									
Número de Faixas Projeto= 3 por sentido									
FFS= 81 km/h									
Fator de distribuição direcional (d) = 100,0%									
Fator de população = 1									
Inclinação = -									
Extensão (m) = 1690,00 Et= 2,50									
Número de faixas para 2032= 3									
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	81,0	81,0	12,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	81,0	81,0	13,1	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	81,0	81,0	13,5	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	81,0	81,0	14,0	C
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	81,0	81,0	9,6	B
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	81,0	81,0	10,1	B
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	81,0	81,0	10,5	B
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	81,0	81,0	11,0	B
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	81,0	81,0	11,5	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	81,0	81,0	12,0	C
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	81,0	81,0	12,6	C
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	81,0	81,0	13,1	C
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	81,0	81,0	13,7	C
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	81,0	81,0	14,3	C
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	81,0	81,0	15,0	C
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	81,0	81,0	15,7	C
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	81,0	81,0	16,4	D
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	81,0	81,0	17,1	D
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	81,0	80,8	18,0	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	81,0	80,3	18,9	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	81,0	80,3	18,9	D

6.1.1.6 Segmento 6

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 343,505 - km 347,27 Sentido: Norte									
Fator de Hora Pico = 0,86									
Número de faixas atual= 2 por sentido									
Número de Faixas Projeto= 3 por sentido									
FFS= 70 km/h									
Fator de distribuição direcional (d) = 100,0%									
Fator de população = 1									
Inclinação = 5,90%									
Extensão (m) = 3765,00 Et= 3,50									
Número de faixas para 2032= 4									
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	35,4%	1.211	0,531	1.327	70,0	70,0	19,0	D
2014	7	35,4%	1.241	0,531	1.359	70,0	70,0	19,4	D

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho: km 343,505 - km 347,27 Sentido: Norte										
2015	8	35,4%	1.277	0,531	1.399	70,0	70,0	20,0	D	
2016	9	35,4%	1.320	0,531	1.446	70,0	69,9	20,7	D	
2017	10	35,4%	1.366	0,531	997	70,0	70,0	14,2	C	
2018	11	35,4%	1.428	0,531	1.043	70,0	70,0	14,9	C	
2019	12	35,4%	1.493	0,531	1.090	70,0	70,0	15,6	C	
2020	13	35,4%	1.560	0,531	1.139	70,0	70,0	16,3	D	
2021	14	35,4%	1.631	0,531	1.191	70,0	70,0	17,0	D	
2022	15	35,4%	1.705	0,531	1.245	70,0	70,0	17,8	D	
2023	16	35,4%	1.783	0,531	1.302	70,0	70,0	18,6	D	
2024	17	35,4%	1.863	0,531	1.361	70,0	70,0	19,4	D	
2025	18	35,4%	1.948	0,531	1.423	70,0	70,0	20,3	D	
2026	19	35,4%	2.036	0,531	1.487	70,0	69,8	21,3	D	
2027	20	35,4%	2.129	0,531	1.555	70,0	69,5	22,4	E	
2028	21	35,4%	2.225	0,531	1.625	70,0	69,2	23,5	E	
2029	22	35,4%	2.326	0,531	1.699	70,0	68,9	24,7	E	
2030	23	35,4%	2.432	0,531	1.776	70,0	68,5	25,9	E	
2031	24	35,4%	2.542	0,531	1.857	70,0	68,1	27,3	E	
2032	25	35,4%	2.658	0,531	1.941	70,0	67,6	28,7	F	
2032	25	35,4%	2.658	0,531	1.456	70,0	69,9	20,8	D	

6.1.1.7 Segmento 7

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho: km 347,27 - km 348,305 Sentido: Norte										
Fator de Hora Pico =				0,86						
Número de faixas atual=				2 por sentido						
Número de Faixas Projeto=				3 por sentido						
FFS=				70 km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =				100,0%						
Fator de população =				1						
Inclinação =				-						
Extensão (m) =				1035,00			Et= 1,50			
Número de faixas para 2032=				4						
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS		
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C	
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C	
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C	
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C	
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B	
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B	
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B	
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B	
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B	
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B	
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B	
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C	
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C	
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C	
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C	
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C	
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C	

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 347,27 - km 348,305			Sentido: Norte					
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D
2032	25	22,4%	2.659	0,899	859	70,0	70,0	12,3	C

6.1.1.8 Segmento 8

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 348,305 - km 354,7			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	6,00%								
Extensão (m) =	6395,00		Et= 3,50						
Número de faixas para 2032=	4								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	35,4%	1.211	0,531	1.327	70,0	70,0	19,0	D
2014	7	35,4%	1.241	0,531	1.359	70,0	70,0	19,4	D
2015	8	35,4%	1.277	0,531	1.399	70,0	70,0	20,0	D
2016	9	35,4%	1.320	0,531	1.446	70,0	69,9	20,7	D
2017	10	35,4%	1.366	0,531	997	70,0	70,0	14,2	C
2018	11	35,4%	1.428	0,531	1.043	70,0	70,0	14,9	C
2019	12	35,4%	1.493	0,531	1.090	70,0	70,0	15,6	C
2020	13	35,4%	1.560	0,531	1.139	70,0	70,0	16,3	D
2021	14	35,4%	1.631	0,531	1.191	70,0	70,0	17,0	D
2022	15	35,4%	1.705	0,531	1.245	70,0	70,0	17,8	D
2023	16	35,4%	1.783	0,531	1.302	70,0	70,0	18,6	D
2024	17	35,4%	1.863	0,531	1.361	70,0	70,0	19,4	D
2025	18	35,4%	1.948	0,531	1.423	70,0	70,0	20,3	D
2026	19	35,4%	2.036	0,531	1.487	70,0	69,8	21,3	D
2027	20	35,4%	2.129	0,531	1.555	70,0	69,5	22,4	E
2028	21	35,4%	2.225	0,531	1.625	70,0	69,2	23,5	E
2029	22	35,4%	2.326	0,531	1.699	70,0	68,9	24,7	E
2030	23	35,4%	2.432	0,531	1.776	70,0	68,5	25,9	E
2031	24	35,4%	2.542	0,531	1.857	70,0	68,1	27,3	E
2032	25	35,4%	2.658	0,531	1.941	70,0	67,6	28,7	F
2032	25	35,4%	2.658	0,531	1.456	70,0	69,9	20,8	D

6.1.1.9 Segmento 9

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 354,7 - km 355,525			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000

Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt		
Trecho:	km 354,7 - km 355,525	Sentido: Norte	
Número de Faixas Projeto=	3	por sentido	
FFS=	70	km/h	
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%		
Fator de população =	1		
Inclinação =	-		
Extensão (m) =	825,00	Et=	1,50
Número de faixas para 2032=	4		

ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D
2032	25	22,4%	2.659	0,899	859	70,0	70,0	12,3	C

6.1.1.10 Segmento 10

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000

Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt		
Trecho:	km 355,525 - km 358,435	Sentido: Norte	
Fator de Hora Pico =	0,86		
Número de faixas atual=	2	por sentido	
Número de Faixas Projeto=	3	por sentido	
FFS=	70	km/h	
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%		
Fator de população =	1		
Inclinação =	3,85%		
Extensão (m) =	2910,00	Et=	2,50
Número de faixas para 2032=	3		

ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	70,0	70,0	15,2	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	70,0	70,0	15,6	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	70,0	70,0	16,1	D
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	70,0	70,0	11,1	C
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	70,0	70,0	11,6	C

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 355,525 - km 358,435 Sentido: Norte									
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	70,0	70,0	12,2	C
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	70,0	70,0	12,7	C
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	70,0	70,0	13,3	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	70,0	70,0	13,9	C
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	70,0	70,0	14,5	C
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	70,0	70,0	15,2	C
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	70,0	70,0	15,9	C
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	70,0	70,0	16,6	D
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	70,0	70,0	17,4	D
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	70,0	70,0	18,1	D
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	70,0	70,0	19,0	D
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	70,0	70,0	19,8	D
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	70,0	69,9	20,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D

6.1.1.11 Segmento 11

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho: km 358,435 - km 358,685 Sentido: Norte									
Fator de Hora Pico =				0,86					
Número de faixas atual=				2 por sentido					
Número de Faixas Projeto=				3 por sentido					
FFS=				70 km/h					
Fator de distribuição direcional (d) =				100,0%					
Fator de população =				1					
Inclinação =				-					
Extensão (m) =				250,00		Et= 1,50			
Número de faixas para 2032=				4					
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 358,435 - km 358,685			Sentido: Norte					
2032	25	22,4%	2.659	0,899	859	70,0	70,0	12,3	C

6.1.1.12 Segmento 12

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 358,685 - km 359,51			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	5,75%								
Extensão (m) =	825,00		Et= 2,50						
Número de faixas para 2032=	3								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	70,0	70,0	15,2	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	70,0	70,0	15,6	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	70,0	70,0	16,1	D
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	70,0	70,0	11,1	C
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	70,0	70,0	11,6	C
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	70,0	70,0	12,2	C
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	70,0	70,0	12,7	C
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	70,0	70,0	13,3	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	70,0	70,0	13,9	C
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	70,0	70,0	14,5	C
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	70,0	70,0	15,2	C
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	70,0	70,0	15,9	C
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	70,0	70,0	16,6	D
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	70,0	70,0	17,4	D
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	70,0	70,0	18,1	D
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	70,0	70,0	19,0	D
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	70,0	70,0	19,8	D
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	70,0	69,9	20,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D

6.1.1.13 Segmento 13

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 359,51 - km 360,02			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 359,51 - km 360,02				Sentido: Norte			
Inclinação =		-							
Extensão (m) =		510,00		Et=		1,50			
Número de faixas para 2032=		4							
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	70,0	70,0	11,2	C
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	70,0	70,0	11,5	C
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	70,0	70,0	11,8	C
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	70,0	70,0	12,2	C
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	70,0	70,0	8,4	B
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	70,0	70,0	8,8	B
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	70,0	70,0	9,2	B
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	70,0	70,0	9,6	B
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	70,0	70,0	10,0	B
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	70,0	70,0	10,5	B
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	70,0	70,0	11,0	B
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	70,0	70,0	11,5	C
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	70,0	70,0	12,0	C
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	70,0	70,0	12,5	C
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	70,0	70,0	13,1	C
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	70,0	70,0	13,7	C
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	70,0	70,0	14,3	C
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	70,0	70,0	15,0	C
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	70,0	70,0	15,7	C
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	70,0	70,0	16,4	D
2032	25	22,4%	2.659	0,899	859	70,0	70,0	12,3	C

6.1.1.14 Segmento 14

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 360,02 - km 360,57				Sentido: Norte			
Fator de Hora Pico =		0,86							
Número de faixas atual=		2		por sentido					
Número de Faixas Projeto=		3		por sentido					
FFS=		70		km/h					
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%							
Fator de população =		1							
Inclinação =		6,00%							
Extensão (m) =		550,00		Et=		2,50			
Número de faixas para 2032=		3							
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	22,1%	1.341	0,751	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2014	7	22,1%	1.373	0,751	1.063	70,0	70,0	15,2	C
2015	8	22,1%	1.413	0,751	1.093	70,0	70,0	15,6	C
2016	9	22,1%	1.461	0,751	1.130	70,0	70,0	16,1	D
2017	10	22,1%	1.512	0,751	780	70,0	70,0	11,1	C
2018	11	22,1%	1.580	0,751	815	70,0	70,0	11,6	C
2019	12	22,1%	1.652	0,751	852	70,0	70,0	12,2	C
2020	13	22,1%	1.727	0,751	891	70,0	70,0	12,7	C
2021	14	22,1%	1.805	0,751	931	70,0	70,0	13,3	C
2022	15	22,1%	1.887	0,751	973	70,0	70,0	13,9	C

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho:	km 360,02 - km 360,57				Sentido: Norte					
2023	16	22,1%	1.972	0,751	1.018	70,0	70,0	14,5	C	
2024	17	22,1%	2.062	0,751	1.064	70,0	70,0	15,2	C	
2025	18	22,1%	2.156	0,751	1.112	70,0	70,0	15,9	C	
2026	19	22,1%	2.253	0,751	1.162	70,0	70,0	16,6	D	
2027	20	22,1%	2.356	0,751	1.215	70,0	70,0	17,4	D	
2028	21	22,1%	2.463	0,751	1.270	70,0	70,0	18,1	D	
2029	22	22,1%	2.574	0,751	1.328	70,0	70,0	19,0	D	
2030	23	22,1%	2.691	0,751	1.388	70,0	70,0	19,8	D	
2031	24	22,1%	2.813	0,751	1.451	70,0	69,9	20,8	D	
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D	
2032	25	22,1%	2.941	0,751	1.517	70,0	69,7	21,8	D	

6.1.1.15 Segmento 15

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt									
Trecho:	km 360,57 - km 361,13				Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86									
Número de faixas atual=	2 por sentido									
Número de Faixas Projeto=	3 por sentido									
FFS=	81 km/h									
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%									
Fator de população =	1									
Inclinação =	-									
Extensão (m) =	560,00				Et= 1,50					
Número de faixas para 2032=	3									
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS		
2013	6	22,4%	1.212	0,899	783	81,0	81,0	9,7	B	
2014	7	22,4%	1.242	0,899	802	81,0	81,0	9,9	B	
2015	8	22,4%	1.278	0,899	825	81,0	81,0	10,2	B	
2016	9	22,4%	1.321	0,899	853	81,0	81,0	10,5	B	
2017	10	22,4%	1.367	0,899	589	81,0	81,0	7,3	B	
2018	11	22,4%	1.429	0,899	615	81,0	81,0	7,6	B	
2019	12	22,4%	1.494	0,899	643	81,0	81,0	7,9	B	
2020	13	22,4%	1.561	0,899	672	81,0	81,0	8,3	B	
2021	14	22,4%	1.632	0,899	703	81,0	81,0	8,7	B	
2022	15	22,4%	1.706	0,899	735	81,0	81,0	9,1	B	
2023	16	22,4%	1.784	0,899	768	81,0	81,0	9,5	B	
2024	17	22,4%	1.865	0,899	803	81,0	81,0	9,9	B	
2025	18	22,4%	1.949	0,899	840	81,0	81,0	10,4	B	
2026	19	22,4%	2.038	0,899	878	81,0	81,0	10,8	B	
2027	20	22,4%	2.130	0,899	917	81,0	81,0	11,3	C	
2028	21	22,4%	2.227	0,899	959	81,0	81,0	11,8	C	
2029	22	22,4%	2.328	0,899	1.003	81,0	81,0	12,4	C	
2030	23	22,4%	2.434	0,899	1.048	81,0	81,0	12,9	C	
2031	24	22,4%	2.544	0,899	1.096	81,0	81,0	13,5	C	
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	81,0	81,0	14,1	C	
2032	25	22,4%	2.659	0,899	1.146	81,0	81,0	14,1	C	

6.1.1.16 Segmento 16

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 361,13 - km 361,66				Sentido: Norte			
Fator de Hora Pico =		0,86							
Número de faixas atual=		2		por sentido					
Número de Faixas Projeto=		3		por sentido					
FFS=		81		km/h					
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%							
Fator de população =		1							
Inclinação =		4,75%							
Extensão (m) =		530,00		Et=		2,00			
Número de faixas para 2032=		3							
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS
2013	6	25,9%	1.225	0,794	896	81,0	81,0	11,1	C
2014	7	25,9%	1.255	0,794	918	81,0	81,0	11,3	C
2015	8	25,9%	1.291	0,794	945	81,0	81,0	11,7	C
2016	9	25,9%	1.334	0,794	977	81,0	81,0	12,1	C
2017	10	25,9%	1.381	0,794	674	81,0	81,0	8,3	B
2018	11	25,9%	1.444	0,794	704	81,0	81,0	8,7	B
2019	12	25,9%	1.509	0,794	736	81,0	81,0	9,1	B
2020	13	25,9%	1.578	0,794	769	81,0	81,0	9,5	B
2021	14	25,9%	1.649	0,794	804	81,0	81,0	9,9	B
2022	15	25,9%	1.724	0,794	841	81,0	81,0	10,4	B
2023	16	25,9%	1.802	0,794	879	81,0	81,0	10,9	B
2024	17	25,9%	1.884	0,794	919	81,0	81,0	11,3	C
2025	18	25,9%	1.969	0,794	961	81,0	81,0	11,9	C
2026	19	25,9%	2.059	0,794	1.004	81,0	81,0	12,4	C
2027	20	25,9%	2.152	0,794	1.050	81,0	81,0	13,0	C
2028	21	25,9%	2.250	0,794	1.098	81,0	81,0	13,6	C
2029	22	25,9%	2.352	0,794	1.148	81,0	81,0	14,2	C
2030	23	25,9%	2.459	0,794	1.200	81,0	81,0	14,8	C
2031	24	25,9%	2.570	0,794	1.254	81,0	81,0	15,5	C
2032	25	25,9%	2.687	0,794	1.311	81,0	81,0	16,2	D
2032	25	25,9%	2.687	0,794	1.311	81,0	81,0	16,2	D

6.1.1.17 Segmento 17

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 361,66 - km 366,123				Sentido: Norte			
Fator de Hora Pico =		0,86							
Número de faixas atual=		2		por sentido					
Número de Faixas Projeto=		2		por sentido					
FFS=		70		km/h					
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%							
Fator de população =		1							
Inclinação =		-							
Extensão (m) =		4463,16		Et=		2,00			
Número de faixas para 2032=		3							
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS
2013	6	25,9%	1.225	0,794	896	70,0	70,0	12,8	C
2014	7	25,9%	1.255	0,794	918	70,0	70,0	13,1	C

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:		km 361,66 - km 366,123				Sentido: Norte				
2015	8	25,9%	1.291	0,794	945	70,0	70,0	13,5	C	
2016	9	25,9%	1.334	0,794	977	70,0	70,0	14,0	C	
2017	10	25,9%	1.381	0,794	1.011	70,0	70,0	14,4	C	
2018	11	25,9%	1.444	0,794	1.056	70,0	70,0	15,1	C	
2019	12	25,9%	1.509	0,794	1.104	70,0	70,0	15,8	C	
2020	13	25,9%	1.578	0,794	1.154	70,0	70,0	16,5	D	
2021	14	25,9%	1.649	0,794	1.207	70,0	70,0	17,2	D	
2022	15	25,9%	1.724	0,794	1.262	70,0	70,0	18,0	D	
2023	16	25,9%	1.802	0,794	1.319	70,0	70,0	18,8	D	
2024	17	25,9%	1.884	0,794	1.379	70,0	70,0	19,7	D	
2025	18	25,9%	1.969	0,794	1.441	70,0	69,9	20,6	D	
2026	19	25,9%	2.059	0,794	1.507	70,0	69,7	21,6	D	
2027	20	25,9%	2.152	0,794	1.575	70,0	69,5	22,7	E	
2028	21	25,9%	2.250	0,794	1.647	70,0	69,1	23,8	E	
2029	22	25,9%	2.352	0,794	1.722	70,0	68,8	25,0	E	
2030	23	25,9%	2.459	0,794	1.800	70,0	68,4	26,3	E	
2031	24	25,9%	2.570	0,794	1.881	70,0	68,0	27,7	E	
2032	25	25,9%	2.687	0,794	1.967	70,0	67,5	29,2	F	
2032	25	25,9%	2.687	0,794	1.311	70,0	70,0	18,7	D	

6.1.2. Pista Sul

6.1.2.1 Segmento 1

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:		km 336,18 - km 337,165				Sentido: Norte				
Fator de Hora Pico =		0,86								
Número de faixas atual=		2 por sentido								
Número de Faixas Projeto=		2 por sentido								
FFS=		70 km/h								
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%								
Fator de população =		1								
Inclinação =		3,60%								
Extensão (m) =		985,00				Et= 2,00				
Número de faixas para 2032=		3								
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	16,8%	1.159	0,856	787	70,0	70,0	11,2	C	
2014	7	16,8%	1.187	0,856	806	70,0	70,0	11,5	C	
2015	8	16,8%	1.221	0,856	829	70,0	70,0	11,8	C	
2016	9	16,8%	1.263	0,856	857	70,0	70,0	12,2	C	
2017	10	16,8%	1.307	0,856	887	70,0	70,0	12,7	C	
2018	11	16,8%	1.366	0,856	928	70,0	70,0	13,3	C	
2019	12	16,8%	1.428	0,856	970	70,0	70,0	13,9	C	
2020	13	16,8%	1.493	0,856	1.014	70,0	70,0	14,5	C	
2021	14	16,8%	1.561	0,856	1.060	70,0	70,0	15,1	C	
2022	15	16,8%	1.631	0,856	1.108	70,0	70,0	15,8	C	
2023	16	16,8%	1.705	0,856	1.158	70,0	70,0	16,5	D	
2024	17	16,8%	1.783	0,856	1.211	70,0	70,0	17,3	D	
2025	18	16,8%	1.864	0,856	1.266	70,0	70,0	18,1	D	
2026	19	16,8%	1.948	0,856	1.323	70,0	70,0	18,9	D	
2027	20	16,8%	2.037	0,856	1.383	70,0	70,0	19,8	D	

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000											
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho:	km 336,18 - km 337,165				Sentido: Norte						
2028	21	16,8%	2.129	0,856	1.446	70,0	69,9	20,7	D		
2029	22	16,8%	2.226	0,856	1.511	70,0	69,7	21,7	D		
2030	23	16,8%	2.327	0,856	1.580	70,0	69,4	22,8	E		
2031	24	16,8%	2.432	0,856	1.652	70,0	69,1	23,9	E		
2032	25	16,8%	2.543	0,856	1.727	70,0	68,8	25,1	E		
2032	25	16,8%	2.543	0,856	1.151	70,0	70,0	16,4	D		

6.1.2.2 Segmento 2

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000											
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho:	km 337,165 - km 340,15				Sentido: Norte						
Fator de Hora Pico =	0,86										
Número de faixas atual=	2		por sentido								
Número de Faixas Projeto=	2		por sentido								
FFS=	70 km/h										
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%										
Fator de população =	1										
Inclinação =	-										
Extensão (m) =	2985,00				Et= 1,50						
Número de faixas para 2032=	3										
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS			
2013	6	16,2%	1.122	0,925	705	70,0	70,0	10,1	B		
2014	7	16,2%	1.150	0,925	722	70,0	70,0	10,3	B		
2015	8	16,2%	1.183	0,925	743	70,0	70,0	10,6	B		
2016	9	16,2%	1.223	0,925	768	70,0	70,0	11,0	B		
2017	10	16,2%	1.265	0,925	795	70,0	70,0	11,4	C		
2018	11	16,2%	1.323	0,925	831	70,0	70,0	11,9	C		
2019	12	16,2%	1.383	0,925	869	70,0	70,0	12,4	C		
2020	13	16,2%	1.445	0,925	908	70,0	70,0	13,0	C		
2021	14	16,2%	1.511	0,925	949	70,0	70,0	13,6	C		
2022	15	16,2%	1.580	0,925	992	70,0	70,0	14,2	C		
2023	16	16,2%	1.651	0,925	1.037	70,0	70,0	14,8	C		
2024	17	16,2%	1.726	0,925	1.085	70,0	70,0	15,5	C		
2025	18	16,2%	1.805	0,925	1.134	70,0	70,0	16,2	D		
2026	19	16,2%	1.886	0,925	1.185	70,0	70,0	16,9	D		
2027	20	16,2%	1.972	0,925	1.239	70,0	70,0	17,7	D		
2028	21	16,2%	2.062	0,925	1.295	70,0	70,0	18,5	D		
2029	22	16,2%	2.155	0,925	1.354	70,0	70,0	19,3	D		
2030	23	16,2%	2.253	0,925	1.416	70,0	70,0	20,2	D		
2031	24	16,2%	2.355	0,925	1.480	70,0	69,8	21,2	D		
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.547	70,0	69,6	22,2	E		
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.031	70,0	70,0	14,7	C		

6.1.2.3 Segmento 3

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000											
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho:	km 340,15 - km 341,06				Sentido: Norte						

Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2	por sentido							
Número de Faixas Projeto=	3	por sentido							
FFS=	70	km/h							
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	5,95%								
Extensão (m) =	910,00	Et=	3,00						
Número de faixas para 2032=	3								

ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	26,5%	1.105	0,654	982	70,0	70,0	14,0	C
2014	7	26,5%	1.132	0,654	1.006	70,0	70,0	14,4	C
2015	8	26,5%	1.164	0,654	1.035	70,0	70,0	14,8	C
2016	9	26,5%	1.204	0,654	1.070	70,0	70,0	15,3	C
2017	10	26,5%	1.246	0,654	738	70,0	70,0	10,5	B
2018	11	26,5%	1.302	0,654	771	70,0	70,0	11,0	C
2019	12	26,5%	1.361	0,654	806	70,0	70,0	11,5	C
2020	13	26,5%	1.423	0,654	843	70,0	70,0	12,0	C
2021	14	26,5%	1.488	0,654	881	70,0	70,0	12,6	C
2022	15	26,5%	1.555	0,654	921	70,0	70,0	13,2	C
2023	16	26,5%	1.626	0,654	963	70,0	70,0	13,8	C
2024	17	26,5%	1.699	0,654	1.007	70,0	70,0	14,4	C
2025	18	26,5%	1.776	0,654	1.052	70,0	70,0	15,0	C
2026	19	26,5%	1.857	0,654	1.100	70,0	70,0	15,7	C
2027	20	26,5%	1.941	0,654	1.150	70,0	70,0	16,4	D
2028	21	26,5%	2.029	0,654	1.202	70,0	70,0	17,2	D
2029	22	26,5%	2.122	0,654	1.257	70,0	70,0	18,0	D
2030	23	26,5%	2.218	0,654	1.314	70,0	70,0	18,8	D
2031	24	26,5%	2.318	0,654	1.374	70,0	70,0	19,6	D
2032	25	26,5%	2.424	0,654	1.436	70,0	69,9	20,5	D
2032	25	26,5%	2.424	0,654	1.436	70,0	69,9	20,5	D

6.1.2.4 Segmento 4

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 341,06 - km 342,385			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	2		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	-								
Extensão (m) =	1325,00		Et= 2,50						
Número de faixas para 2032=	3								

ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	26,9%	1.085	0,712	885	70,0	70,0	12,6	C
2014	7	26,9%	1.112	0,712	907	70,0	70,0	13,0	C
2015	8	26,9%	1.144	0,712	933	70,0	70,0	13,3	C
2016	9	26,9%	1.182	0,712	965	70,0	70,0	13,8	C
2017	10	26,9%	1.224	0,712	998	70,0	70,0	14,3	C
2018	11	26,9%	1.279	0,712	1.044	70,0	70,0	14,9	C
2019	12	26,9%	1.337	0,712	1.091	70,0	70,0	15,6	C

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho: km 341,06 - km 342,385 Sentido: Norte										
2020	13	26,9%	1.398	0,712	1.140	70,0	70,0	16,3	D	
2021	14	26,9%	1.461	0,712	1.192	70,0	70,0	17,0	D	
2022	15	26,9%	1.527	0,712	1.246	70,0	70,0	17,8	D	
2023	16	26,9%	1.597	0,712	1.303	70,0	70,0	18,6	D	
2024	17	26,9%	1.669	0,712	1.362	70,0	70,0	19,5	D	
2025	18	26,9%	1.745	0,712	1.424	70,0	70,0	20,4	D	
2026	19	26,9%	1.824	0,712	1.489	70,0	69,8	21,3	D	
2027	20	26,9%	1.907	0,712	1.556	70,0	69,5	22,4	E	
2028	21	26,9%	1.994	0,712	1.627	70,0	69,2	23,5	E	
2029	22	26,9%	2.084	0,712	1.701	70,0	68,9	24,7	E	
2030	23	26,9%	2.179	0,712	1.778	70,0	68,5	26,0	E	
2031	24	26,9%	2.277	0,712	1.859	70,0	68,1	27,3	E	
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.943	70,0	67,6	28,7	F	
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.295	70,0	70,0	18,5	D	

6.1.2.5 Segmento 5

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000										
Rodovia: BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt										
Trecho: km 342,385 - km 343,385 Sentido: Norte										
Fator de Hora Pico = 0,86										
Número de faixas atual= 2 por sentido										
Número de Faixas Projeto= 3 por sentido										
FFS= 70 km/h										
Fator de distribuição direcional (d) = 100,0%										
Fator de população = 1										
Inclinação = 3,90%										
Extensão (m) = 1000,00 Et= 2,00										
Número de faixas para 2032= 3										
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	16,8%	1.159	0,856	787	70,0	70,0	11,2	C	
2014	7	16,8%	1.187	0,856	806	70,0	70,0	11,5	C	
2015	8	16,8%	1.221	0,856	829	70,0	70,0	11,8	C	
2016	9	16,8%	1.263	0,856	857	70,0	70,0	12,2	C	
2017	10	16,8%	1.307	0,856	591	70,0	70,0	8,4	B	
2018	11	16,8%	1.366	0,856	618	70,0	70,0	8,8	B	
2019	12	16,8%	1.428	0,856	646	70,0	70,0	9,2	B	
2020	13	16,8%	1.493	0,856	676	70,0	70,0	9,7	B	
2021	14	16,8%	1.561	0,856	706	70,0	70,0	10,1	B	
2022	15	16,8%	1.631	0,856	738	70,0	70,0	10,5	B	
2023	16	16,8%	1.705	0,856	772	70,0	70,0	11,0	C	
2024	17	16,8%	1.783	0,856	807	70,0	70,0	11,5	C	
2025	18	16,8%	1.864	0,856	844	70,0	70,0	12,1	C	
2026	19	16,8%	1.948	0,856	882	70,0	70,0	12,6	C	
2027	20	16,8%	2.037	0,856	922	70,0	70,0	13,2	C	
2028	21	16,8%	2.129	0,856	964	70,0	70,0	13,8	C	
2029	22	16,8%	2.226	0,856	1.007	70,0	70,0	14,4	C	
2030	23	16,8%	2.327	0,856	1.053	70,0	70,0	15,0	C	
2031	24	16,8%	2.432	0,856	1.101	70,0	70,0	15,7	C	
2032	25	16,8%	2.543	0,856	1.151	70,0	70,0	16,4	D	
2032	25	16,8%	2.543	0,856	1.151	70,0	70,0	16,4	D	

6.1.2.6 Segmento 6

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 343,385 - km 347,27			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	2		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	-4,95%								
Extensão (m) =	3885,00		Et=		1,50				
Número de faixas para 2032=	3								
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	16,2%	1.122	0,925	705	70,0	70,0	10,1	B
2014	7	16,2%	1.150	0,925	722	70,0	70,0	10,3	B
2015	8	16,2%	1.183	0,925	743	70,0	70,0	10,6	B
2016	9	16,2%	1.223	0,925	768	70,0	70,0	11,0	B
2017	10	16,2%	1.265	0,925	795	70,0	70,0	11,4	C
2018	11	16,2%	1.323	0,925	831	70,0	70,0	11,9	C
2019	12	16,2%	1.383	0,925	869	70,0	70,0	12,4	C
2020	13	16,2%	1.445	0,925	908	70,0	70,0	13,0	C
2021	14	16,2%	1.511	0,925	949	70,0	70,0	13,6	C
2022	15	16,2%	1.580	0,925	992	70,0	70,0	14,2	C
2023	16	16,2%	1.651	0,925	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2024	17	16,2%	1.726	0,925	1.085	70,0	70,0	15,5	C
2025	18	16,2%	1.805	0,925	1.134	70,0	70,0	16,2	D
2026	19	16,2%	1.886	0,925	1.185	70,0	70,0	16,9	D
2027	20	16,2%	1.972	0,925	1.239	70,0	70,0	17,7	D
2028	21	16,2%	2.062	0,925	1.295	70,0	70,0	18,5	D
2029	22	16,2%	2.155	0,925	1.354	70,0	70,0	19,3	D
2030	23	16,2%	2.253	0,925	1.416	70,0	70,0	20,2	D
2031	24	16,2%	2.355	0,925	1.480	70,0	69,8	21,2	D
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.547	70,0	69,6	22,2	E
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.031	70,0	70,0	14,7	C

6.1.2.7 Segmento 7

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 347,27 - km 348,66			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	3		por sentido						
FFS=	70		km/h						
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	3,75%								
Extensão (m) =	1390,00		Et=		2,50				
Número de faixas para 2032=	3								

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 347,27 - km 348,66				Sentido: Norte			
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	26,9%	1.085	0,712	885	70,0	70,0	12,6	C
2014	7	26,9%	1.112	0,712	907	70,0	70,0	13,0	C
2015	8	26,9%	1.144	0,712	933	70,0	70,0	13,3	C
2016	9	26,9%	1.182	0,712	965	70,0	70,0	13,8	C
2017	10	26,9%	1.224	0,712	665	70,0	70,0	9,5	B
2018	11	26,9%	1.279	0,712	696	70,0	70,0	9,9	B
2019	12	26,9%	1.337	0,712	727	70,0	70,0	10,4	B
2020	13	26,9%	1.398	0,712	760	70,0	70,0	10,9	B
2021	14	26,9%	1.461	0,712	795	70,0	70,0	11,4	C
2022	15	26,9%	1.527	0,712	831	70,0	70,0	11,9	C
2023	16	26,9%	1.597	0,712	868	70,0	70,0	12,4	C
2024	17	26,9%	1.669	0,712	908	70,0	70,0	13,0	C
2025	18	26,9%	1.745	0,712	949	70,0	70,0	13,6	C
2026	19	26,9%	1.824	0,712	992	70,0	70,0	14,2	C
2027	20	26,9%	1.907	0,712	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2028	21	26,9%	1.994	0,712	1.084	70,0	70,0	15,5	C
2029	22	26,9%	2.084	0,712	1.134	70,0	70,0	16,2	D
2030	23	26,9%	2.179	0,712	1.185	70,0	70,0	16,9	D
2031	24	26,9%	2.277	0,712	1.239	70,0	70,0	17,7	D
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.295	70,0	70,0	18,5	D
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.295	70,0	70,0	18,5	D

6.1.2.8 Segmento 8

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 348,66 - km 359,154982				Sentido: Norte			
Fator de Hora Pico =		0,86							
Número de faixas atual=		2 por sentido							
Número de Faixas Projeto=		2 por sentido							
FFS=		70 km/h							
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%							
Fator de população =		1							
Inclinação =		-4,55%							
Extensão (m) =		10494,98				Et= 1,50			
Número de faixas para 2032=		3							
ANO	%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS	
2013	6	16,2%	1.122	0,925	705	70,0	70,0	10,1	B
2014	7	16,2%	1.150	0,925	722	70,0	70,0	10,3	B
2015	8	16,2%	1.183	0,925	743	70,0	70,0	10,6	B
2016	9	16,2%	1.223	0,925	768	70,0	70,0	11,0	B
2017	10	16,2%	1.265	0,925	795	70,0	70,0	11,4	C
2018	11	16,2%	1.323	0,925	831	70,0	70,0	11,9	C
2019	12	16,2%	1.383	0,925	869	70,0	70,0	12,4	C
2020	13	16,2%	1.445	0,925	908	70,0	70,0	13,0	C
2021	14	16,2%	1.511	0,925	949	70,0	70,0	13,6	C
2022	15	16,2%	1.580	0,925	992	70,0	70,0	14,2	C
2023	16	16,2%	1.651	0,925	1.037	70,0	70,0	14,8	C
2024	17	16,2%	1.726	0,925	1.085	70,0	70,0	15,5	C
2025	18	16,2%	1.805	0,925	1.134	70,0	70,0	16,2	D
2026	19	16,2%	1.886	0,925	1.185	70,0	70,0	16,9	D




ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 348,66 - km 359,154982			Sentido: Norte					
2027	20	16,2%	1.972	0,925	1.239	70,0	70,0	17,7	D
2028	21	16,2%	2.062	0,925	1.295	70,0	70,0	18,5	D
2029	22	16,2%	2.155	0,925	1.354	70,0	70,0	19,3	D
2030	23	16,2%	2.253	0,925	1.416	70,0	70,0	20,2	D
2031	24	16,2%	2.355	0,925	1.480	70,0	69,8	21,2	D
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.547	70,0	69,6	22,2	E
2032	25	16,2%	2.462	0,925	1.031	70,0	70,0	14,7	C

6.1.2.9 Segmento 9

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:	BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt								
Trecho:	km 359,154982 - km 364,697006			Sentido: Norte					
Fator de Hora Pico =	0,86								
Número de faixas atual=	2		por sentido						
Número de Faixas Projeto=	2		por sentido						
FFS=	70 km/h								
Fator de distribuição direcional (d) =	100,0%								
Fator de população =	1								
Inclinação =	-								
Extensão (m) =	5542,02			Et= 2,50					
Número de faixas para 2032=	3								
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS
2013	6	26,9%	1.085	0,712	885	70,0	70,0	12,6	C
2014	7	26,9%	1.112	0,712	907	70,0	70,0	13,0	C
2015	8	26,9%	1.144	0,712	933	70,0	70,0	13,3	C
2016	9	26,9%	1.182	0,712	965	70,0	70,0	13,8	C
2017	10	26,9%	1.224	0,712	998	70,0	70,0	14,3	C
2018	11	26,9%	1.279	0,712	1.044	70,0	70,0	14,9	C
2019	12	26,9%	1.337	0,712	1.091	70,0	70,0	15,6	C
2020	13	26,9%	1.398	0,712	1.140	70,0	70,0	16,3	D
2021	14	26,9%	1.461	0,712	1.192	70,0	70,0	17,0	D
2022	15	26,9%	1.527	0,712	1.246	70,0	70,0	17,8	D
2023	16	26,9%	1.597	0,712	1.303	70,0	70,0	18,6	D
2024	17	26,9%	1.669	0,712	1.362	70,0	70,0	19,5	D
2025	18	26,9%	1.745	0,712	1.424	70,0	70,0	20,4	D
2026	19	26,9%	1.824	0,712	1.489	70,0	69,8	21,3	D
2027	20	26,9%	1.907	0,712	1.556	70,0	69,5	22,4	E
2028	21	26,9%	1.994	0,712	1.627	70,0	69,2	23,5	E
2029	22	26,9%	2.084	0,712	1.701	70,0	68,9	24,7	E
2030	23	26,9%	2.179	0,712	1.778	70,0	68,5	26,0	E
2031	24	26,9%	2.277	0,712	1.859	70,0	68,1	27,3	E
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.943	70,0	67,6	28,7	F
2032	25	26,9%	2.381	0,712	1.295	70,0	70,0	18,5	D

6.1.2.10 Segmento 10

ANÁLISE DE MÚTIPLAS FAIXAS - SEGMENTO ESPECÍFICO - HCM 2000									
Rodovia:		BR 116 - Rodovia Régis Bittencourt							
Trecho:		km 355,87 - km 359,154982			Sentido: Norte				
Fator de Hora Pico =		0,86							
Número de faixas atual=		3			por sentido				
Número de Faixas Projeto=		4			por sentido				
FFS=		70			km/h				
Fator de distribuição direcional (d) =		100,0%							
Fator de população =		1							
Inclinação =		6,20%							
Extensão (m) =		3284,98			Et= 4,00				
Número de faixas para 2032=		5							
ANO		%C	VHP	Fhv	vp	FFS	S	D	NS
2013	6	32,1%	1.293	0,510	983	70,0	70,0	14,0	C
2014	7	32,1%	1.325	0,510	1.007	70,0	70,0	14,4	C
2015	8	32,1%	1.363	0,510	1.036	70,0	70,0	14,8	C
2016	9	32,1%	1.409	0,510	1.071	70,0	70,0	15,3	C
2017	10	32,1%	1.458	0,510	831	70,0	70,0	11,9	C
2018	11	32,1%	1.524	0,510	869	70,0	70,0	12,4	C
2019	12	32,1%	1.593	0,510	908	70,0	70,0	13,0	C
2020	13	32,1%	1.665	0,510	949	70,0	70,0	13,6	C
2021	14	32,1%	1.741	0,510	993	70,0	70,0	14,2	C
2022	15	32,1%	1.820	0,510	1.038	70,0	70,0	14,8	C
2023	16	32,1%	1.903	0,510	1.085	70,0	70,0	15,5	C
2024	17	32,1%	1.989	0,510	1.134	70,0	70,0	16,2	D
2025	18	32,1%	2.079	0,510	1.185	70,0	70,0	16,9	D
2026	19	32,1%	2.174	0,510	1.239	70,0	70,0	17,7	D
2027	20	32,1%	2.272	0,510	1.295	70,0	70,0	18,5	D
2028	21	32,1%	2.375	0,510	1.354	70,0	70,0	19,3	D
2029	22	32,1%	2.483	0,510	1.416	70,0	70,0	20,2	D
2030	23	32,1%	2.596	0,510	1.480	70,0	69,8	21,2	D
2031	24	32,1%	2.714	0,510	1.547	70,0	69,6	22,2	E
2032	25	32,1%	2.837	0,510	1.617	70,0	69,3	23,3	E
2032	25	32,1%	2.837	0,510	1.294	70,0	70,0	18,5	D

	Autopista Régis Bittencourt 	Código MC-06-116/SP-352-0-F07/501	Revisão A
		Emissão 20/11/2014	Folha 1 de 8
Lote : 04	Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT	Projetista:  Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Memória de Cálculo de Alinhamento Horizontal e Vertical PISTA NORTE		ANTT:	



Documentos de Referência:

DE-06-116/SP-352-0-F02/501

DE-06-116/SP-352-0-F03/501

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

FIRMA PROJETISTA: SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.

Nº INTERNO: SET-MC-06-116/SP-352-0-F07/501

Rev.: 0

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	3
2. NOTAS GERAIS	3
3. PISTA NORTE	4

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar à AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT – o relatório de alinhamento horizontal e vertical da BR-116. Rodovia Régis Bittencourt – Retorno Operacional – km 352+000, trecho São Paulo - Curitiba.

- PISTA NORTE

2. NOTAS GERAIS

1. Intervalo apresentado nesse documento - EST. 17563+0.000 à EST. 17585+0.000. Para o intervalo que antecede a EST. 17563+0.000 e posterior a EST. 17585+0.000 ver projeto duplicação km 348+300 ao km 353+700 – EST. 17394+16.152 (PISTA NORTE – MC-06-116/SP-348-3-F07/501).

Código: MC-06-116/SP-352-0-F07/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 4 de 8
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

3. PISTA NORTE

ALINHAMENTO HORIZONTAL

Curva N°	Deflexão	Curva de Transição							Curva Circular			
		Lc	Ang.Espiral	Xc	Yc	Tl	Tc	Ts	R	Ac	T	D
8	12°18'16.366"	-	-	-	-	-	-	-	1200.000	12°18'16.366"	129.350	257.706
		-	-	-	-	-	-	-				
9	23°01'39.101"	-	-	-	-	-	-	-	475.000	23°01'39.101"	96.759	190.905
		-	-	-	-	-	-	-				




Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MC-06-116/SP-352-0-F07/501	A	20/11/2014	7 de 8

ALINHAMENTO VERTICAL

Curva	Ponto	Estaca	Cota	Declividade	L1	L2	emax	K1	K2
		17563+0.000	378.623		-	-	-	-	-
				-6.000%					
7	PCV=	17567+0.000	373.823		40.000	40.000	0.200	40.000	40.000
	PIV=	17569+0.000	371.423						
	PTV=	17571+0.000	369.823						
				-4.000%					
		17585+0.000	358.623		-	-	-	-	-

TABELA DE COORDENADAS E COTAS

Estaca	Tipo de Ponto	E	N	Cota
17563+0.000		272708.283202	7336813.359824	378.623
17564+0.000		272689.890756	7336805.504337	377.423
17565+0.000		272671.369946	7336797.956468	376.223
17566+0.000		272652.725916	7336790.718314	375.023
17567+0.000		272633.963845	7336783.791884	373.823
17567+12.073	PT=	272622.583520	7336779.762558	373.117
17568+0.000		272615.097505	7336777.154357	372.673
17568+17.621	NF=	272598.456889	7336771.357306	371.743
17569+0.000		272596.210993	7336770.574109	371.623
17569+3.000		272593.378016	7336769.587072	371.475
17570+0.000		272577.324480	7336763.993862	370.673
17570+12.354	PC=	272565.658032	7336759.929157	370.137
17571+0.000		272558.458525	7336757.355617	369.823
17572+0.000		272539.830812	7336750.078995	369.023
17572+15.000		272526.070082	7336744.110443	368.423
17573+0.000		272521.525902	7336742.024730	368.223
17574+0.000		272503.576243	7336733.207098	367.423
17575+0.000		272486.013651	7336723.641729	366.623
17576+0.000		272468.869259	7336713.345578	365.823
17577+0.000		272452.173455	7336702.336897	365.023
17577+3.000		272449.709616	7336700.625329	364.903
17578+0.000		272435.955836	7336690.635200	364.223
17579+0.000		272420.245147	7336678.261228	363.423
17580+0.000		272405.069238	7336665.236916	362.623
17580+3.260	PT=	272402.648328	7336663.054075	362.493
17581+0.000		272390.254177	7336651.801401	361.823
17582+0.000		272375.446616	7336638.357588	361.023
17583+0.000		272360.639054	7336624.913774	360.223
17583+17.000		272348.052627	7336613.486533	359.543
17584+0.000		272345.831493	7336611.469961	359.423
17585+0.000		272331.023931	7336598.026147	358.623

		Autopista Régis Bittencourt 		Código MC-06-116/SP-352-0-F07/502		Revisão A	
Emissão 20/11/2014		Folha 1 de 9					
Lote : 04		Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT		Projetista:  Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.			
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000				Concessionária: Autopista Régis Bittencourt			
Objeto : Memória de Cálculo de Alinhamento Horizontal e Vertical PISTA SUL				ANTT:			



Documentos de Referência:

DE-06-116/SP-352-0-F02/501

DE-06-116/SP-352-0-F03/502

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

FIRMA PROJETISTA: SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.

Nº INTERNO: SET-MC-06-116/SP-352-0-F07/502

Rev.: 0

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	3
2. PISTA SUL.....	4

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar à AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT – o relatório de alinhamento horizontal e vertical da BR-116. Rodovia Régis Bittencourt – Retorno Operacional – km 352+000, trecho São Paulo - Curitiba.

- PISTA SUL

Código: MC-06-116/SP-352-0-F07/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 4 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

2. PISTA SUL

ALINHAMENTO HORIZONTAL

Curva N°	Deflexão	Curva de Transição						Curva Circular				
		Lc	Ang.Espiral	Xc	Yc	Tl	Tc	Ts	R	Ac	T	D
1	16°33'10.109"	-	-	-	----				557.000	16°33'10.109"	81.023	160.918
		-	-	-	-	-	-	-				

Curva N°	Coordenadas PI	Azimute	Coordenadas				Estaca				
			CC	Início/TE/PC	EC	CE	ET/PT/Fim	Início/TE/PC	EC	CE	ET/PT/Fim
INICIO=	N 7336823.823136		-	---			-	17589+0.000	-	-	-
	E 272900.918233		-	-	-	-	-				
		247°01'50.865"									
1	N 7336745.696196		7336264.476306	7336777.314412	-	-	7336694.135052	17594+19.331	-	-	1763+0.249
	E 272716.423957		273008.384888	272791.023263	-	-	272653.924225				
		230°28'40.756"									
FIM=	N 7336411.107202		-	---			-	-	-	-	17625+5.000
	E 272310.852613		-	-	-	-	-				

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MC-06-116/SP-352-0-F07/502	A	20/11/2014	7 de 9




ALINHAMENTO VERTICAL

Curva	Ponto	Estaca	Cota	Declividade	L1	L2	emax	K1	K2
	INICIO=	17589+0.000	389.873		-	-	-	-	-
				-3.700%					
1	PCV=	17589+0.000	389.873		15.000	15.000	0.028	40.000	40.000
	PIV=	17589+15.000	389.318						
	PTV=	17590+10.000	388.876						
				-2.950%					
2	PCV=	17592+0.000	387.991		20.000	20.000	-0.016	122.772	122.772
	PIV=	17593+0.000	387.401						
	PTV=	17594+0.000	386.746						
				-3.276%					
3	PCV=	17599+0.000	383.470		50.000	50.000	-0.271	46.130	46.130
	PIV=	17601+10.000	381.832						
	PTV=	17604+0.000	379.110						
				-5.444%					
4	PCV=	17615+0.000	367.134		40.000	40.000	-0.025	317.991	317.991
	PIV=	17617+0.000	364.957						
	PTV=	17619+0.000	362.679						
				-5.695%					
5	PCV=	17620+15.000	360.685		15.000	15.000	0.021	54.141	54.141
	PIV=	17621+10.000	359.831						
	PTV=	17622+5.000	359.060						
				-5.141%					
	FIM=	17625+5.000	355.975		-	-	-	-	-

TABELA DE COORDENADAS E COTAS

Estaca	Tipo de Ponto	E	N	Cota
17589+0.000		272900.893359	7336823.881823	389.873
17589+10.000		272891.686212	7336819.979460	389.516
17590+0.000		272882.479065	7336816.077097	389.183
17590+10.000		272873.271917	7336812.174734	388.876
17591+0.000		272864.064770	7336808.272371	388.581
17591+10.000		272854.857623	7336804.370008	388.286
17592+0.000		272845.650475	7336800.467645	387.991
17592+10.000		272836.443328	7336796.565282	387.692
17593+0.000		272827.236181	7336792.662919	387.384
17593+10.000		272818.029033	7336788.760555	387.069
17594+0.000		272808.821886	7336784.858192	386.746
17594+10.000		272799.614739	7336780.955829	386.418
17594+19.331	PC=	272791.023263	7336777.314412	386.112
17595+0.000		272790.407748	7336777.053097	386.090
17595+10.000		272781.240915	7336773.057288	385.763
17596+0.000		272772.147294	7336768.897557	385.435
17596+10.000		272763.129814	7336764.575245	385.108
17597+0.000		272754.191384	7336760.091744	384.780
17597+10.000		272745.334884	7336755.448500	384.453
17598+0.000		272736.563168	7336750.647009	384.125
17598+10.000		272727.879064	7336745.688819	383.797
17599+0.000		272719.285371	7336740.575528	383.470
17599+10.000		272710.784858	7336735.308783	383.131
17600+0.000		272702.380265	7336729.890284	382.771
17600+10.000		272694.074302	7336724.321775	382.389
17601+0.000		272685.869645	7336718.605052	381.986
17601+10.000		272677.768939	7336712.741957	381.561
17602+0.000		272669.774795	7336706.734381	381.114
17602+10.000		272661.889790	7336700.584259	380.646
17603+0.000		272654.116464	7336694.293574	380.155
17603+0.249	PT=	272653.924225	7336694.135052	380.143
17603+10.000		272646.402627	7336687.929870	379.644
17604+0.000		272638.688825	7336681.566124	379.110
17604+10.000		272630.975024	7336675.202378	378.566
17605+0.000		272623.261222	7336668.838632	378.021
17605+10.000		272615.547421	7336662.474886	377.477
17606+0.000		272607.833619	7336656.111139	376.933
17606+10.000		272600.119818	7336649.747393	376.388
17607+0.000		272592.406016	7336643.383647	375.844
17607+10.000		272584.692214	7336637.019901	375.300
17608+0.000		272576.978413	7336630.656155	374.755
17608+10.000		272569.264611	7336624.292408	374.211
17609+0.000		272561.550810	7336617.928662	373.666
17609+10.000		272553.837008	7336611.564916	373.122
17610+0.000		272546.123207	7336605.201170	372.578
17610+10.000		272538.409405	7336598.837424	372.033
17610+10.396	NF=	272538.103939	7336598.585419	372.012

Estaca	Tipo de Ponto	E	N	Cota
17611+0.000		272530.695604	7336592.473677	371.489
17611+10.000		272522.981802	7336586.109931	370.945
17612+0.000		272515.268001	7336579.746185	370.400
17612+10.000		272507.554199	7336573.382439	369.856
17612+17.084	NT=	272502.089742	7336568.874361	369.470
17613+0.000		272499.840398	7336567.018693	369.312
17613+10.000		272492.126596	7336560.654946	368.767
17614+0.000		272484.412794	7336554.291200	368.223
17614+10.000		272476.698993	7336547.927454	367.679
17615+0.000		272468.985191	7336541.563708	367.134
17615+10.000		272461.271390	7336535.199962	366.588
17616+0.000		272453.557588	7336528.836215	366.039
17616+10.000		272445.843787	7336522.472469	365.487
17617+0.000		272438.129985	7336516.108723	364.932
17617+10.000		272430.416184	7336509.744977	364.373
17618+0.000		272422.702382	7336503.381231	363.811
17618+10.000		272414.988580	7336497.017484	363.247
17619+0.000		272407.274779	7336490.653738	362.679
17619+10.000		272399.560977	7336484.289992	362.109
17620+0.000		272391.847176	7336477.926246	361.540
17620+10.000		272384.133374	7336471.562500	360.970
17621+0.000		272376.419573	7336465.198753	360.403
17621+10.000		272368.705771	7336458.835007	359.852
17622+0.000		272360.991970	7336452.471261	359.319
17622+10.000		272353.278168	7336446.107515	358.803
17623+0.000		272345.564367	7336439.743769	358.289
17623+10.000		272337.850565	7336433.380023	357.775
17624+0.000		272330.136763	7336427.016276	357.260
17624+10.000		272322.422962	7336420.652530	356.746
17625+0.000		272314.709160	7336414.288784	356.232
17625+10.000		272306.995359	7336407.925038	355.716
17626+0.000		272299.281557	7336401.561292	355.188
17626+10.000		272291.567756	7336395.197545	354.645
17627+0.000		272283.853954	7336388.833799	354.089
17627+3.118	FIM=	272281.449081	7336386.849822	353.916

	Autopista Régis Bittencourt 	Código MC-06-116/SP-352-0-F07/503	Revisão A
		Emissão 20/11/2014	Folha 1 de 8
Lote : 04	Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT	Projetista: 	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Memória de Cálculo de Alinhamento Horizontal e Vertical RETORNO OPERACIONAL – km 352+000		ANTT:	



Documentos de Referência:

DE-06-116/SP-352-0-F02/501

DE-06-116/SP-352-0-F03/503

Documentos Resultantes:

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

FIRMA PROJETISTA: SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.

Nº INTERNO: SET-MC-06-116/SP-352-0-F07/503

Rev.: 1

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	3
2. RETORNO OPERACIONAL – KM 352+00.....	4

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar à AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT – o relatório de alinhamento horizontal e vertical da BR-116. Rodovia Régis Bittencourt – Retorno Operacional – km 352+000, trecho São Paulo - Curitiba.

- RETORNO OPERACIONAL – km 352+000

Código: MC-06-116/SP-352-0-F07/503	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 4 de 8
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

2. RETORNO OPERACIONAL – km 352+000

ALINHAMENTO HORIZONTAL

Curva N°	Deflexão	Curva de Transição						Curva Circular				
		Lc	Ang.Espiral	Xc	Yc	TI	Tc	Ts	R	Ac	T	D
1	14°25'49.383"	-	-	-	-	-	--		465.000	14°25'49.383"	58.868	117.114
		-	-	-	-	-	-	-				
2	4°21'45.403"	-	-	-	-	-	--		460.000	4°21'45.403"	17.521	35.025
		-	-	-	-	-	-	-				
3	158°05'35.594"	50.000	44°45'44.380"	47.033	12.464	34.465	17.700	206.301	32.000	68°34'06.834"	21.816	38.296
		50.000	44°45'44.380"	47.033	12.464	34.465	17.700	206.301				

Curva N°	Coordenadas PI		Azimute	Coordenadas					Estaca			
	CC	Início/TE/PC		EC	CE	ET/PT/Fim	Início/TE/PC	EC	CE	ET/PT/Fim		
INICIO=	N	7336655.650294		-	-	-	--		0+0.000	-	--	
	E	272409.370235		-	-	-	-	-				
			50°53'38.231"									
1	N	7336692.782009		7336294.819667	7336655.650294	-	-	7336717.358467	0+0.000	-	-	5+17.114
	E	272455.050949		272702.672569	272409.370235	-	-	272508.543842				
			65°19'27.614"									
2	N	7336734.834802		7336309.524696	7336727.520068	-	-	7336740.920138	7+1.454	-	-	8+16.488
	E	272546.582672		272722.702810	272530.661489	-	-	272563.021964				
			69°41'13.017"									
3	N	7336812.537524		7336716.428262	7336740.920138	7336745.558759	7336714.743560	7336673.907731	8+16.488	11+6.488	13+4.784	15+14.784
	E	272756.493468		272598.212729	272563.021964	272611.457129	272630.168351	272603.712404				
			227°46'48.611"									
FIM=	N	7336483.306897		-	-	-	---			-	-	29+18.426
	E	272393.655117		-	-	-	-	-				




Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MC-06-116/SP-352-0-F07/503	A	20/11/2014	7 de 8

ALINHAMENTO VERTICAL

Curva	Ponto	Estaca	Cota	Declividade	L1	L2	emax	K1	K2
	INICIO=	10+17.335	371.308		-	-	-	-	-
				5.789%					
1	PCV=	11+0.000	371.462		15.000	15.000	0.083	13.567	13.567
	PIV=	11+15.000	372.331						
	PTV=	12+10.000	373.531						
				8.000%					
2	PCV=	13+7.000	374.891		35.000	35.000	-1.163	5.267	5.267
	PIV=	15+2.000	377.691						
	PTV=	16+17.000	375.839						
				-5.291%					
	FIM=	20+13.741	371.778		-	-	-	-	-

TABELA DE COORDENADAS E COTAS

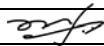

Estaca	Tipo de Ponto	E	N	Cota
0+0.000	INICIO=	272409.370235	7336655.650294	RESULTANTE
0+0.000	PC=	272409.370235	7336655.650294	RESULTANTE
1+0.000		272425.156299	7336667.927856	RESULTANTE
2+0.000		272441.455668	7336679.515301	RESULTANTE
3+0.000		272458.238195	7336690.391199	RESULTANTE
4+0.000		272475.472837	7336700.535432	RESULTANTE
5+0.000		272493.127716	7336709.929237	RESULTANTE
5+17.114	PT=	272508.543842	7336717.358467	RESULTANTE
6+0.000		272511.166456	7336718.563385	RESULTANTE
7+0.000		272529.340167	7336726.913008	RESULTANTE
7+1.454	PC=	272530.661489	7336727.520068	RESULTANTE
8+0.000		272547.665372	7336734.920859	RESULTANTE
8+16.479	PT=	272563.014145	7336740.917244	RESULTANTE
8+16.488	TE=	272563.021964	7336740.920138	RESULTANTE
9+0.000		272566.317364	7336742.135184	RESULTANTE
10+0.000		272585.475311	7336747.791013	RESULTANTE
10+17.335		272602.717614	7336748.189898	371.574
11+0.000		272605.328087	7336747.656285	371.462
11+6.488	EC=	272611.457129	7336745.558759	371.853
12+0.000		272622.232121	7336737.572265	372.768
12+10.336		272627.701394	7336728.854791	373.825
13+0.000		272630.062868	7336719.521588	374.331
13+4.784	CE=	272630.168351	7336714.743560	374.713
14+0.000		272626.190481	7336700.163152	375.770
14+9.784		272621.065249	7336691.844983	376.398
15+0.000		272614.429555	7336684.086544	376.497
15+14.784	ET=	272603.712404	7336673.907731	376.546
16+0.000		272599.849317	7336670.402461	376.464
17+0.000		272585.037876	7336656.962922	375.680
18+0.000		272570.226434	7336643.523383	374.622
19+0.000		272555.414993	7336630.083844	373.563
20+0.000		272540.603552	7336616.644305	372.505
20+13.741		272530.427351	7336607.410670	371.778
21+0.000		272525.792110	7336603.204766	RESULTANTE
22+0.000		272510.980669	7336589.765228	RESULTANTE
23+0.000		272496.169227	7336576.325689	RESULTANTE
23+0.482		272495.812272	7336576.001796	RESULTANTE
24+0.000		272481.357786	7336562.886150	RESULTANTE
25+0.000		272466.546345	7336549.446611	RESULTANTE
26+0.000		272451.734903	7336536.007072	RESULTANTE
27+0.000		272436.923462	7336522.567533	RESULTANTE
28+0.000		272422.112021	7336509.127994	RESULTANTE
29+0.000		272407.300579	7336495.688456	RESULTANTE
29+18.426	FIM=	272393.655117	7336483.306897	RESULTANTE

				Código RT-06-116/SP-352-0-G02/501		Revisão A	
Emissão 03/12/2014		Folha 1 de 19					
Lote : 04		Rodovia : BR-116 REGIS BITTENCOURT		Projetista: 			
Trecho : SÃO PAULO-CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000				Concessionária: Autopista Régis Bittencourt			
Objeto : Perfil Geotécnico Individual – Sondagens				ANTT:			

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:
 DE-06-116/SP-352-0-G01/501
 DE-06-116/SP-352-0-G02/501

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	03/12/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.**
 Nº Interno: SET- RT-06-116/SP-352-0-G02/501 Rev.: 0

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 2 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

ÍNDICE

1. SONDAGEM A PERCUSSÃO	3
1.1. INTRODUÇÃO	4
1.2. ESCOPO DOS SERVIÇOS	5
1.3. PERFIL GEOTÉCNICO INDIVIDUAL – SONDAGEM A PERCUSSÃO	6

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 3 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

1. SONDAGEM A PERCUSSÃO

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 4 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

1.1. Introdução

O presente relatório técnico tem por objetivo apresentar os perfis geotécnicos individuais de sondagens a percussão, referente a elaboração do projeto executivo Retorno Operacional km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt – BR 116, trecho São Paulo – Curitiba.

Ver planta de localização das sondagens no desenho DE-06-116/SP-352-0-G01/501

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 5 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

1.2. Escopo dos Serviços

As investigações constaram de 13 (treza) sondagens a percussão, totalizando 58,52 metros de perfuração em solo, com ensaio SPT (*standard penetration test*) para localização de duto.

SONDAGENS A PERCUSSÃO - SP			
Nº	NORTE	ESTE	COTA
SP-352-01	7336726.686	272523.473	365.650
SP-352-01A	7336728.179	272524.861	365.639
SP-352-02	7336741.773	272562.869	356.865
SP-352-02A	7336740.939	272568.432	357.895
SP-352-02B	7336741.773	272562.869	356.865
SP-352-03	7336751.697	272602.679	363.473
SP-352-04	7336743.882	272618.807	359.463
SP-352-04A	7336743.144	272617.546	359.240
SP-352-04B	7336744.049	272617.874	359.286
SP-352-05	7336730.693	272630.118	360.589
SP-352-05A	7336731.920	272630.720	360.479
SP-352-05B	7336731.862	272629.103	360.419
SP-352-06	7336711.965	272633.575	369.249

Durante a execução das sondagens a percussão, foram medidas em diversas profundidades, as resistências oferecidas pelo terreno à cravação de um amostrador tipo SPT, de 2" e 1 3/8" de diâmetros nominais, respectivamente, externo e interno.

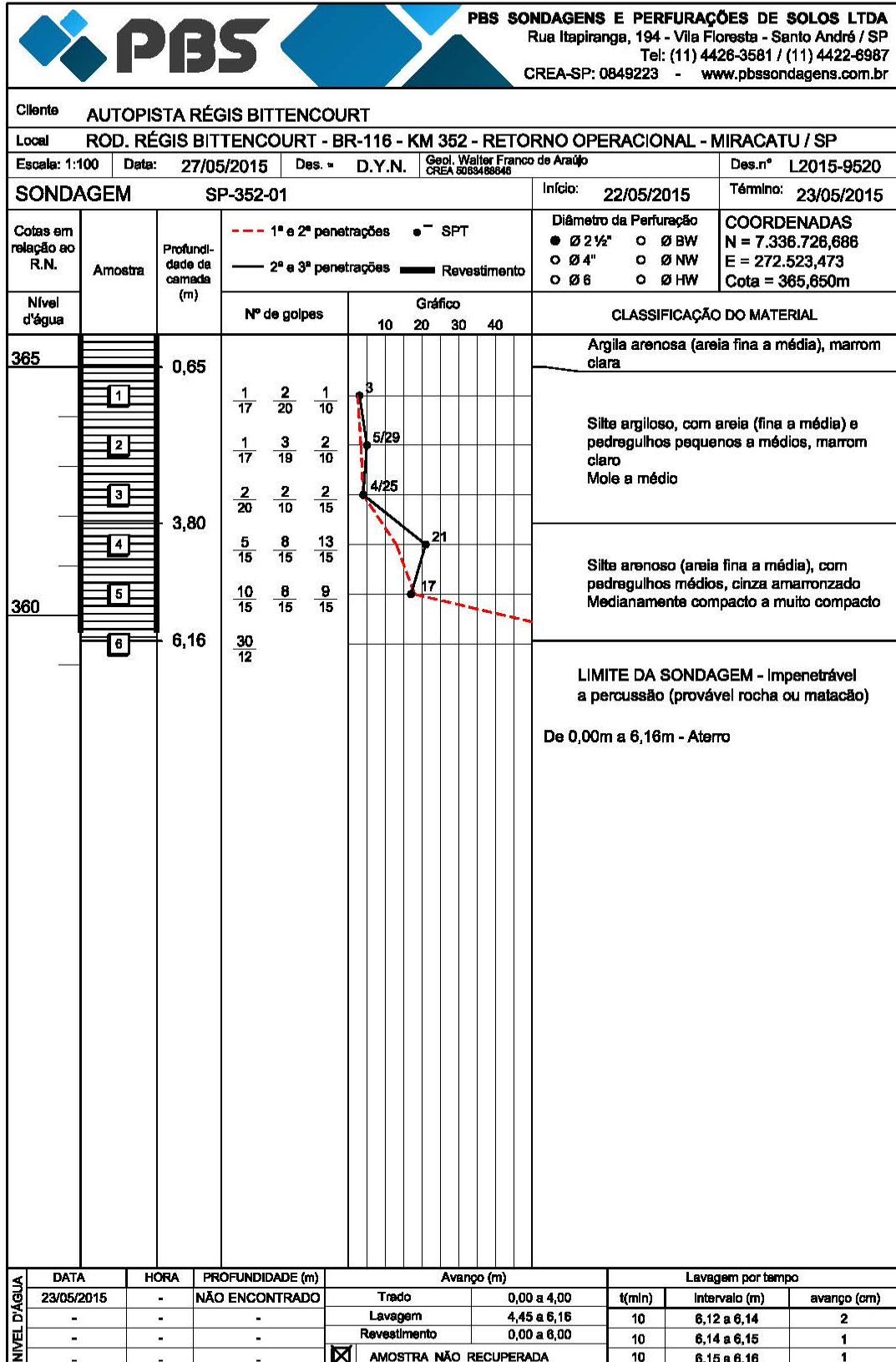
Essas medidas, feitas a cada metro do terreno penetrado, correspondem ao número de golpes necessários para um peso de 65 kg., caindo de uma altura de 75 cm, cravar os 30 cm finais do amostrador.

Nos perfis de sondagem estão assinalados os níveis d'água do subsolo, quando encontrados. Sua correta verificação, porém, deverá ser feita através de um furo com maior diâmetro e observações periódicas sempre que as fundações dependam desta constatação. As sondagens foram paralisadas ao atingirem as profundidades especificadas.

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 6 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

1.3. Perfil Geotécnico Individual – Sondagem a Percussão


Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 7 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------



Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 8 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	1ª e 2ª penetrações		2ª e 3ª penetrações		Gráfico	SPT	Diâmetro da Perfuração	COORDENADAS
Nível d'água	Nº de golpes			10	20	30	40				
		<p>PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br</p>									
<p>Cilente AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT</p>											
<p>Local ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP</p>											
Escala: 1:100		Data: 27/05/2015		Des. = D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 8063488646		Des.nº L2015-9521			
SONDAGEM SP-352-01A								Início: 23/05/2015		Término: 23/05/2015	
<p>--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações ■ Revestimento</p> <p>● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW</p> <p>COORDENADAS N = 7.336.728,179 E = 272.524,861 Cota = 365,639m</p>											
<p>365</p> <p>1,65</p> <p>360</p> <p>8,64</p> <p>1/20</p> <p>8</p> <p>11</p> <p>13</p> <p>17</p> <p>17</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>Argila arenosa (areia fina a média), marrom clara Muito mole</p> <p>Siltite arenosa (areia fina a média), com pedregulhos pequenos a médios, cinza amarronzado Pouco compacto a compacto</p> <p>LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão) De 0,00m a 8,64m - Aterro</p>											
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)				Lavagem por tempo			
	23/05/2015	-	NÃO ENCONTRADO	Trado	0,00 a 3,00			t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)	
	-	-	-	Lavagem	3,45 a 8,64			10	8,56 a 8,60	4	
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 7,00			10	8,60 a 8,62	2	
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA				10	8,62 a 8,64	2	

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 9 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

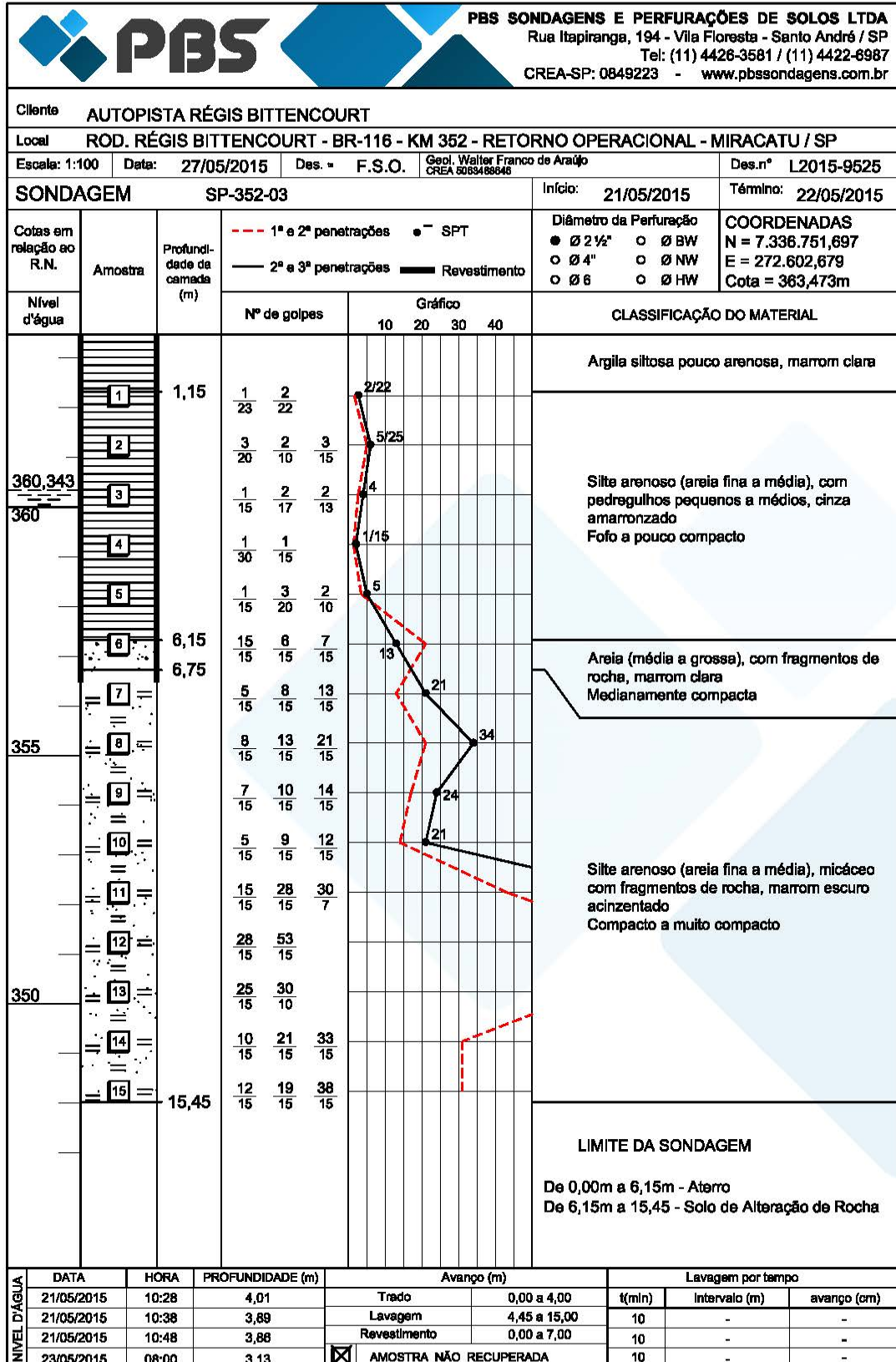
		PBS SONDAJENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br								
Cliente AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT										
Local ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP										
Escala: 1:100		Data: 27/05/2015		Des. = D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 8063488646	Des.nº L2015-9522			
SONDAGEM SP-352-02				Início: 22/05/2015		Término: 22/05/2015				
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações ■ Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW		COORDENADAS N = 7.336.741,773 E = 272.562,869 Cota = 356,865m			
Nível d'água			Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40				CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
355		0,80						Argila arenosa (areia fina a grossa), com pedregulhos médios, cinza escura LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão) De 0,00m a 0,80m - Aterro		
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)				Lavagem por tempo		
	22/05/2015	-	NÃO ENCONTRADO	Trado	0,00 a 0,80			t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	-	-	-	Lavagem	-			10	-	-
	-	-	-	Revestimento	-			10	-	-
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA	-			10	-	-

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 11 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	Nº de golpes		Gráfico 10 20 30 40	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nível d'água				Nº de golpes			
-2,03		1	0,70	1 15	3 15	5 15	<p>Sítio argiloso, com pedregulhos pequenos, marrom escuro</p> <p>Sítio arenoso (areia fina a média), cinza amarronzado Pouco compacto</p> <p>Sítio arenoso (areia fina a média), marrom escuro Medianamente compacto</p> <p>LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)</p> <p>De 0,00m a 0,70m - Aterro De 0,70m a 3,88m - Solo de Alteração de Rocha</p>
		2	2,00	2 15	5 15	7 15	
		3	3,88	3 15	8 15	10 15	
-5							

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	22/05/2015	13:05	2,55	Trado	0,00 a 2,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	22/05/2015	13:15	2,34	Lavagem	2,45 a 3,88	10	3,81 a 3,85	4
	22/05/2015	13:25	2,31	Revestimento	0,00 a 3,00	10	3,85 a 3,87	2
	23/05/2015	08:00	2,03	<input checked="" type="checkbox"/>	AMOSTRA NÃO RECUPERADA	10	3,87 a 3,88	1

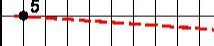
Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 12 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------



Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 13 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

Cilente		AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT						
Local		ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP						
Escala:	Data:	Des. =	Des.n°					
1:100	25/05/2015	D.Y.N.	L2015-9470					
SONDAGEM		SP-352-04						
Início:		20/05/2015						
Término:		20/05/2015						
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações ■ Revestimento					
Nível d'água		Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40					
358,233	1	1/15 2/15 2/15	4					
	2	50/10						
		2,00						
		2,73						
355								
COORDENADAS N = 7.336.743,882 E = 272.618,807 Cota = 359,463m								
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL Argila siltosa, com pouca areia fina, marrom clara Mole Silte argiloso pouco arenoso, com fragmentos de rocha, cinza escuro Duro LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão) De 0,00m a 2,00m - Aterro De 2,00m a 2,73m - Solo de Alteração de Rocha								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	20/05/2015	08:25	1,50	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	20/05/2015	08:35	1,47	Lavagem	1,45 a 2,73	10	2,71 a 2,72	1
	20/05/2015	08:45	1,23	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,72 a 2,73	1
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,73 a 2,73	0

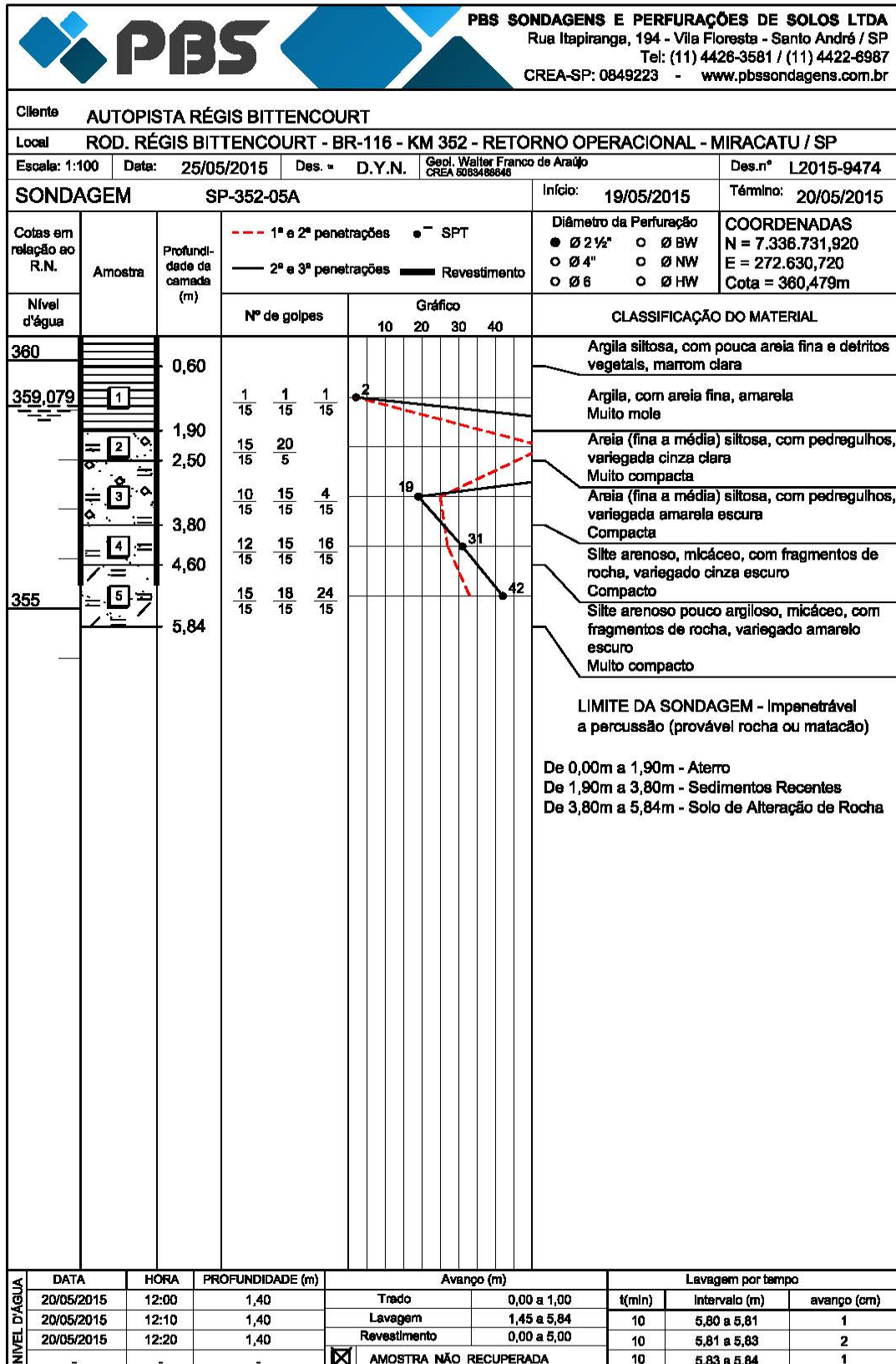
Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 14 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

PBS		PBS SONDAJENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA						
		Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP						
		Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987						
		CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT								
Local ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP								
Escala: 1:100		Data: 25/05/2015		Des. = D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 8063488646		Des.nº L2015-9471
SONDAGEM SP-352-04A					Início: 20/05/2015		Término: 20/05/2015	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações ■ Revestimento		Diâmetro da Perfuração		COORDENADAS	
Nível d'água			Nº de golpes		Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
					10 20 30 40			
357,780	1	2,05	1 2 3 15 15 15				Argila siltosa, com pouca areia fina, marrom clara Mole a dura	
355			50 3				LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão) De 0,00m a 2,05m - Aterro	
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	20/05/2015	10:10	1,57	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	20/05/2015	10:20	1,49	Lavagem	1,45 a 2,05	10	2,04 a 2,05	1
	20/05/2015	10:30	1,48	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,05 a 2,05	0
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,05 a 2,05	0

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 16 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	1ª e 2ª penetrações		2ª e 3ª penetrações		Gráfico	SPT	Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	COORDENADAS N = 7.336.730,693 E = 272.630,118 Cota = 360,589m
Nível d'água				Nº de golpes		Revestimento					
360		[1]	0,50	3 / 15		5 / 15		10 20 30 40	● 13		Argila siltosa, marrom escura
359,239			0,80	3 / 15		5 / 15					15
		[2]	1,80	3 / 15		5 / 15					Areia (fina a média) siltosa, marrom amarelada
			2,52	3 / 15		5 / 15					Medianamente compacta
355											Areia fina siltosa, com pedregulhos, variegada amarela escura
											Medianamente compacta
											LIMITE DA SONDAAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)
											De 0,00m a 1,80m - Aterro
											De 1,80m a 2,52m - Solo de Alteração de Rocha
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo					
	19/05/2015	12:00	1,35	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)			
	19/05/2015	12:10	1,35	Lavagem	1,45 a 2,52	10	2,50 a 2,51	1			
	20/05/2015	07:40	1,35	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,51 a 2,51	0			
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,51 a 2,52	1			

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 17 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------



Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 18 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
360			0,50			Argila siltosa, com pedregulhos, variegada marrom clara		
359,069	1		1,80	3 15	10	Argila, com areia fina e pedregulhos, variegada marrom clara		
	2		2,54	12 15	42	Média Siltos argiloso pouco arenoso, micáceo, variegado cinza amarelado		
						Duro		
<p>LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)</p> <p>De 0,00m a 1,80m - Aterro De 1,80m a 2,54m - Solo de Alteração de Rocha</p>								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	20/05/2015	12:00	1,38	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	
	20/05/2015	15:40	1,35	Lavagem	1,45 a 2,54		avanco (cm)	
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,50 a 2,51	1
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,51 a 2,52	1
						10	2,52 a 2,54	2

PBS **PBS SONDAJENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA**
Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP
Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987
CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Cilente **AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT**

Local **ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP**

Escala: 1:100 Data: 25/05/2015 Des. = D.Y.N. Geol. Walter Franco de Araújo CREA 8063488646 Des.nº L2015-9475

SONDAGEM **SP-352-05B** Início: 20/05/2015 Término: 20/05/2015

Diâmetro da Perfuração
● Ø 2 1/2" ○ Ø BW
○ Ø 4" ○ Ø NW
○ Ø 6" ○ Ø HW

COORDENADAS
N = 7.336.731,862
E = 272.629,103
Cota = 360,419m

--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT
— 2ª e 3ª penetrações — Revestimento

Nível d'água

360

359,069

1

2

0,50

1,80

2,54

3 3 7
15 15 15

12 18 24
15 15 15

10 20 30 40

10 42

Argila siltosa, com pedregulhos, variegada marrom clara

Argila, com areia fina e pedregulhos, variegada marrom clara

Média

Siltos argiloso pouco arenoso, micáceo, variegado cinza amarelado

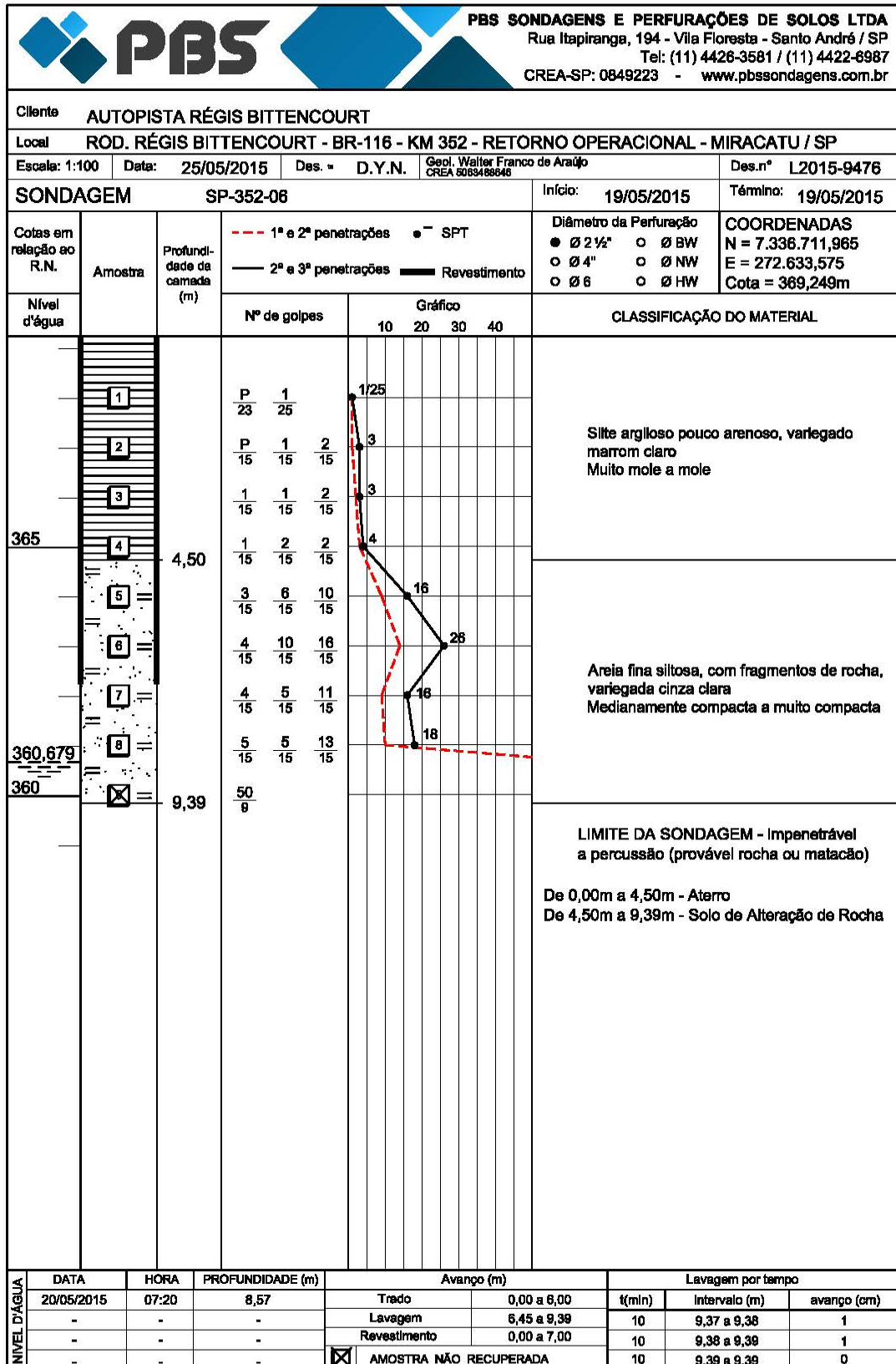
Duro




LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)

De 0,00m a 1,80m - Aterro
De 1,80m a 2,54m - Solo de Alteração de Rocha

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	20/05/2015	12:00	1,38	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanco (cm)
	20/05/2015	15:40	1,35	Lavagem	1,45 a 2,54			
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,50 a 2,51	1
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,51 a 2,52	1
						10	2,52 a 2,54	2

Código: RT-06-116/SP-352-0-G02/501	Revisão: A	Emissão: 03/12/2014	Folha: 19 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

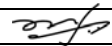



				Código MC-06-116/SP-352-0-H04/501		Revisão A	
Emissão 04/12/2014		Folha 1 de 19					
Lote : 04		Rodovia : BR-116 REGIS BITTENCOURT		Projetista: 			
Trecho : SÃO PAULO-CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000				Concessionária: Autopista Regis Bittencourt			
Objeto : Memória de Cálculo dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos				ANTT:			

Documentos de Referência:
 Manual de Drenagem de Rodovias – DNIT(2006)

Documentos Resultantes:
 DE-06-116/SP-352-0-H04/501

Observação: Rev. 0 - Emissão Inicial.

0	04/12/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.**

Nº Interno: SET- MC-06-116/SP-352-0-H04/501

Rev.: 0

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 2 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

ÍNDICE

1 - OBJETIVO.....	3
2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS.....	3
3 - VAZÃO DE PROJETO.....	3
3.1 - Método Racional.....	3
3.2 - Coeficiente de escoamento Superficial (RUN-OFF).....	4
3.3 - Tempo de Concentração	4
4 - CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	5
5 - DRENAGEM DO CORPO ESTRADAL.....	6
5.1- Valetas de Proteção de Crista de Corte e Pé de Aterro	6
5.2 - Descida de Água	7
5.3 - Estruturas de Dissipação de Energia.....	7
6 - DRENAGEM SUPERFICIAL	7
6.1 - Sarjetas de Pé de Corte	7
6.2 - Sarjetas de Plataforma de Aterro	7
6.3 - Caixas Coletoras	8
6.4 - Rede Coletora	8
7 – ANEXOS.....	9
7.1. Planilha de Cálculo – Sarjeta de Borda de Aterro.....	10
7.2. Planilha de Cálculo – Sarjeta de Corte.....	12
7.3. Planilha de Cálculo – Valeta de Canteiro Central.....	14
7.4. Planilha de Cálculo – Valeta de Proteção.....	16
7.5. Planilha de Cálculo – Rede Coletora	18

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 3 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

1 - OBJETIVO

Este memorial tem por objetivo apresentar o Estudo Hidrológico e Hidráulico elaborado para implantação do Retorno Operacional km 352+000 da Rodovia Régis Bittencourt – BR 116, trecho São Paulo – Curitiba.

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos de acordo com as metodologias e critérios preconizados pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica para fornecer subsídios para a determinação das vazões de dimensionamento do sistema de drenagem.

Os estudos hidráulicos foram realizados para o dimensionamento do projeto do sistema de drenagem.

2 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

No presente estudo será adotada a equação de chuvas intensas de Tapiraí, atualizada em 1999 pelo DAEE/CTH por estar localizada próxima da região em estudo conforme apresentada a seguir:

- Para $10 \leq t \leq 1440$ min.

$$i_t, T = 27,4379 \cdot (t+20)^{-0,8447} + 4,3767 \cdot (t+15)^{-0,7369} \cdot [-0,4744 - 0,8863 \ln \ln(T/T-1)]$$

com:

i = intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t = duração da chuva em minutos; e

T = período de retorno em anos.

3 - VAZÃO DE PROJETO

3.1 - Método Racional

Para determinação das vazões de projeto, foi utilizado o método racional expresso pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{6}$$

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 4 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Onde:

Q = Vazão, em m³/seg;
 C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
 I = Intensidade pluviométrica, em mm/min;
 A = Área de drenagem, em ha.

3.2 - Coeficiente de Escoamento Superficial (RUN-OFF)

O coeficiente de escoamento superficial da sub-bacia é calculado ponderadamente em função da composição das áreas parciais, ou seja:

$$C = \frac{\sum Ci \times Ai}{\sum Ai}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado (adimensional);
 Ci = coeficiente de escoamento superficial da área parcial avaliado em função do uso e ocupação do solo. (ver tabela 3.3.1);
 Ai = área parcial em ha.

TABELA 3.3.1

Coeficiente de Escoamento Superficial	
Local	C
Superfícies impermeáveis	0,90
Taludes de corte e aterro	0,70
Áreas gramadas	0,35

3.3 - Tempo de Concentração

O tempo de concentração foi calculado pela fórmula do “Califórnia Highways and Public Roads”, conforme apresentado a seguir:

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 5 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Onde:

tc = Tempo de concentração, em minutos;

L = Comprimento do curso d'água, em km;

H = Desnível entre o ponto mais alto, no início do talvegue, e a cota na seção de referência, em metro.

O tempo de concentração mínimo adotado foi de 5 minutos para a drenagem superficial, e 10 minutos para valetas de proteção que recebe contribuição externa.

O período de retorno adotado foi de 10 anos para a drenagem superficial.

4 - CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Os cálculos hidráulicos para dimensionamento das valetas e bueiros foram elaborados utilizando a fórmula de Manning associada à equação da continuidade.

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

Onde:

V = Velocidade, em m/seg.;

Rh = Raio hidráulico, em metro;

i = Declividade longitudinal, em m/m;

n = Coeficiente de rugosidade.

$$Q = A \times V$$

Onde:

Q = Vazão, em m³/seg;

A = Área molhada, em m².

Os coeficientes de rugosidade de Manning adotados foram:

- para as valeta e sarjetas em concreto

n = 0,016;

- bueiros tubulares

n = 0,015;

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 6 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

- revestimento de grama

Sarjetas de corte	}	$I < 2\%$ n=0,049
		$2\% \leq I \leq 4\%$ n=0,047
		$I > 4\%$n=0,055

As velocidades máximas de escoamento foram estabelecidas para não ocasionar erosão nos dispositivos com revestimento, ou causar abrasão nos dispositivos com revestimento de concreto, conforme relacionadas a seguir:

- Bueiros de concreto.	V = 6,00 m/s
- Sarjetas e valetas revestidas de concreto.	V = 6,00 m/s
- Sarjetas e valetas revestidas de grama	V = 1,20 m/s

5 - DRENAGEM DO CORPO ESTRADAL

O sistema de drenagem do corpo estradal foi elaborado de modo a interceptar e encaminhar os deflúvios que atingem os taludes e as plataformas das pistas através de valetas de proteção de taludes, descida d'água e estruturas de dissipação de energia.

5.1- Valetas de Proteção de Crista de Corte e Pé de Aterro

As valetas de proteção de crista de corte e pé de aterro foram projetadas com a finalidade de interceptar as águas superficiais que poderiam atingir o corpo estradal e conduzi-las para locais de deságue seguros e bem determinados.

5.1.1- Critérios de Dimensionamento das Valetas

As valetas foram dimensionadas conforme os critérios a seguir:

A lâmina d'água admitida nas valetas será tal que se garanta uma borda livre mínima de:

$$f = 0,20 \times h$$

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 7 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Onde:

f = Borda livre mínima;

h = Altura da seção protegida pelo revestimento.

5.2 - Descida de Água

A descida d'água foi projetada para conduzir as águas coletadas pelas valetas, sarjetas e outros dispositivos nos locais adequados em corte ou aterro.

5.3 - Estruturas de Dissipação de Energia

As estruturas de dissipação de energia foram projetadas nos lançamentos de valetas, sarjetas, bueiros e outros dispositivos para evitar a erosão no terreno local.

6 - DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial foi projetado com a finalidade de interceptar e conduzir as águas que se precipitam sobre as plataformas das pistas através de dispositivos de drenagem que são as sarjetas de pé de corte, sarjeta de aterro, caixas coletoras e rede coletora.

6.1 - Sarjetas de Pé de Corte

As sarjetas de pé de corte foram projetadas para captar as águas que se precipitam sobre o corpo estradal e sobre o talude de corte, conduzindo-as até uma saída lateral, em direção às valetas de proteção ou às caixas coletoras de bueiros.

Os critérios utilizados para o dimensionamento hidráulicos das sarjetas foram estabelecidos em função das declividades longitudinais, alturas e velocidades máximas de escoamento.

6.2 - Sarjetas de Plataforma de Aterro

O critério utilizado para o dimensionamento hidráulico das sarjetas de plataforma de aterro foram os mesmos estabelecidos para as sarjetas de pé de corte revestidas de concreto.

A sarjeta de plataforma de aterro foi projetada nos locais em que a altura dos taludes de aterro são maiores que 2,0 m e recebem contribuição pluvial da pista e acostamento.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 8 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

6.3 - Caixas Coletoras

As caixas coletoras localizadas no canteiro central ou sarjetas de corte possuem grelha de ferro fundido e a capacidade máxima de engolimento ≤ 500 l/s.

O espaçamento entre caixas coletoras foi determinado ou pela capacidade de engolimento das mesmas, conforme indicadas anteriormente, ou pela capacidade de escoamento da valeta / sarjeta, adotando-se o limite que o primeiro ocorrer.

6.4 - Rede Coletora

A rede coletora foi dimensionada considerando-se o enchimento máximo.

$Y/D = 0,82$, diâmetro mínimo de 0,80 m sob as pistas principais, e 0,60 m sob as vias marginais ou secundárias.

Os bueiros tubulares foram assentados, sempre que possível, sobre berço de brita e com método comum de execução de aterro.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 9 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 10 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

7.1. Planilha de Cálculo – Sarjeta de Borda de Aterro.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 12 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

7.2. Planilha de Cálculo – Sarjeta de Corte.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 14 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------



7.3. Planilha de Cálculo – Valeta de Canteiro Central.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 16 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

7.4. Planilha de Cálculo – Valetas de Proteção.

Código: MC-06-116/SP-352-0-H04/501	Revisão: A	Emissão: 04/12/2014	Folha: 18 / 19
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

7.5. Planilha de Cálculo – Rede Coletora

 <p>ANTT AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES</p>	<p>Autopista Régis Bittencourt</p> 	Código MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão A
		Emissão 20/11/2014	Folha 1 de 11
Lote : 04	Rodovia : BR 116 - ROD. RÉGIS BITTENCOURT	Projetista:  Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Quadro de Cálculo de Volume de Terraplenagem PISTA SUL		ANTT:	

Documentos de Referência:

NS-06-116/SP-352-0-P01/502


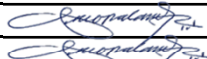
Documentos Resultantes:

DE-06-116/SP-352-0-Q02/501

MC-06-116/SP-352-0-Q05/501

Observação:

Rev. 0 – Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 2 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

RESUMO TOTAL DE TERRAPLENAGEM

	VOLUMES (m ³)							
	CORTE		Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO
	1a e 2ª. Cat.	3ª. Cat.						
PISTA SUL	550	0	0	0	0	256	0	320
TOTAL	550	0	0	0	0	256	0	320

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 3 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 8 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

RESUMO TOTAL DE VOLUME

CORTE		VOLUMES (m ³)					
1a e 2ª. Cat.	3ª. Cat.	Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO
550	0	0	0	0	256	0	320

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 9 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	-------------------

RESUMO DE CORTE

CORTE Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)			Material Brejoso
		1a. CAT.	CORTE 2a. CAT.	3a. CAT.	
1	17602 +10.000	11			
	17603 +10.000				
2	17608 + 0.000	539			
	17620 + 0.000				
TOTAL		550			

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 10 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------




RESUMO DE ATERRO

ATERRO Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)		REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO	ATERRO RACHÃO
		REATERRO	ATERRO			
1	17610 + 0.000 17620 + 0.000		256		320	
TOTAL			256		320	

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/501	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 11 de 11
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------

COMPENSAÇÃO LATERAL

TRECHO Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)	
		1a. CAT.	2a. CAT.
1	17610 + 0.000 17620 + 0.000	310	
TOTAL		310	

 <p>ANTT AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES</p>	<p>Autopista Régis Bittencourt</p> 	Código MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão A
		Emissão 20/11/2014	Folha 1 de 9
Lote : 04	Rodovia : BR 116 - ROD. RÉGIS BITTENCOURT	Projetista:  Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Quadro de Cálculo de Volume de Terraplenagem RETORNO - km 352+000		ANTT:	

Documentos de Referência:

NS-06-116/SP-352-0-P01/503



Documentos Resultantes:

DE-06-116/SP-352-0-Q02/501

MC-06-116/SP-352-0-Q05/501

Observação:

Rev. 0 – Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **SETENGE Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.**

Nº Interno: SET-MC-06-116/SP-352-0-Q04/502

Rev.: 3

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 2 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

RESUMO TOTAL DE TERRAPLENAGEM

	VOLUMES (m ³)							
	CORTE		Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO
	1a e 2ª. Cat.	3ª. Cat.						
RETORNO - km 352+000	1193	0	0	0	0	384	0	480
TOTAL	1193	0	0	0	0	384	0	480

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 3 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 4 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

ESTACA	DISTÂNCIA MÉDIA (m)	ÁREA (m ²)							VOLUMES (m ³)							ORDENADA DE MASSAS	
		CORTE		Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	CORTE		Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO		
		1ª e 2ª. Cat.	3ª. Cat.					1ª e 2ª. Cat.	3ª. Cat.								
10 +	17.335																
	1.33																
11 +	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
11 +	5.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.74																
11 +	6.488	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.76																
11 +	10.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
11 +	15.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
12 +	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
12 +	5.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
12 +	10.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.17																
12 +	10.336	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.33																
12 +	15.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.50																
13 +	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.39																
13 +	4.784	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.11																
13 +	5.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.10																
13 +	7.198	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	3	0	0	0	0	47	0	59	-56	
	1.40																
13 +	10.000	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	8	0	0	0	0	84	0	105	-153	
	2.50																
13 +	15.000	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	10	0	0	0	0	75	0	94	-237	
	2.50																
14 +	0.000	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	31	0	0	0	0	40	0	50	-256	
	2.50																
14 +	5.000	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	75	0	0	0	0	12	0	15	-196	
	2.38																
14 +	9.764	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	99	0	0	0	0	3	0	4	-100	
	0.12																
14 +	10.000	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6	0	0	0	0	1	0	1	-96	
	2.50																
14 +	15.000	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	112	0	0	0	0	1	0	1	15	
	2.50																
15 +	0.000	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	105	0	0	0	0	1	0	1	119	
	2.50																
								91	0	0	0	0	1	0	1	209	

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 6 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

RESUMO TOTAL DE VOLUME

CORTE		VOLUMES (m ³)					
1a e 2ª. Cat.	3ª. Cat.	Material Brejoso	REATERRO RACHÃO	REATERRO SOLO	ATERRO	REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO
1193	0	0	0	0	384	0	480

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 7 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

RESUMO DE CORTE

CORTE Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)			Material Brejoso
		1a. CAT.	CORTE 2a. CAT.	3a. CAT.	
1	13 + 5.000	1193			
	20 + 13.741				
TOTAL		1193			

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 8 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------




RESUMO DE ATERRO

ATERRO Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)		REATERRO EMPOLADO	ATERRO EMPOLADO	ATERRO RACHÃO
		REATERRO	ATERRO			
1	13 + 5.000		384		480	
	20 + 13.741					
TOTAL			384		480	

Código: MC-06-116/SP-352-0-Q04/502	Revisão: A	Emissão: 20/11/2014	Folha: 9 de 9
---------------------------------------	---------------	------------------------	------------------

COMPENSAÇÃO LATERAL

TRECHO Nº.	ESTACA	VOLUMES (m3)	
		1a. CAT.	2a. CAT.
1	13 + 5.000 20 + 13.741	225	
TOTAL		225	

 ANTT AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES	Autopista Régis Bittencourt 	Código MC-06-116/SP-352-0-Q05/501	Revisão A
		Emissão 20/11/2014	Folha 1 de 2
Lote : 04	Rodovia : BR 116 - ROD. RÉGIS BITTENCOURT	Projetista:  Serviços Técnicos de Engenharia Ltda.	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Retorno Operacional – km 352+000		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt	
Objeto : Quadro de Orientação de Volume de Terraplenagem		ANTT:	

Documentos de Referência:



MC-06-116/SP-352-0-Q04/501 e 502

Documentos Resultantes:

DE-06-116/SP-352-0-Q02/501

Observação:

Rev. 0 – Emissão Inicial.

0	20/11/2014	SETENGE 		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MC-06-116/SP-352-0-C01/501

Revisão
A

Emissão
09/10/2015

Folha
01 de 64

Lote :
04

Rodovia : BR-116
RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT

Projetista:
ENESCIL ENG. DE PROJETOS

Trecho: SÃO PAULO-CURITIBA-RETORNO OPERACIONAL
Duplicação da Serra do Cafezal

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto : MEMÓRIA DE CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA
RETORNO OPERACIONAL - OAE KM 352+000

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

DE-06-116-SP-352-0-C01-501	DE-06-116-SP-352-0-C01-513
DE-06-116-SP-352-0-C01-502	DE-06-116-SP-352-0-C01-514
DE-06-116-SP-352-0-C01-503	DE-06-116-SP-352-0-C01-515
DE-06-116-SP-352-0-C01-504	DE-06-116-SP-352-0-C01-516
DE-06-116-SP-352-0-C01-516	DE-06-116-SP-352-0-C01-517
DE-06-116-SP-352-0-C01-506	DE-06-116-SP-352-0-C01-518
DE-06-116-SP-352-0-C01-507	
DE-06-116-SP-352-0-C01-508	
DE-06-116-SP-352-0-C01-509	
DE-06-116-SP-352-0-C01-510	
DE-06-116-SP-352-0-C01-511	
DE-06-116-SP-352-0-C01-512	

Observação:

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
2	12-02-2016	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	
1	05-02-2016	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	
0	09-10-2015	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	

FIRMA PROJETISTA: ENESCIL

Nº INTERNO: ENE-MC-06-116/SP-352-0-C01/501

Rev.: 2

MEMORIAL DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA – OAE RETORNO OPERACIONAL km 352+000 - SERRA DO CAFEZAL

A infraestrutura é constituída de 3 vãos com 18.4m entre eixo, os 4 apoios são compostos por travessas isostáticas com um único pilar implantado por forma a equilibrar os esforços da carga permanente, tendo um diâmetro de 1,20m ou 0,80m, para apoios 1, 2 e 3 ou apoio 4, respectivamente.

Largura do tabuleiro = 7.40 m (radial, com raio de 36 m)

Ponte Classe 45 / ITEM 3.5 DA NBR 7188/84

□ Materiais

Aço comum : CA – 50	fyk = 500 MPa
Concreto : Estacas-raíz	fck = 25 MPa
Blocos, travessas e abas	fck = 25 MPa

□ Bibliografia

- NBR 6118, NBR 6122, NBR 7187, NBR 7188, NBR 7197, NBR 9062, EB3-67
- Fundamentos da técnica de armar - P. B. Fusco
- Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco
- Construções de concreto - F. Leonhardt / E. Monnig
- Sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – Lauro Modesto dos Santos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	5
2.1	CROQUIS	5
2.2	PROGRAMA DE CÁLCULO	7
2.3	CARACTERÍSTICAS DO MODELO	8
2.4	PROPRIEDADES DAS BARRAS	10
2.5	PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	13
3	VINCULAÇÃO ELÁSTICA	14
3.1	CARACTERÍSTICAS DO SOLO	14
3.2	CONSIDERAÇÕES DO MODELO	14
4	CARREGAMENTOS	16
4.1	CARGAS PERMANENTES	16
4.2	CARGAS ACIDENTAIS	17
4.3	FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO À RETRAÇÃO E FLUÊNCIA DO CONCRETO	20
4.4	FORÇA CENTRÍFUGA	20
4.5	FORÇA DEVIDO AO VENTO	20
4.6	FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO A FRENAÇÃO/ACELERAÇÃO	21
4.7	FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO A EMPUXES DO SOLO E MULTIDÃO	21
5	COMBINAÇÕES DE CÁLCULO	21
6	VERIFICAÇÃO DAS ESTACAS	22
6.1	ESFORÇOS SOLICITANTES	22
6.2	APOIO 1 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ	26
6.3	APOIO 2 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ	27
6.4	APOIO 3 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ	27
6.5	APOIO 4 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ	28
7	ANÁLISE GEOTÉCNICA DAS ESTACAS-RAIZ	29
7.1	CARGAS GEOTÉCNICAS	29
7.2	VERIFICAÇÃO GEOTÉCNICA	31
7.3	RESUMO DA ANÁLISE GEOTÉCNICA	34
8	VERIFICAÇÃO DOS BLOCOS	35
8.1	APOIOS 1 A 3 – BLOCO DE 6 ESTACAS	35
8.2	APOIO 4 – BLOCO DE 2 ESTACAS	36
9	DIMENSIONAMENTO DO FUSTE DOS PILARES	37
9.1	APOIO 1	37
9.2	APOIO 2	39
9.3	APOIO 3	43
9.4	APOIO 4	47
10	VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DO APOIO 1	50
10.1	ANÁLISE DA FLEXÃO	50
10.2	ANÁLISE DA CORTANTE	52
11	VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DOS APOIOS 2 E 3	55
11.1	ANÁLISE DA FLEXÃO	55
11.2	ANÁLISE DA CORTANTE	57
12	VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DO APOIO 4	60

12.1 ANÁLISE DA FLEXÃO	60
12.2 ANÁLISE DA CORTANTE	62
13 VERIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO	65

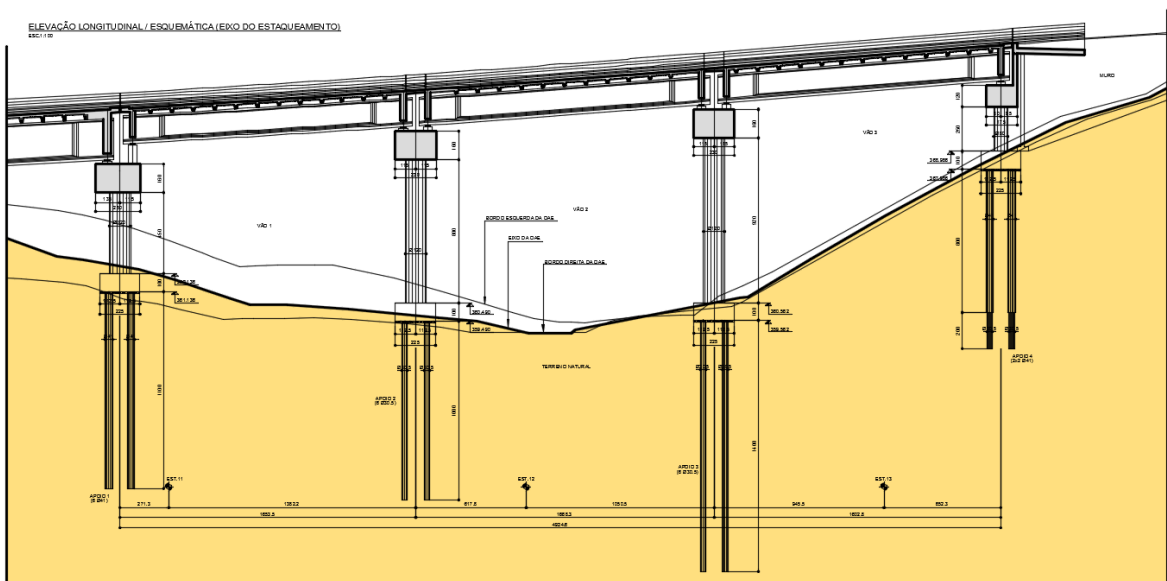
1 INTRODUÇÃO

Esta memória tem por objetivo apresentar os cálculos da infraestrutura da OAE no km 352+000-Serra do Cafezal.

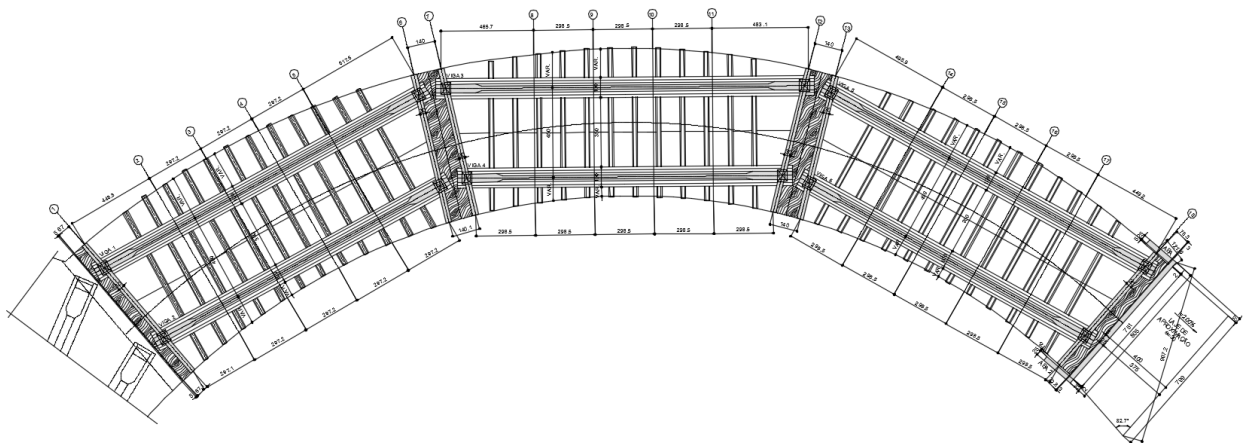
2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

2.1 CROQUIS

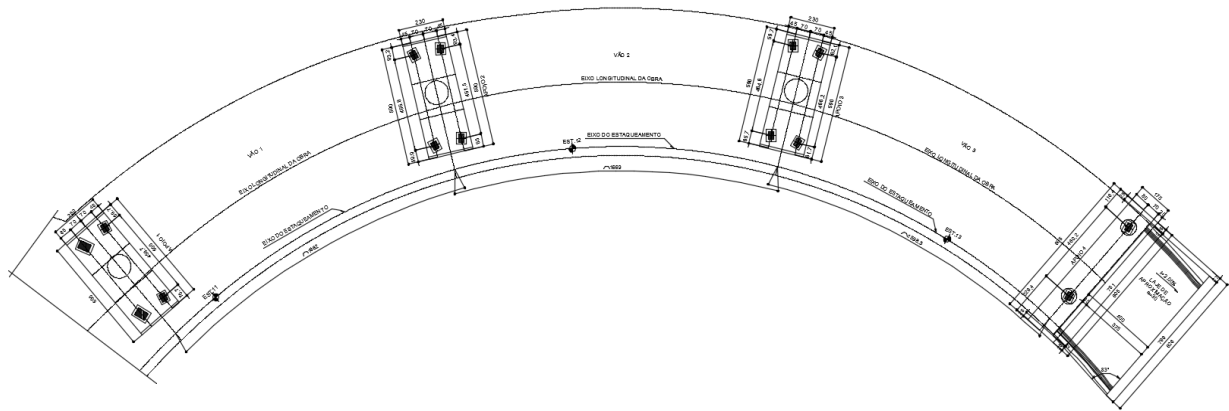
Elevação Longitudinal



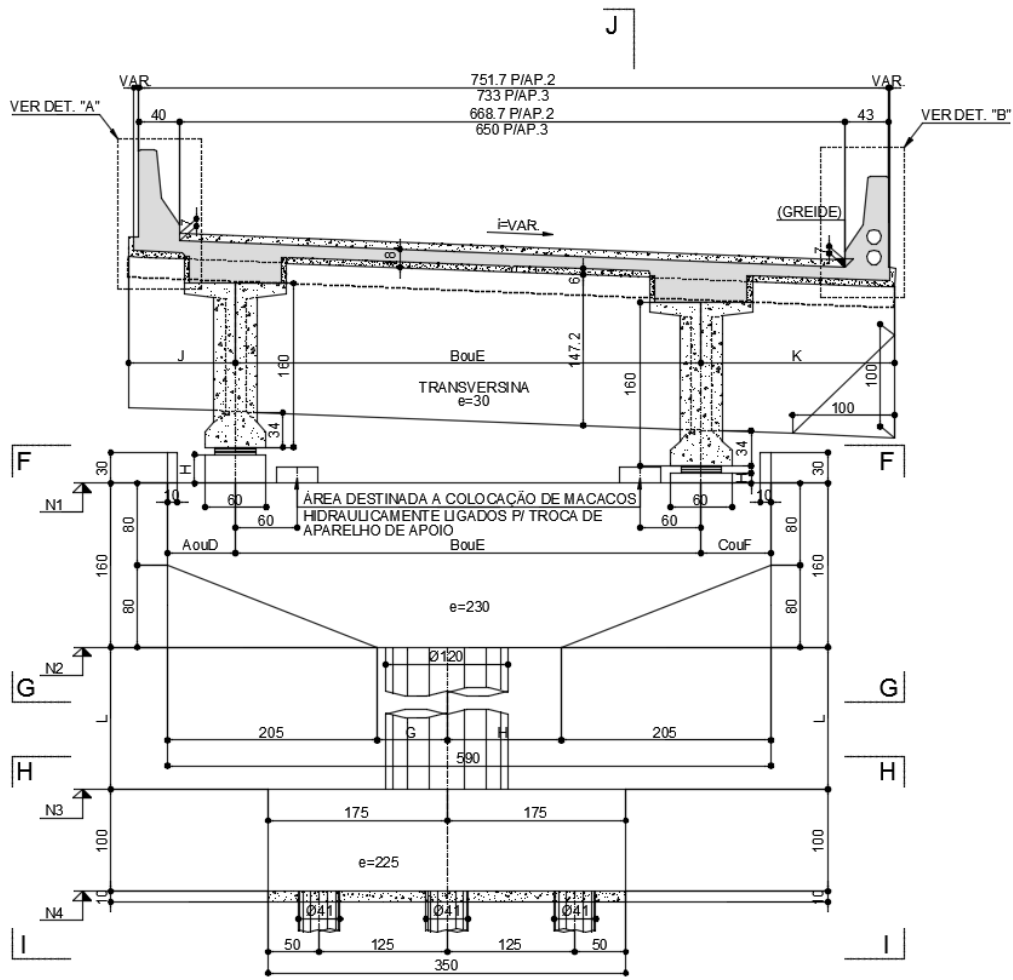
Planta



Planta da Meso-estrutura



Seção transversal dos apoios 1 a 3



Abaixo transcrevemos algumas das análises que o programa permite:

Análises estáticas

- Análise estática linear
- Análise de tensões / térmicas

Análise dinâmica

- Análises de vibrações e frequências naturais
- Análises sísmicas – time history

Análise não linear geométrica

- Análise P-delta
- Análise com grandes deformações

Análises de flambagem

- Análise da carga crítica de flambagem
- Modos flambagem

Análise de carga móvel

- Linhas de influência para cargas móveis
- Superfície de influência para cargas móveis

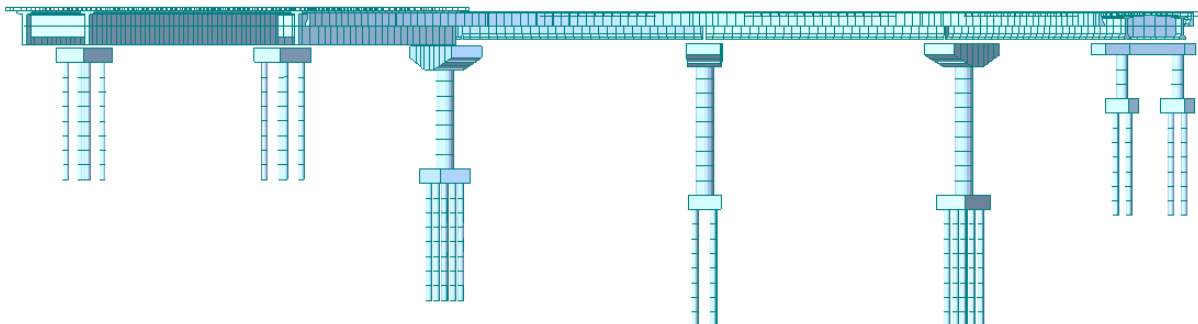
Análise de construção em fases

- Materiais dependentes com o tempo (retração e fluência)
- Restrições de apoio modificadas ao longo da execução
- Carregamentos alterados ao longo da execução

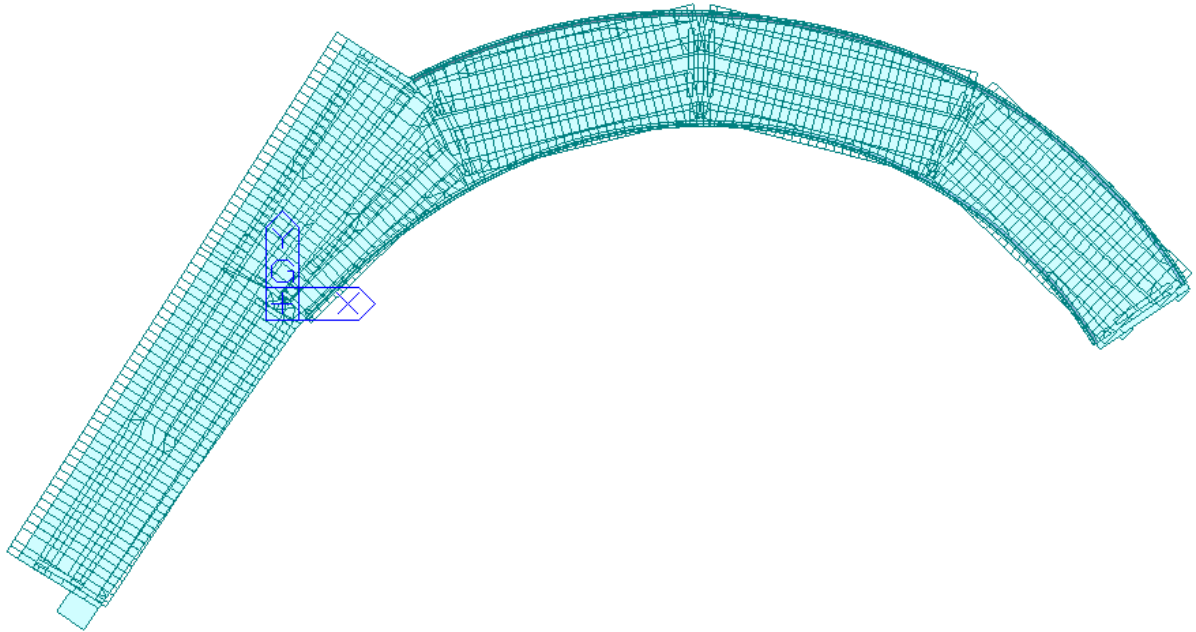
Outras análises

- Análises de recalques de apoio para estruturas de pontes

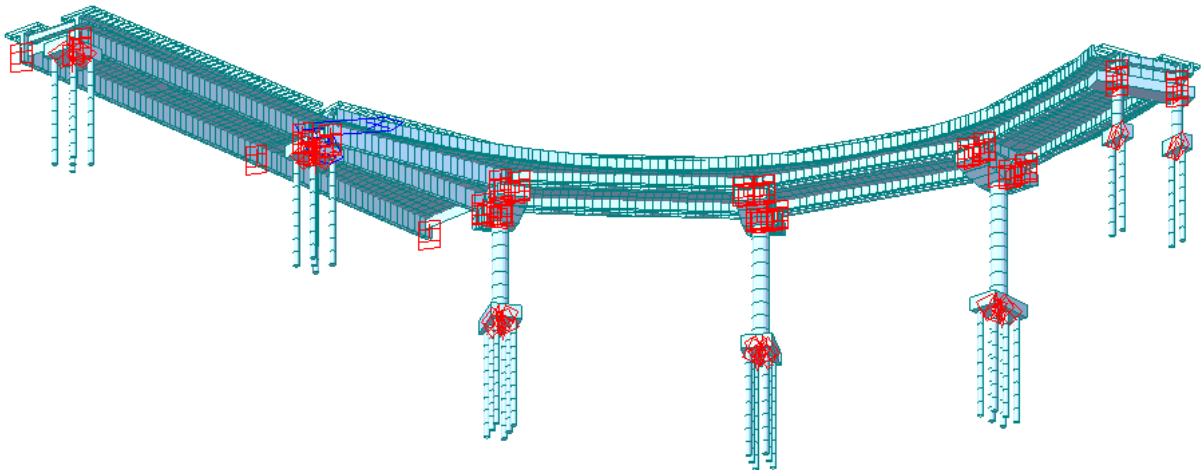
2.3 CARACTERÍSTICAS DO MODELO



Elevação longitudinal



Planta



Vista Geral

2.4 PROPRIEDADES DAS BARRAS

Vigas

Section Data

DB/User Composite

Section ID: 1 Name: TÍPICA

Section Type: Composite-1

Slab Width: 3.8 m

Girder : Num: 1 CTC: 2.88 m

Slab

Bc: 3.8 m

tc: 0.25 m

Hh: 0 m

Girder

HL1	0.1000	m
HL2	0.0500	m
HL3	1.1000	m
HL4	0.2000	m
HL5	0.1500	m
BL1	0.1000	m
BL2	0.5000	m

Material

Select Material from DB ...

Ead/Esb: 1 Dqd/Dsb: 1

Pqd: 0.167 Psb: 0.167

Es/Ec (Creep): 0

Es/Ec (Shrinkage): 0

Offset: Center-Center

Consider Shear Deformation.

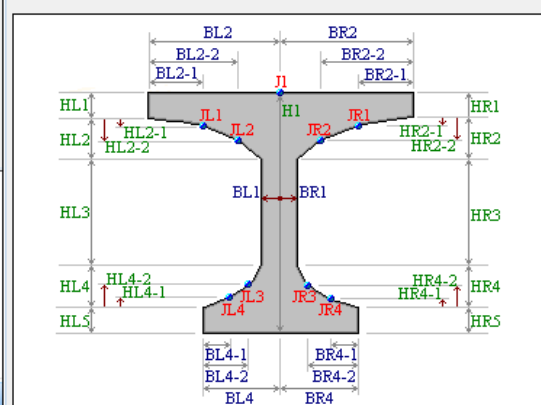
Consider Warping Effect(7th DOF)

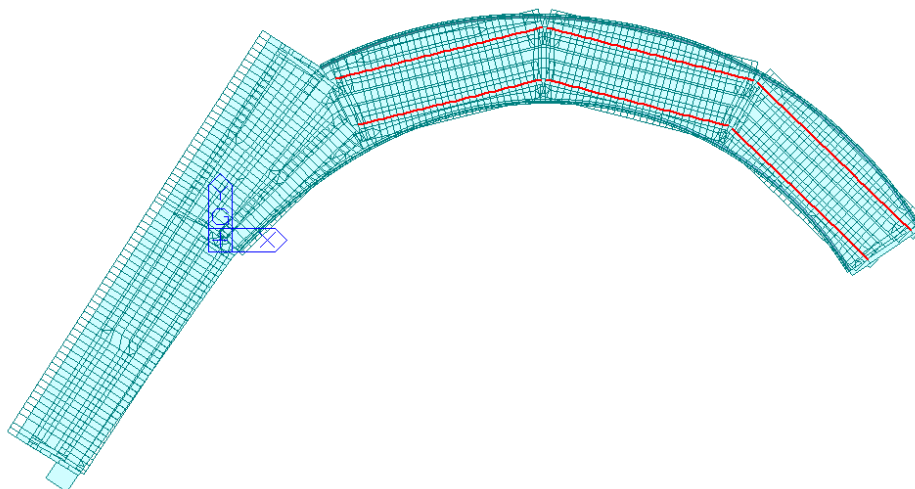
Show Calculation Results... OK Cancel Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Unit
Area	5.200000e-001	1.470000e+000	m ²
Asy	2.347838e-001	9.343470e-001	m ²
Asz	2.938472e-001	3.277409e-001	m ²
Ixx	8.829490e-003	1.872532e-002	m ⁴
Iyy	1.679352e-001	4.523079e-001	m ⁴
Izz	1.440000e-002	1.157567e+000	m ⁴
Cyp	5.000000e-001	5.000000e-001	m
Cym	5.000000e-001	5.000000e-001	m
Czp	7.868590e-001	1.975624e-001	m
Czm	8.131410e-001	1.402438e+000	m
Qyb	0.000000e+000	0.000000e+000	m ²
Qzb	0.000000e+000	0.000000e+000	m ²
Peri:O	5.671911e+000	1.377191e+001	m
Peri:I	0.000000e+000	0.000000e+000	m
Center:y	5.000000e-001	1.900000e+000	m
Center:z	8.131410e-001	1.402438e+000	m
y1	-5.000000e-001	-5.000000e-001	m
z1	7.868590e-001	1.975624e-001	m

PSC Viewer





Pilares Ap. 1,2 e 3

Pilares Ap. 4

Section Data

DB/User

Section ID: 5

Material: Solid Round

Name: PILAR D120

Source: User

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

D: 1.2 m

Consider Shear Deformation.

Offset: Center-Center

Change Offset ...

Show Calculation Results... OK Cancel Apply

Section Data

DB/User

Section ID: 12

Material: Solid Round

Name: PILAR D80

Source: User

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

D: 0.8 m

Consider Shear Deformation.

Offset: Center-Center

Change Offset ...

Show Calculation Results... OK Cancel Apply

Estacas-Raíz Ø41 – em solo

Estacas-Raíz Ø30.5 – em rocha

Section Data

DB/User

Section ID: 3

Material: Solid Round

Name: ESTACA D 41

Source: User

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

D: 0.41 m

Consider Shear Deformation.

Offset: Center-Center

Change Offset ...

Show Calculation Results... OK Cancel Apply

Section Data

DB/User

Section ID: 7

Material: Solid Round

Name: ESTACA D 30.5

Source: User

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

D: 0.305 m

Consider Shear Deformation.

Offset: Center-Center

Change Offset ...

Show Calculation Results... OK Cancel Apply

Bloco 6 Estacas-Raíz Ap. 1 a 3

Bloco 2 Estacas-Raíz Ap. 2

Section Data

DB/User

Section ID: 13

Name: Bloco 6 Est

Sect. Name: []

H: 2.25 m

B: 3.5 m

Offset: Center-Center

Buttons: Show Calculation Results..., OK, Cancel, Apply

Section Data

DB/User

Section ID: 11

Name: Bloco 2 Est

Sect. Name: []

H: 2.25 m

B: 1 m

Offset: Center-Center

Buttons: Show Calculation Results..., OK, Cancel, Apply

Travessa variável Ap. 1, 2 e 3

Encontro Ap. 4

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 28

Name: Trav. var

Section-i

H: 0.8 m

B: 2.3 m

Section-j

H: 1.6 m

B: 2.3 m

Offset: Center-Top

Buttons: Show Calculation Results..., OK, Cancel, Apply

Section Data

DB/User

Section ID: 34

Name: Encontro const

Sect. Name: []

H: 1.2 m

B: 1.75 m

Offset: Center-Center

Buttons: Show Calculation Results..., OK, Cancel, Apply

Vigotas


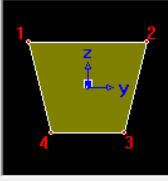
Transversina

Section Data

DB/User Value

Section ID 31 General Section

Name Vigota Built-Up Section

Import SEC Files...

FEM Equation

Consider Shear Deformation.
 Consider Warping Effect(7th DOF)

Offset : Center-Center
Change Offset ...

Show Calculation Results... OK Cancel Apply

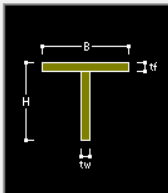
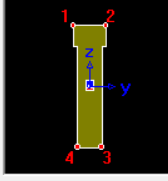
Section Properties		
Area	4.20000e-002	m^2
Asy	3.50454e-002	m^2
Asz	3.46918e-002	m^2
Ixx	2.45575e-004	m^4
Iyy	1.37354e-004	m^4
Izz	1.63100e-004	m^4
Cyp	0.1300	m
Cym	0.1300	m
Czp	0.0921	m
Czm	0.1079	m
Qyb	0.0048	m^2
Qzb	0.0056	m^2
Peri:O	8.32311e-001	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1300	m
Cent:z	0.1079	m
y1	-0.1300	m

Section Data

DB/User

Section ID 2 T-Section

Name TRANSVERSINA User DB AISC10(US)

Sect. Name

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name AISC10(US)

Sect. Name

H 1.5 m
B 0.4 m
tw 0.3 m
tf 0.25 m

Consider Shear Deformation.
 Consider Warping Effect(7th DOF)

Offset : Center-Center
Change Offset ...

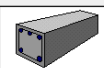
Show Calculation Results... OK Cancel Apply

2.5 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Material Data

General
Material ID 2 Name C30

Elasticity Data
Type of Design Concrete



Type of Material Isotropic Orthotropic

Steel Standard DB
Concrete Standard None Code DB

Steel
Modulus of Elasticity : 0.0000e+000 tonf/m^2
Poisson's Ratio : 0
Thermal Coefficient : 0.0000e+000 1/C
Weight Density : 0 tonf/m^3
 Use Mass Density: 0 tonf/m^3/q

Concrete
Modulus of Elasticity : 3.0672e+008 tonf/m^2
Poisson's Ratio : 0.2
Thermal Coefficient : 1.0000e-005 1/C
Weight Density : 2.5 tonf/m^3
 Use Mass Density: 0.245 tonf/m^3/q

Plasticity Data
Plastic Material Name NONE

Thermal Transfer
Specific Heat : 0 Btu/tonf°C
Heat Conduction : 0 Btu/m*hr*°C

Damping Ratio : 0.05

OK Cancel Apply

3 VINCULAÇÃO ELÁSTICA

3.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Coefficientes de recalques horizontais:

Para SPT<5:	$m_H = 200 \text{ tf/m}^3$
Para 5<SPT<10:	$m_H = 500 \text{ tf/m}^3$
Para $10 \leq \text{SPT} < 30$:	$m_H = 1000 \text{ tf/m}^3$
Para SPT>30:	$m_H = 2000 \text{ tf/m}^3$

Molas horizontais:

$$s_h = m_H \cdot \phi \cdot h \rightarrow \text{tf/m}, \text{ onde:}$$

m_H é o coeficiente de recalque horizontal

$$\phi = 41 \text{ ou } 30.5 \text{ cm}; \quad h = 1,0\text{m}$$

Molas verticais:

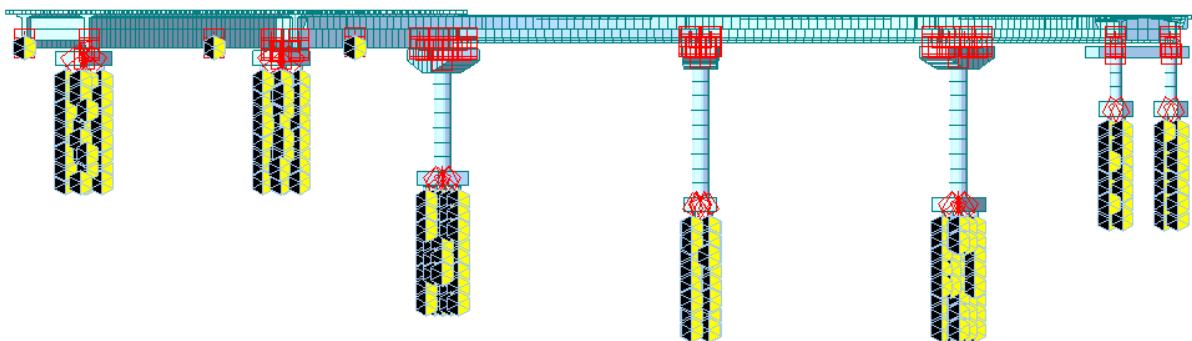
Coefficiente de recalque vertical $C_v = 30000 \text{ tf/m}^3$ (rocha)

$$\text{Mola vertical: } s_v = A_{\text{base}} \cdot C_v$$

$$\text{Mola rotacional: } s_\theta = I_{\text{base}} \cdot C_v$$

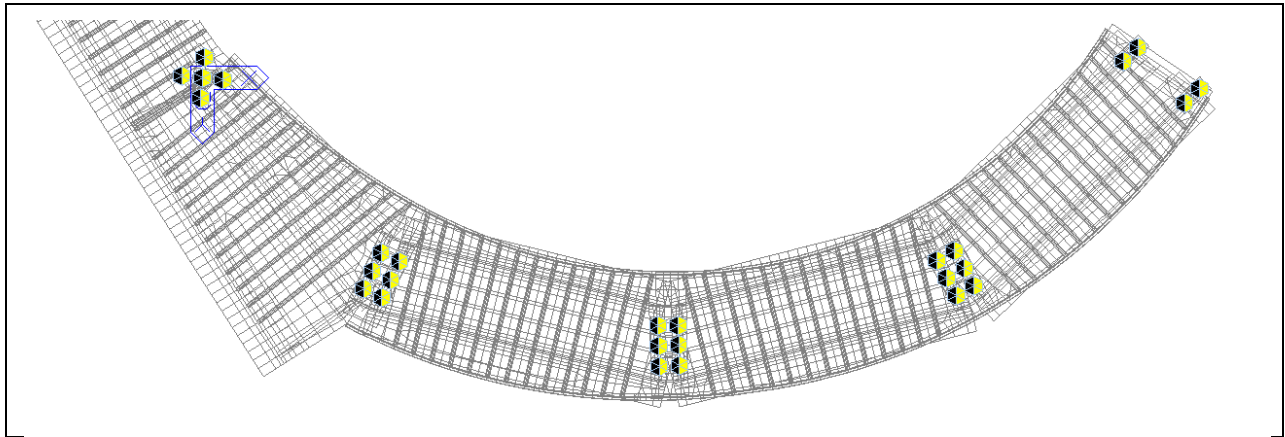
3.2 CONSIDERAÇÕES DO MODELO

Ligação entre elementos é assegurada por *elastic/rigid links*, designadamente:

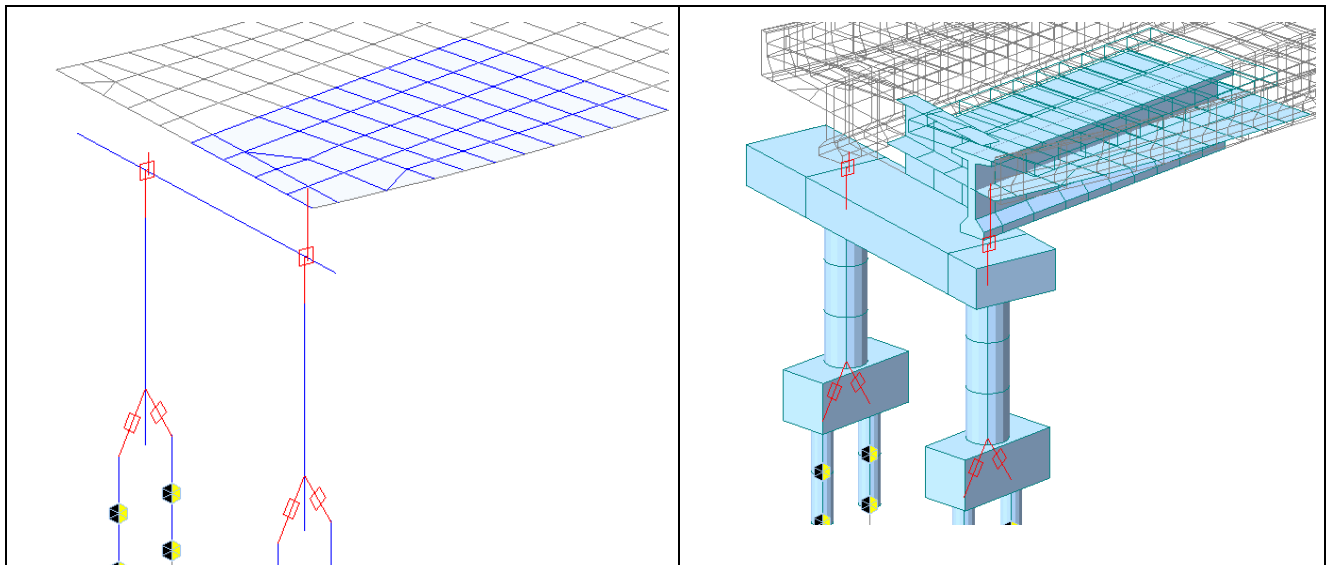


▪ Ligação estacas-solo (Apoios 1 a 3):

- I. *point-springs* com rigidez horizontal (δ_x e δ_y) de 82 a 820 ton/m, no fuste das estacas-raiz enterrados em função do valor SPT, conforme valores apresentados em 3.1
- II. pino com restrição ao deslocamento nas 2 direções horizontais (δ_x e δ_y) cartesianas na base das estacas-raiz, δ_z de 3500 ton/m.



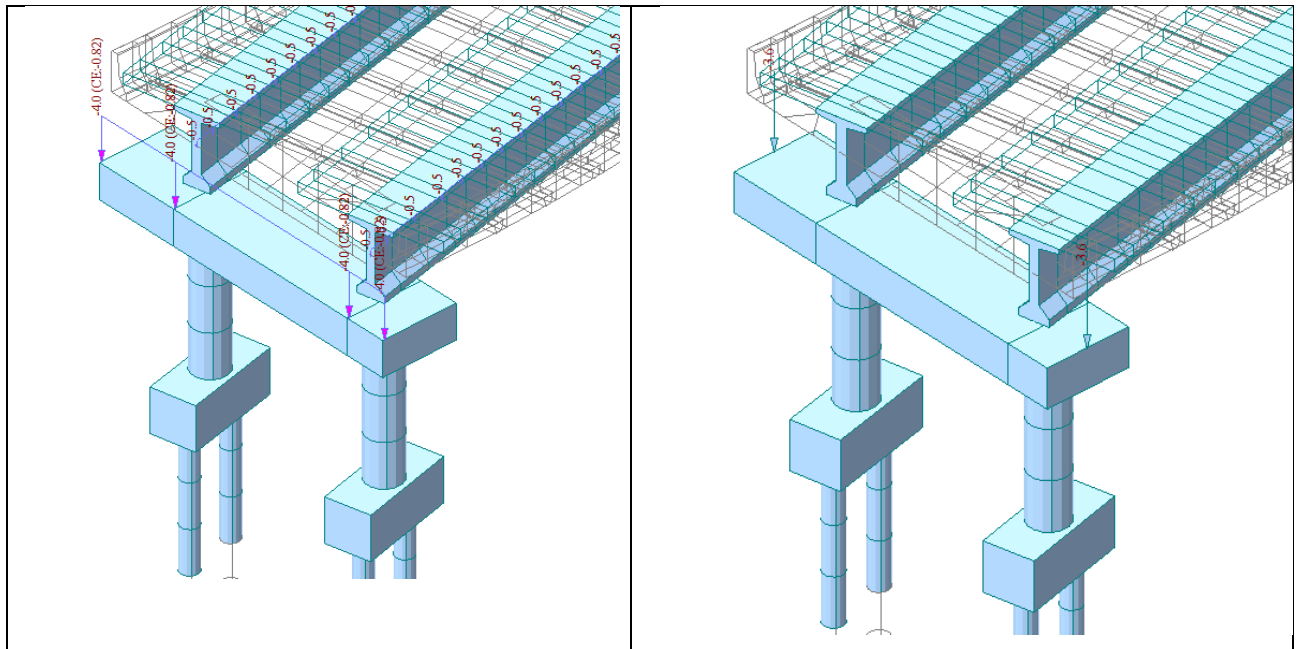
- Ligação travessa-calços-neoprenes-vigas: simulação das ligações rígidas entre travessa-calço e neoprene-viga. O neoprene representado com uma *elastic-link* com rigidez axial (δx) exagerada de 100000 tonf.m e rigidez distorcional (δy e δz) de 200 tonf.m.



4 CARREGAMENTOS

4.1 CARGAS PERMANENTES

Peso próprio dos elementos é aplicado automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções. Protuberâncias particulares/elementos pontuais como as cortinas, abas e lajes de aproximação são considerados no modelo por meio de carregamento excêntrico, conforme figura em baixo:



Defensa	$0.2315 \times 2.4 = 0.55 \text{ tf/m}$
Pavimento	$0.07 \times 2.4 = 0.167 \text{ tf/m}^2$
Cortina Ap. 4	$(.4416 \times 2.5) = 1.104 \text{ tf/m}$
Excentricidade	0.825m
Laje de aproximação Ap. 4	$(0.734 \times 2.5) + (0.63 \times 1.8) = 2.96 \text{ tf/m}$
Excentricidade	0.825m
Abas	$(5.76 \times 0.25 \times 2.5) = 3.6 \text{ tf}$
Excentricidade	0.0m
Preenchimento da laje sobre as vigas	$(0.2065 \times 2.5) = 0.51 \text{ tf/m}$

O tabuleiro é composto por pré-lajes de 6 cm entre vigotas e uma lâmina de concreto com 12 cm. Como medida de tolerância face a desvios construtivos é adotada no modelo uma espessura de 19 cm (5% de tolerância sobre o valor preconizado em projeto de 19 cm).

4.2 CARGAS ACIDENTAIS

Multidão: 0,5 tf/m²

Para o trem-tipo TB-45 é considerado um veículo caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

- Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas (transversinas e lajes)

Quadro-resumo dos valores parciais por vão:

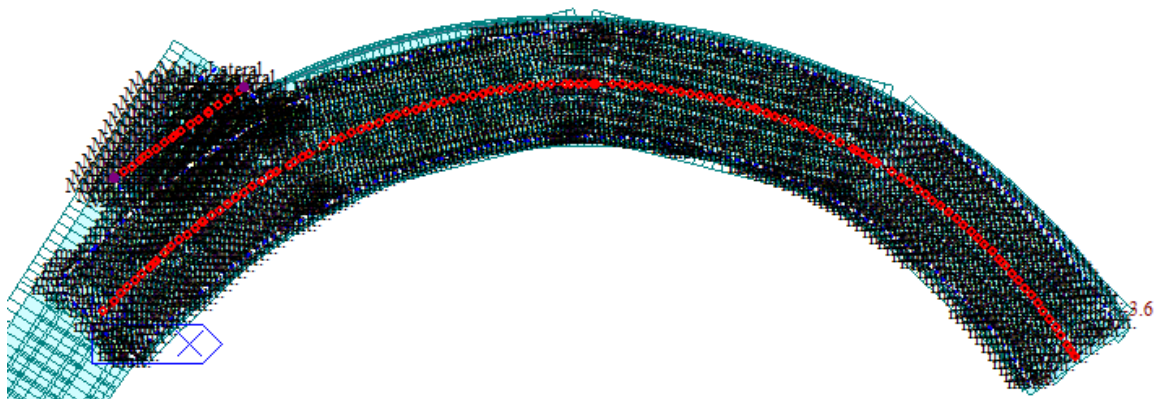
VÃO [m]	CIV	CNF	CIA	CI = CIV x CNF x CIA
16.0	1.32	1.0	1.0	1.32

Cargas devido ao veículo tipo

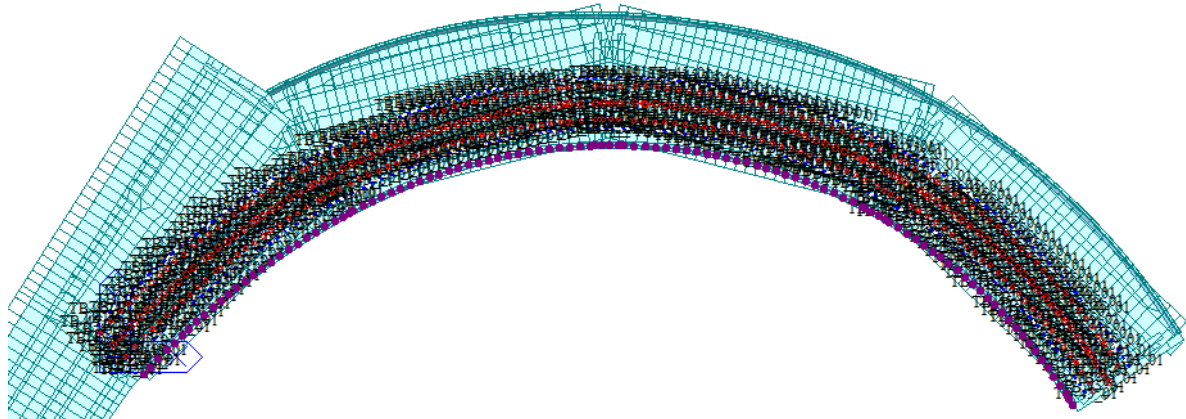
Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

Alinhamentos de multidão/TB-45 considerados

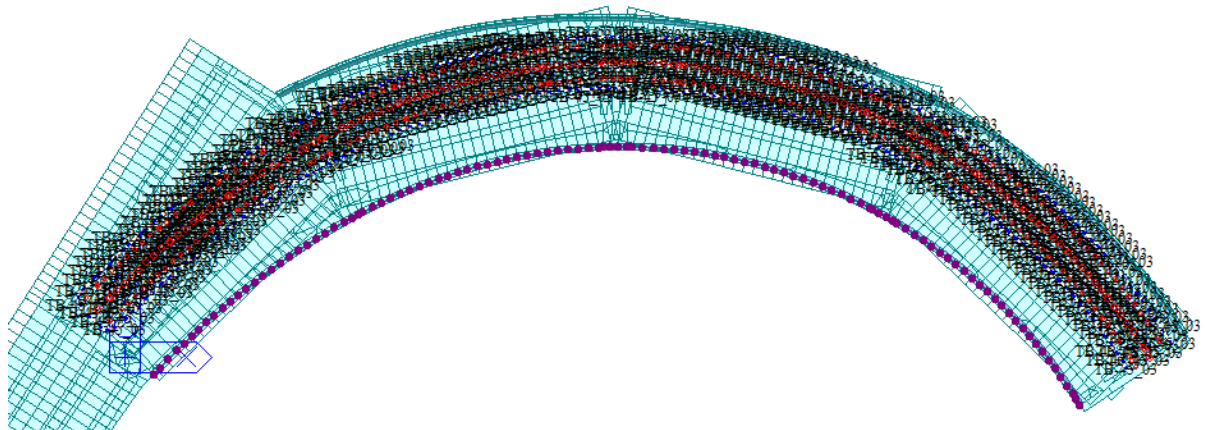
Apresentamos alguns alinhamentos, ilustrando os diversos casos analisados na faixa carroçável (automaticamente analisado pelo Midas).



Multidão na faixa carroçável



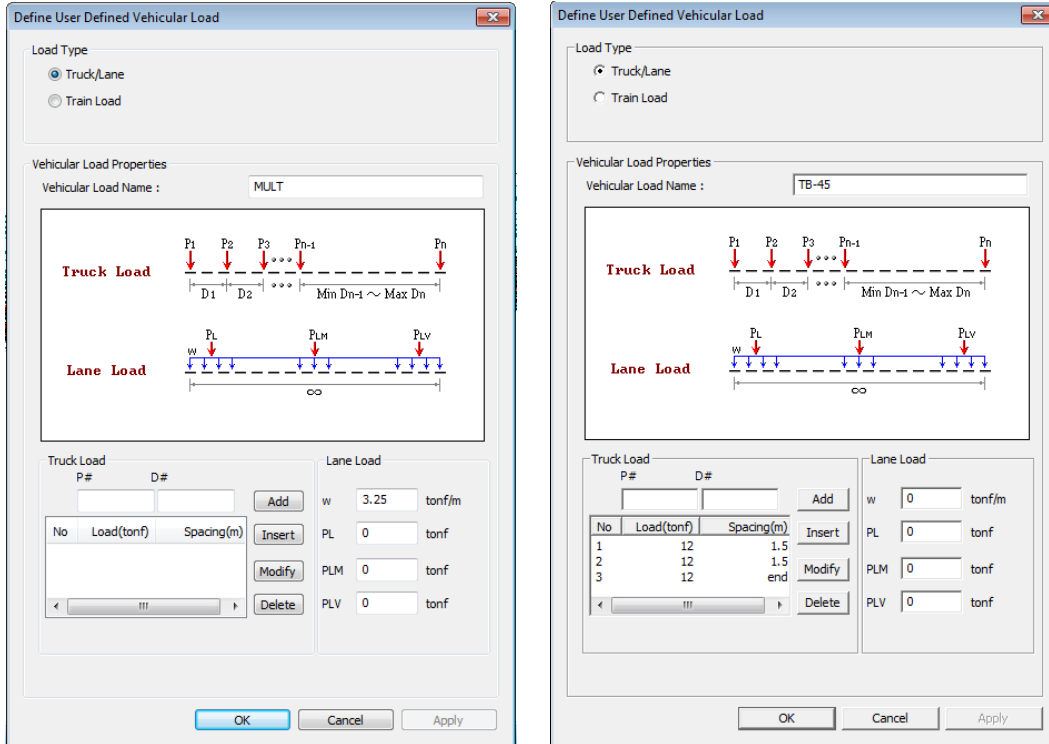
Veículo-tipo em uma das 6 faixas consideradas.



Veículo-tipo em uma das 6 faixas consideradas.

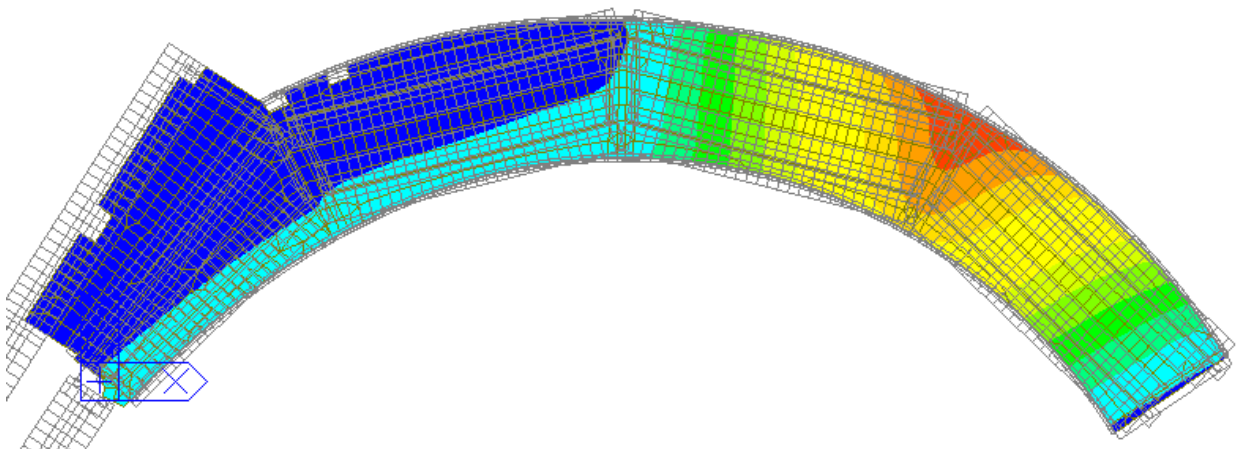
Definição dos veículos e correspondentes forças

Para obter as combinações de ações mais desfavoráveis para os diversos elementos são associadas a cada pista/faixa o veículo tipo, conforme especificações normativas.



O software MIDAS determina as superfícies de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada superfície de influência são determinados os maiores e os menores esforços. A seguir apresentamos algumas das superfícies de influência de carregamentos somente para ilustração:

Carga axial no Pilar do **Apoio 3**:



4.3 FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO À RETRAÇÃO E FLUÊNCIA DO CONCRETO

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

4.4 FORÇA CENTRÍFUGA

A ação horizontal decorrente da força centrífuga é calculada, de acordo com a norma ABNT NBR 7188:2013 - capítulo 5.2.2, como um percentual da carga do veículo tipo em função do raio da curva. Para o caso em estudo, com um raio de 60.0m a força resulta em 24% *PTB-45*. Para o cálculo condicionante da meso e infraestruturas são aplicadas forças convexas de 10.8 *tonf* sobre os pilares.

4.5 FORÇA DEVIDO AO VENTO

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

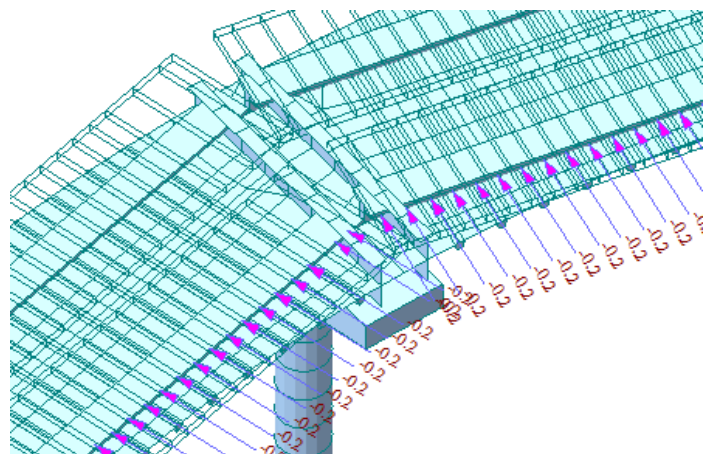
Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em São Paulo é de 40 m/s. A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

O cálculo da força é complementado com o coeficiente de arrasto C_a , aplicável a seções constantes em altura, ou ligeiramente variáveis como o caso em análise. Este coeficiente é dependente das relações geométricas da seção, assumindo-a como paralelepípedica, com arestas de comprimento L_1 e L_2 .

Pressão na direção transversal (W_{y-y}):

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,10$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 50 anos
- $V_k = 41,91$ m/s = 151 km/h
- $C_a = 1.0$
- $p = 109.76$ kgf/m²
- $W_{y-y} = 0,27$ tf/m



4.6 FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO A FRENAÇÃO/ACELERAÇÃO

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 1 = 30\% \times 45 = 13.5 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\%$ multidão na pista

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (72,00) \times 7.4 \text{ m} = 13.5 \text{ tf}$$

Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 13.5 \text{ tf}$$

Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de 0,025 tf/m² na direção longitudinal da obra nas duas direções.

4.7 FORÇA LONGITUDINAL DEVIDO A EMPUXES DO SOLO E MULTIDÃO

Estrutura está isenta de empuxos. O encontro do Apoio 4 é justaposto a um muro de contenção.

5 COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal na combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

Ações	γ_q
Vento	1.4
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	1.5

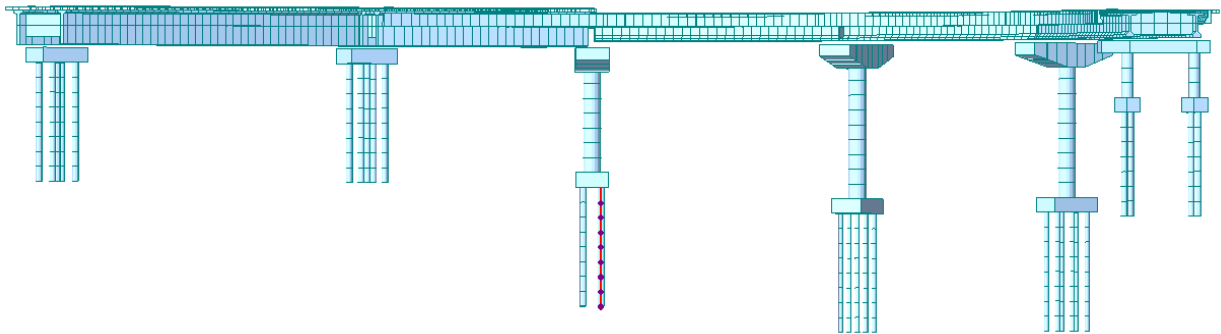
$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

Ações	$\psi_{0j,k}$ –
Vento	0.6
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	0.7
Temperatura	0.6

6 VERIFICAÇÃO DAS ESTACAS

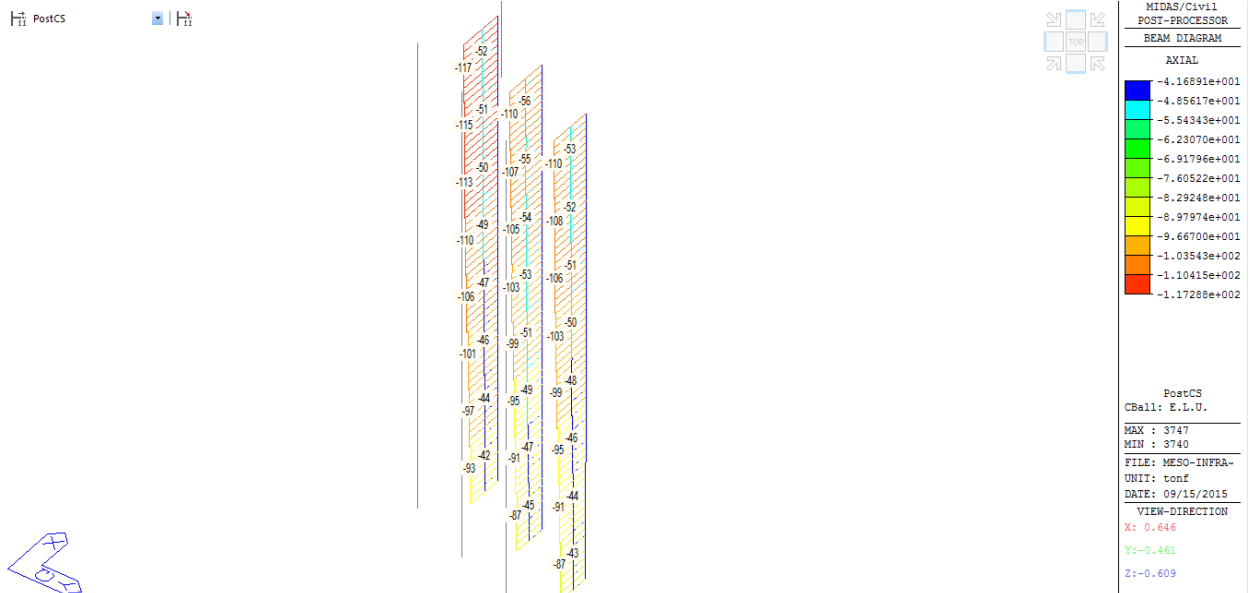
6.1 ESFORÇOS SOLICITANTES

A análise ao dimensionamento das estacas é realizada com base nos esforços de cálculo considerados em baixo. A título de exemplo apresentam-se em seguida as cargas nas fundações do **Apoio 1 e 2**.

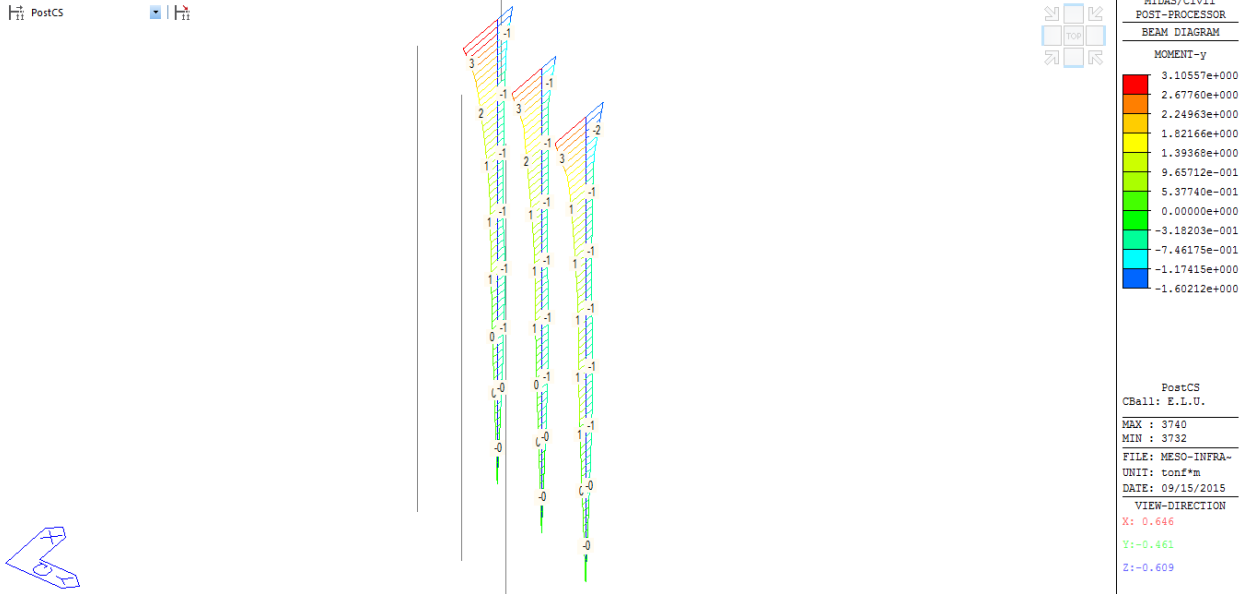


Apoio 1

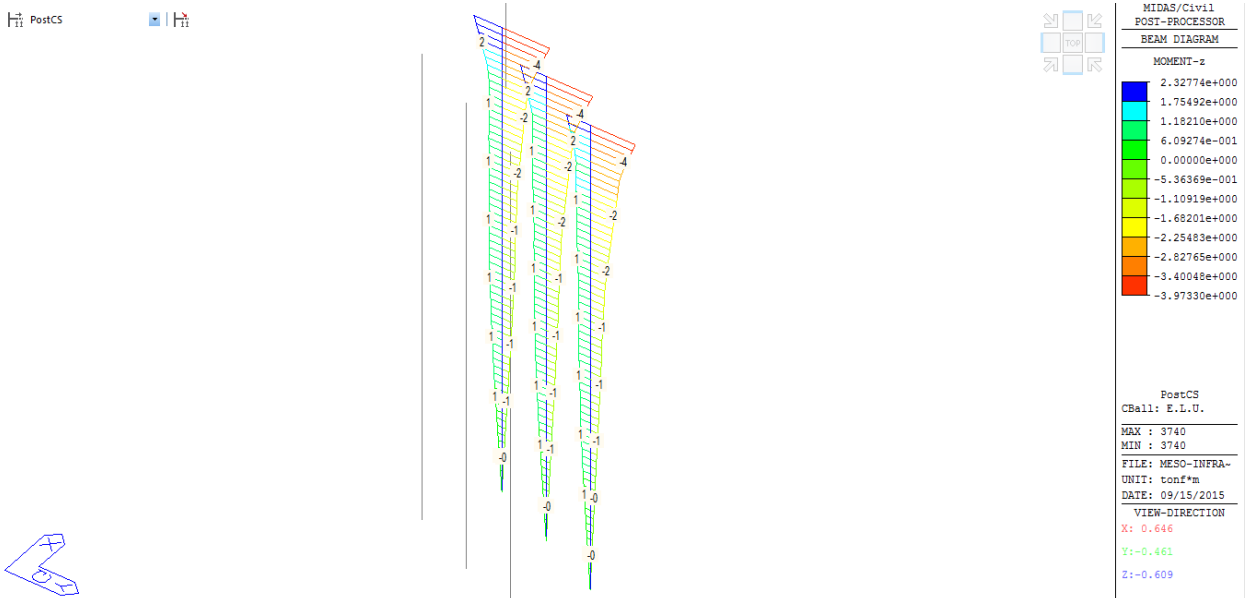
Envoltória de Esforços axiais – *E.L.U* – gráficos

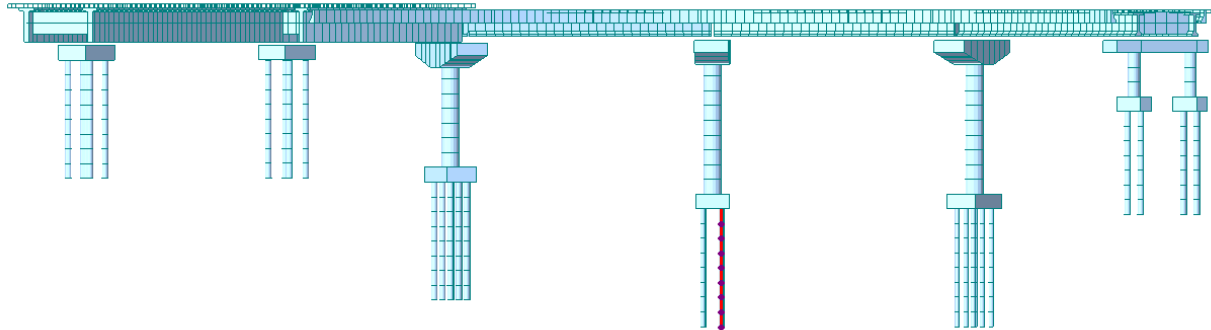


Envoltória de momentos fletores longitudinais – E.L.U. – diagramas



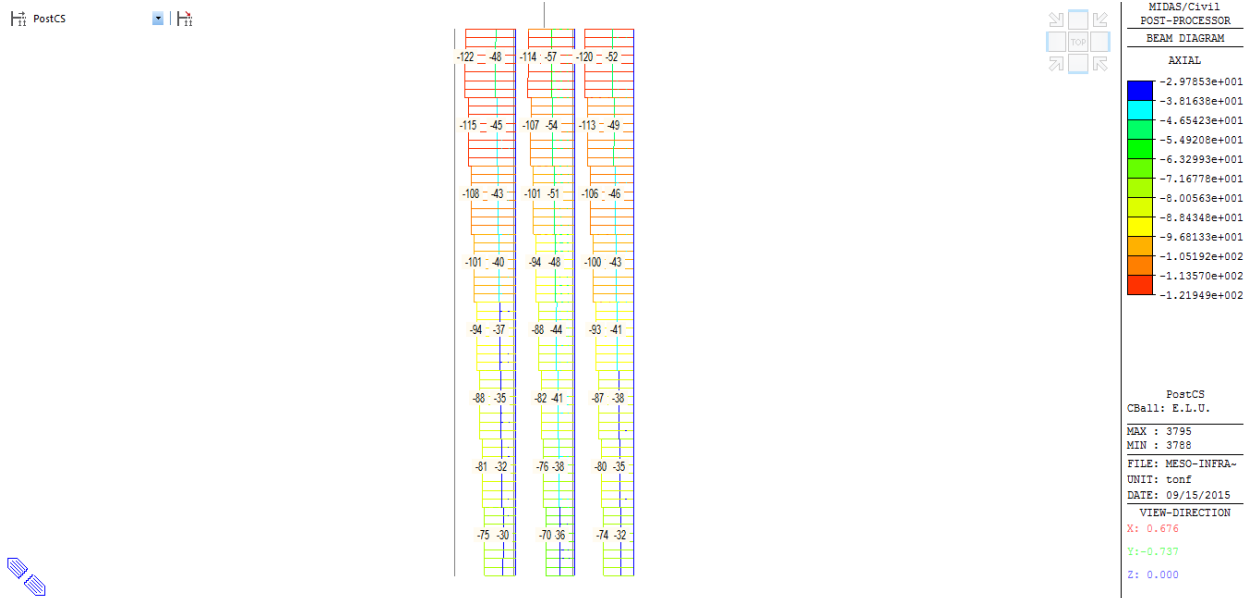
Envoltória de momentos fletores transversais – E.L.U. – diagramas



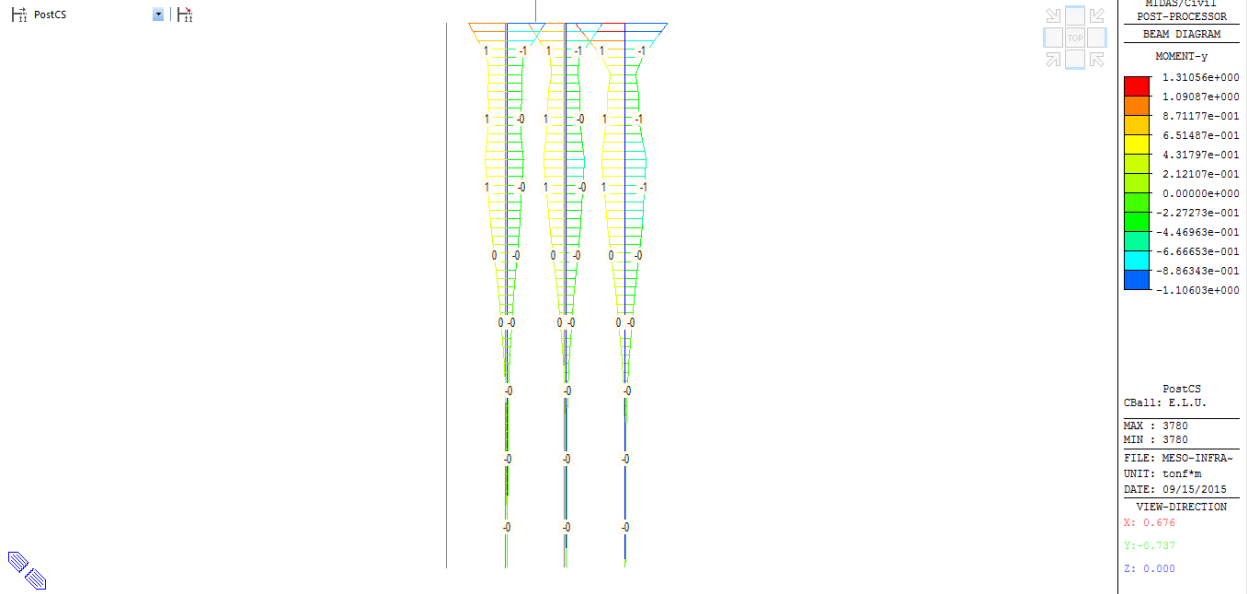


Apoio 2

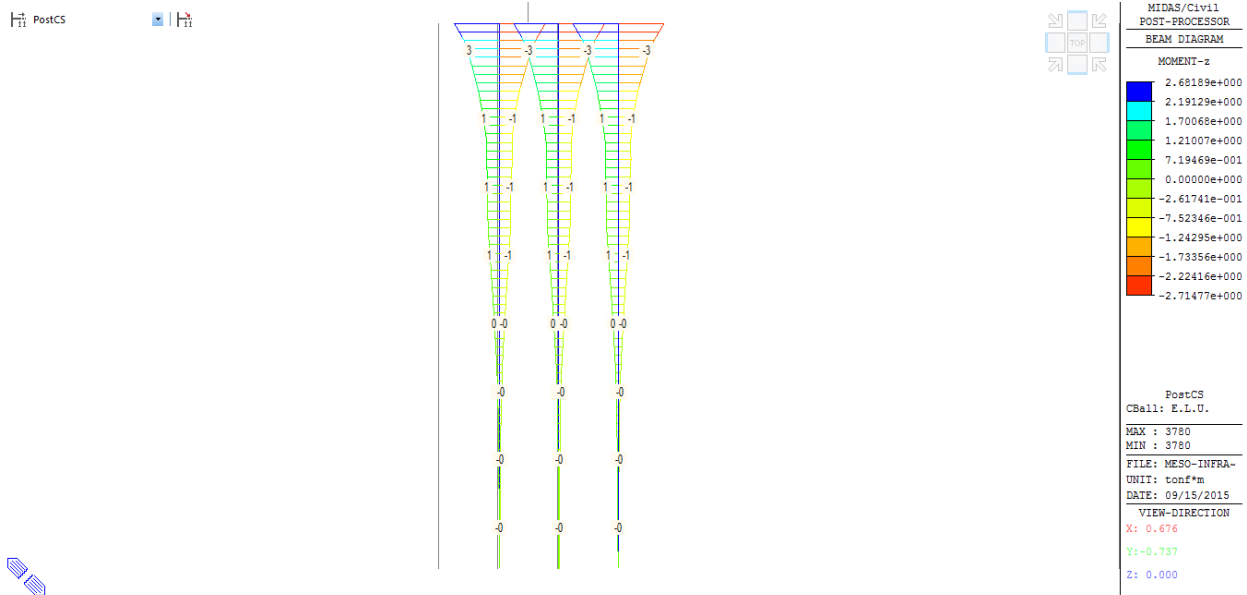
Envoltória de Esforços axiais – *E.L.U* – gráficos



Envoltória de momentos fletores longitudinais – E.L.U. – diagramas



Envoltória de momentos fletores transversais – E.L.U. – diagramas



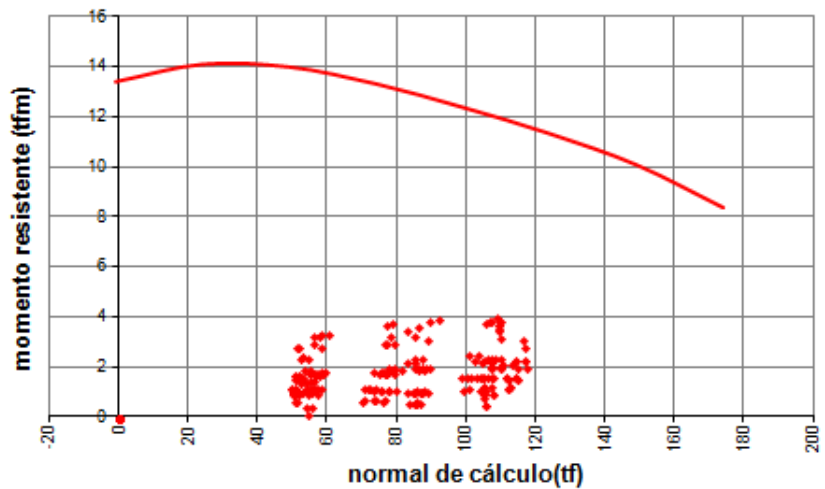
6.2 APOIO 1 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ

6.2.1 Topo – 3.0m iniciais

Utilizando o programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – programa fnc3. Dados em [kgf] e [cm]

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular **Ø41 cm** com armadura de **6Ø25 (2.23%)**

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
E_s	2100000

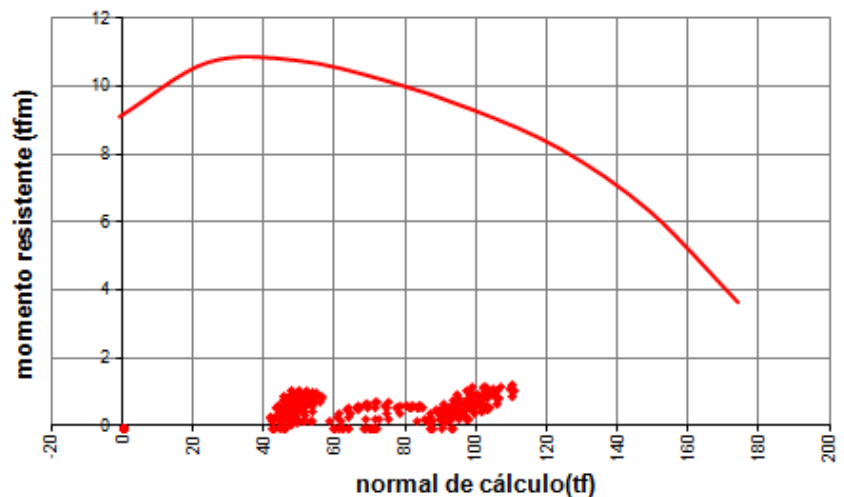


A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

6.2.2 Restante fuste

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular **Ø41 cm** com armadura de **6Ø20 (1.43%)**

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
E_s	2100000



A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

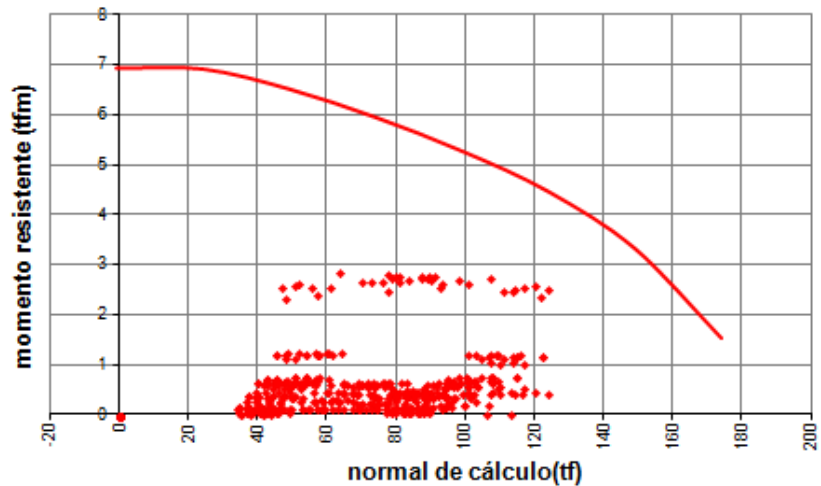
6.3 APOIO 2 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ

6.3.1 Fuste

Utilizando o programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – programa fnc3. Dados em [kgf] e [cm]

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular $\varnothing 30.5$ cm com armadura de **6 $\varnothing 25$** (4.03%)

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
Es	2100000



A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

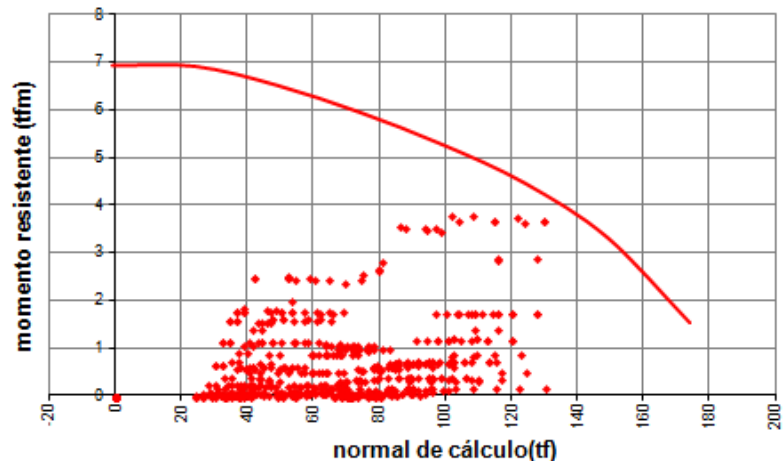
6.4 APOIO 3 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ

6.4.1 Fuste

Utilizando o programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – programa fnc3. Dados em [kgf] e [cm]

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular $\varnothing 30.5$ cm com armadura de **6 $\varnothing 25$** (4.03%)

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
Es	2100000



A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

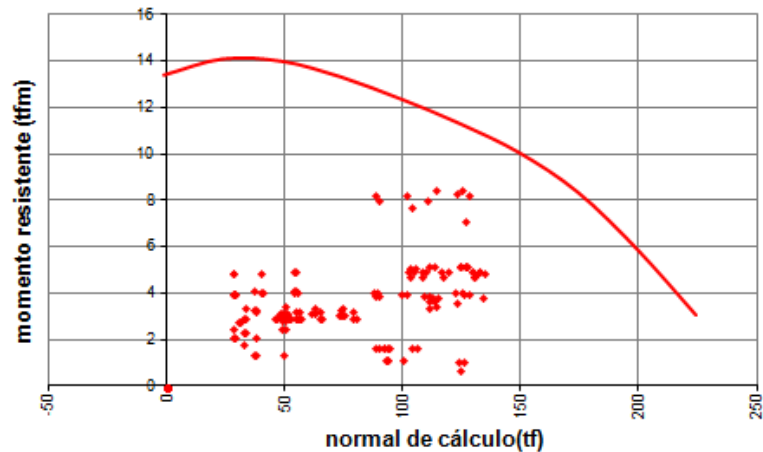
6.5 APOIO 4 - DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS-RAIZ

6.5.1 Topo – 3.0m iniciais

Utilizando o programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – programa fnc3. Dados em [kgf] e [cm]

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular **Ø41 cm** com armadura de **6Ø25 (2.23%)**

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
E_s	2100000



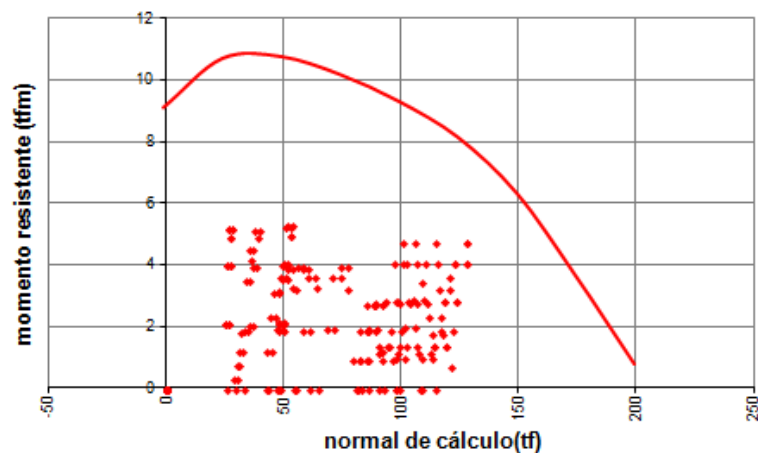
A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

6.5.2 Restante do fuste

Utilizando o programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – programa fnc3. Dados em [kgf] e [cm]

Gráfico da envolvente de rotura M-N para seção circular **Ø41 cm** com armadura de **6Ø20 (1.43%)**

f_{ck}	200
γ_c	1.8
f_{yk}	5000
γ_s	1.15
E_s	2100000



A armadura atende os esforços de cálculo.

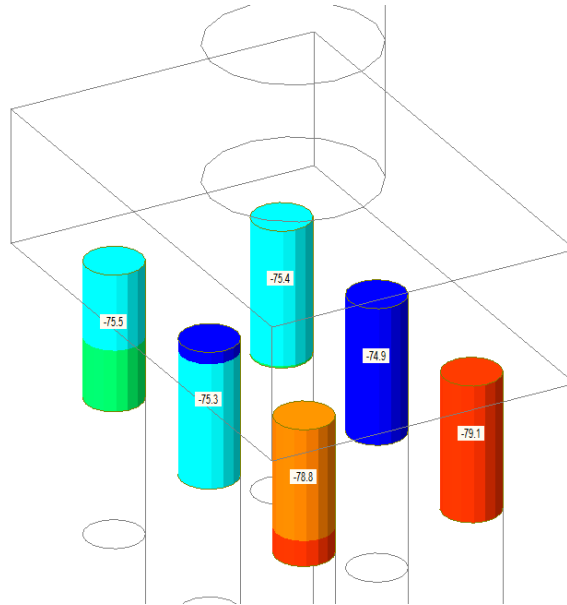
A armadura atende plenamente os esforços de cálculo.

7 ANÁLISE GEOTÉCNICA DAS ESTACAS-RAIZ

7.1 CARGAS GEOTÉCNICAS

Apoio 1

PostCS



MIDAS/Civil1
POST-PROCESSOR

BEAM FORCE

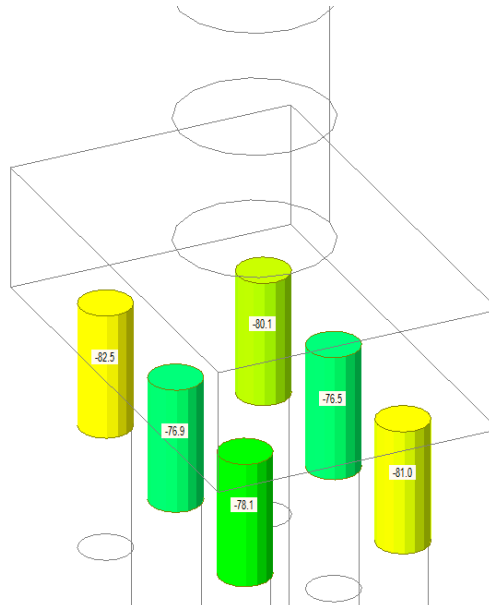
AXIAL

-7.45538e+001
-7.49701e+001
-7.53863e+001
-7.58026e+001
-7.62189e+001
-7.66352e+001
-7.70515e+001
-7.74678e+001
-7.78841e+001
-7.83004e+001
-7.87167e+001
-7.91330e+001

PostCS
CBmin: GEO
MAX : 3724
MIN : 3740
FILE: MESO-INFRA-
UNII: tonf
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.062 Z
Y: -0.885
Z: 0.462

Apoio 2

PostCS



MIDAS/Civil1
POST-PROCESSOR

BEAM FORCE

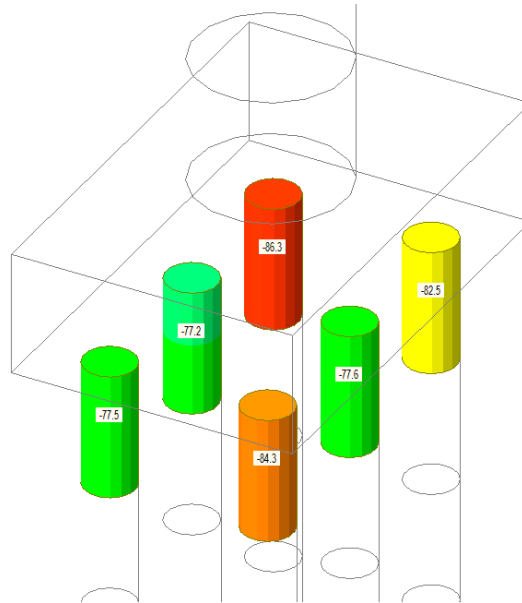
AXIAL

-7.34722e+001
-7.46393e+001
-7.58065e+001
-7.69736e+001
-7.81408e+001
-7.93079e+001
-8.04751e+001
-8.16423e+001
-8.28094e+001
-8.39766e+001
-8.51437e+001
-8.63109e+001

PostCS
CBmin: GEO
MAX : 3724
MIN : 363
FILE: MESO-INFRA-
UNII: tonf
DATE: 09/14/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.380 Z
Y: -0.797
Z: 0.470

Apoio 3

PostCS



MIDAS/CIVIL
POST-PROCESSOR

BEAM FORCE

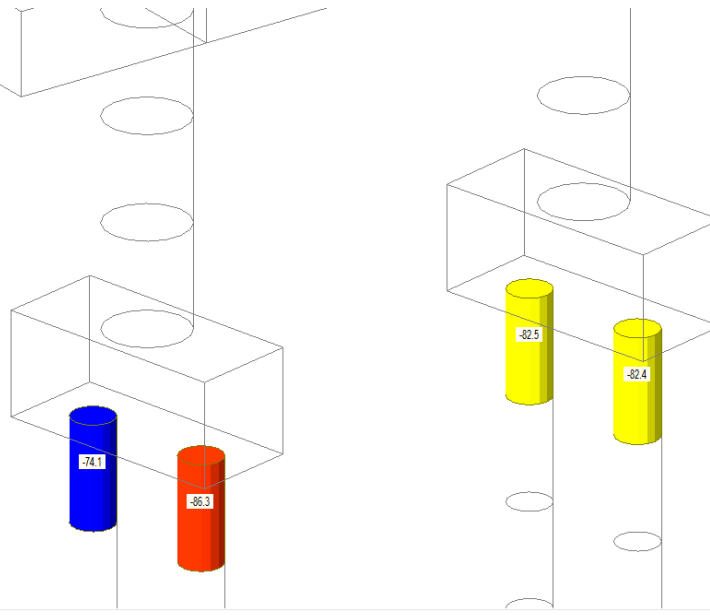
AXIAL

-7.34722e+001
-7.46393e+001
-7.58065e+001
-7.69736e+001
-7.81408e+001
-7.93079e+001
-8.04751e+001
-8.16423e+001
-8.28094e+001
-8.39766e+001
-8.51437e+001
-8.63109e+001

PostCS
CMin: GEO
MAX : 3724
MIN : 363
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf
DATE: 09/14/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.022 Z
Y: -0.948
Z: 0.530

Apoio 4

PostCS



MIDAS/CIVIL
POST-PROCESSOR

BEAM FORCE

AXIAL

-7.34722e+001
-7.46393e+001
-7.58065e+001
-7.69736e+001
-7.81408e+001
-7.93079e+001
-8.04751e+001
-8.16423e+001
-8.28094e+001
-8.39766e+001
-8.51437e+001
-8.63109e+001

PostCS
CMin: GEO
MAX : 3724
MIN : 363
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf
DATE: 09/14/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.024 Z
Y: -0.913
Z: 0.407

7.2 VERIFICAÇÃO GEOTÉCNICA

Estacas no **Apoio 1** com **11 m** de comprimento ($F_{GEO} = 85 \text{ tonf}$) – desconsiderada a 1ª camada da sondagem para se atingir a cota de arrasamento.

Capacidade de Estacas Raiz - Método David Cabral														
Sondagem: SP-352-03				Valores de β_1 e β_2										
SOLO				Coeficiente para Rocha				Solo		β_1 (%)	β_2			
Ø estaca =		41.0	cm	Atrito Lat. =		5.0	kgf/cm ²	Areia		7	3			
Perímetro =		128.8	cm	Ponta =		30.0	kgf/cm ²	Areia siltosa		8	2.8			
Área da ponta =		1320.3	cm ²					Areia argilosa		8	2.3			
ROCHA				Coeficientes de Segurança				Silte		5	1.8			
Ø estaca =		30.5	cm	Lateral =		2.0		Silte arenoso		6	2			
Perímetro =		95.8	cm	Ponta =		2.0		Silte argiloso		3.5	1			
Área da ponta =		730.6	cm ²					Argila		5	1			
								Argila arenosa		5	1.5			
								Argila siltosa		4	1			
Prof. (m)	Material	N SPT	Pressão (kgf/cm ²)	β_0	β_1 (%)	β_2	$\beta_0\beta_1N$ (kgf/cm ²)	$\beta_0\beta_2N$ (kgf/cm ²)	PI (tf)	PI acum (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)	Cota	
1	argila siltosa	0	1	0.70	4.0	1.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	363.473	
2	silte arenoso	1	1	0.70	6.0	2.0	0.04	1.40	0.5	0.5	1.8	1.2	362.473	
3	silte arenoso	4	1	0.70	6.0	2.0	0.17	5.60	2.2	2.7	7.4	5.0	361.473	
4	silte arenoso	1	1	0.70	6.0	2.0	0.04	1.40	0.5	3.2	1.8	2.5	360.473	
5	silte arenoso	5	1	0.70	6.0	2.0	0.21	7.00	2.7	6.0	9.2	7.6	359.473	
6	silte arenoso	13	2	0.81	6.0	2.0	0.63	21.06	8.1	14.1	27.8	20.9	358.473	
7	silte arenoso	21	2	0.81	6.0	2.0	1.02	34.02	13.1	27.2	44.9	36.1	357.473	
8	silte arenoso	34	2	0.81	6.0	2.0	1.65	50.00	21.3	48.5	66.0	57.3	356.473	
9	silte arenoso	24	2	0.81	6.0	2.0	1.17	38.88	15.0	63.5	51.3	57.4	355.473	
10	silte arenoso	21	2	0.81	6.0	2.0	1.02	34.02	13.1	76.7	44.9	60.8	354.473	
11	silte arenoso	50	2	0.81	6.0	2.0	2.00	50.00	25.8	102.4	66.0	84.2	353.473	
12	silte arenoso	50	2	0.81	6.0	2.0	2.00	50.00	25.8	128.2	66.0	97.1	352.473	
13	silte arenoso	50	2	0.81	6.0	2.0	2.00	50.00	25.8	154.0	66.0	110.0	351.473	
14	silte arenoso	50	2	0.81	6.0	2.0	2.00	50.00	25.8	179.7	66.0	122.9	350.473	
15	silte arenoso	50	2	0.81	6.0	2.0	2.00	50.00	25.8	205.5	66.0	135.8	349.473	

Estacas no Apoio 2 com 10 m de comprimento ($F_{GEO} = 85$ tonf)

Capacidade de Estacas Raiz - Método David Cabral														
Sondagem: SM-351-04				Valores de β_1 e β_2										
SOLO				Coeficiente para Rocha				Solo			β_1 (%)	β_2		
\varnothing estaca = 41.0 cm				Atrito Lat. = 4.0 kgf/cm ²				Areia			7	3		
Perímetro = 128.8 cm				Ponta = 30.0 kgf/cm ²				Areia siltosa			8	2.8		
Área da ponta = 1320.3 cm ²								Areia argilosa			8	2.3		
ROCHA				Coeficientes de Segurança				Silte			5	1.8		
\varnothing estaca = 30.5 cm				Lateral = 2.0				Silte arenoso			6	2		
Perímetro = 95.8 cm				Ponta = 2.0				Silte argiloso			3.5	1		
Área da ponta = 730.6 cm ²								Argila			5	1		
						Argila arenosa			5	1.5				
						Argila siltosa			4	1				
Prof. (m)	Material	N SPT	Pressão (kgf/cm ²)	β_0	β_1 (%)	β_2	$\beta_0\beta_1N$ (kgf/cm ²)	$\beta_0\beta_2N$ (kgf/cm ²)	PI (tf)	PI acum (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)	Cota	
1	silte argiloso	0	2	0.81	3.5	1.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	443.012	
2	areia	4	2	0.81	7.0	3.0	0.23	9.72	2.9	2.9	12.8	7.9	442.012	
3	rocha	50	2	-	-	-	-	-	38.3	41.2	21.9	31.6	441.012	
4	rocha	50	2	-	-	-	-	-	38.3	79.6	21.9	50.7	440.012	
5	silte arenoso	30	2	0.81	6.0	2.0	1.46	48.60	18.8	98.4	64.2	81.3	439.012	
6	silte arenoso	30	2	0.81	6.0	2.0	1.46	48.60	18.8	117.1	64.2	90.7	438.012	
7	Silte argiloso	30	2	0.81	3.5	1.0	0.85	24.30	11.0	128.1	32.1	80.1	437.012	
8	Silte argiloso	30	2	0.81	3.5	1.0	0.85	24.30	11.0	139.0	32.1	85.6	436.012	
9	Silte argiloso	30	2	0.81	3.5	1.0	0.85	24.30	11.0	150.0	32.1	91.0	435.012	
10	Silte argiloso	30	2	0.81	3.5	1.0	0.85	24.30	11.0	161.0	32.1	96.5	434.012	
11	Silte argiloso	30	2	0.81	3.5	1.0	0.85	24.30	11.0	171.9	32.1	102.0	433.012	

Estacas no Apoio 3 com 8 m de comprimento total ($F_{GEO} = 90$ tonf), com as seguintes características;

- $\varnothing 30.5$ com 14 m de comprimento em solo;

Capacidade de Estacas Raiz - Método David Cabral

Sondagem: SM-352-05A				Valores de β_1 e β_2										
SOLO				Coeficiente para Rocha				Solo			β_1 (%)	β_2		
Ø estaca =		30.5	cm	Atrito Lat. =		3.0	kgf/cm ²	Areia			7	3		
Perímetro =		95.8	cm	Ponta =		30.0	kgf/cm ²	Areia siltosa			8	2.8		
Área da ponta =		730.6	cm ²					Areia argilosa			8	2.3		
ROCHA				Coeficientes de Segurança				Silte			5	1.8		
Ø estaca =		30.5	cm	Lateral =		2.0		Silte arenoso			6	2		
Perímetro =		95.8	cm	Ponta =		2.0		Silte argiloso			3.5	1		
Área da ponta =		730.6	cm ²					Argila			5	1		
				Argila arenosa			5	1.5						
				Argila siltosa			4	1						
Prof. (m)	Material	N SPT	Pressão (kgf/cm ²)	β_0	β_1 (%)	β_2	$\beta_0\beta_1N$ (kgf/cm ²)	$\beta_0\beta_2N$ (kgf/cm ²)	PI (tf)	PI acum (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)	Cota	
1	Silte argiloso	0	0	0.70	3.5	1.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	360.451	
2	Silte argiloso	20	2	0.92	3.5	1.0	0.64	18.30	6.1	6.1	13.4	9.8	449.021	
3	Silte argiloso	20	2	0.92	3.5	1.0	0.64	18.30	6.1	12.3	13.4	12.8	358.451	
4	Silte argiloso	20	2	0.92	3.5	1.0	0.64	18.30	6.1	18.4	13.4	15.9	357.451	
5	Silte argiloso	30	2	0.92	3.5	1.0	0.96	27.45	9.2	27.6	20.1	23.8	356.451	
6	Silte argiloso	30	2	0.92	3.5	1.0	0.96	27.45	9.2	36.8	20.1	28.4	355.451	
7	Silte argiloso	10	2	0.92	3.5	1.0	0.32	9.15	3.1	39.9	6.7	23.3	354.451	
8	silte arenoso	50	2	0.92	6.0	2.0	2.00	50.00	19.2	59.1	36.5	47.8	353.451	
9	silte arenoso	43	2	0.92	6.0	2.0	2.00	50.00	19.2	78.2	36.5	57.4	352.451	
10	silte arenoso	50	2	0.92	6.0	2.0	2.00	50.00	19.2	97.4	36.5	67.0	351.451	
11	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	112.7	33.4	73.1	350.451	
12	Silte argiloso	42	2	0.92	3.5	1.0	1.35	38.43	12.9	125.6	28.1	76.8	349.451	
13	Silte argiloso	37	2	0.92	3.5	1.0	1.18	33.86	11.4	137.0	24.7	80.9	348.451	
14	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	152.3	33.4	92.9	347.451	
15	Silte argiloso	21	2	0.92	3.5	1.0	0.67	19.22	6.4	158.8	14.0	86.4	346.451	
16	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	174.1	33.4	103.8	345.451	
17	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	189.4	33.4	111.4	344.451	
18	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	204.8	33.4	119.1	343.451	
19	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	220.1	33.4	126.8	342.451	
20	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	235.5	33.4	134.4	341.451	
21	Silte argiloso	50	2	0.92	3.5	1.0	1.60	45.75	15.3	250.8	33.4	142.1	340.451	

Estacas no Apoio 4 com 10 m de comprimento ($F_{GEO} = 90$ tonf), com as seguintes características:

- Ø30.5 com 14 m de comprimento em rocha;

Desconsiderada a 1ª camada da sondagem para se atingir a cota de arrasamento.

Capacidade de Estacas Raiz - Método David Cabral

Sondagem: SP-352-06				Valores de β_1 e β_2									
SOLO				Solo			β_1 (%)	β_2					
Ø estaca = 41.0 cm				Areia			7	3					
Perímetro = 128.8 cm				Areia siltosa			8	2.8					
Área da ponta = 1320.3 cm ²				Areia argilosa			8	2.3					
				Silte			5	1.8					
				Silte arenoso			6	2					
				Silte argiloso			3.5	1					
				Argila			5	1					
				Argila arenosa			5	1.5					
				Argila siltosa			4	1					
ROCHA				Coeficiente para Rocha			Coeficientes de Segurança						
Ø estaca = 30.5 cm				Atrito Lat. = 5.0 kgf/cm ²			Lateral = 2.0						
Perímetro = 95.8 cm				Ponta = 30.0 kgf/cm ²			Ponta = 2.0						
Área da ponta = 730.6 cm ²													
Prof. (m)	Material	N SPT	Pressão (kgf/cm ²)	β_0	β_1 (%)	β_2	$\beta_0\beta_1N$ (kgf/cm ²)	$\beta_0\beta_2N$ (kgf/cm ²)	PI (tf)	PI acum (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)	Cota
1	silte argiloso	0	1	0.70	3.5	1.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	369.249
2	silte argiloso	3	1	0.70	3.5	1.0	0.07	2.10	0.9	0.9	2.8	1.9	368.249
3	silte argiloso	3	1	0.70	3.5	1.0	0.07	2.10	0.9	1.9	2.8	2.3	367.249
4	silte argiloso	4	1	0.70	3.5	1.0	0.10	2.80	1.3	3.2	3.7	3.4	366.249
5	silte argiloso	16	1	0.70	3.5	1.0	0.39	11.20	5.0	8.2	14.8	11.5	365.249
6	areia siltosa	26	2	0.81	8.0	2.8	1.68	50.00	21.7	29.9	66.0	48.0	364.249
7	areia siltosa	16	2	0.81	8.0	2.8	1.04	36.29	13.4	43.3	47.9	45.6	363.249
8	areia siltosa	18	2	0.81	8.0	2.8	1.17	40.82	15.0	58.3	53.9	56.1	362.249
9	areia siltosa	50	2	0.81	8.0	2.8	2.00	50.00	25.8	84.0	66.0	75.0	361.249
10	rocha	50	2	-	-	-	-	-	47.9	132.0	21.9	76.9	360.249
11	rocha	50	2	-	-	-	-	-	47.9	179.9	21.9	100.9	359.249
12	rocha	50	2	-	-	-	-	-	47.9	227.8	21.9	124.8	358.249
13	rocha	50	2	-	-	-	-	-	47.9	275.7	21.9	148.8	357.249

7.3 RESUMO DA ANÁLISE GEOTÉCNICA

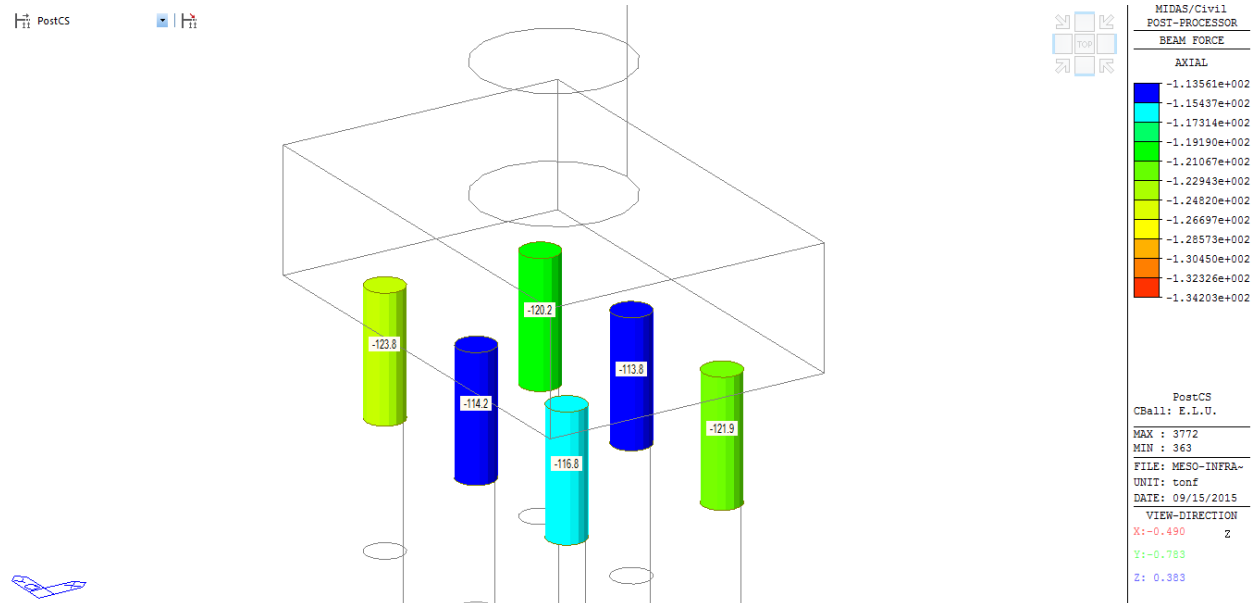
Tabela-Resumo da informação desenvolvida nos capítulos anteriores:

Apoio	Nº estacas	N _{Geo} [tf]	L estaca-raiz [m]		
			Solo – Ø41	Rocha – Ø30.5	TOTAL
1	6	85	11	-	11
2	6	85	-	10	10
3	6	90	-	14	14
4	2x2	90	8	2	10

8 VERIFICAÇÃO DOS BLOCOS

8.1 APOIOS 1 A 3 – BLOCO DE 6 ESTACAS

Axiais de cálculo no fundo do bloco – *E.L.U.*

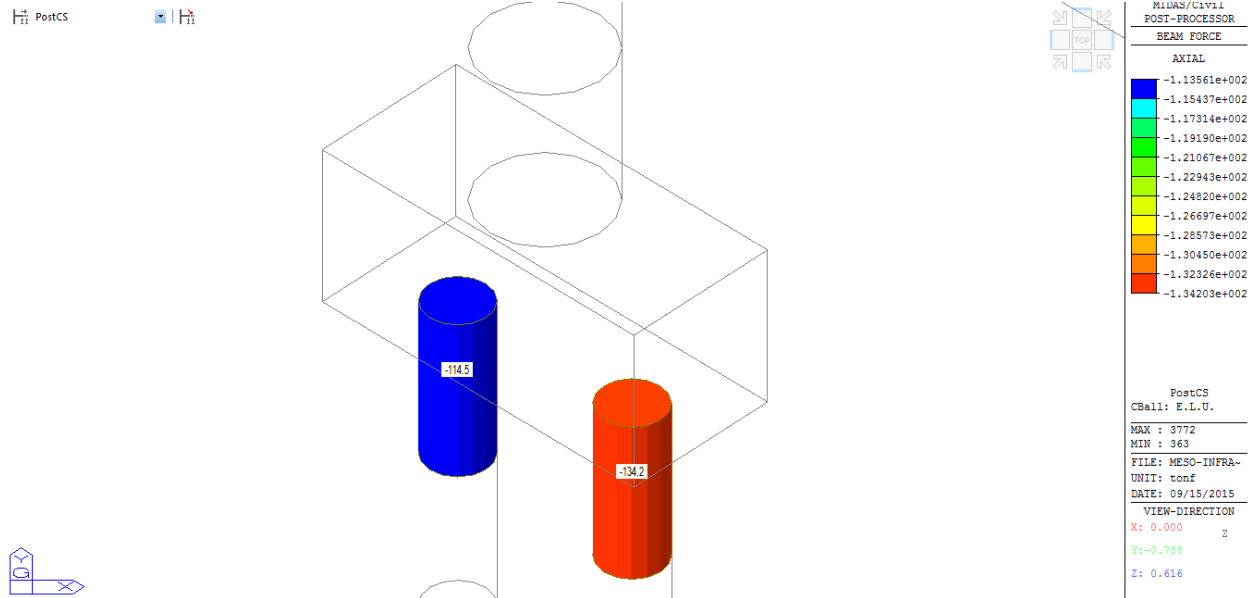


Para a posição da biela foi considerado a $\frac{1}{4}$ do diâmetro do pilar, até o centro da estaca mais distante.

Rs = Restaca (c/z)	<i>X - Direção longitudinal - direção do tráfego</i>								
Altura do bloco [m]	1			Concreto	C25				
$z = 0.9h$	0.9			Aço	CA-50				
\varnothing estaca [m]	0.35			$\gamma_c =$	1.4				
				$\gamma_s =$	1.15				
Distância da estaca ao C.G. do Pilar				f_{yd} [MPa]	f_{ct} [MPa]	f_{cd} [MPa]			
Estaca	X	Y		434.78	1.29	17.86			
E1/2	0.6	1.2							
							θ biela	33.85 °	
			(biela - \varnothing estaca /4)						
Distância das estacas ao C.G. projetado do Pilar				[tf, m]					
Estaca	dx	dy	c	Restaca	Rs	α (rad)	Rsy	Rsx	
E1/2	0.6	1.2	1.341641	130	193.7926	1.107149	173.3333	86.67	
Biela - nó CCT				$f_{cd3} = 0.72 \alpha_{v2} f_{cd}$	[MPa]		Rsy máx.	Rsx máx.	
Área biela " [m ²]	α_{v2}	f_{cd3}	σ_c				173.3333	86.67	
0.068243037	0.9	11.57143	10.61		$A_{s, nec.}$ [cm ²]		39.87	19.93	
" largura da estaca multiplicada pela projeção					$A_{s, nec.}$ [cm ²]	*	33.89	16.94	
da biela no diâmetro da estaca					* 85% $A_{s, nec}$ em \varnothing estaca				

8.2 APOIO 4 – BLOCO DE 2 ESTACAS

Axiais de cálculo no fundo do bloco – *E.L.U.*



Para a posição da biela foi considerado a $\frac{1}{4}$ do diâmetro do pilar, até o centro da estaca mais distante.

Rs = Restaca (c/z)		<i>X - Direção longitudinal - direção do tráfego</i>							
Altura do bloco [m]	1				Concreto	C25			
$z = 0.9h$	0.9				Aço	CA-50			
\varnothing estaca [m]	0.41				$\gamma_c =$	1.4			
					$\gamma_s =$	1.15			
Distância da estaca ao C.G. do Pilar					f_{yd} [MPa]	f_{ct} [MPa]	f_{cd} [MPa]		
Estaca	X	Y			434.78	1.29	17.86		
E1/2	0.65	0							
								θ biela	54.16 °
					(biela - \varnothing estaca /4)				
Distância das estacas ao C.G. projetado do Pilar				[tf, m]					
Estaca	dx	dy	c	Restaca	Rs	α (rad)	Rsy	Rsx	
E1/2	0.65	0	0.65	140	101.1111	0	0	101.11	
Biela - nó CCT				$f_{cd3} = 0.72 \alpha v_2 f_{cd}$	[MPa]		Rsy máx.	Rsx máx.	
Área biela " [m ²]	αv_2	f_{cd3}	σ				0	101.11	
0.136275178	0.9	11.57143	8.33		$A_{s, nec.}$ [cm ²]		0.00	23.26	
" largura da estaca multiplicada pela projeção da biela no diâmetro da estaca					$A_{s, nec.}$ [cm ²] *		0.00	19.77	
					* 85% $A_{s, nec}$ em \varnothing estaca				

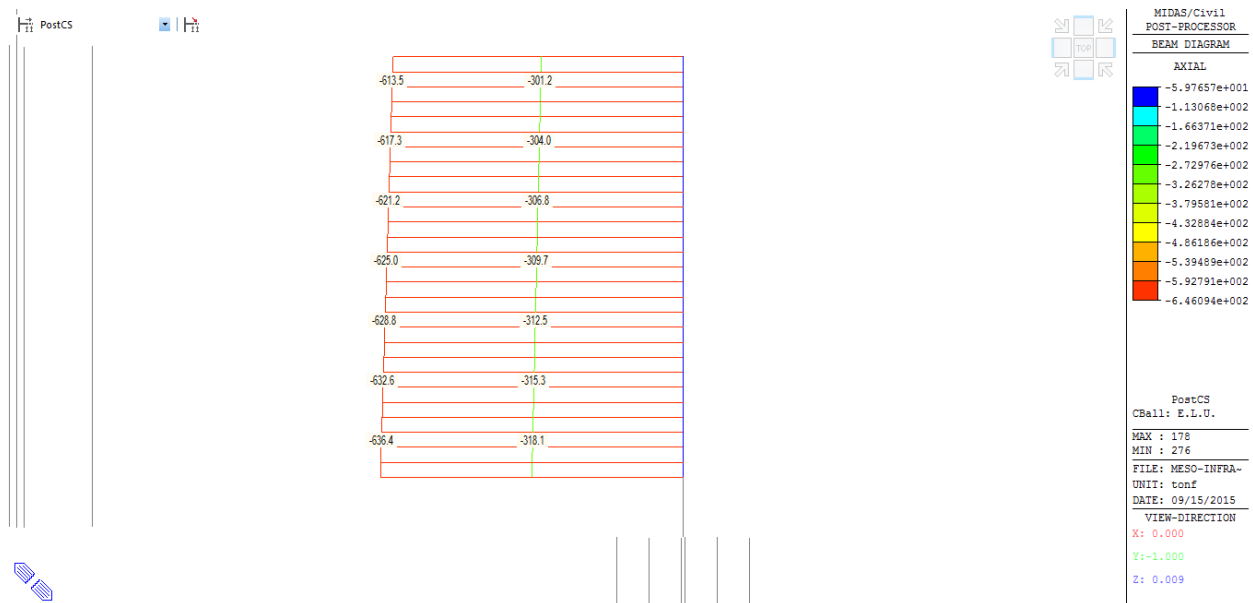
9 DIMENSIONAMENTO DO FUSTE DOS PILARES

Para os casos isentos normativamente da consideração de efeitos da não-linearidade geométrica, conforme os parâmetros e critérios explicitados nos seguintes sub-capítulos, será considerada uma excentricidade construtiva de ***l/300***.

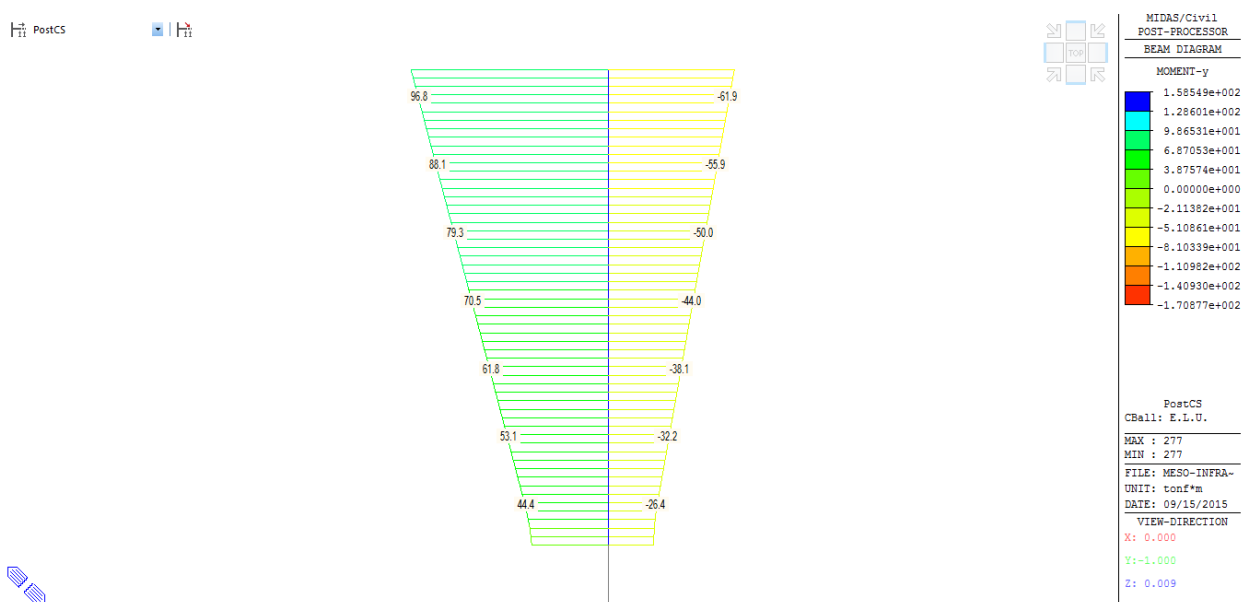
9.1 APOIO 1

9.1.1 Esforços Solicitantes

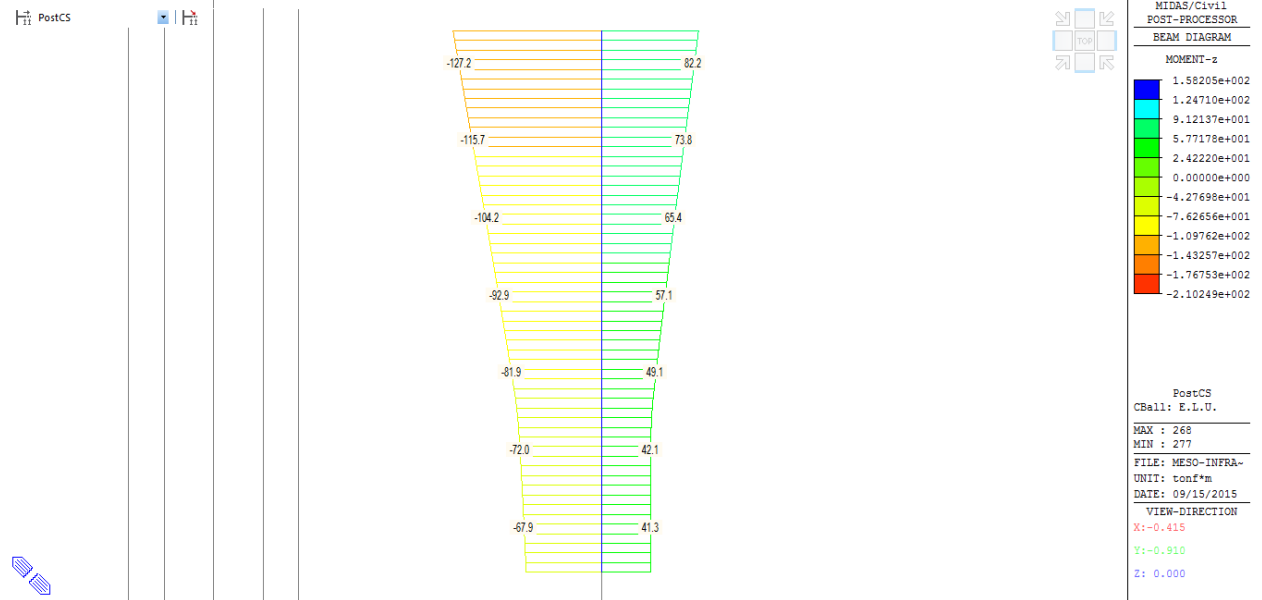
Envoltória de esforços axiais – E.L.U - gráficos.



Envoltória de Momentos fletores longitudinais – E.L.U – gráficos



Envoltória de Momentos fletores transversais – E.L.U – gráficos



9.1.2 Comparação de Esforços Resistentes Com Esforços Solicitantes

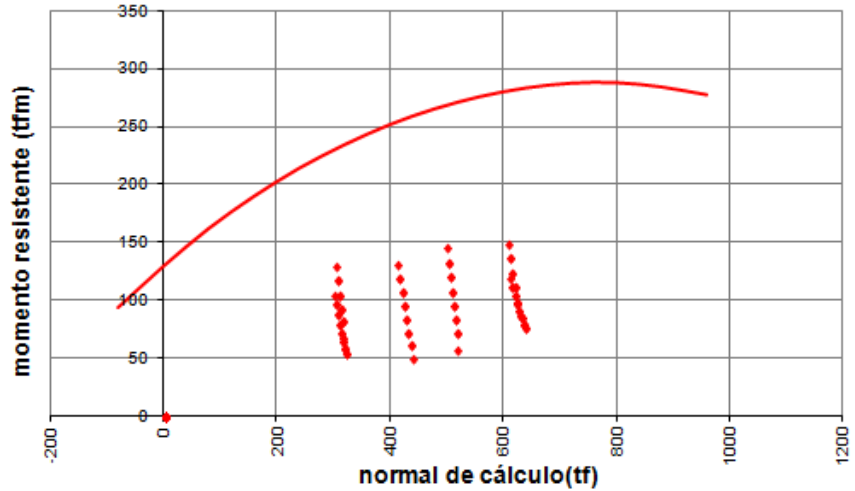
Apresentamos uma resenha dos esforços solicitantes totais para cada seção analisada.

Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]	Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]
-503.53	-49.98	-100.85	-429.26	53.11	38.46
-613.38	-47.25	-104.24	-313.35	46.08	42.08
-621.15	-34.25	-80.74	-312.49	43.91	41.65
-506.36	-44.04	-89.57	-429.26	53.11	38.46
-617.2	-41.53	-92.91	-313.35	46.08	42.08
-621.15	-34.25	-80.74	-315.31	35.53	41.31
-506.36	-44.04	-89.57	-433.07	44.43	32.12
-617.2	-41.53	-92.91	-315.31	35.53	41.31
-624.97	-28.63	-75.78	-315.31	35.53	41.31
-509.19	-38.12	-78.6	-433.07	44.43	32.12
-621.02	-35.83	-81.89	-315.31	35.53	41.31
-624.97	-28.63	-75.78	-318.14	27.15	41.34
-509.19	-38.12	-78.6	-437.97	37.53	20.48
-621.02	-35.83	-81.89	-318.14	27.15	41.34
-628.79	-23.04	-71.35	-609.7	-51.2	-96.87
-512.02	-32.25	-68.16	-497.88	-61.88	-123.72
-627.15	-27.21	-71.97	-605.75	-58.73	-127.22
-628.79	-23.04	-71.35	-613.52	-45.54	-91.42
-512.02	-32.25	-68.16	-500.71	-55.93	-112.26
-627.15	-27.21	-71.97	-609.56	-52.99	-115.71

9.1.3 Cálculo da armadura

Pilar Ø120 com 20Ø20 – correspondendo a uma taxa de armadura de 0.53% Ac

fck	250
gamac	1.4
fyk	5000
gamas	1.15
es	2100000
classe	A
diâmetro	120
dlinha	7.5
ntotal	20
asunit	3.14

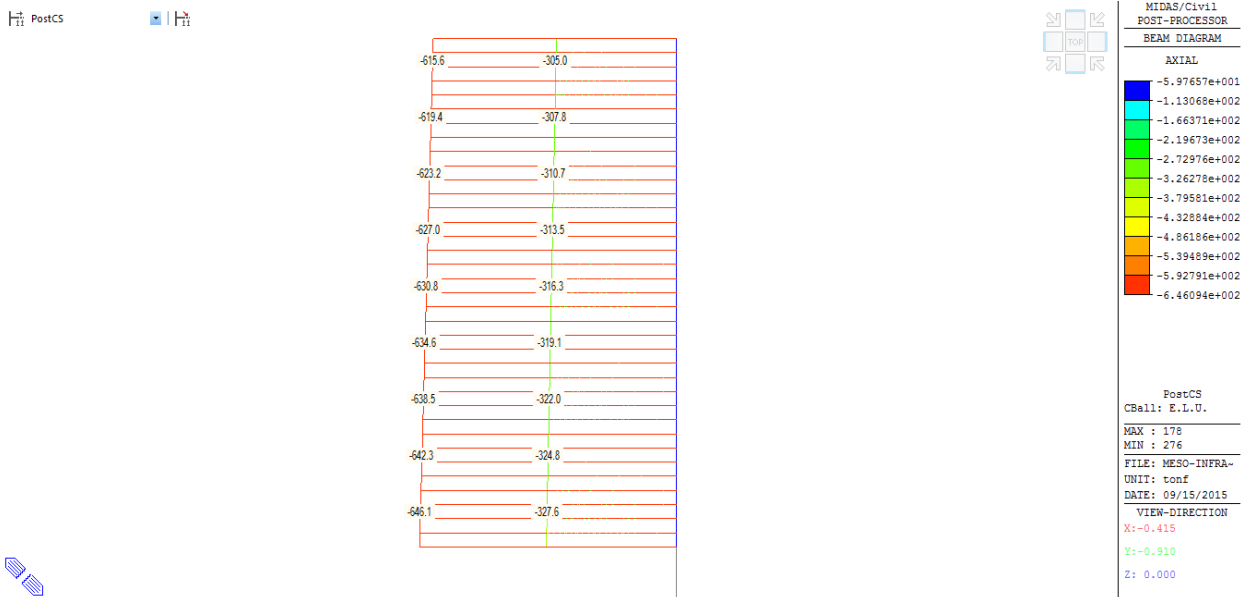


Através de “Sub-rotinas para dimensionamento de concreto armado a flexão “oblíqua” obtemos o diagrama dos esforços resistentes acima. Os pontos em vermelho são os esforços de cálculo que se encontram circunscritos na envolvente de rotura.

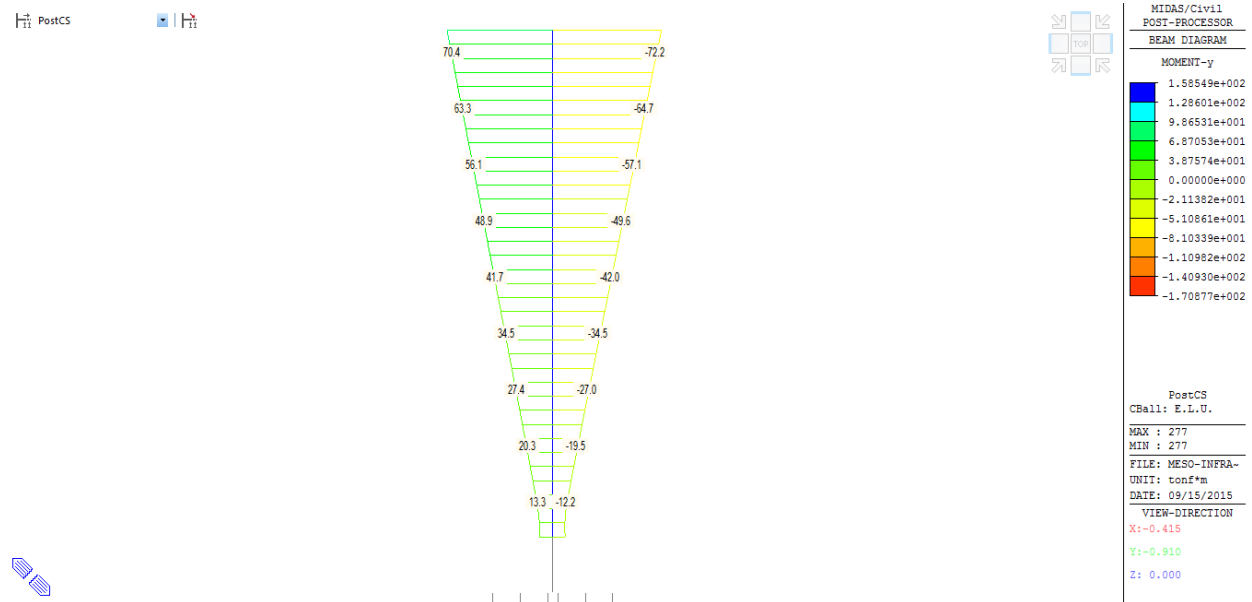
9.2 APOIO 2

9.2.1 Esforços Solicitantes

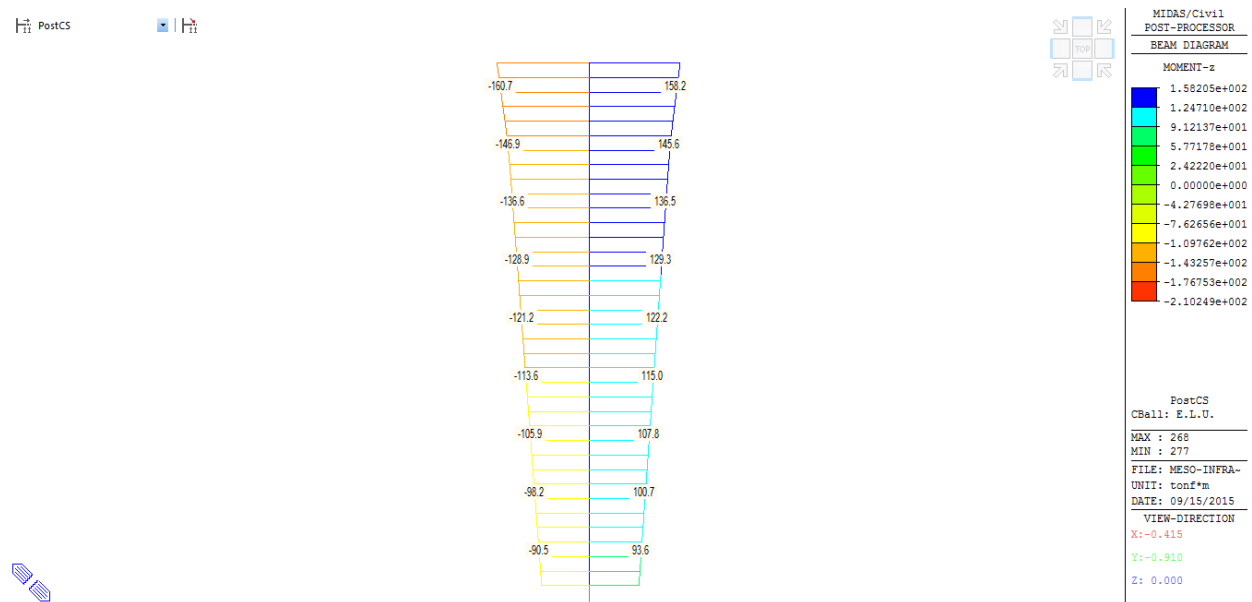
Envoltória de esforços axiais – E.L.U - gráficos.



Envoltória de Momentos fletores longitudinais – E.L.U – gráficos



Envoltória de Momentos fletores transversais – E.L.U – gráficos



9.2.2 Esforços de 2ª ordem no pilar

I. Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.2.3).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

H – é a altura da seção na direção considerada

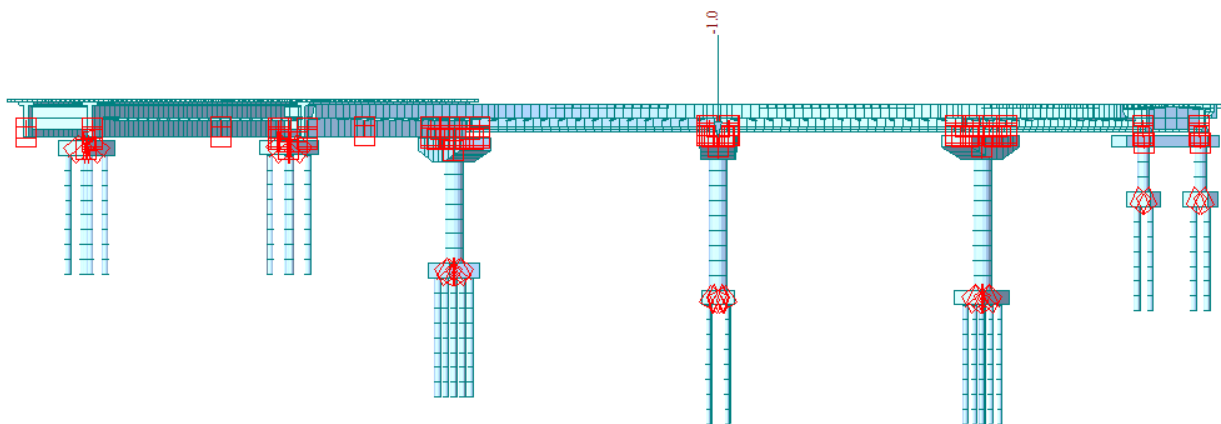
v – é a força normal adimensional

9.2.3 Comprimento de encurvadura - l_e

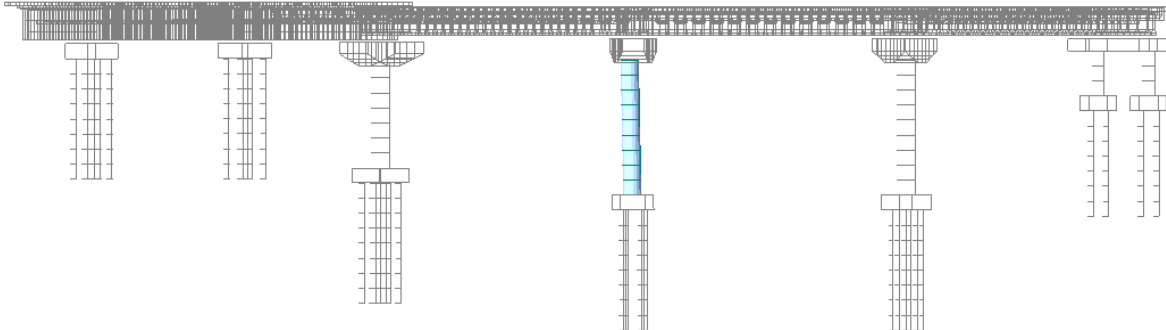
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS que, por meio de cálculo matricial, fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



1º modo de instabilidade - decorre no plano normal ao eixo da obra com a instabilidade do pilar solicitado:



Mode	Eigenvalue	Tolerance
1	12681.843502	7.6480e-005
2	15219.715640	2.3493e-004
3	21467.890837	1.3643e-003
4	22923.117317	5.0122e-004
5	25220.491844	2.6662e-003

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar, resulta em 15 m para o comprimento de encurvadura. O valor representa 1.7 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na direção longitudinal - $\lambda_x = 50$, levando à consideração dos efeitos de 2ª ordem nos pilares.

9.2.4 Comparação de Esforços Resistentes Com Esforços Solicitantes

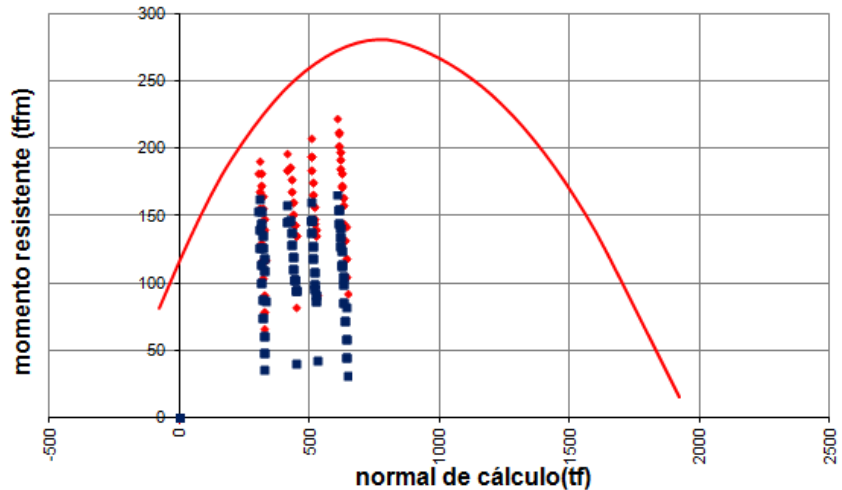
Apresentamos uma resenha dos esforços solicitantes totais para cada seção analisada.

Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]	Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]
-446.3	13.29	93.58	-623.19	-8.53	-113.35
-446.3	13.29	93.58	-618.07	-49.58	-125.24
-324.8	8.38	47.8	-506.64	-48.19	-128.93
-446.3	13.29	93.58	-623.19	-8.53	-113.35
-446.3	13.29	93.58	-618.07	-49.58	-125.24
-327.62	8.64	34.76	-506.64	-48.19	-128.93
-444.99	8.96	40.1	-627.01	-8.23	-99.62
-333.17	6.4	86.6	-621.88	-42.04	-117.28
-611.74	-9.47	-154.57	-509.46	-40.93	-121.24
-606.62	-72.23	-149.18	-627.01	-8.23	-99.62
-503.57	-11.32	-160.72	-621.88	-42.04	-117.28
-615.56	-9.16	-140.82	-509.46	-40.93	-121.24
-610.43	-64.68	-141.19	-630.83	-7.93	-85.9
-506.4	-10.81	-146.89	-625.7	-34.51	-109.32
-615.56	-9.16	-140.82	-512.29	-33.69	-113.55
-610.43	-64.68	-141.19	-630.83	-7.93	-85.9
-506.4	-10.81	-146.89	-625.7	-34.51	-109.32
-619.37	-8.85	-127.08	-512.29	-33.69	-113.55

9.2.5 Cálculo da armadura

Pilar Ø120 com 28Ø16 – correspondendo a uma taxa de armadura de 0.67% Ac

fck	250
gamac	1.4
fyk	5000
gamas	1.15
es	2100000
classe	A
diâmetro	120
dlinha	7.5
ntotal	28
asunit	2.01



Através de “Sub-rotinas para dimensionamento de concreto armado a flexão “oblíqua” obtemos o diagrama dos esforços resistentes acima. Os pontos em vermelho são os esforços de cálculo que se encontram circunscritos na envolvente de rotura.

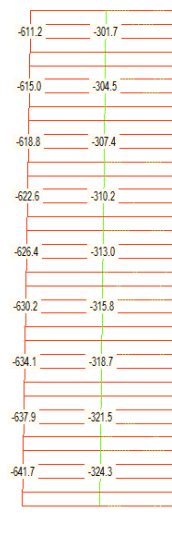
9.3 APOIO 3

9.3.1 Esforços Solicitantes

Envoltória de esforços axiais – E.L.U - gráficos.

PostCS

PostCS

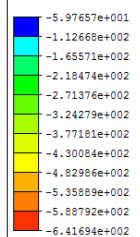


PostCS

MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

AXIAL



PostCS
CBell: E.L.U.

MAX : 178

MIN : 285

FILE: MESO-INFRA-

UNIT: tonF

DATE: 09/15/2015

VIEW-DIRECTION

X: -0.415

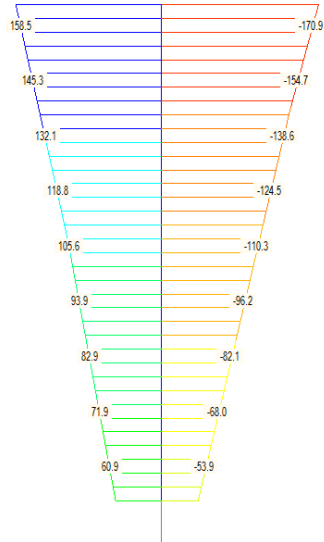
Y: -0.910

Z: 0.000



Envoltória de Momentos fletores longitudinais – E.L.U – gráficos

PostCS



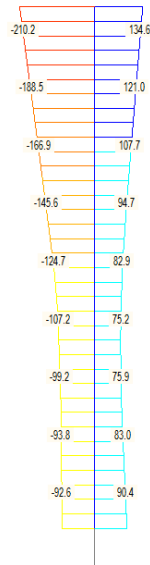
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y

1.58549e+002
1.28601e+002
9.86531e+001
6.87053e+001
3.87574e+001
0.00000e+000
-2.11382e+001
-5.10861e+001
-8.10339e+001
-1.10982e+002
-1.40930e+002
-1.70877e+002

PostCS
CBall: E.L.U.
MAX : 277
MIN : 277
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.415
Y: -0.910
Z: 0.000

Envoltória de Momentos fletores transversais – E.L.U – gráficos

PostCS



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z

1.34561e+002
1.03215e+002
7.18682e+001
4.05219e+001
0.00000e+000
-2.21709e+001
-5.35172e+001
-8.48636e+001
-1.16210e+002
-1.47556e+002
-1.78903e+002
-2.10249e+002

PostCS
CBall: E.L.U.
MAX : 277
MIN : 277
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.415
Y: -0.910
Z: 0.000

9.3.2 Esforços de 2ª ordem no pilar

II. Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.3.3).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

H – é a altura da seção na direção considerada

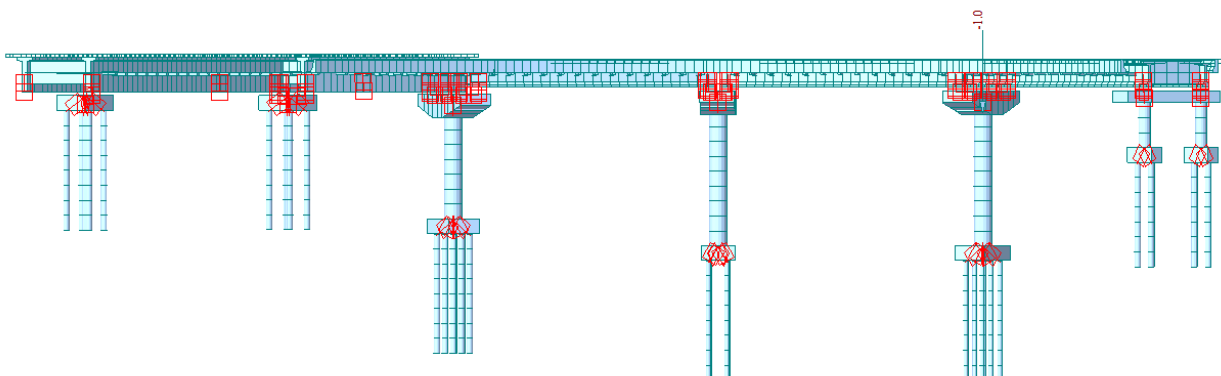
v – é a força normal adimensional

9.3.3 Comprimento de encurvadura - l_e

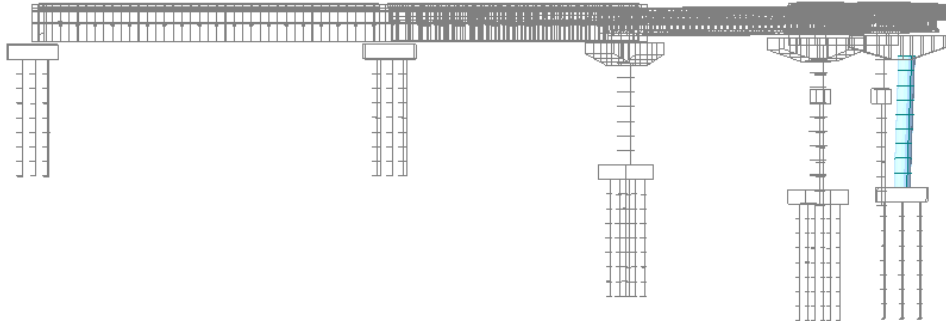
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS que, por meio de cálculo matricial, fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



1º modo de instabilidade - decorre no plano normal ao eixo da obra com a instabilidade do pilar solicitado:



Mode	Eigenvalue	Tolerance
1	10696.294043	5.8399e-005
2	15573.941949	6.0520e-004
3	21405.077346	6.0737e-004
4	22820.520230	2.3570e-004
5	25314.376205	2.9912e-003

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar, resulta em 16.6 m para o comprimento de encurvadura. O valor representa 1.84 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na direção longitudinal - $\lambda_x = 54$, levando à consideração dos efeitos de 2ª ordem nos pilares.

9.3.4 Comparação de Esforços Resistentes Com Esforços Solicitantes

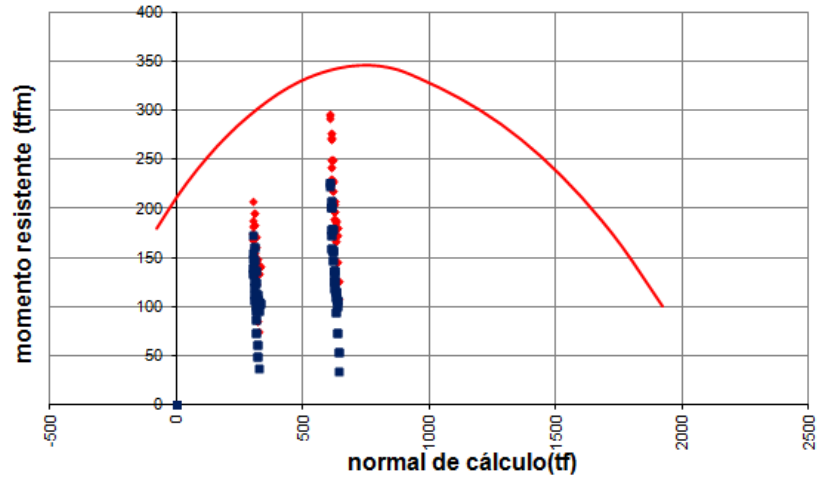
Apresentamos uma resenha dos esforços solicitantes totais para cada seção analisada.

Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]	Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]
-618.01	-110.35	-98.3	-318.66	41.3	45.46
-621.27	-48.76	-124.66	-323.26	71.9	75.7
-622.61	-77.54	-111.8	-324.6	59.61	75.85
-618.01	-110.35	-98.3	-321.49	31.03	38.19
-621.27	-48.76	-124.66	-326.08	60.89	83.01
-626.43	-64.17	-95.33	-326.08	60.89	83.01
-621.83	-96.24	-96.41	-321.49	31.03	38.19
-622.98	-66.61	-107.21	-326.08	60.89	83.01
-626.43	-64.17	-95.33	-326.08	60.89	83.01
-621.83	-96.24	-96.41	-324.32	20.78	31
-622.98	-66.61	-107.21	-328.91	49.91	90.4
-630.24	-50.8	-79.17	-328.91	49.91	90.4
-625.65	-82.14	-94.83	-607.34	-131.03	-180.44
-624.31	-64.35	-99.22	-605.23	-170.88	-148.74
-630.24	-50.8	-79.17	-606	-80.26	-210.25
-625.65	-82.14	-94.83	-611.16	-117.65	-162.9
-624.31	-64.35	-99.22	-609.05	-154.68	-138.2
-578.4	-21.85	-19.03	-536.84	-33.06	-96.52

9.3.5 Cálculo da armadura

Pilar Ø120 com 34Ø20 – correspondendo a uma taxa de armadura de 0.94% Ac

fck	250
gamac	1.4
fyk	5000
gamas	1.15
es	2100000
classe	A
diâmetro	120
dlinha	7.5
ntotal	34
asunit	3.14

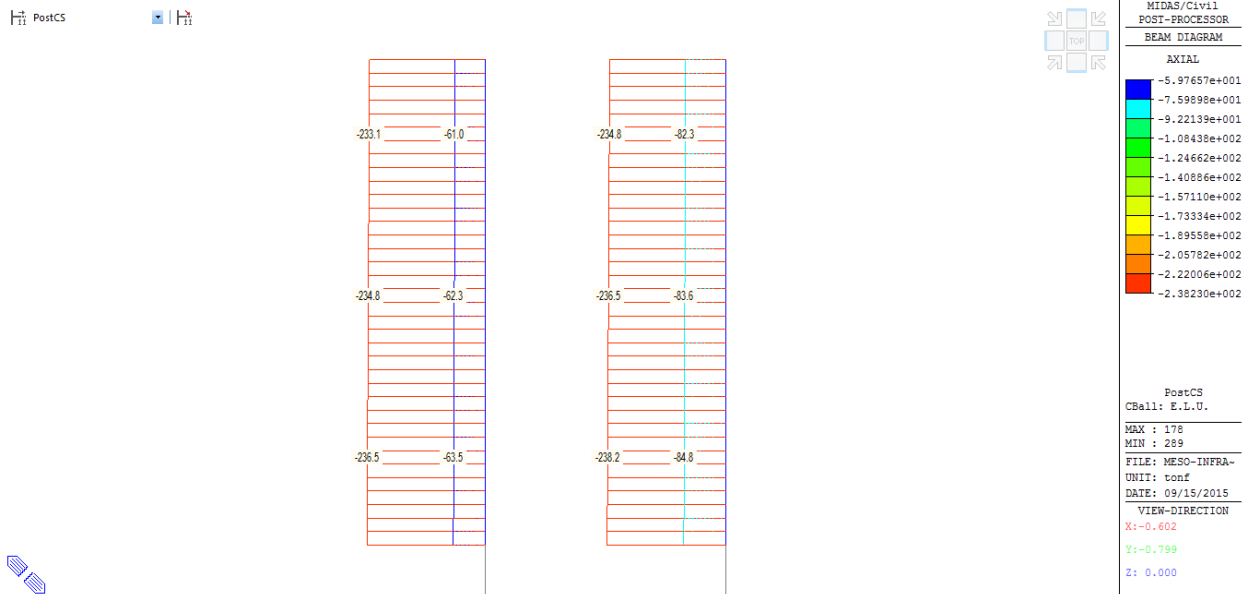


Através de “Sub-rotinas para dimensionamento de concreto armado a flexão “oblíqua” obtemos o diagrama dos esforços resistentes acima. Os pontos em vermelho são os esforços de cálculo que se encontram circunscritos na envolvente de rotura.

9.4 APOIO 4

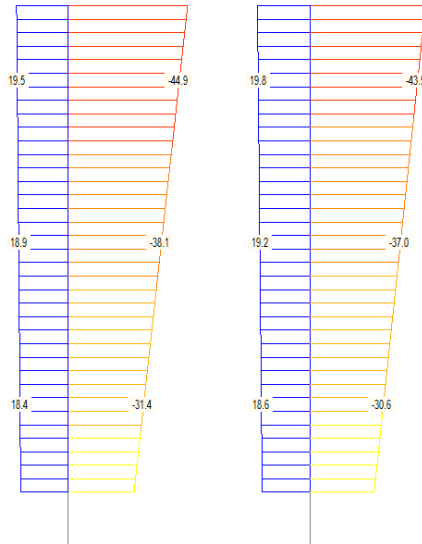
9.4.1 Esforços Solicitantes

Envoltória de esforços axiais – E.L.U - gráficos.



Envoltória de Momentos fletores longitudinais – E.L.U – gráficos

PostCS



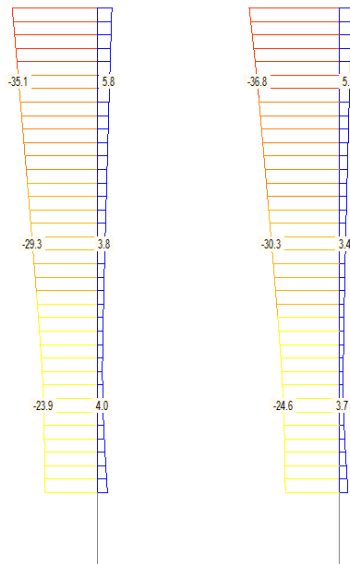
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y

1.97982e+001
1.39175e+001
8.03686e+000
0.00000e+000
-3.72449e+000
-9.60516e+000
-1.54858e+001
-2.13665e+001
-2.72472e+001
-3.31279e+001
-3.90085e+001
-4.48892e+001

PostCS
CBall: E.L.U.
MAX : 179
MIN : 178
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.602
Y: -0.799
Z: 0.000

Envoltória de Momentos fletores transversais – E.L.U – gráficos

PostCS



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z

5.79406e+000
0.00000e+000
-1.94305e+000
-5.81161e+000
-9.68017e+000
-1.35487e+001
-1.74173e+001
-2.12858e+001
-2.51544e+001
-2.90229e+001
-3.28915e+001
-3.67601e+001

PostCS
CBall: E.L.U.
MAX : 179
MIN : 179
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.602
Y: -0.799
Z: 0.000

9.4.2 Comparação de Esforços Resistentes Com Esforços Solicitantes

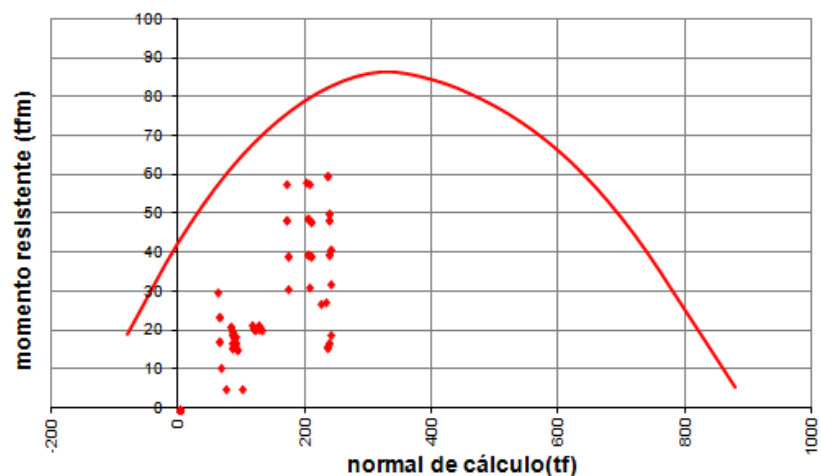
Apresentamos uma resenha dos esforços solicitantes totais para cada seção analisada.

Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]	Axial [tonf]	Moment-y [tonf.m]	Moment-z [tonf.m]
-233.14	-42.9	-36.76	-128.55	17.93	-4.31
-200.16	-43.47	-33.88	-71.23	-1.25	3.96
-233.14	-42.9	-36.76	-82.31	18.47	2.64
-234.84	-36.28	-29.47	-115.73	19.18	-0.03
-201.42	-37	-26.8	-82.48	15.52	3.44
-234.67	-33.34	-30.27	-83.57	17.73	-0.21
-233.11	-0.6	-12.19	-117.43	18.59	-2.66
-168.98	-38.14	-25.33	-83.74	14.14	1.95
-205.93	-34.21	-29.33	-83.57	17.73	-0.21
-234.81	0.95	-13.03	-117.43	18.59	-2.66
-170.24	-31.41	-18.89	-83.74	14.14	1.95
-207.62	-26.75	-23.91	-84.82	17.02	-1.8
-234.81	0.95	-13.03	-119.12	18.03	-4.03
-170.24	-31.41	-18.89	-98.14	-0.88	3.71
-207.62	-26.75	-23.91	-231.41	-2.17	-11.67
-236.5	2.46	-15.14	-167.72	-44.89	-32.09
-171.49	-24.71	-13.72	-204.23	-41.68	-35.06
-222.41	-9.39	-21.61	-233.11	-0.6	-12.19

9.4.3 Cálculo da armadura

Pilar Ø80 com 16Ø16 – correspondendo a uma taxa de armadura de 0.64% Ac

fck	250
gamac	1.4
fyk	5000
gamas	1.15
es	2100000
classe	A
diâmetro	80
dlinha	7.5
ntotal	16
asunit	2.01



Através de “Sub-rotinas para dimensionamento de concreto armado a flexão “oblíqua” obtemos o diagrama dos esforços resistentes acima. Os pontos em vermelho são os esforços de cálculo que se encontram circunscritos na envolvente de rotura.

10 VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DO APOIO 1

10.1 ANÁLISE DA FLEXÃO

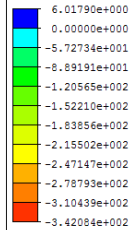
Diagrama de momentos fletores devido à carga permanente

PostCS



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y



PostCS

CB: 1.0 G

MAX : 340

MIN : 736

FILE: MESO-INFRA-

UNIT: tonf*m

DATE: 09/15/2015

VIEW-DIRECTION

X: -0.681 2

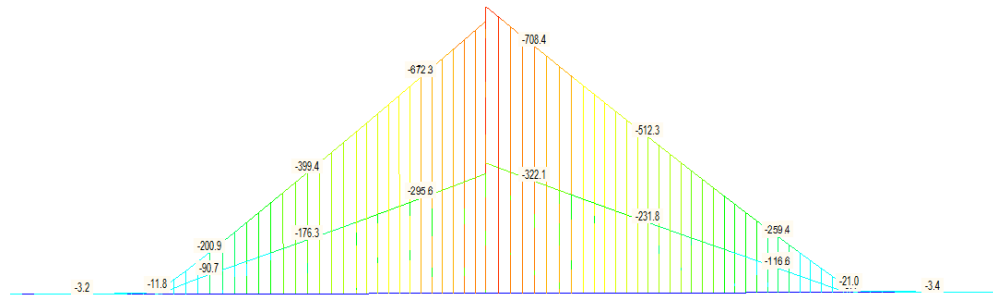
Y: -0.325

Z: 0.656



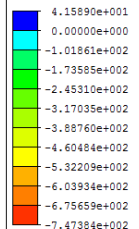
Envoltória de momentos fletores para combinação E.L.U. – diagramas

PostCS



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y



PostCS

CBall: E.L.U.

MAX : 340

MIN : 322

FILE: MESO-INFRA-

UNIT: tonf*m

DATE: 09/15/2015

VIEW-DIRECTION

X: -0.681 2

Y: -0.325

Z: 0.656



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f1} =$	1.35	$\gamma_{f2} =$	1.50
$\gamma_{f3} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f1} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec fadiga	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

Esforços solicitantes		Apoio
M _{gk}	(tfm)	334.80
M _{gk max}	(tfm)	170.68
M _{gk min}	(tfm)	-9.87

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

b _f	(cm)	
h _f	(cm)	
b _w	(cm)	230.00
h	(cm)	160.00
b _{inf}		
h _{inf}		
espaç. barra horizontal	(cm)	10

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	25.0
barras por camada		10
cobrimento na armadura	(cm)	5.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	5.00

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	708.0
d	(cm)	150.6
x	(cm)	14.60
A _s	(cm ²)	112.51
A _{s' nec.}	(cm ²)	

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	708.0
d	(cm)	150.6
x	(cm)	14.60
A _s	(cm ²)	112.51
A _{s' nec.}	(cm ²)	

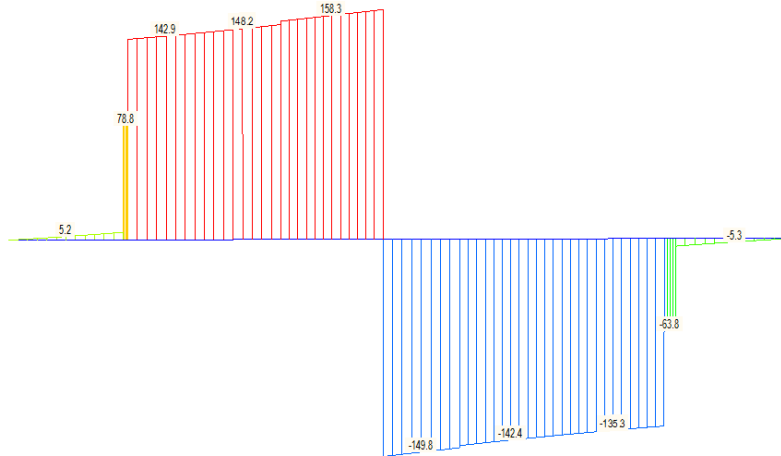
CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2687
D_{ri}		0.043
w ₁	(mm)	0.32
w ₂	(mm)	0.16
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	112.51

10.2 ANÁLISE DA CORTANTE

Diagrama de cortante devido à carga permanente

PostCS



MIDAS/Civil1
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

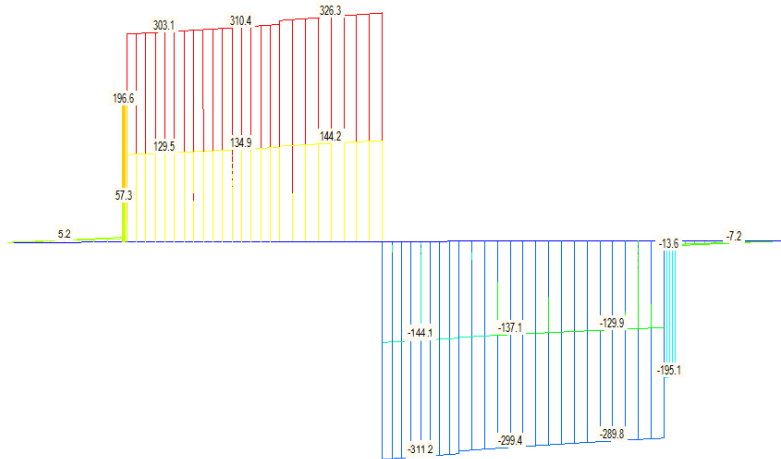
SHEAR-z

1.64114e+002
1.35572e+002
1.07029e+002
7.84873e+001
4.99452e+001
2.14030e+001
0.00000e+000
-3.56812e+001
-6.42234e+001
-9.27655e+001
-1.21308e+002
-1.49850e+002

PostCS
CB: 1.0 G
MAX : 736
MIN : 3876
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.681 z
Y: -0.325
Z: 0.656

Envoltória de cortante devido à combinação E.L.U. – diagramas

PostCS



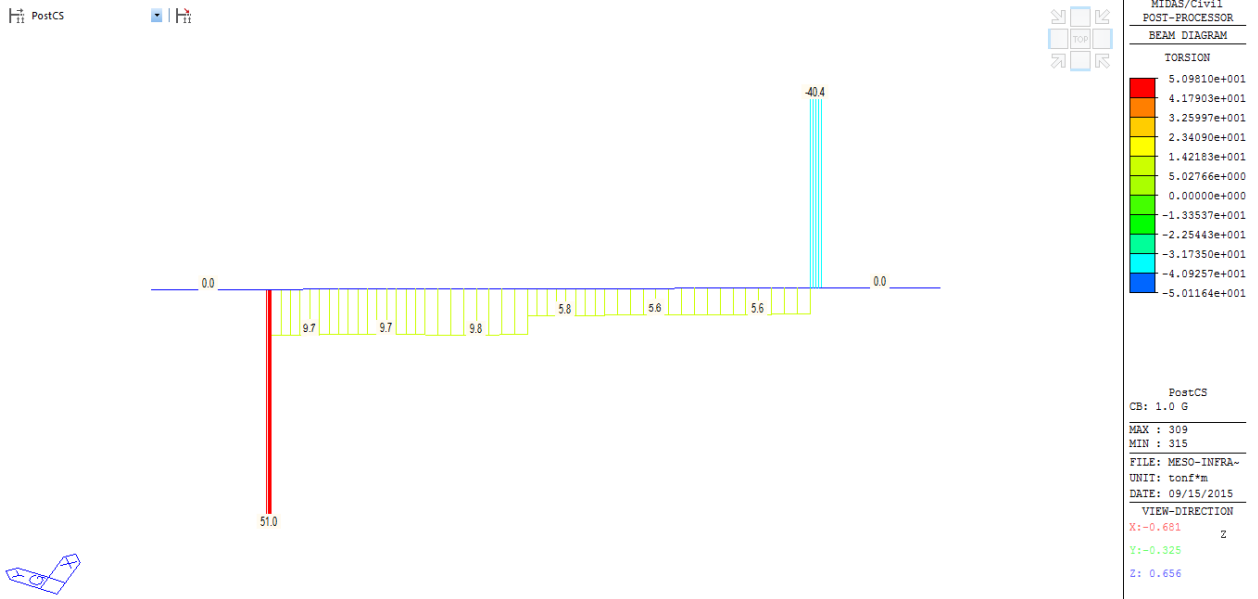
MIDAS/Civil1
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

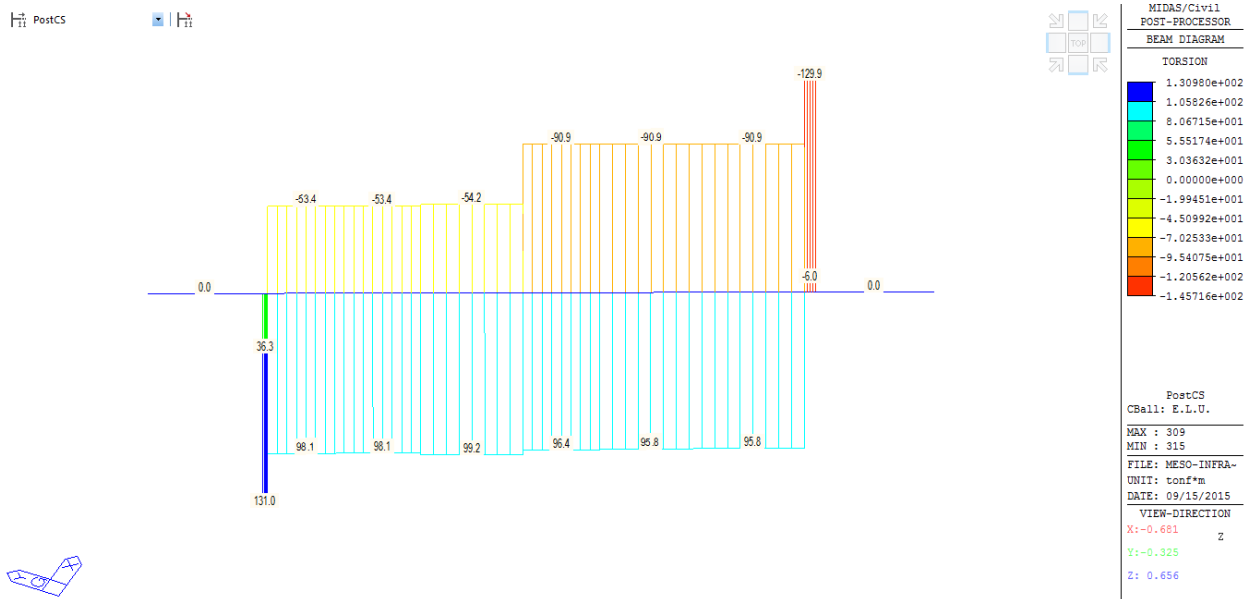
3.39534e+002
2.80258e+002
2.20981e+002
1.61705e+002
1.02428e+002
4.31516e+001
0.00000e+000
-7.54014e+001
-1.34678e+002
-1.93954e+002
-2.53231e+002
-3.12507e+002

PostCS
CBell: E.L.U.
MAX : 736
MIN : 322
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.681 z
Y: -0.325
Z: 0.656

Diagrama de Torção devido à carga permanente



Envoltória de torção para combinação E.L.U.



Os pontos máximos, fruto de equilíbrios numéricos computacionais, serão desconsiderados para o dimensionamento.

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00	$\gamma_{fp} =$	0.90

Modelo de verificação

Modelo I

Modelo II

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	$\Delta\sigma_d$ fadiga (MPa)	85

Calcular

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ctk} (MPa)	30	\varnothing Bainha (cm)	8
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Apoio
Vgk	(tf)	158.00
Vqkmax	(tf)	75.13
Vqkmin	(tf)	-9.33
Vpk	(tf)	0.00
Tgk	(tf m)	9.80
Tqk	(tf m)	57.85

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		Apoio
d	(cm)	150.00
bw	(cm)	230.00
bainha na alma		n
bw útil	(cm)	230.00
bitola (mm)	(mm)	12.5
Ramos de estribo		8
Ae	(cm²)	26257
hef	(cm)	45.39
uef	(cm)	578.42

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Apoio
Vsd	(tf)	326
Vrd2	(tf)	1757
Tsd	(tf m)	100
Trd2	(tf m)	1124
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.27

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.90
fctd	(MPa)	1.45
Vc = Vco	(tf)	300
Taxa mínima		0.12
Aswmin	(cm²/m)	26.65
Asw	(cm²/m)	4.47

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

Al/s (pele)	(cm²/m)	4.38
AsT/s (torção)	(cm²/m)	4.38

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

VSdmax	(tf)	196
VSdmin	(tf)	153
σ_{swmax}	(MPa)	127
σ_{swmin}	(MPa)	10
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	117
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85
K < 2		1.38
Aswcorrig.	(cm²/m)	36.80

Conforme norma vigente, a taxa de armadura mínima tem em conta o ângulo do estribo com o alinhamento longitudinal da travessa:

$$\rho_{sw,min} = 0.2 f_{ctm}/f_{ymk} / \text{sen}(\alpha),$$

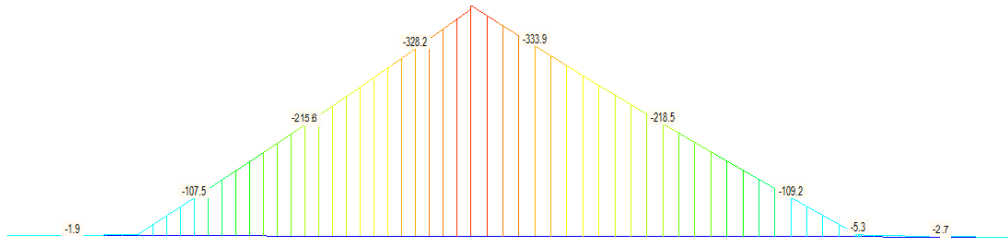
Pelo que o valor indicado, por consideração da largura da alma na direção esconsa, já atende o valor normativo.

11 VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DOS APOIOS 2 E 3

11.1 ANÁLISE DA FLEXÃO

Diagrama de momentos fletores devido à carga permanente

PostCS

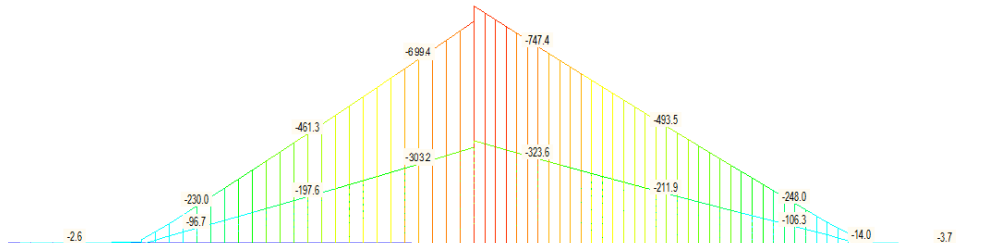


MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
6.01790e+000
0.00000e+000
-5.72734e+001
-8.89191e+001
-1.20565e+002
-1.52210e+002
-1.83856e+002
-2.15502e+002
-2.47147e+002
-2.78793e+002
-3.10439e+002
-3.42084e+002

PostCS
CB: 1.0 G
MAX : 340
MIN : 736
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.806 Z
Y: 0.438
Z: 0.399

Envoltória de momentos fletores para combinação E.L.U. – diagramas

PostCS



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
4.15890e+001
0.00000e+000
-1.01861e+002
-1.73585e+002
-2.45310e+002
-3.17035e+002
-3.88760e+002
-4.60484e+002
-5.32209e+002
-6.03934e+002
-6.75659e+002
-7.47384e+002

PostCS
CBall: E.L.U.
MAX : 340
MIN : 322
FILE: MESO-INFRA-
UNIT: tonf*m
DATE: 09/15/2015
VIEW-DIRECTION
X: -0.806 Z
Y: 0.438
Z: 0.399

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f1} =$	1.35	$\gamma_{f2} =$	1.50
$\gamma_{f3} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f1} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec <small>fissuração</small>	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec <small>fadiga</small>	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

Esforços solicitantes		Apoio
M _{gk}	(tfm)	334.80
M _{gk max}	(tfm)	197.35
M _{gk min}	(tfm)	-7.20

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

b _f	(cm)	
h _f	(cm)	
b _w	(cm)	230.00
h	(cm)	160.00
b _{inf}		
h _{inf}		
espaç. barra horizontal	(cm)	10

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	25.0
barras por camada		10
cobrimento na armadura	(cm)	5.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	5.00

DIMENSIONAMENTO

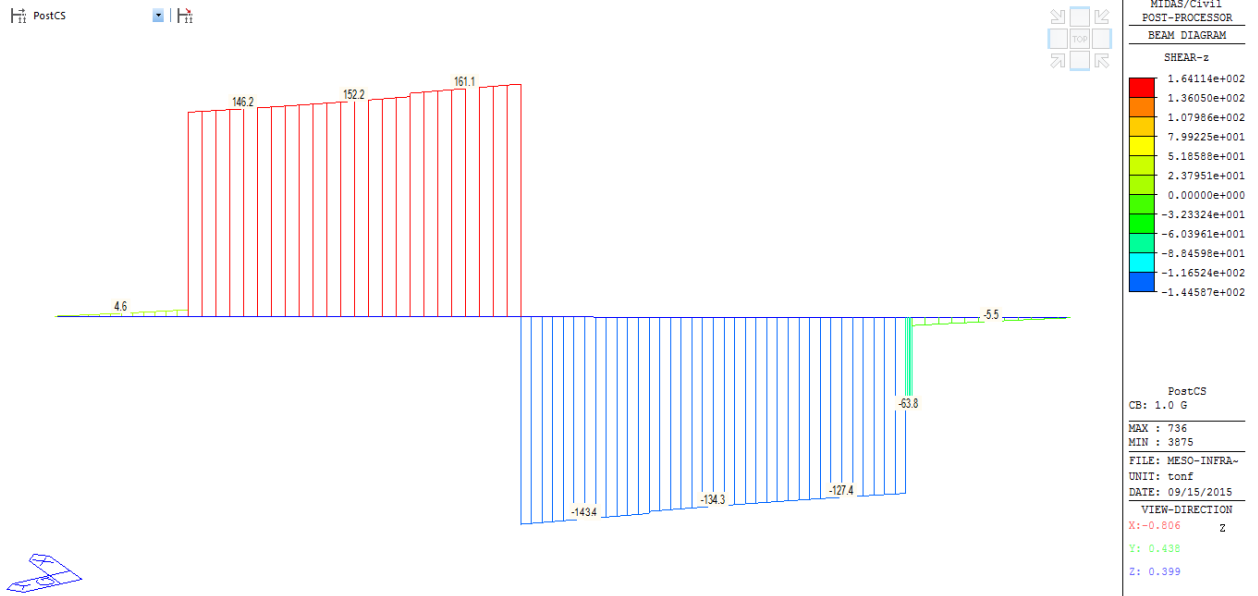
M _d	(tfm)	748.0
d	(cm)	150.3
x	(cm)	15.49
A _s	(cm ²)	119.41
A _{s' nec.}	(cm ²)	

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2624
D_{ri}		0.043
w ₁	(mm)	0.30
w ₂	(mm)	0.15
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	119.41

11.2 ANÁLISE DA CORTANTE

Diagrama de cortante devido à carga permanente



Envoltória de cortante devido à combinação E.L.U. – diagramas

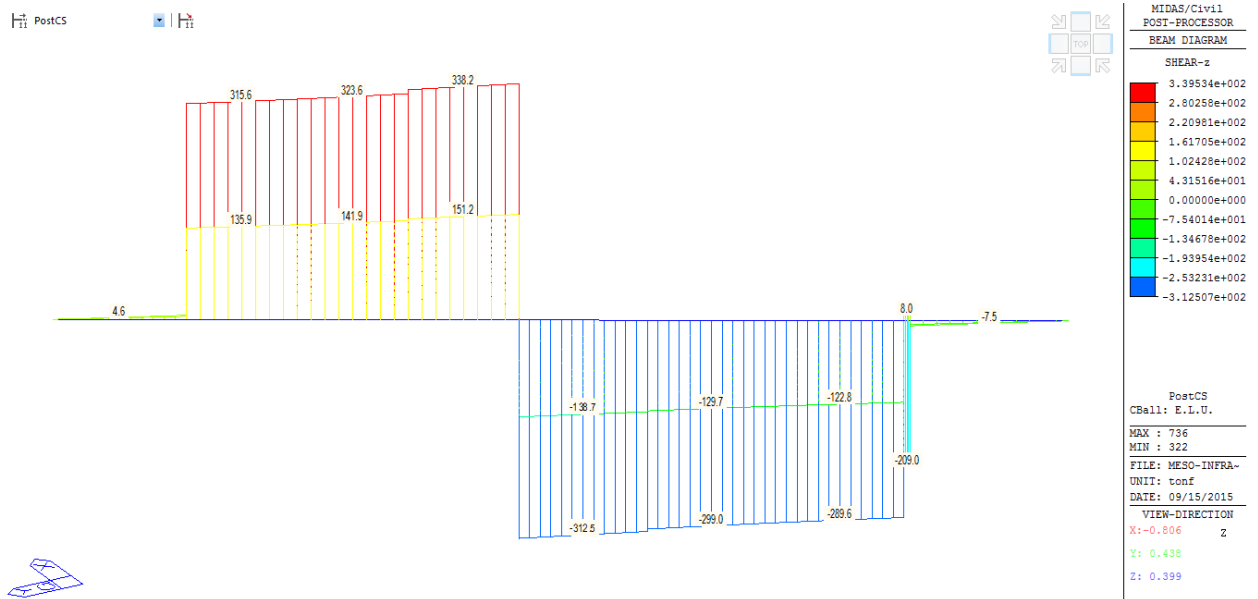
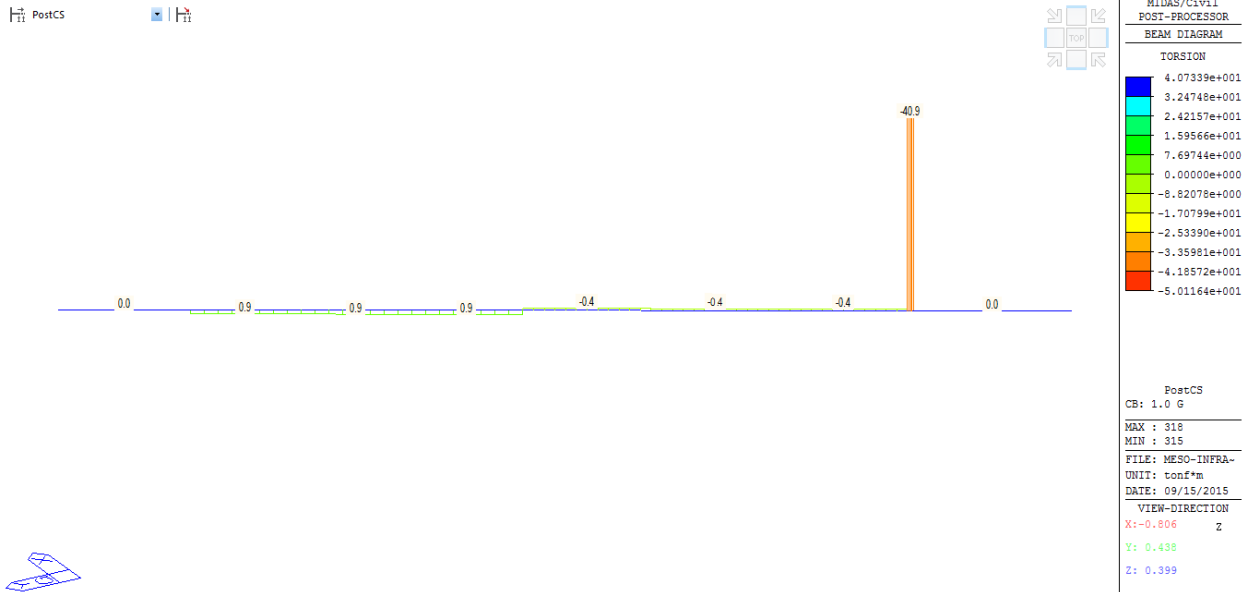
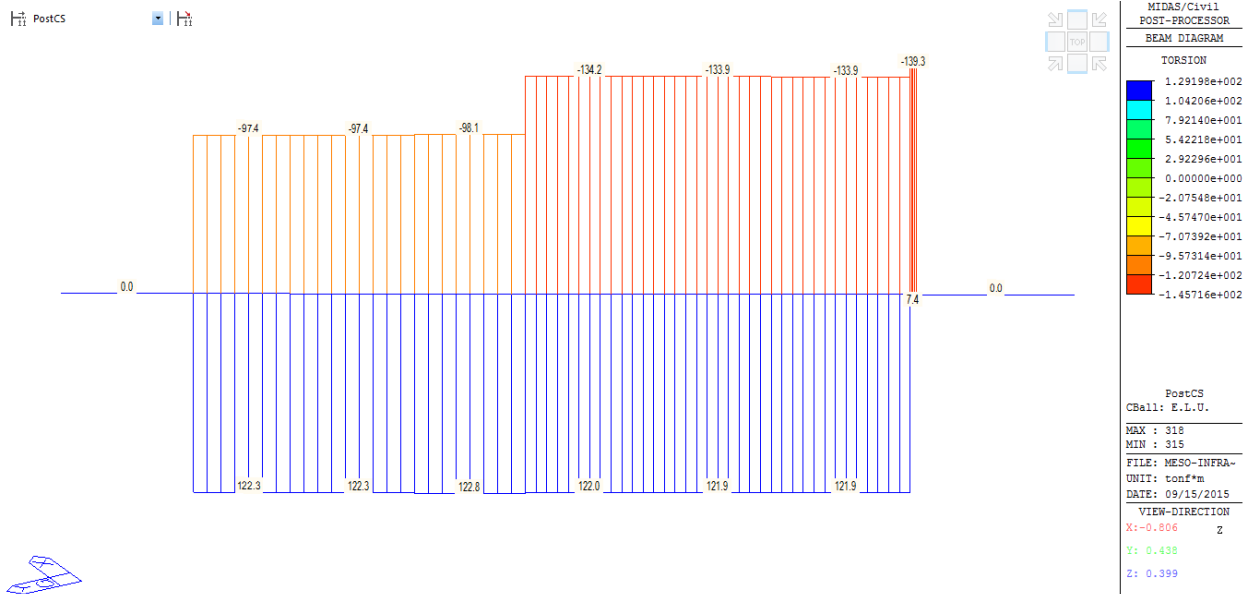


Diagrama de Torção devido à carga permanente



Envoltória de torção para combinação E.L.U.



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f1} =$	1.35	$\gamma_{f2} =$	1.50
$\gamma_{f3} =$	1.00	$\gamma_{f4} =$	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f1} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	$\Delta\sigma_d$ fadiga (MPa)	85

Modelo de verificação

- Modelo I
 Modelo II

Calcular

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30	\varnothing Bainha (cm)	8
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Apoio
Vgk	(tf)	161.00
Vqkmax	(tf)	80.43
Vqkmin	(tf)	-6.67
Vpk	(tf)	0.00
Tgk	(tf m)	5.00
Tqk	(tf m)	84.83

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		Apoio
d	(cm)	150.00
bw	(cm)	230.00
bainha na alma		n
bw útil	(cm)	230.00
bitola (mm)	(mm)	12.5
Ramos de estribo		8
Ae	(cm ²)	26257
hef	(cm)	45.39
uef	(cm)	578.42

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Apoio
Vsd	(tf)	338
Vrd2	(tf)	1757
Tsd	(tf m)	134
Trd2	(tf m)	1124
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.31

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.90
fctd	(MPa)	1.45
Vc = Vco	(tf)	300
Taxa mínima		0.12
Aswmin	(cm ² /m)	26.65
Asw	(cm ² /m)	6.51

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

Al/s (pele)	(cm ² /m)	5.87
AsT/s (torção)	(cm ² /m)	5.87

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

VSdmax	(tf)	201
VSdmin	(tf)	158
σ_{swmax}	(MPa)	143
σ_{swmin}	(MPa)	22
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	121
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85
K < 2		1.42
Aswcorrig.	(cm ² /m)	37.95

Conforme norma vigente, a taxa de armadura mínima tem em conta o ângulo do estribo com o alinhamento longitudinal da travessa:

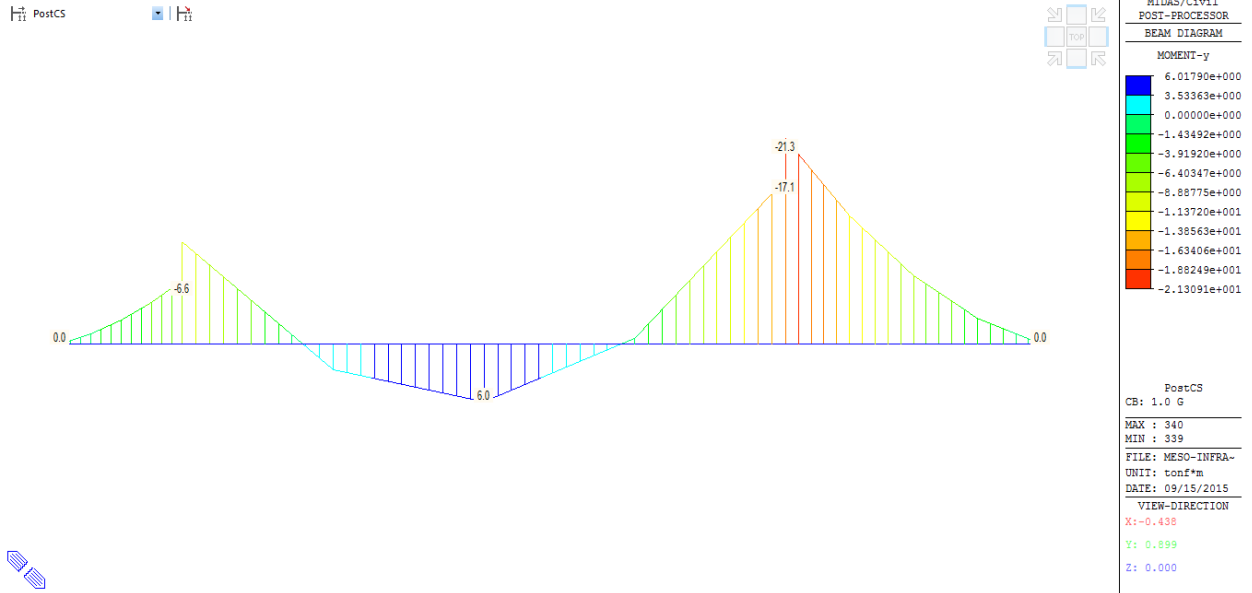
$$\rho_{sw,min} = 0.2 f_{ctm}/f_{ymk} / \text{sen}(\alpha),$$

Pelo que o valor indicado, por consideração da largura da alma na direção esconsa, já atende o valor normativo.

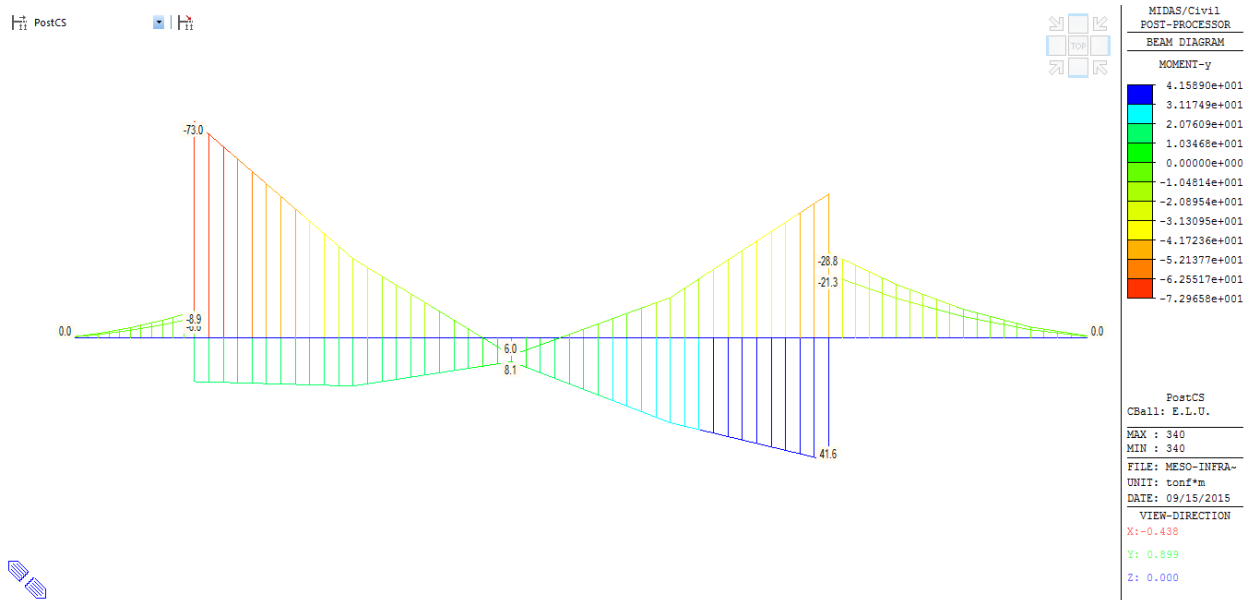
12 VERIFICAÇÃO DA TRAVESSA DO APOIO 4

12.1 ANÁLISE DA FLEXÃO

Diagrama de momentos fletores devido à carga permanente



Envoltória de momentos fletores para combinação E.L.U. – diagramas



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f1} =$	1.35	$\gamma_{f2} =$	1.50
$\gamma_{f3} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f1} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec fadiga	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

Esforços solicitantes		Apoio
M _{gk}	(tfm)	21.30
M _{gk max}	(tfm)	8.56
M _{gk min}	(tfm)	4.67

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

b _f	(cm)	
h _f	(cm)	
b _w	(cm)	170.00
h	(cm)	100.00
b _{inf}		
h _{inf}		
espaç. barra horizontal	(cm)	10

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	20.0
barras por camada		10
cobrimto na armadura	(cm)	5.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	5.00

DIMENSIONAMENTO

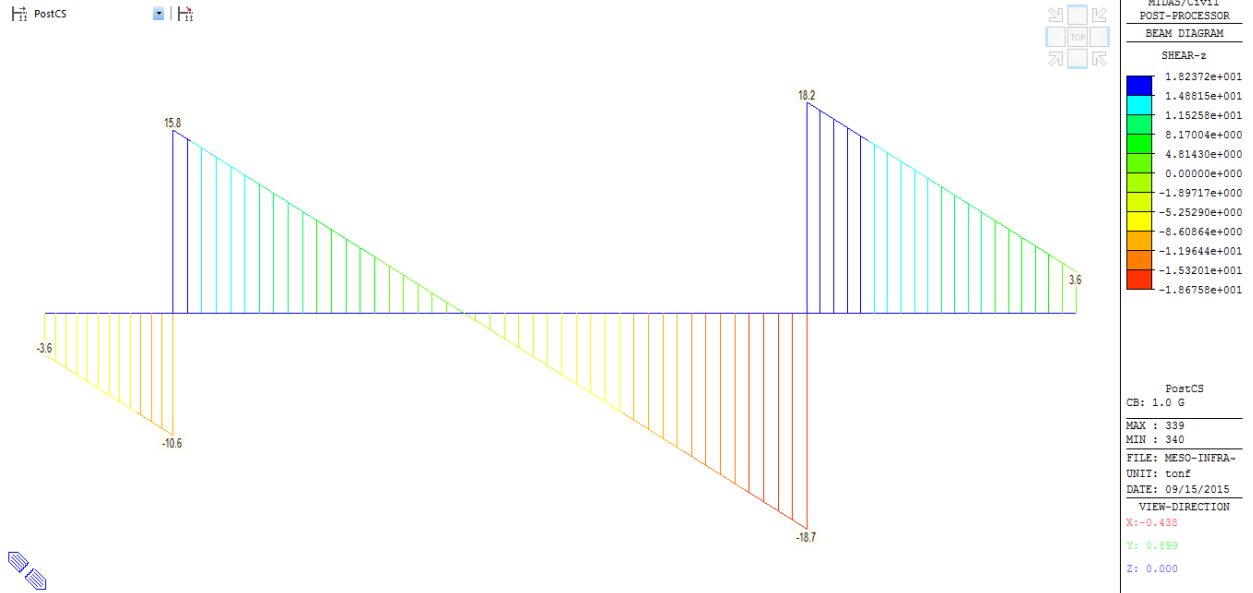
M _d	(tfm)	41.6
d	(cm)	94.0
x	(cm)	1.80
A _s	(cm ²)	10.26
A _{s' nec.}	(cm ²)	

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2769
σ_{ri}		0.015
w ₁	(mm)	0.27
w ₂	(mm)	0.29
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	10.26

12.2 ANÁLISE DA CORTANTE

Diagrama de cortante devido à carga permanente



Envoltória de cortante devido à combinação E.L.U.- diagramas

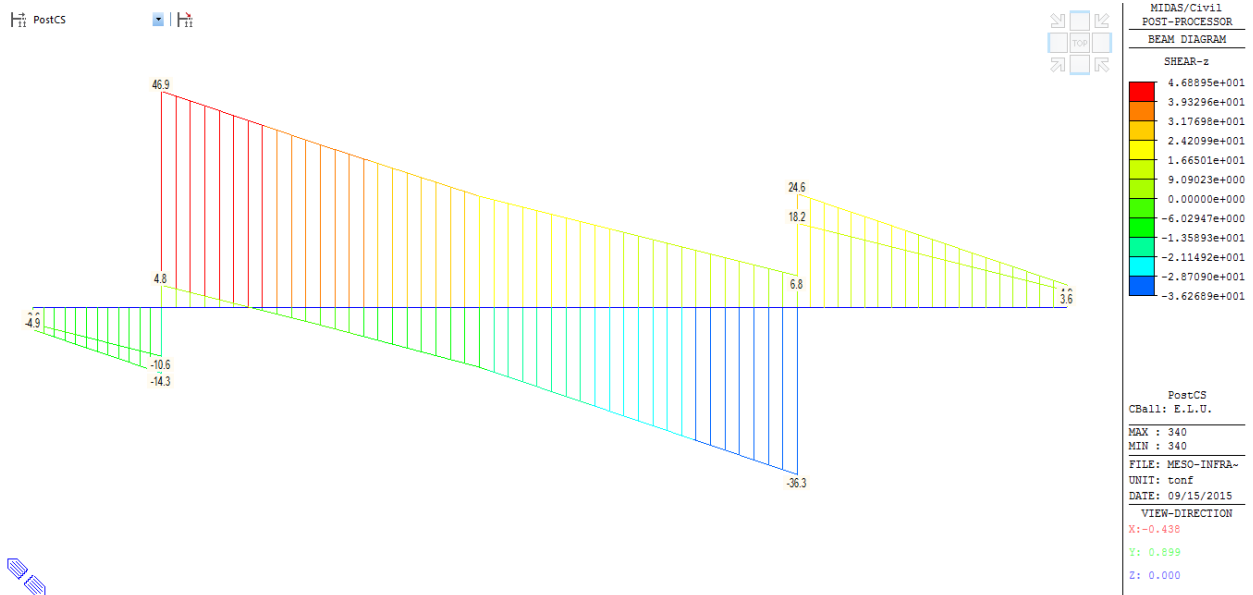
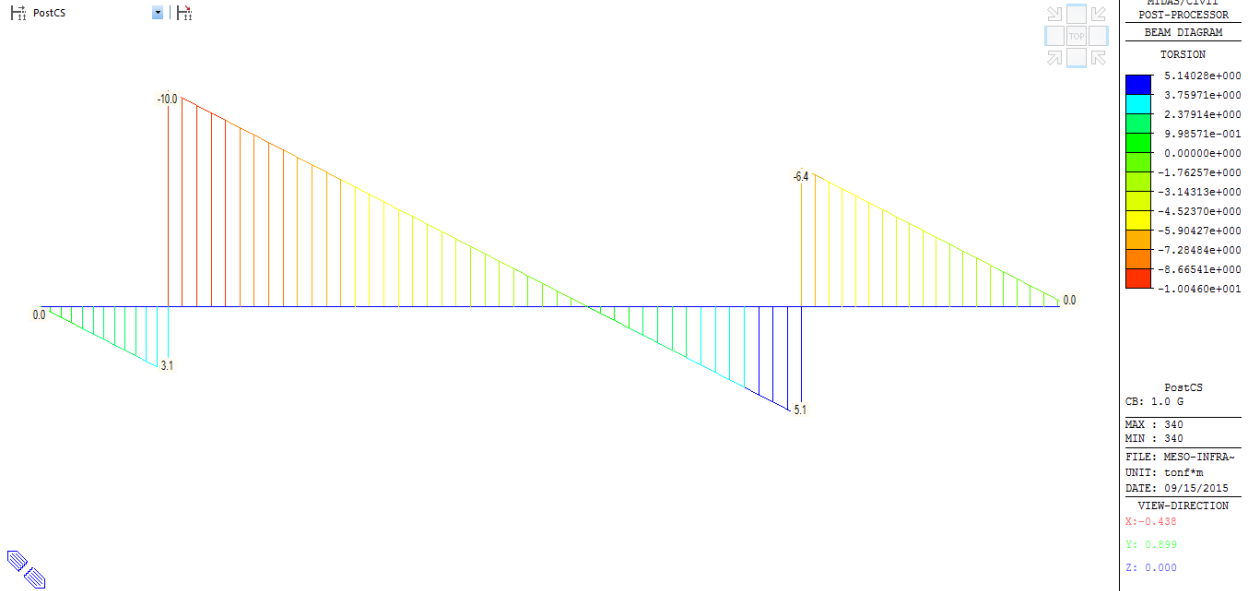
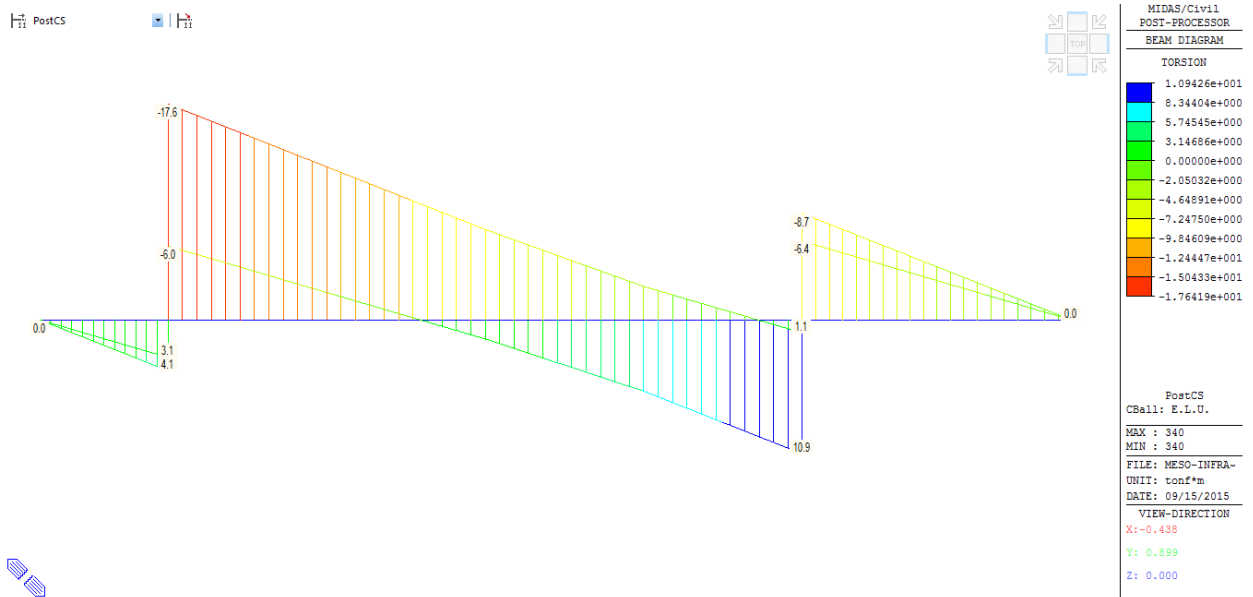


Diagrama de Torção devido à carga permanente



Envoltória de torção para combinação E.L.U.



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00	$\gamma_{fp} =$	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	$\Delta\sigma_d$ fadiga (MPa)	85

Modelo de verificação

Modelo I

Modelo II

Calcular

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30	Ø Bainha (cm)	8
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Apoio 1	Apoio 2
Vgk	(tf)	15.80	18.70
Vqkmax	(tf)	17.05	7.77
Vqkmin	(tf)	-3.87	-7.93
Vpk	(tf)	0.00	0.00
Tgk	(tf m)	10.00	5.20
Tqk	(tf m)	2.73	2.59

PROPRIEDADES GEOMÉRICAS DA SEÇÃO:

		Apoio 1	Apoio 2
d	(cm)	150.00	150.00
bw	(cm)	230.00	230.00
bainha na alma		n	n
bw útil	(cm)	230.00	230.00
bitola (mm)	(mm)	12.5	12.5
Ramos de estribo		8	8
Ae	(cm²)	26257	26257
hef	(cm)	45.39	45.39
uef	(cm)	578.42	578.42

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Apoio 1	Apoio 2
Vsd	(tf)	47	37
Vrd2	(tf)	1757	1757
Tsd	(tf m)	18	11
Trd2	(tf m)	1124	1124
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.04	0.03

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.90	2.90
fctd	(MPa)	1.45	1.45
Vc = Vco	(tf)	300	300
Taxa mínima		0.12	0.12
Aswmin	(cm²/m)	26.65	26.65
Asw	(cm²/m)	0.00	0.00

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

Al/s (pele)	(cm²/m)	0.77	0.48
AsT/s (torção)	(cm²/m)	0.77	0.48

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

VSdmax	(tf)	24	23
VSdmin	(tf)	14	15
σ_{swmax}	(MPa)	0	0
σ_{swmin}	(MPa)	0	0
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	0	0
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85	85
K < 2		1.00	1.00
Aswcorrig.	(cm²/m)	26.65	26.65

Conforme norma vigente, a taxa de armadura mínima tem em conta o ângulo do estribo com o alinhamento longitudinal da travessa:

$$\rho_{sw,min} = 0.2 f_{ctm} / f_{ymk} / \text{sen}(\alpha),$$

Pelo que o valor indicado, por consideração da largura da alma na direção esconsa, já atende o valor normativo.

13 VERIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO

De acordo com valores prescritos por fabricantes, a tensão normal admissível nos neoprenes fretados deverá atender as seguintes condições:

$$\sigma_{adm} \leq 150 \text{ kgf/cm}^2 \text{ - combinação característica das ações}$$

$$30 \text{ kgf/cm}^2 \leq \sigma_{(permanentes)}$$

A segunda condição, que previne o deslizamento, deverá ser verificada para as tensões permanentes acrescidas das reações hiperestáticas da protensão (que aliviam ou sobrecarregam nos apoios intermédios e encontros, respectivamente). Os quadros seguintes apresentam os valores máximos e mínimos de tensão normal característica para os aparelhos de apoio.

Element	Load	Axial [tonf]	Modelo					σ [kgf/cm ²]	
89	<i>perm</i>	-59.65	NF	300	x	500	x	63	41.98
90	<i>perm</i>	-64.72	NF	300	x	500	x	63	45.55
91	<i>perm</i>	-73.02	NF	300	x	500	x	63	51.39
92	<i>perm</i>	-66.72	NF	300	x	500	x	63	46.95
93	<i>perm</i>	-51.79	NF	300	x	500	x	63	36.45
94	<i>perm</i>	-69.82	NF	300	x	500	x	63	49.13
95	<i>perm</i>	-58.18	NF	300	x	500	x	63	40.94
96	<i>perm</i>	-60.22	NF	300	x	500	x	63	42.38
97	<i>perm</i>	-60.84	NF	300	x	500	x	63	42.81
98	<i>perm</i>	-76.96	NF	300	x	500	x	63	54.16
99	<i>perm</i>	-59.16	NF	300	x	500	x	63	41.63
100	<i>perm</i>	-65.54	NF	300	x	500	x	63	46.12

Element	Load	Axial [tonf]	Modelo					σ [kgf/cm ²]	
89	<i>env carac(min)</i>	-119.4	NF	300	x	500	x	63	84.03
90	<i>env carac(min)</i>	-137.26	NF	300	x	500	x	63	96.59
91	<i>env carac(min)</i>	-149.11	NF	300	x	500	x	63	104.93
92	<i>env carac(min)</i>	-154.28	NF	300	x	500	x	63	108.57
93	<i>env carac(min)</i>	-123.62	NF	300	x	500	x	63	87.00
94	<i>env carac(min)</i>	-139.43	NF	300	x	500	x	63	98.12
95	<i>env carac(min)</i>	-142.31	NF	300	x	500	x	63	100.15
96	<i>env carac(min)</i>	-143.83	NF	300	x	500	x	63	101.22
97	<i>env carac(min)</i>	-136.78	NF	300	x	500	x	63	96.26
98	<i>env carac(min)</i>	-165.1	NF	300	x	500	x	63	116.19
99	<i>env carac(min)</i>	-126.24	NF	300	x	500	x	63	88.84
100	<i>env carac(min)</i>	-127.37	NF	300	x	500	x	63	89.63



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MC-06-116/SP-352-0-C01/502

Revisão
A

Emissão
13/10/2015

Folha
01 de 52

Lote :
04

Rodovia: BR-116
RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT

Projetista:
ENESCIL ENG. DE PROJETOS

Trecho: SÃO PAULO – CURITIBA - RETORNO 352+000
Duplicação da Serra do Cafezal

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto: MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA
DO RETORNO 352+000

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
2	13-03-2018	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	
1	05-02-2018	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	
0	13-10-2015	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt	

FIRMA PROJETISTA: ENESCIL
Nº INTERNO: ENE-MC-06-116/SP-352-0-C01/502 Rev.: 2

MEMORIAL DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA – RETORNO 352+000 SERRA DO CAFEZAL

O presente cálculo da superestrutura se refere a obra em viaduto com um total de 3 vãos, curvos em planta. Os tabuleiros são constituídos por duas vigas longarinas de 2,0 m de altura em concreto armado, bi-apoiadas em neoprenes fretados. As lajes tem espessura variável de 22 cm até 31 cm na região das misulas. A continuidade das lajes dos vãos se dá através de lajes elásticas. As vigas e lajes serão moldadas “in loco” com sistema de cimbramento.

Em cada apoio temos transversinas com alma constante = 30 cm.

Largura total do tabuleiro = 7,40m.

Ponte Classe 45 / ITEM 3.5 DA NBR 7188/84

□ Materiais

Aço comum : CA – 50		fyk = 500 MPa
Aço macio : CA – 25		fyk = 250 MPa
Concreto:	Lajes da superestrutura	fck = 30 MPa
	Longarinas	fck = 30 MPa
	Transversinas	fck = 30 MPa
	Placas pré-moldadas	fck = 30 MPa

□ Bibliografia

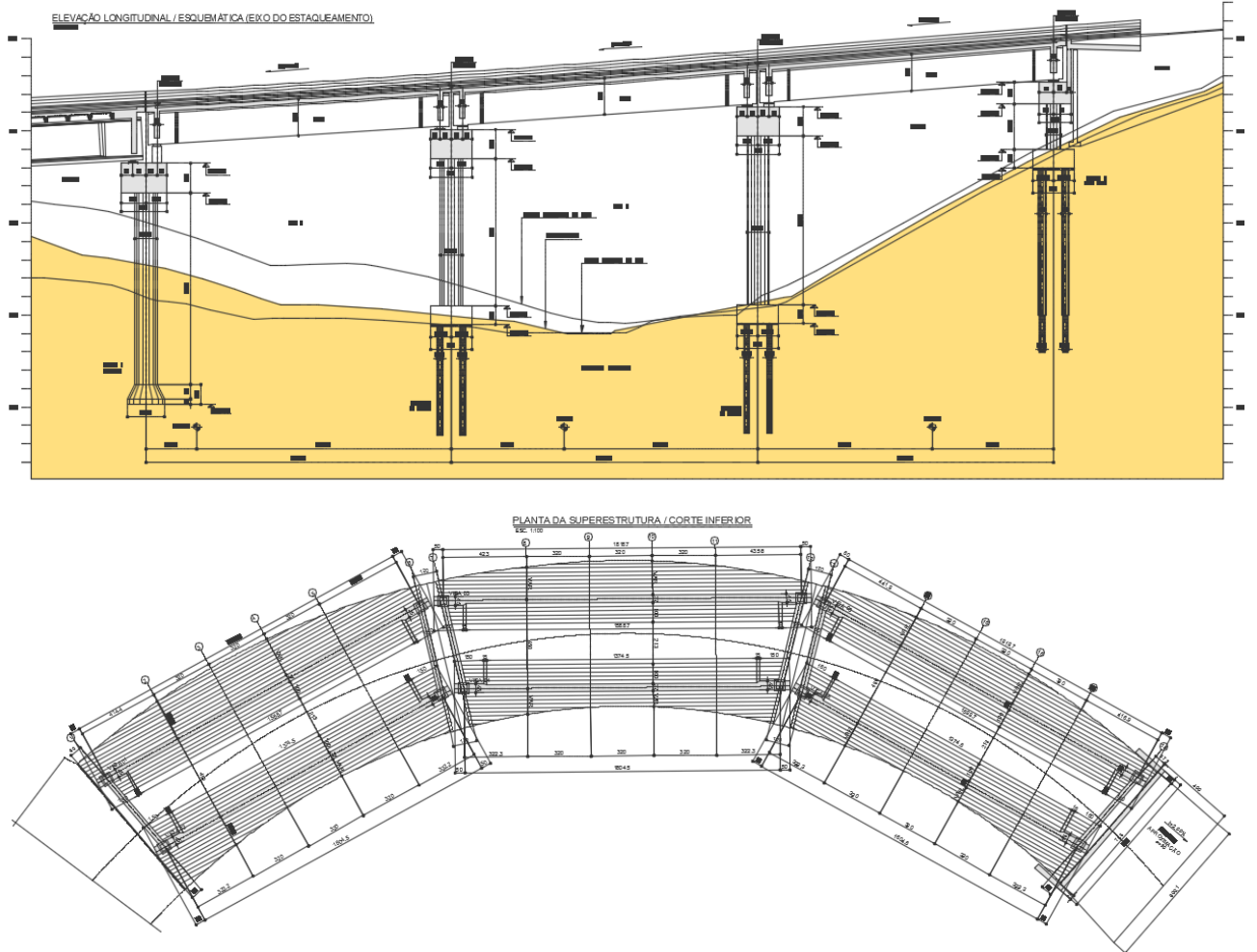
- NBR 6118/2003- “Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento”;
- NBR 6122/96- “Projeto e Execução de Fundações. Procedimento”;
- NBR 6123/88- “Forças devidas ao Vento em Edificações. Procedimento”;
- NBR 7187/2003- “Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido. Procedimento”;
- NBR 7197/1989- “Projeto de Estruturas de Concreto Protendido”;
- NBR 7188/84- “Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre. Procedimento”;
- NBR 8681/2003- “Ações e segurança nas estruturas. Procedimento”;
- NBR 9062/85 – “Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado”;
- EB3-67;
- Fundamentos da técnica de armar - P. B. Fusco;
- Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco;
- Construções de concreto - F. Leonhardt / E. Monnig.

SUMÁRIO

1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	5
1.1	SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DA OBRA	5
1.2	ELEVAÇÃO LONGITUDINAL ESQUEMÁTICA E PLANTA DA OBRA	6
1.3	DETERMINAÇÃO DA LARGURA CONTRIBUINTE DA LAJE	7
1.4	PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DAS VIGAS LONGARINAS	7
2	PROGRAMA DE CÁLCULO	8
2.1	MODELOS UTILIZADOS NO PROGRAMA STRAP	9
2.1.1	<i>Discretização da estrutura para o modelo de cálculo</i>	9
2.1.2	<i>Propriedades das barras e elementos</i>	10
2.1.3	<i>Materiais das barras e elementos</i>	11
2.1.4	<i>Numeração das Propriedades das barras e dos elementos do tabuleiro</i>	11
3	CARREGAMENTOS	12
3.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES	12
3.2	CARREGAMENTOS MÓVEIS	12
3.3	SEÇÕES ANALIZADAS	13
3.3.1	<i>Peso próprio da viga (g1)</i>	13
3.3.2	<i>Lajes e Pré-lajes (g2)</i>	14
3.3.3	<i>Pavimento, defesa e transversina (g3)</i>	14
3.3.4	<i>Multidão</i>	15
3.3.5	<i>TB-45</i>	16
4	ESFORÇOS SOLICITANTES	17
4.1	ENVOLTÓRIA DOS MOMENTOS FLETORES – CARREGAMENTO PERMANENTE	17
4.2	ENVOLTÓRIA DE MOMENTOS FLETORES - CARREGAMENTO MÓVEL COM IMPACTO	18
4.3	FORÇAS CORTANTES - CARREGAMENTO PERMANENTE	19
4.4	FORÇAS CORTANTES – CARGA MÓVEL COM IMPACTO	19
4.4.1	<i>Quadro-resumo das forças cortantes – Longarinas</i>	20
5	DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS	21
5.1	DIMENSIONAMENTO PARA MOMENTO FLETOR	21
5.2	DIMENSIONAMENTO PARA CORTANTE	23
5.3	DETERMINAÇÃO DA CONTRA- FLECHA	25
6	DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS DE APOIO	26
6.1	1ª HIPÓTESE – EM SERVIÇO	26
6.2	2ª HIPÓTESE – NA TROCA DOS APARELHOS DE APOIO	28
6.3	CONCLUSÃO	30
6.4	DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA DE FLEXÃO DA TRANSVERSINA: EM SERVIÇO	31
6.5	DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA DE FLEXÃO DA TRANSVERSINA: NO MACAQUEAMENTO	32
6.6	DIMENSIONAMENTO DA TRANSVERSINA AO CISLHAMENTO – FASE DO MACAQUEAMENTO	33
7	DIMENSIONAMENTO DA LAJE DO TABULEIRO	34
7.1	ESFORÇOS SOLICITANTES NA LAJE	34
7.2	SEÇÕES DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO	36
7.3	CÁLCULO DE ARMADURA TRANSVERSAL DA LAJE MXM	37
7.4	CÁLCULO DE ARMADURA TRANSVERSAL DA LAJE MXE	40
7.6	CÁLCULO DA ARMADURA LONGITUDINAL MYM	45
8	DIMENSIONAMENTO DA LAJE ELÁSTICA	48

9	CÁLCULO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO	50
9.1	CARREGAMENTOS.....	50
9.2	ESFORÇOS SOLICITANTES.....	51

1.2 Elevação Longitudinal Esquemática e Planta da Obra



1.3 Determinação da Largura Contribuinte da Laje

Segundo a Norma NBR 6118:

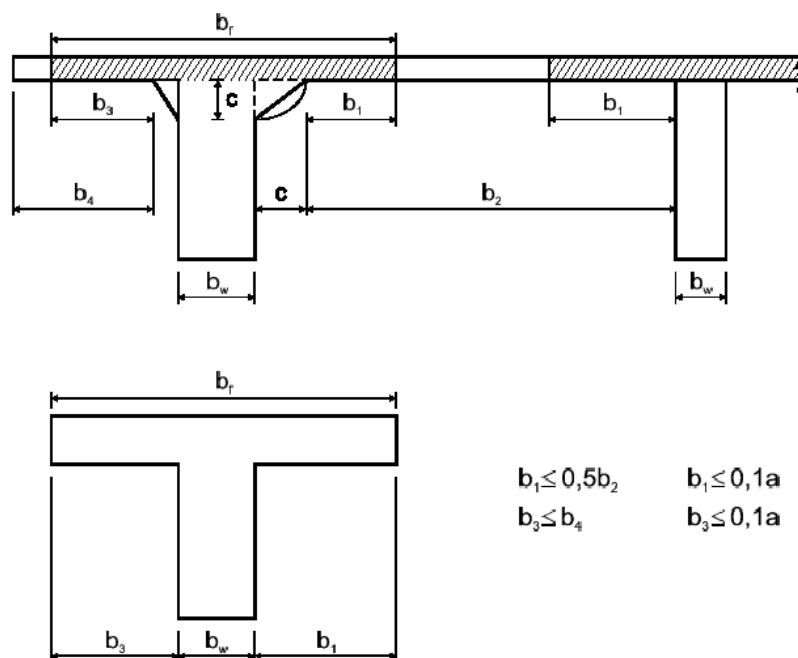


Figura 17 - Largura de mesa colaborante

1.4 Propriedades geométricas das vigas longarinas

VÃOS – 16,00 M: (MENOR VIGA)

$$a = 1,0 \times 16,00 = 16,00 \text{ m}$$

onde "a" corresponde a distância entre os pontos de momento fletor nulo

$$b_4 = 0,98 - 0,50 = 0,48 \text{ m}$$

$$b_2 = 4,50 - 1,00 = 3,50 \text{ m}$$

$$b_1 < 0,1 \times a = 1,60 \text{ m}$$

$$b_1 < 0,5 \times b_2 = 1,75 \text{ m}$$

$$b_1 = 1,60 \text{ m}$$

$$b_3 < 0,1 \times a = 1,60 \text{ m}$$

$$b_3 < b_4 = 0,48 \text{ m}$$

$$b_3 = 1,60 \text{ m}$$

$$b_{f_{\text{máximo}}} = b_3 + b_1 + 1,20 = 1,00 + 1,60 + 0,48 = 3,08 \text{ m}$$

Adotaremos $b_f = 3,08 \text{ m}$

2 PROGRAMA DE CÁLCULO

Discretização da estrutura para o modelo de cálculo:

Será utilizado o programa Strap para a determinação dos esforços na estrutura.

A estrutura foi discretizada em elementos de barras e elementos planos compondo um modelo estrutural tridimensional. Este modelo foi gerado para determinação dos esforços nos elementos estruturais e nas vigas.

O software de análise estrutural é um conjunto de programas destinados à geração da geometria do modelo, composição de cargas e verificação de resultados.

As etapas de análise de um modelo são:

- 1- Geração da geometria, características das propriedades mecânicas das barras e elemento bem com das restrições de apoio;
- 2- Discretização dos carregamentos na estrutura, tais como: peso próprio, cargas móveis, vento, etc.;
- 3- Cálculo do modelo;
- 4- Verificação dos resultados.

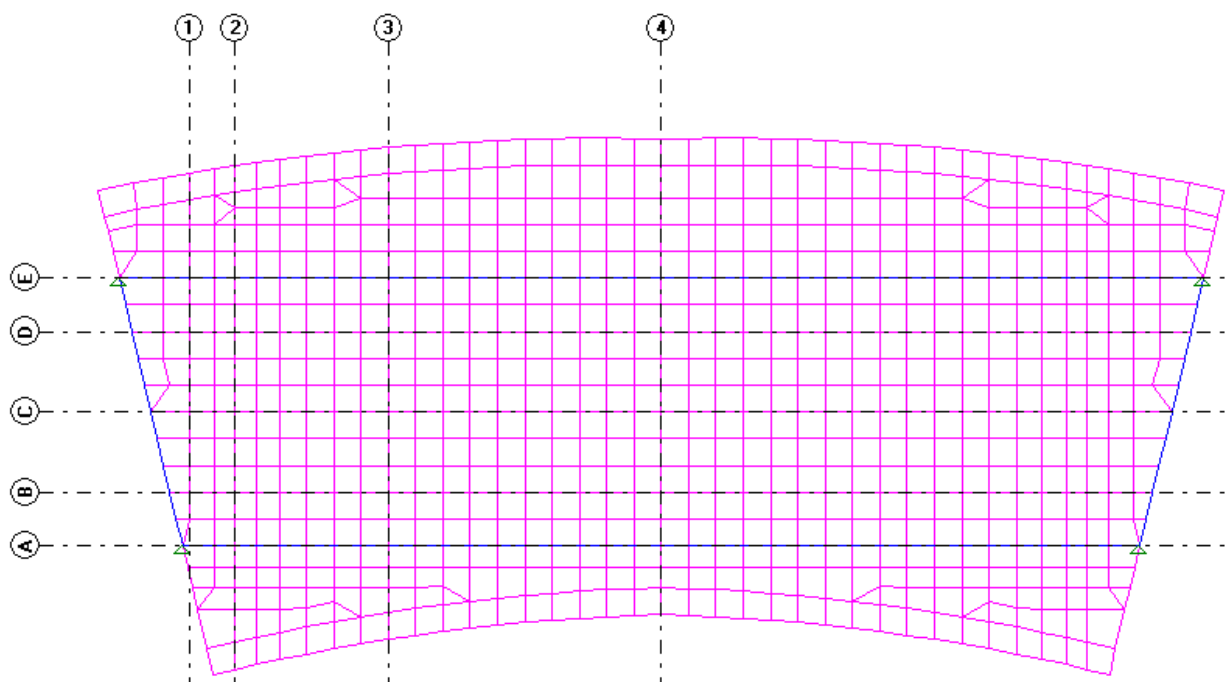
Para as cargas móveis este programa resolve as linhas de influência baseado no trem-tipo especificado.

Está prevista uma etapa inicial ainda na fase construtiva da obra, quando após o lançamento das vigas transversais serão executada a concretagem parcial da laje.

2.1 Modelos utilizados no Programa Strap

CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DO MODELO

Seções de estudos das vigas e lajes



No cálculo das vigas com 19,18 (18,18m entre apoios) e 17,05 (16,05m entre apoios).

O Tabuleiro é constituído por:
Duas longarinas;
Largura do tabuleiro de 7,4m;
Nos apoios transversinas.

2.1.1 Discretização da estrutura para o modelo de cálculo

A estrutura foi discretizada em elementos de barras e elementos compondo um modelo estrutural em grelha plana. Este modelo foi gerado para determinação dos esforços nos elementos estruturais vigas e lajes. Utilizamos o programa de cálculo STRAP versão 13.0 (Structural Analysis Program).

O software análise estrutural, STRAP, é um conjunto de programas destinados a geração da geometria do modelo, composição de cargas e verificação de resultados.

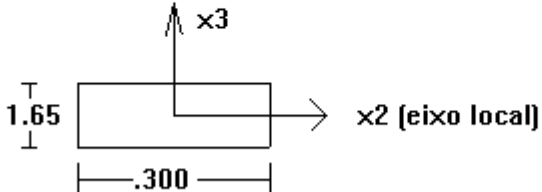
Para facilitar a construção de modelos estruturais, o programa STRAP está subdividido, com relação ao tipo de estrutura, em: Frame Plane – estruturas planas, Grid – grelha, Space – estruturas espaciais e Truss-treliças. O modelo utilizado para o cálculo do tabuleiro foi o de Grid – estrutura em grelha plana.

As etapas de análise de um modelo são:

- 1- Geração da geometria, características das propriedades mecânicas das barras e restrições de apoio;
- 2- Discretização dos carregamentos da estrutura, tais como: peso próprio, sobrecargas, cargas móveis, vento, etc;
- 3- Cálculo do modelo;
- 4- Verificação dos resultados.

Carregamentos variáveis considerados: sobrecarga construtiva (300 kgf/m²).

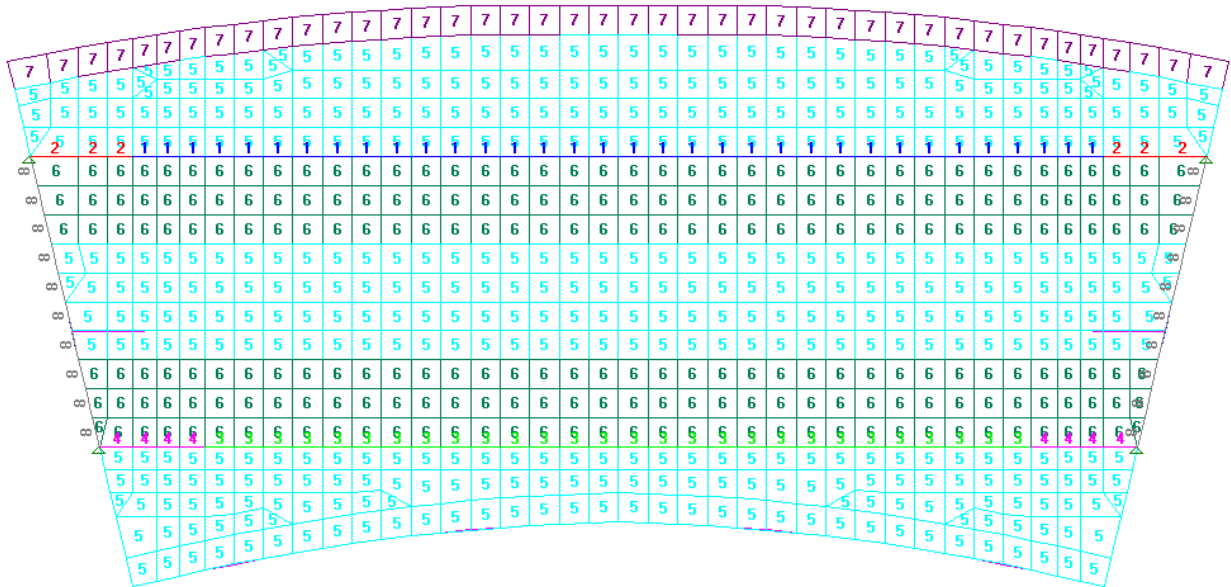
2.1.2 Propriedades das barras e elementos

PROPRIEDADE N.1 - V1-CENTRAL				
A=0.1618E+01 Material = 1 - C30	I2=0.5596E+00	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.2 - V1-ENG				
A=0.1616E+01 Material = 1 - C30	I2=0.6160E+00	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.3 - V2-CEN				
A=0.1371E+01 Material = 1 - C30	I2=0.5106E+00	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.4 - V2-ENG				
A=0.1625E+01 Material = 1 - C30	I2=0.6175E+00	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.5 - P5				
Espessura = Material = 1 - C30	0.220			
PROPRIEDADE N.6 - P6				
Espessura = Material = 1 - C30	0.270			
PROPRIEDADE N.7 - P7				
Espessura = Material = 1 - C30	0.150			
PROPRIEDADE N.8 - 30/165				
A=0.4950E+00 Material = 1 - C30	I2=0.1123E+00	I3=0.3712E-02	J=0.1315E-01	SF2=0.850 SF3=0.850
h2=0.300	h3=1.650	Perímetro=3.900	e2=0.150	e3=0.825
				

2.1.3 Materiais das barras e elementos

N.º	Nome	Módulo de Elasticidade	Coefic. Poisson	Densidade	Dilatação Térmica	Módulo Transv. (G)
1	CONC	0.2500E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1042E+07
2	C30	0.2607E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1086E+07

2.1.4 Numeração das Propriedades das barras e dos elementos do tabuleiro



3 CARREGAMENTOS

3.1 Carregamentos permanentes

$$\text{Peso próprio da viga (seção típica): } g_{1\text{vão}} = 0,74 \times 2,5 = 1,85 \text{ tf/m}$$

$$\text{Peso próprio da viga (seção apoio): } g_{1\text{apoio}} = 0,9 \times 2,5 = 2,25 \text{ tf/m}$$

$$\text{Laje (g2): } g_2 = 0,22 \times 2,5 = 0,55 \text{ tf/m}^2$$

Barreiras e pavimento e outros (g3):

$$g_{3\text{pavimento}} = 0,10 \times 2,4 = 0,24 \text{ tf/m}^2$$

$$g_{3\text{guarda-rodas}} = (0,23 \times 2,5) \times 0,45 = 1,28 \text{ tf/m}^2$$

$$g_{3\text{transversina}} = 1,65 \times 0,3 \times 2,5 = 1,24 \text{ tf/m}$$

3.2 Carregamentos móveis

O veículo utilizado é o Trem-tipo TB-45.

Coefficientes de impacto vertical:

$$\text{CIV} = 1 + 1,06 \times (20 / (16,05 + 50)) = 1,32$$

Coefficiente de impacto adicional:

$$\text{CIA} = 1,25$$

Multidão na área do veículo = $6 \times 3 \times 0,5 = 9 \text{ tf} \Rightarrow 9 / 6 = 1,5 \text{ tf}$ a menos por roda

Carga do veículo = 7,5 tf por roda

Consideraremos esta carga da roda distribuída até o eixo da laje.

Dimensões da roda 20x50cm.

Espessura do pavimento + metade da espessura da laje = $10 + 9 = 19 \text{ cm}$

Desta forma temos uma área de distribuição de $20 + 2 \times 18 = 56 \text{ cm}$ e $50 + 2 \times 18 = 86 \text{ cm}$

Carga da roda c/ impacto = $15,6 \text{ tf/m}^2$

Como estamos aplicando a multidão na mesma região em que está o veículo estaremos aplicando no carregamento do trem-tipo uma carga aliviando a multidão que não está sob o veículo.

Hipóteses para as cargas móveis:

Para a carga móvel devido à multidão com impacto, consideraram-se três hipóteses:

Em todo o tabuleiro (exceto na região das barreiras);

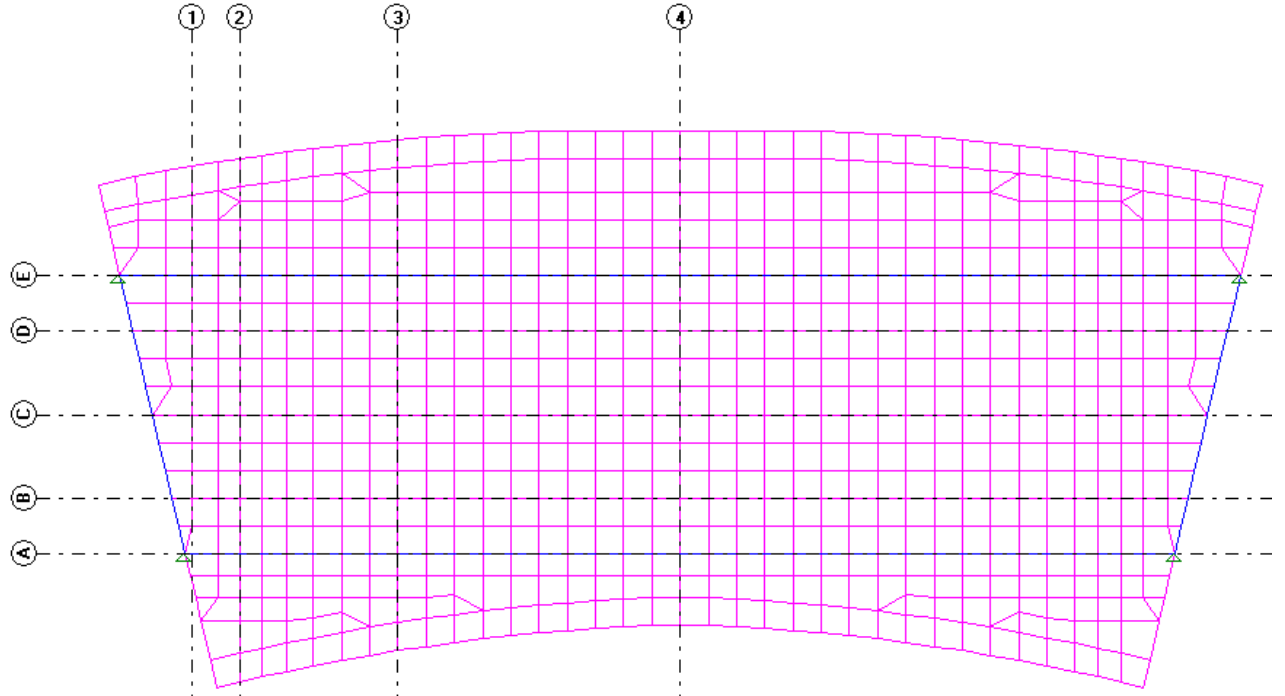
Nas faixas laterais do tabuleiro;

Na faixa central do tabuleiro;

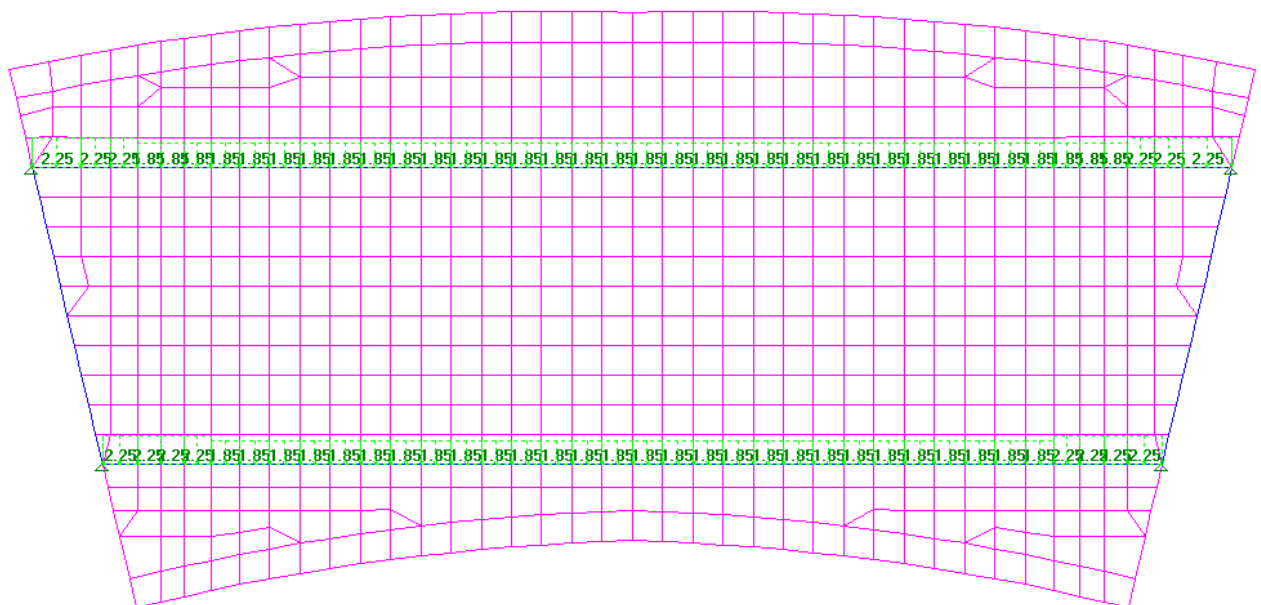
Para a carga móvel devido ao veículo considerou-se uma combinação de carregamentos de veículos:

Veículo deslocando-se no tabuleiro a cada vigésimo do vão com as seguintes hipóteses.

3.3 Seções analisadas

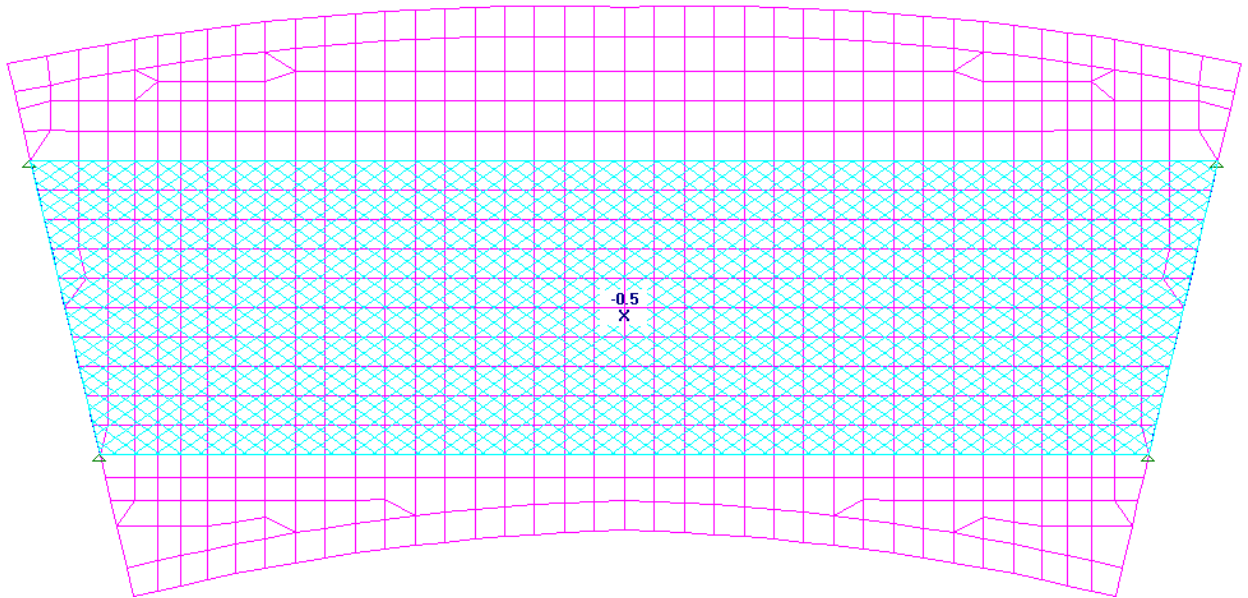


3.3.1 Peso próprio da viga (q1)

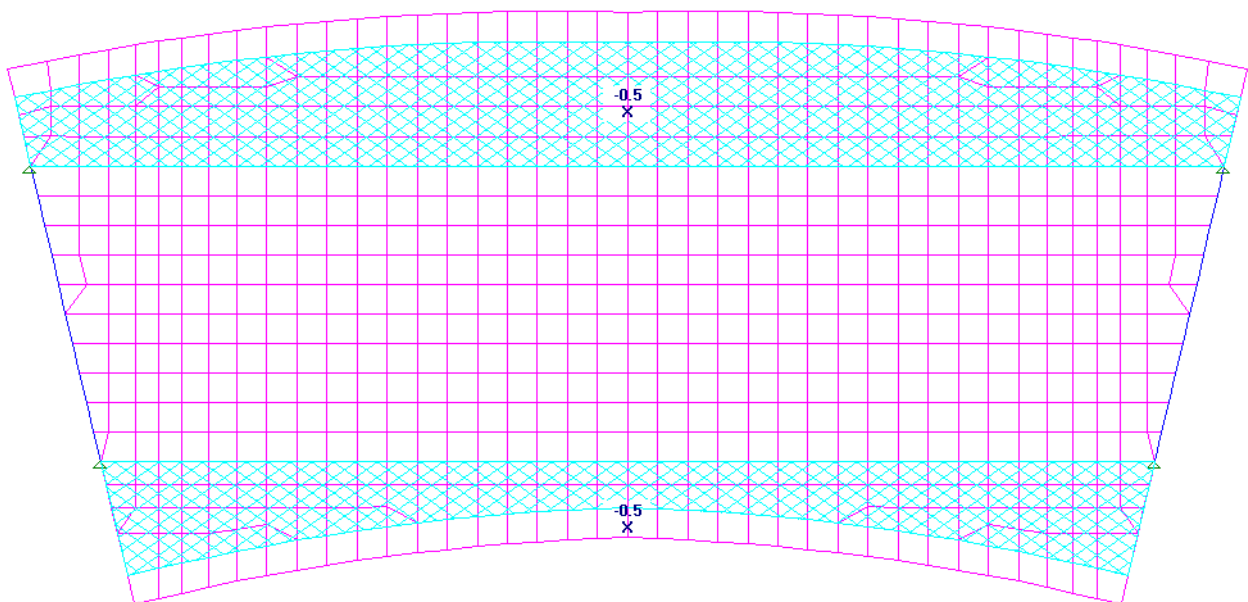


3.3.4 Multidão

Multidão carregando entre as vigas

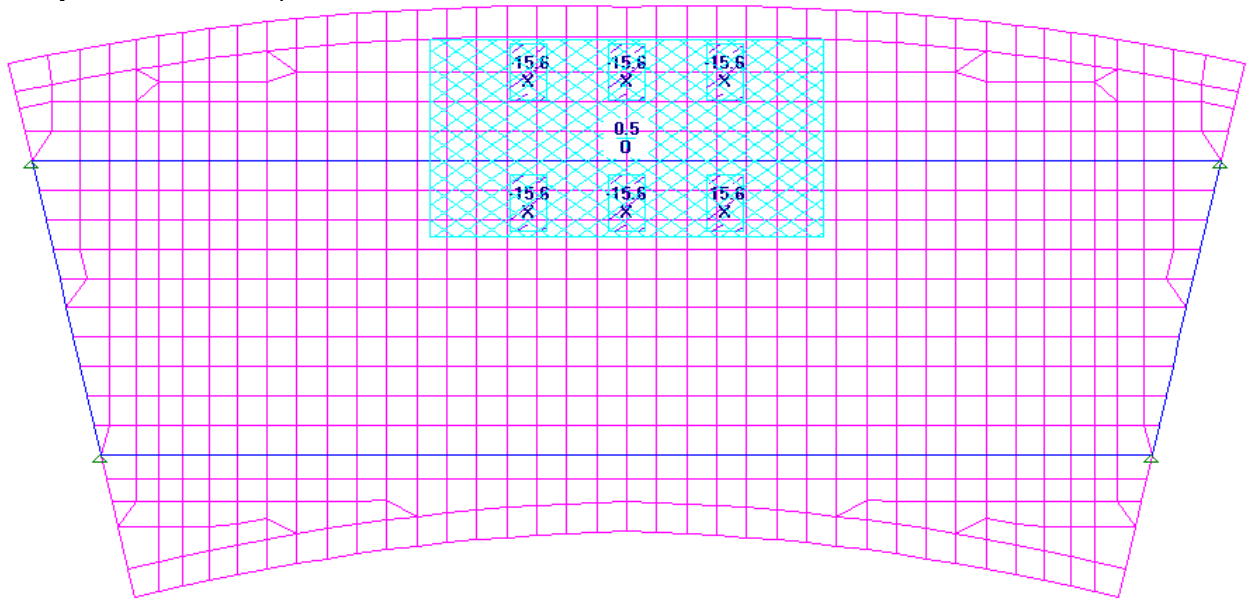


Multidão carregando as bordas do tabuleiro

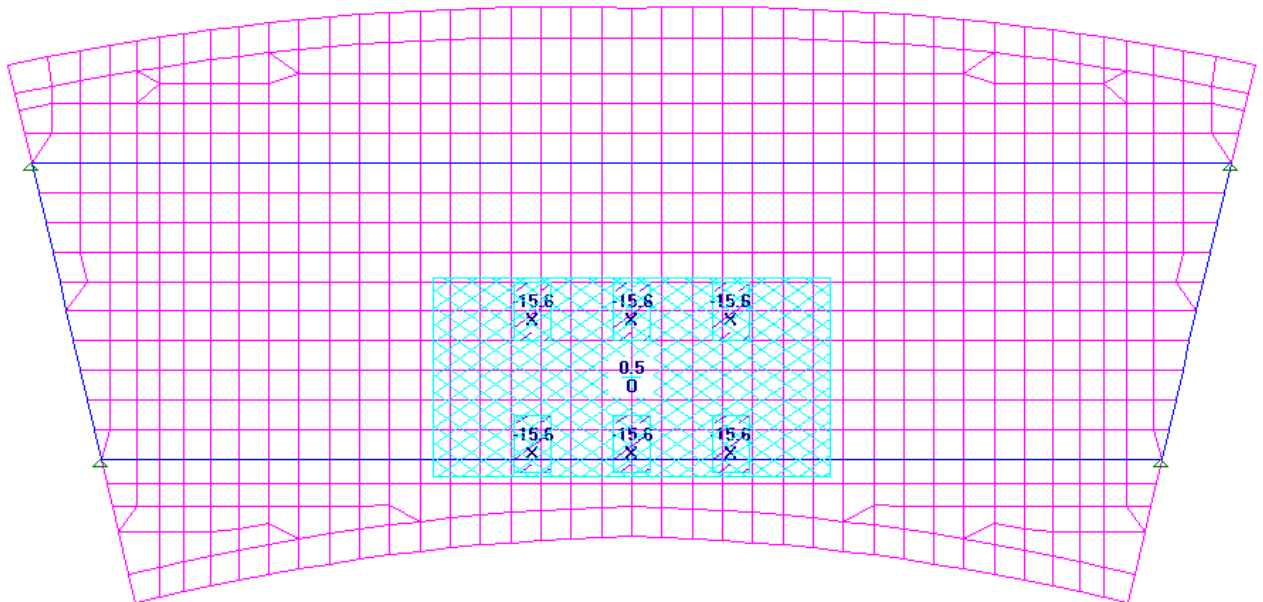


3.3.5 TB-45

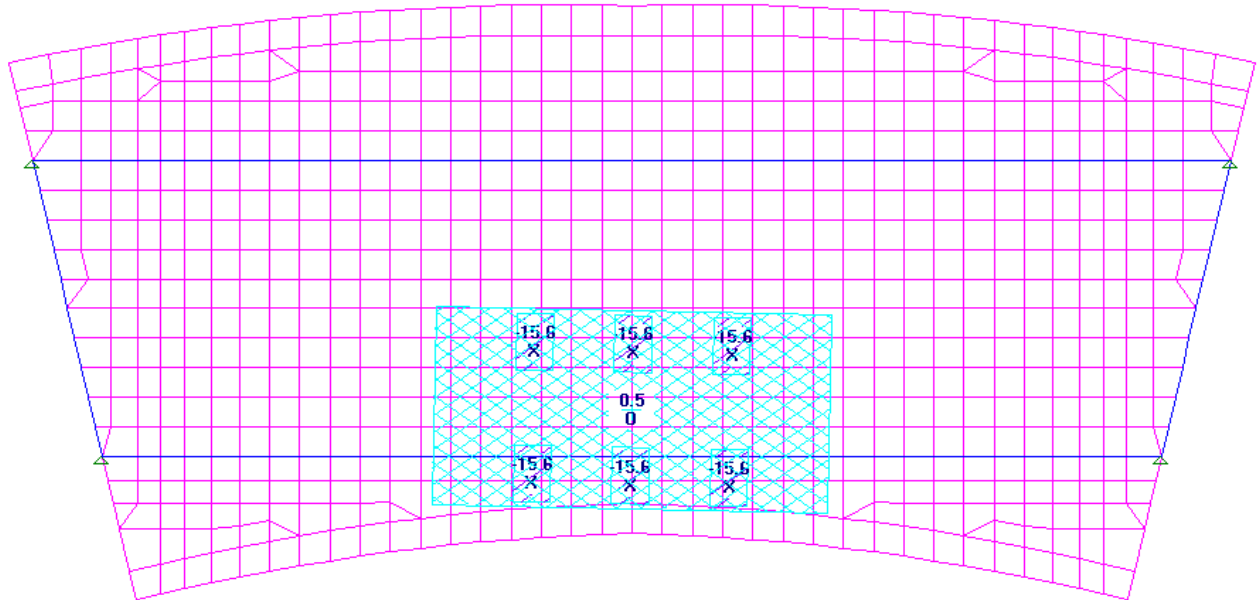
TB-45 junto à defesa superior



TB-45 no centro do tabuleiro



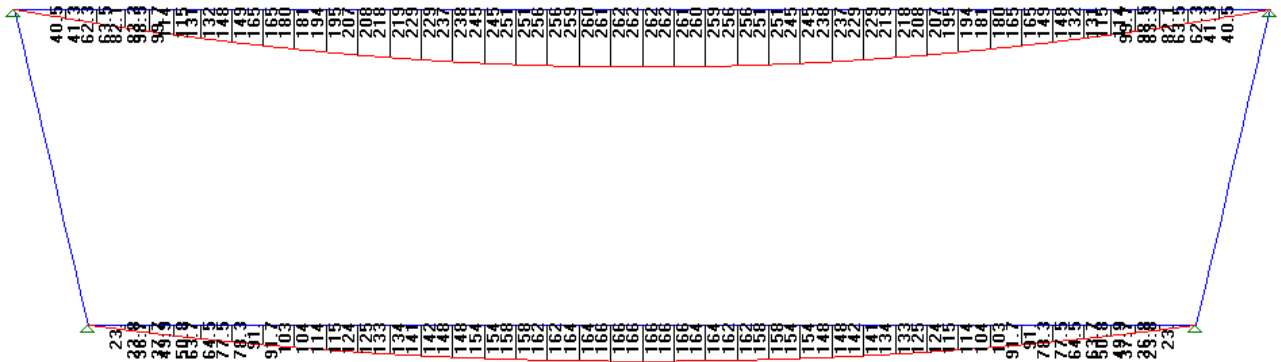
TB-45 junto à defesa inferior



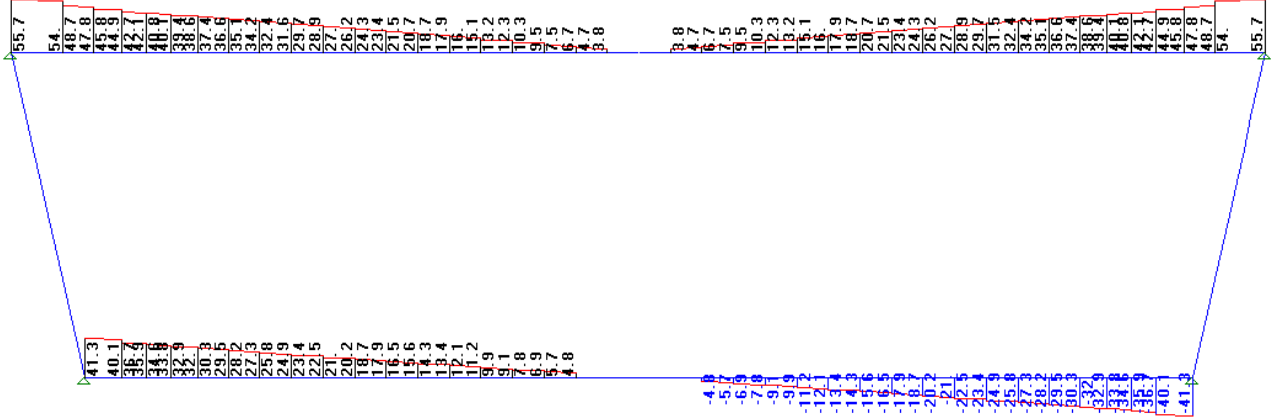
4 ESFORÇOS SOLICITANTES

Todos os valores dos quadros-resumo abaixo estão expressos

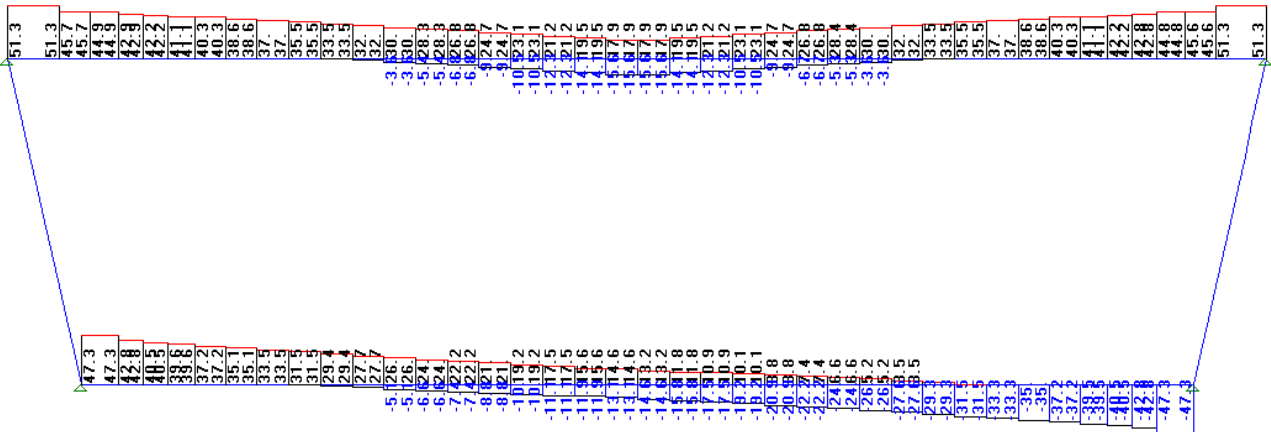
4.1 Envoltória dos momentos fletores – carregamento permanente



4.3 Forças cortantes - carregamento permanente



4.4 Forças cortantes – carga móvel com impacto



4.4.1 Quadro-resumo das forças cortantes – Longarinas

Todos os valores dos quadros-resumo abaixo estão expressos em **tf**.

$$Vg_k = Vg_1 + Vg_2 + Vg_3$$

$$Vq_k \text{ máx} = V_{\text{mult.}, \text{máx}} + V_{\text{veic.}, \text{máx}}$$

$$Vq_k \text{ mín} = V_{\text{mult.}, \text{mín}} + V_{\text{veic.}, \text{mín}}$$

$$Vsd = 1,35 \times Vg + 1,5 \times Vq \text{ máx}$$

Viga 1

VIGA V1				
SEÇÃO	Vg	Vq		Vsd
		máx	mín	
APOIO	55.7	51.3	0	152.1
1	47.8	45.6	0	132.9
2	42.1	42.9	0	121.2
3	28.9	35.4	0	92.1
4	0	17.9	-15.6	26.9

Viga 2

VIGA V2				
SEÇÃO	Vg	Vq		Vsd
		máx	mín	
APOIO	41.3	47.3	0	126.7
1	41.3	47.3	0	126.7
2	35.9	42.8	0	112.7
3	22.5	31.5	0	77.6
4	0	14.6	-14.6	21.9

5 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

5.1 Dimensionamento para momento fletor

Viga 1

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

γ_{f1} =	1.35	γ_{f2} =	1.50
γ_{f3} =	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

γ_{f1} =	1.00	ψ_1 =	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III - moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

γ_c =	1.4	Es/Ec <small>insensação</small>	15
γ_s =	1.15	Es/Ec <small>fadiga</small>	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - '

Esforços solicitantes		POS
M _{gk}	(tfm)	262.00
M _{gk max}	(tfm)	252.00
M _{gk min}	(tfm)	0.00

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

b _f	(cm)	400.00
h _f	(cm)	20.00
b _w	(cm)	37.00
h	(cm)	200.00
b _{inf}		
h _{inf}		
espaç. barra horizontal	(cm)	

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	25.0
barras por camada		8
cobrimento na armadura	(cm)	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	731.7
d	(cm)	192.8
x	(cm)	6.60
A _s	(cm ²)	88.50
A _{s' nec.}	(cm ²)	

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax tensões}	(tfm)	388
M _{Dmin tensões}	(tfm)	262
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2577
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	1740
Δσ _s	(kgf/cm ²)	837
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1750
K < 1.79		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	88.50

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2382
ρ _{fi}		0.067
w ₁	(mm)	0.25
w ₂	(mm)	0.11
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	88.50

Viga 2

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{\text{lig}} =$	1.35	$\gamma_{\text{li}} =$	1.50
$\gamma_{\text{lig}} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{\text{lig}} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
 Classe II e III - moderada a forte
 Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec _{fissuração}	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec _{fadiga}	10

ver 0.5

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - '

Esforços solicitantes		POS
M _{gk}	(tfm)	166.00
M _{gk max}	(tfm)	183.00
M _{gk min}	(tfm)	0.00

Propriedades dos materiais	
f _{ck}	(MPa) 30
f _{yk}	(MPa) 500

Propriedades da seção	
bf	(cm) 250.00
hf	(cm) 20.00
bw	(cm) 37.00
h	(cm) 200.00
binf	
hinf	
espaç. barra horizontal	(cm)

Armadura inferior	
ϕ (mm)	(mm) 25.0
barras por camada	8
cobrimento na armadura	(cm) 3.00

Armadura superior	
A _{s'}	(cm ²)
d'	(cm)

DIMENSIONAMENTO	
M _d	(tfm) 498.6
d	(cm) 194.1
x	(cm) 7.16
A _s	(cm ²) 59.97
A _{s' nec.}	(cm ²)

VERIFICAÇÃO DA FADIGA	
M _{Dmax tensões}	(tfm) 258
M _{Dmin tensões}	(tfm) 166
σ_{smax}	(kgf/cm ²) 2455
σ_{smin}	(kgf/cm ²) 1583
$\Delta\sigma_s$	(kgf/cm ²) 873
$\Delta\sigma_s$ Admissível	(kgf/cm ²) 1750
K < 1.79	1.00
A _{s,scor.}	(cm ²) 59.97

CONTROLE DA FISSURAÇÃO	
σ_{smax}	(kgf/cm ²) 2319
D _{fi}	0.053
w ₁	(mm) 0.24
w ₂	(mm) 0.12
ELS-W w _k ≤	(mm) 0.30
K	1.00
A _{s,scor.}	(cm ²) 59.97

5.2 Dimensionamento para cortante

Viga1

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{\text{f}_k} =$	1.35	$\gamma_{\text{f}_k} =$	1.50
$\gamma_{\text{f}_k} =$	1.00	$\gamma_{\text{f}_k} =$	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Freqüente das Ações):

$\gamma_{\text{f}_k} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	Δ_{Ed} fadiga (MPa)	85

Modelo de verificação

Modelo I

Modelo II

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30	Ø BAINHA (cm)	6
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

CONCRETO ARMADO

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

	APOIO	1	2	3	4
V_{gk} (tf)	55.70	47.80	42.10	28.90	0.00
V_{gkmax} (tf)	51.30	45.60	42.90	35.40	17.90
V_{gkmin} (tf)	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.60
V_{pk} (tf)					
T_{gk} (tf.m)					
T_{qk} (tf.m)					

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÇÃO:

d (cm)	193.00	193.00	193.00	193.00	193.00
bw (cm)	45.00	37.00	37.00	37.00	37.00
bainha na alma	N	N	N	N	N
bw útil (cm)	45.00	37.00	37.00	37.00	37.00
bitola (mm)	12.5	12.5	12.5	10	10
Ramos de estribo	4	2	2	2	2
A_e (cm ²)					
hef (cm)					
uef (cm)					

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

	0	0	0	0	0
V_{sd} (tf)	152.1	133	121	92	27
V_{rd2} (tf)	442	364	364	364	364
T_{sd} (tf.m)	0	0	0	0	0
T_{rd2} (tf.m)					
$T_{sd}/T_{rd2} + V_{sd}/V_{rd2}$	0.34	0.37	0.33	0.25	0.07

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

f_{ctm} (MPa)	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
f_{ctd} (MPa)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
$V_c = V_{co}$ (tf)	75	62	62	62	62
Taxa mínima	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
A_{swmin} (cm ² /m)	5.21	4.29	4.29	4.29	4.29
A_{sw} (cm ² /m)	10.15	9.39	7.83	3.98	0.00

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

A_l/s (pele) (cm ² /m)					
A_sT/s (torção) (cm ² /m)					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

V_{Sdmax} (tf)	81	71	64	47	9
V_{Sdmin} (tf)	56	48	42	29	-8
σ_{wm} (MPa)	247	243	239	209	0
σ_{swmin} (MPa)	102	103	81	0	0
$\Delta\sigma_s$ (MPa)	145	140	158	209	0
$\Delta\sigma_{adm}$ (MPa)	85	85	85	85	85
$K < 2$	1.71	1.65	1.86	2.00	1.00
A_{swcorr} (cm ² /m)	17.37	15.44	14.53	8.57	4.29

Viga 2

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇOES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{\text{lt}} =$	1.35	$\gamma_{\text{lt}} =$	1.50
$\gamma_{\text{lt}} =$	1.00	$\gamma_{\text{fp}} =$	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{\text{lt}} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	$\Delta\sigma_{\text{sd}} \text{ fadiga (MPa)}$	85

Modelo de verificação

Modelo I

Modelo II

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30	Ø BAINHA (cm)	6
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

CONCRETO ARMADO

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		APOIO	1	2	3	4
Vgk (tf)		41.30	41.30	35.90	22.50	0.00
Vgkmax (tf)		47.30	47.30	42.80	31.50	14.60
Vgkmin (tf)		0.00	0.00	0.00	0.00	-14.60
Vpk (tf)						
Tgk (tf.m)						
Tqk (tf.m)						

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

d (cm)		193.00	193.00	193.00	193.00
bw (cm)		45.00	37.00	37.00	37.00
bainha na alma		N	N	N	N
bw útil (cm)		45.00	37.00	37.00	37.00
bitola (mm)		12.5	12.5	12.5	10
Ramos de estribo		4	2	2	2
Ae (cm²)					
hef (cm)					
uef (cm)					

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		0	0	0	0	0
Vsd (tf)		126.7	127	113	78	22
Vrd2 (tf)		442	364	364	364	364
Tsd (tf.m)		0	0	0	0	0
Trd2 (tf.m)						
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.29	0.35	0.31	0.21	0.06

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
f_{ctm} (MPa)		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
f_{ctd} (MPa)		1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
$V_e = V_{co}$ (tf)		75	62	62	62	62
Taxa mínima		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
$A_{s\text{wmin}}$ (cm²/m)		5.21	4.29	4.29	4.29	4.29
A_{sw} (cm²/m)		6.78	8.56	6.70	2.06	0.00

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

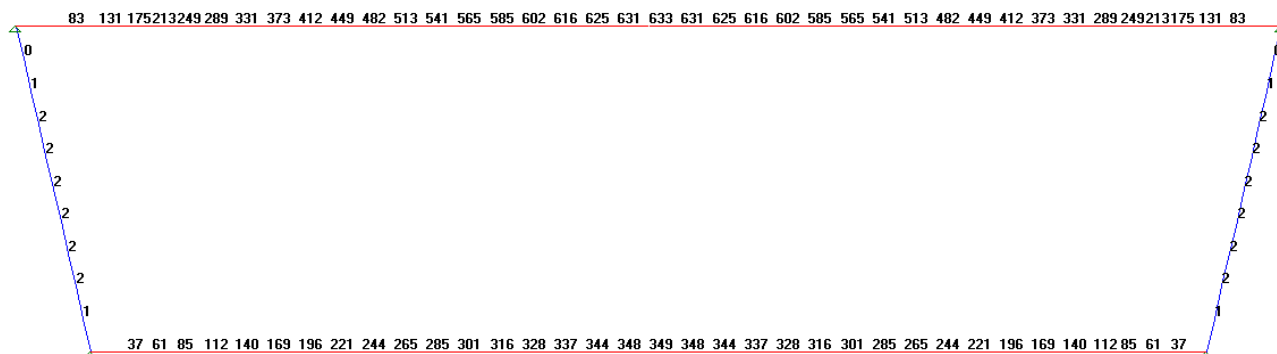
$A_{l/s}$ (pele) (cm²/m)					
$A_{sT/s}$ (torção) (cm²/m)					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

		65	65	57	38	7
VSDmax (tf)		65	65	57	38	7
VSDmin (tf)		41	41	36	23	-7
σ_{wmax} (MPa)		231	228	226	97	0
σ_{wmin} (MPa)		30	69	42	0	0
$\Delta\sigma_s$ (MPa)		201	159	184	97	0
$\Delta\sigma_{\text{adm}}$ (MPa)		85	85	85	85	85
$K < 2$		2.00	1.87	2.00	1.14	1.00
$A_{sw\text{corrig.}}$ (cm²/m)		13.57	16.02	13.40	4.89	4.29

5.3 Determinação da Contra- Flecha

Para o cálculo das deformações das vigas, foi utilizado o maior valor com os carregamentos permanentes. Abaixo temos as imagens que mostram os deslocamentos sofridos pela viga nova:

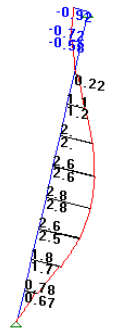
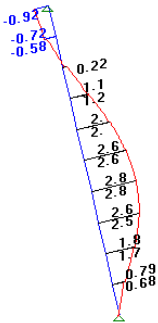


Verificou-se, portanto, que os valores das flechas das vigas nos vãos são de 0,63 cm e 0,35 cm. Como as deformações na prática costumam ser maiores que as deformações teóricas, é sugerido que se adote uma contra-flecha para as vigas de aproximadamente 3 vezes a flecha teórica. Dessa forma, a tabela abaixo mostra as contra-flechas a serem adotadas.

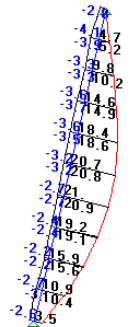
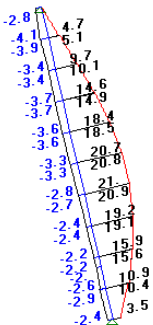
6 DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS DE APOIO

6.1 1ª Hipótese – em serviço

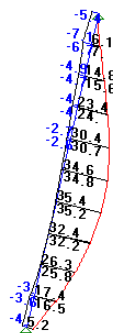
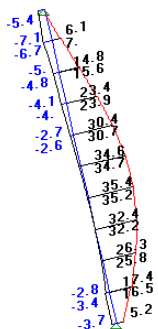
Momento fletor
Carga permanente



Carga acidental

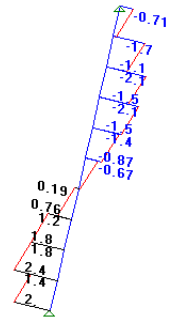
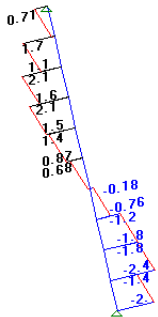


$$M_d = 1,35 M_g + 1,5 M_q$$

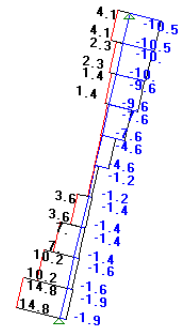
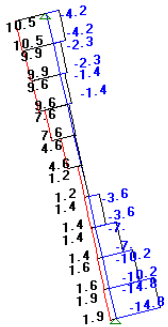


Md máx. = 35 tf.m
Md mín. = -5.5 tf.m

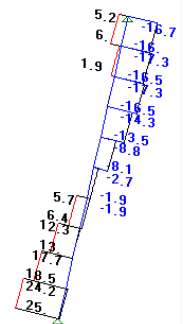
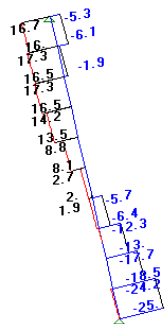
Força cortante
Carga permanente



Carga acidental



$$V_d = 1,35 V_g + 1,5 \times V_q$$

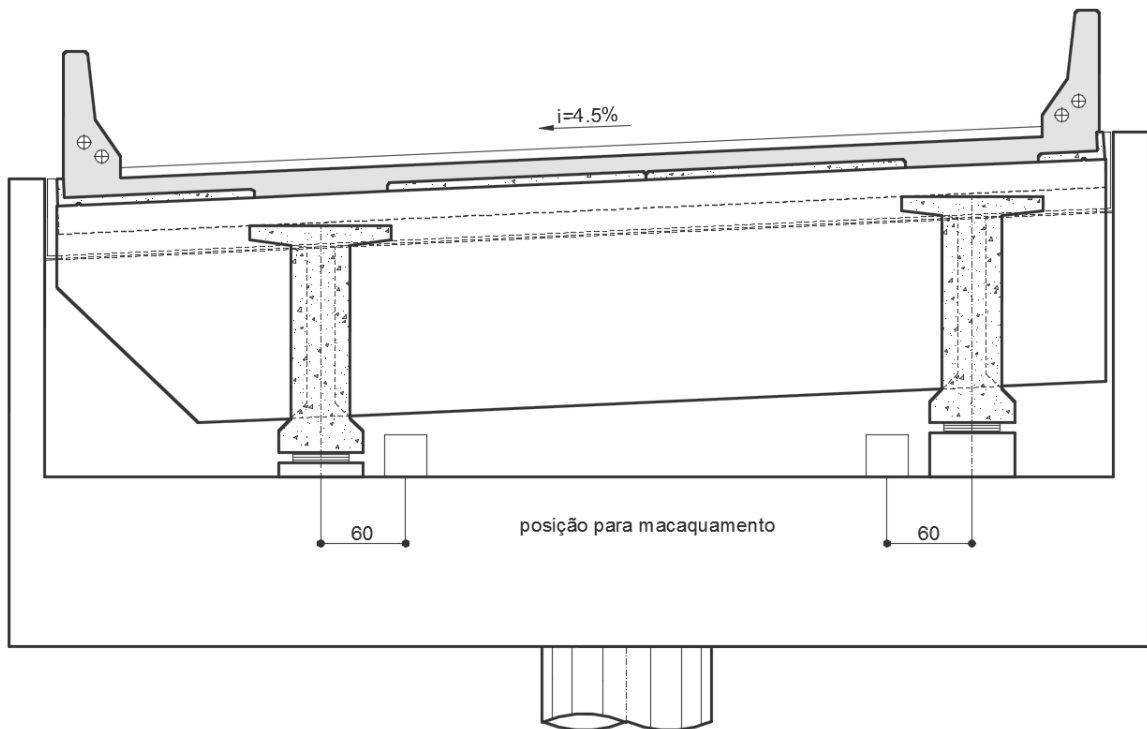


V_{máx.} = 25 tf

6.2 2ª Hipótese – na troca dos aparelhos de apoio

Na eventual necessidade de substituição dos aparelhos de apoio, a transversina deve ser macaqueada de modo a permitir o levantamento do tabuleiro. Neste momento, a transversina será apoiada em dois pontos situados a 60 cm do centro da viga típica, ou seja, a 40 cm da face da viga (considerando o seu engrossamento no apoio).

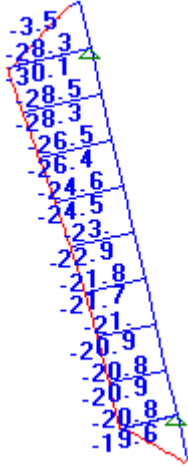
Ver esquema abaixo:



Nesta situação temos os seguintes esforços na transversina de apoio devido cargas permanentes de peso próprio, pavimento e defensas ($g_1 + g_2 + g_3$):

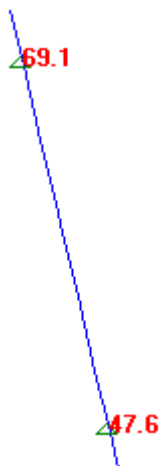
Momento fletor

Md = 1,1 Mg



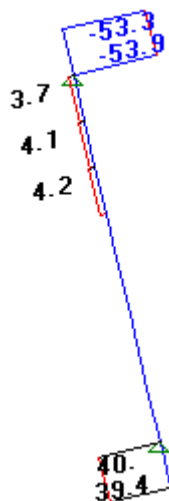
Md mín = - 30.0 tf.m

Reações



R máx. = 69.1 tf

Força cortante
Md = 1,1 Mg



Vsd = 54 tf

6.3 Conclusão

Comparando-se as duas últimas hipóteses apresentadas, concluímos que:

Momento máximo: 35 tf.m (transversina em serviço)

Momento mínimo: - 30 tf.m (transversina em macaqueamento)

Máximo Esforço Cortante: 54 tf (transversina em macaqueamento)

Na fase construtiva será usada a armadura mínima para o momento fletor negativo:

$$A_s = 0,15\% \times A_c = 0,15\% \times (146 \times 30) = 6.6 \text{ cm}^2$$

6.4 Dimensionamento da armadura positiva de flexão da transversina: em serviço

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

γ_{E1} =	1.10	γ_{E2} =	1.50
γ_{E3} =	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

γ_{E1} =	1.00	ψ_1 =	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III - moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_c :

γ_c =	1.4	Es/Ec <small>insumção</small>	15
γ_s =	1.15	Es/Ec <small>edigo</small>	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - '1

Esforços solicitantes		POS
M _{gk}	(tfm)	2.80
M _{qk max}	(tfm)	26.25
M _{qk min}	(tfm)	-4.75

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

bf	(cm)	
hf	(cm)	
bw	(cm)	30.00
h	(cm)	165.00
binf		
hinf		
espaç. barra horizontal	(cm)	

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	25.0
barras por camada		8
cobrimento na armadura	(cm)	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	43.2
d	(cm)	160.8
x	(cm)	6.24
A _s	(cm ²)	6.27
A _{s' nec.}	(cm ²)	

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax tensões}	(tfm)	16
M _{Dmin tensões}	(tfm)	0
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	1642
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	44
Δσ _s	(kgf/cm ²)	1598
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1750
K < 1.79		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	6.27

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	1649
ρ _{ri}		0.032
w ₁	(mm)	0.12
w ₂	(mm)	0.12
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	6.27

6.5 Dimensionamento da armadura negativa de flexão da transversina: no macaqueamento

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

γ_{G1} =	1.10	γ_{G2} =	1.50
γ_{G3} =	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

γ_{G1} =	1.00	ψ_1 =	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III - moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

γ_c =	1.4	Es/Ec <small>Resistência</small>	15
γ_s =	1.15	Es/Ec <small>Fadiga</small>	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES -'

Esforços solicitantes		NEG
M _{gk}	(tfm)	27.30
M _{gk max}	(tfm)	0.00
M _{gk min}	(tfm)	0.00

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

bf	(cm)	
hf	(cm)	
bw	(cm)	30.00
h	(cm)	165.00
binf		
hinf		
espaç. barra horizontal	(cm)	

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	25.0
barras por camada		8
cobrimento na armadura	(cm)	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)	
d'	(cm)	

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	30.0
d	(cm)	160.8
x	(cm)	4.32
A _s	(cm ²)	4.34
A _{s' nec.}	(cm ²)	

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax tensões}	(tfm)	27
M _{Dmin tensões}	(tfm)	27
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	4032
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	4032
Δσ _s	(kgf/cm ²)	0
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1750
K < 1.79		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	4.34

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	4046
ρ _{fr}		0.032
w ₁	(mm)	0.72
w ₂	(mm)	0.29
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ²)	4.34

6.6 Dimensionamento da Transversina ao cisalhamento – fase do macaqueamento

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:	$\gamma_g =$	1.10	$\gamma_q =$	1.50
	$\gamma_g =$	1.00	$\gamma_g =$	0.90

Modelo de verificação

- Modelo I
 Modelo II

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_g =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	$\Delta\sigma_{admiss} (MPa)$	85

Calcular

COEF. DE DIMINUIÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30	\emptyset Bainha (cm)	
f_{yk} (MPa)	500	TIETA (°)	45
α (graus)	90		

CONCRETO ARMADO

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		CORT
V_{gk}	(tf)	49.10
V_{gkmax}	(tf)	0.00
V_{gkmin}	(tf)	0.00
V_{pk}	(tf)	
T_{gk}	(tf m)	
T_{qk}	(tf m)	

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÃO:

d	(cm)	161.00
bw	(cm)	30.00
bainha na alma		N
bw útil	(cm)	30.00
bitola (mm)	(mm)	12.5
Ramos de estribo		4
Ae	(cm ²)	
hef	(cm)	
uef	(cm)	

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

V_{sd}	(tf)	0
V_{rd2}	(tf)	246
T_{sd}	(tf m)	0
T_{rd2}	(tf m)	
$T_{sd}/T_{rd2} + V_{sd}/V_{rd2}$		0.22

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

f_{ctm}	(MPa)	2.90
f_{ctd}	(MPa)	1.45
$V_c = V_{co}$	(tf)	42
Taxa mínima		0.12
A_{swmin}	(cm ² /m)	3.48
A_{sw}	(cm ² /m)	1.91

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

$A_{l/s}$ (pele)	(cm ² /m)	
$A_{sT/s}$ (torção)	(cm ² /m)	

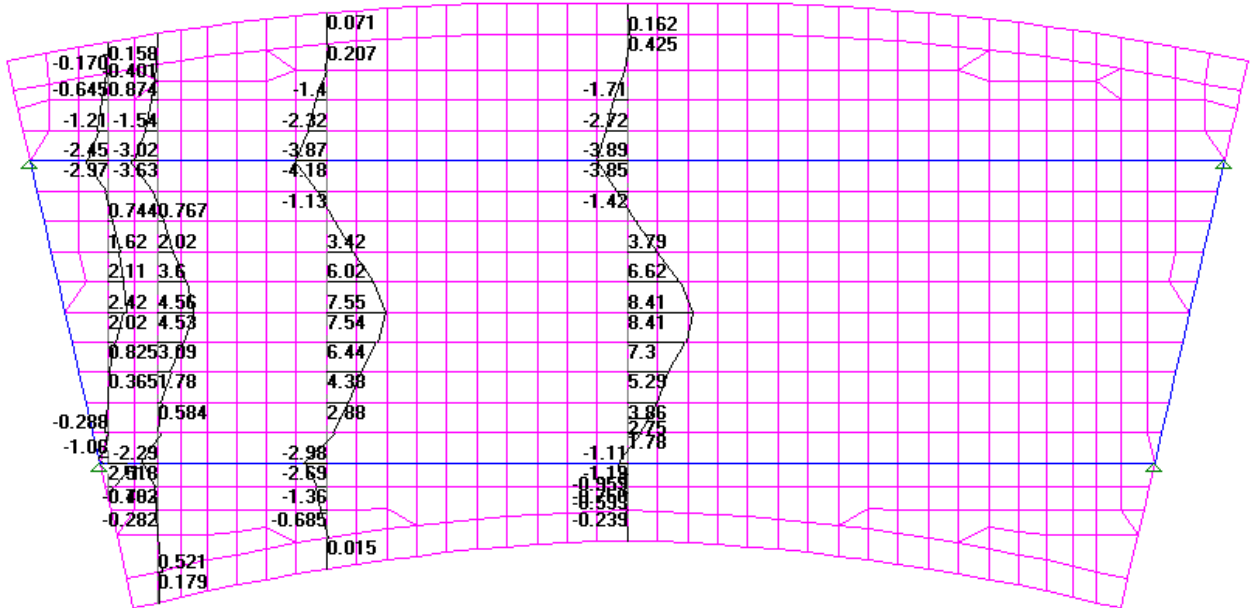
VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

V_{Sdmax}	(tf)	49
V_{Sdmin}	(tf)	49
σ_{swmax}	(MPa)	558
σ_{swmin}	(MPa)	558
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	0
$\Delta\sigma_{adm}$	(MPa)	85
$K < 2$		1.00
$A_{swcorrig.}$	(cm ² /m)	3.48

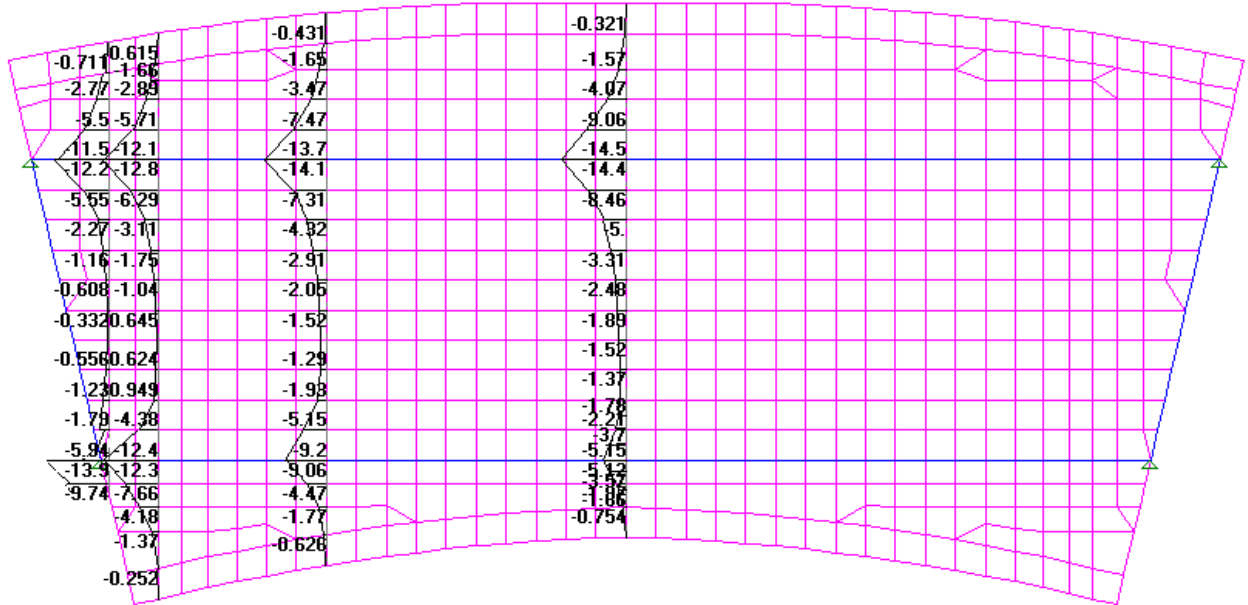
7 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DO TABULEIRO

7.1 Esforços Solicitantes na Laje

Direção transversal máximo

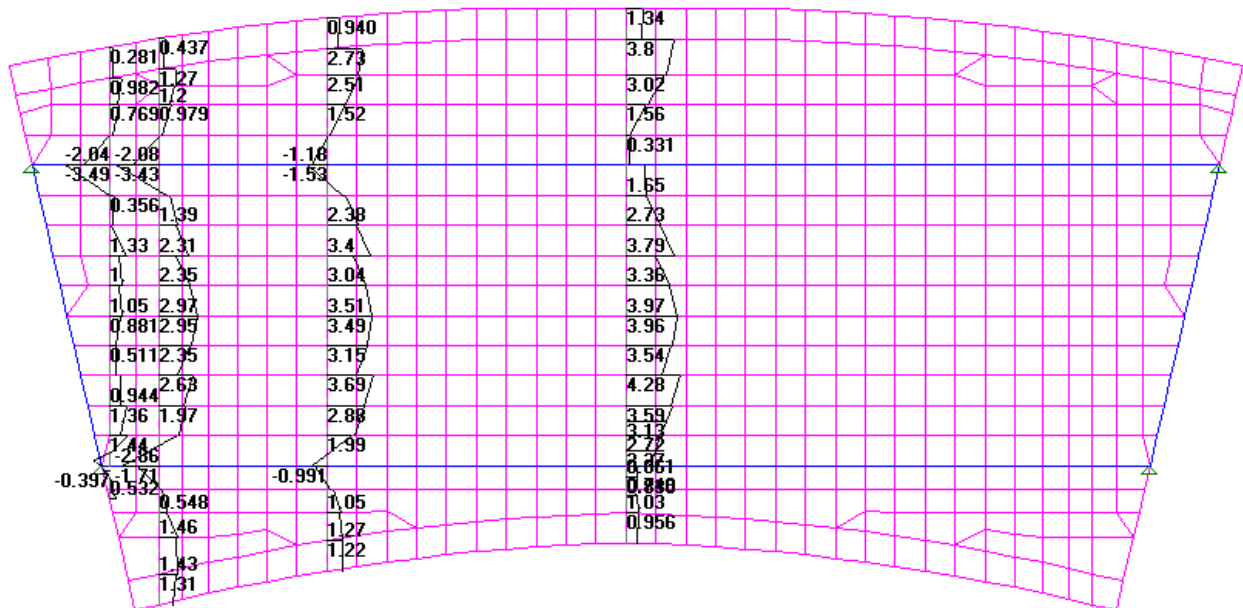


Direção transversal mínimo



...

Direção longitudinal máximo



7.3 Cálculo de Armadura Transversal da Laje Mxm

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f_1} =$	1.35	$\gamma_{f_2} =$	1.50
$\gamma_{f_3} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f_1} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	E_s/E_c fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	E_s/E_c fadiga	10

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		1-B	1-C	1-D	2-B	2-C	2-D
Mgk	(tfm/m)	0.000	0.050	0.000	0.000	0.090	0.780
Mqk max	(tfm/m)	0.275	1.950	1.250	0.925	3.688	1.513
Mqk min	(tfm/m)	-0.850	-0.313	-1.288	-0.463	-0.625	-1.775

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	30	30	30	30	30	30
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)						
d'	(cm)						

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	0.41	2.99	1.88	1.39	5.65	3.32
d	(cm)	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38
x	(cm)	0.15	1.15	0.71	0.52	2.22	1.28
As	(cm ²)	0.52	3.84	2.38	1.76	7.43	4.28
As' nec.	(cm ²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	0.22	1.61	1.00	0.74	3.04	1.99
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	-0.68	-0.20	-1.03	-0.37	-0.41	-0.64
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2340	2395	2369	2363	2389	2668
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	7	2	10	4	4	6
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2334	2394	2359	2359	2385	2662
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.23	1.26	1.24	1.24	1.26	1.40
A _{scorr.}	(cm ² /m)	0.64	4.84	2.96	2.18	9.33	5.99

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2341	2409	2378	2370	2411	2685
ρ _{ri}		0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005
w ₁	(mm)	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.16
w ₂	(mm)	0.41	0.42	0.42	0.41	0.38	0.47
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	0.52	3.84	2.38	1.76	7.43	4.28

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		3-B	3-C	3-D	4-B	4-C	4-D
Mgk	(tfm/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mqk max	(tfm/m)	2.888	6.263	2.050	2.760	5.610	1.890
Mqk min	(tfm/m)	-1.113	-1.263	-2.388	-0.810	-1.210	-2.090

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	30	30	30	30	30	30
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)						
d'	(cm)						

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	4.33	9.39	3.08	4.14	8.42	2.84
d	(cm)	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38
x	(cm)	1.68	3.83	1.18	1.60	3.39	1.08
As	(cm ²)	5.63	12.83	3.95	5.37	11.37	3.63
As' nec.	(cm ²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	2.31	5.01	1.64	2.21	4.49	1.51
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	-0.89	-1.01	-1.91	-0.65	-0.97	-1.67
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2374	2334	2375	2375	2346	2374
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	8	8	18	6	8	16
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2366	2326	2357	2369	2338	2358
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.25	1.22	1.24	1.25	1.23	1.24
A _{scorr.}	(cm ² /m)	7.01	15.71	4.90	6.69	13.99	4.51

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2393	2364	2389	2392	2373	2387
ρ _{ri}		0.005	0.010	0.005	0.005	0.009	0.005
w ₁	(mm)	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12
w ₂	(mm)	0.42	0.23	0.42	0.42	0.25	0.42
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	5.63	12.83	3.95	5.37	11.37	3.63

7.4 Cálculo de Armadura Transversal da Laje Mxe

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{f1} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.80
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissuração / Condições do meio ambiente - tabela 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- mod. a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec _{fissuração}	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec _{fadiga}	10

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		1-A	1-B	1-C	1-D	1-E
M _{gk}	(tfm/m)	1.000	0.160	0.000	0.550	2.950
M _{qk max}	(tfm/m)	3.825	0.850	0.313	1.288	6.875
M _{qk min}	(tfm/m)	0.000	-0.275	-1.950	-1.250	-1.000

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30	30	30	30	30
f _{yk}	(MPa)	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	32.00	22.00	22.00	22.00	32.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)					
d'	(cm)					

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	7.09	1.49	0.47	2.67	14.30
d	(cm)	28.38	18.38	18.38	18.38	28.38
x	(cm)	1.76	0.56	0.18	1.02	3.64
As	(cm ²)	5.89	1.89	0.59	3.42	12.21
As' nec.	(cm ²)					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	4.06	0.84	0.25	1.58	8.45
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	1.00	-0.06	-1.56	-0.45	2.15
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2552	2498	2342	2630	2625
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	629	1	16	4	668
Δσ _s	(kgf/cm ²)	1924	2497	2327	2626	1957
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.01	1.31	1.22	1.38	1.03
A _{scorr.}	(cm ² /m)	5.96	2.48	0.72	4.73	12.58

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2568	2505	2343	2644	2651
ρ _{ri}		0.005	0.005	0.005	0.005	0.009
w ₁	(mm)	0.14	0.14	0.12	0.15	0.15
w ₂	(mm)	0.45	0.44	0.41	0.46	0.26
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	5.89	1.89	0.59	3.42	12.21

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		2-A	2-B	2-C	2-D	2-E
M _{gk}	(tfm/m)	2.210	0.310	0.000	0.780	2.970
M _{qk max}	(tfm/m)	7.838	0.000	0.625	1.775	7.300
M _{qk min}	(tfm/m)	-1.038	-0.925	-3.688	-1.513	-0.475

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30	30	30	30	30
f _{yk}	(MPa)	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	32.00	22.00	22.00	22.00	32.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)					
d'	(cm)					

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	14.74	0.42	0.94	3.72	14.96
d	(cm)	28.38	18.38	18.38	18.38	28.38
x	(cm)	3.76	0.16	0.35	1.43	3.82
As	(cm ²)	12.62	0.53	1.18	4.80	12.82
As' nec.	(cm ²)					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	8.48	0.31	0.50	2.20	8.81
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	1.38	-0.43	-2.95	-0.43	2.59
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2554	3251	2355	2637	2613
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	416	4	29	4	768
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2138	3247	2326	2633	1845
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.13	1.71	1.22	1.39	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	14.20	0.90	1.45	6.65	12.82

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2579	3252	2359	2655	2640
ρ _{ri}		0.010	0.005	0.005	0.005	0.010
w ₁	(mm)	0.15	0.23	0.12	0.15	0.15
w ₂	(mm)	0.25	0.57	0.41	0.46	0.25
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	12.62	0.53	1.18	4.80	12.82

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

<u>Esforços solicitantes</u>		3-A	3-B	3-C	3-D	3-E	3-D+1
Mgk	(tfm/m)	1.970	0.440	0.000	1.080	3.070	0.525
Mqk max	(tfm/m)	5.438	1.113	1.263	2.388	8.250	1.825
Mqk min	(tfm/m)	0.000	-2.888	-6.263	-2.050	0.000	-2.740

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	30	30	30	30	30	30
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	32.00	22.00	22.00	22.00	32.00	22.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)						
d'	(cm)						

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	10.82	2.26	1.89	5.04	16.52	3.45
d	(cm)	28.38	18.38	18.38	18.38	28.38	18.38
x	(cm)	2.72	0.86	0.72	1.97	4.25	1.33
As	(cm ²)	9.12	2.89	2.41	6.59	14.24	4.44
As' nec.	(cm ²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	6.32	1.33	1.01	2.99	9.67	1.99
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	1.97	-1.87	-5.01	-0.56	3.07	-1.67
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2603	2614	2369	2639	2592	2565
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	811	18	49	5	823	15
Δσ _s	(kgf/cm ²)	1791	2596	2320	2634	1769	2550
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.00	1.37	1.22	1.39	1.00	1.34
A _{scorr.}	(cm ² /m)	9.12	3.94	2.94	9.13	14.24	5.96

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2624	2626	2378	2661	2620	2582
ρ _{ri}		0.007	0.005	0.005	0.005	0.011	0.005
w ₁	(mm)	0.15	0.15	0.12	0.16	0.15	0.15
w ₂	(mm)	0.34	0.46	0.42	0.46	0.23	0.45
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	9.12	2.89	2.41	6.59	14.24	4.44

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		4-A	4-B	4-C	4-D	4-E
Mgk	(tfm/m)	1.160	0.220	0.000	1.270	3.040
Mqk max	(tfm/m)	2.390	0.810	1.210	2.090	6.790
Mqk min	(tfm/m)	-0.250	-2.760	-5.610	-1.890	-0.140

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	30	30	30	30	30
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	32.00	22.00	22.00	22.00	32.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)					
d'	(cm)					

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	5.15	1.51	1.82	4.85	14.29
d	(cm)	28.38	18.38	18.38	18.38	28.38
x	(cm)	1.27	0.57	0.69	1.89	3.64
As	(cm ²)	4.25	1.92	2.31	6.33	12.21
As' nec.	(cm ²)					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	3.07	0.87	0.97	2.94	8.47
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.96	-1.99	-4.49	-0.24	2.93
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2653	2545	2368	2699	2633
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	829	19	44	2	910
Δσ _s	(kgf/cm ²)	1824	2526	2324	2697	1723
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.00	1.33	1.22	1.42	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	4.25	2.55	2.82	8.98	12.21

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2665	2553	2377	2721	2659
ρ _{ri}		0.005	0.005	0.005	0.005	0.009
w ₁	(mm)	0.16	0.14	0.12	0.16	0.16
w ₂	(mm)	0.47	0.45	0.42	0.48	0.27
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	4.25	1.92	2.31	6.33	12.21

7.6 Cálculo da Armadura Longitudinal Mym

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fd} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Freqüente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.80
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissuração / Condições do meio ambiente - tabela 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III- mod. a forte
- Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec _{fissuração}	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec _{fadiga}	10

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		3-B	3-C	3-D	4-B	4-C	4-D
Mgk	(tfm/m)	0.300	0.240	0.320	0.570	0.360	0.490
Mqk max	(tfm/m)	2.050	2.625	1.600	1.860	2.300	1.360
Mqk min	(tfm/m)	-0.188	-0.275	-0.525	0.000	-0.150	-0.290

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	30	30	30	30	30	30
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
bw	(cm)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)						
d'	(cm)						

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	3.48	4.26	2.83	3.56	3.94	2.70
d	(cm)	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38	18.38
x	(cm)	1.34	1.65	1.08	1.37	1.52	1.03
As	(cm ²)	4.49	5.53	3.63	4.59	5.10	3.46
As' nec.	(cm ²)						

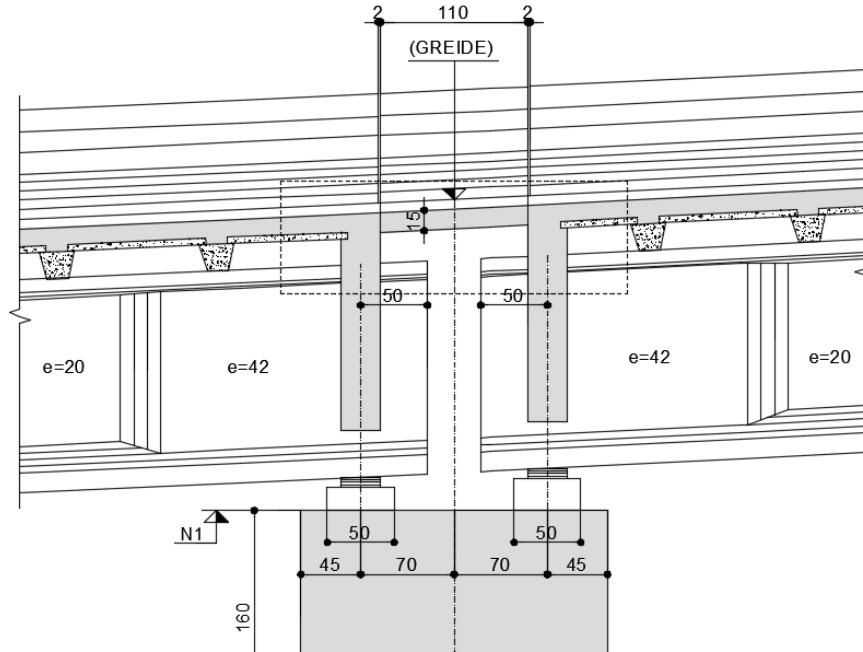
VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	1.94	2.34	1.60	2.06	2.20	1.58
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.15	0.02	-0.10	0.57	0.24	0.26
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2483	2445	2515	2575	2489	2600
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	192	21	1	713	272	425
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2291	2424	2514	1862	2218	2175
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
K		1.21	1.28	1.32	1.00	1.17	1.14
A _{scorr.}	(cm ² /m)	5.41	7.06	4.80	4.59	5.95	3.96

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2499	2463	2529	2592	2507	2614
ρ _{ri}		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
w ₁	(mm)	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15
w ₂	(mm)	0.44	0.43	0.44	0.45	0.44	0.46
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	4.49	5.53	3.63	4.59	5.10	3.46

8 DIMENSIONAMENTO DA LAJE ELÁSTICA



Laje Elástica	
Espessura laje (m)	0.15
Vão (m)	1.20
Pavimento (m)	0.07

Cargas Permanentes	
peso laje (tf/m ²)	0.375
peso pavimento (tf/m ²)	0.168
recapa (tf/m ²)	0.00
Carga permanente total	0.543

Tabela de Rüsç	
h pav (m) - espraçamento	0.07
a _{proj} (cm)	49
b _{proj} (cm)	79
t (cm)	62.2
t / a (Rusch)	0.311
lx / a (Rusch)	0.600
Tabela 1 Rusch - L	0.138
Tabela 1 Rusch - k	0.125
Tabela 27 Rusch - L	0.186
Tabela 27 Rusch - k	-0.0833

Momento positivo	
Mgm (tf m)	0.098
Mqm trem-tipo (tf m)	1.393
Md (tf.m/m)	2.221

Propriedades do Concreto	
fck (MPa)	30
h laje (m)	0.15
Ecs (tf/m ²)	2,607,159
Inércia (m ⁴)	2.81E-04
Dimensão Elemento (m)	0.5
Vão (m)	1.20

Macaqueamento	
Macaqueamento (cm)	2.00
Vão (m)	16.05
a	7.76E-05
Ângulo (rad)	2.49E-03
Momento Fletor (tf.m/m)	-3.05

INSTRUÇÕES	
1) Preencher Células em Amarelo	
2) Localizar Coeficientes Rüsç	
3) Calcular	

Coeficientes de Impacto	
CIV	1.350
CIA	
CIV*CIA	1.350

Dimensionamento			
POSITIVO		NEGATIVO	
Mgm	0.098	Mge	0.603
Mqm	1.393	Mqe	2.327
Md	2.22	Md	4.30
As (cm ² /m)	8.44	As (cm ² /m)	10.91
(Ø12.5c/14.8cm)		(Ø12.5c/11.4cm)	

Localizar
coeficientes
Rüsç

Calcular

Momento negativo - Só LE	
Mge	-0.065
Mqe trem-tipo (tf m)	-1.887
Mqe multidão (tf m)	-0.081

Viga	Flechas (m)			Rotações (rad)			Momentos Fletores (tf.m/m)			
	G3	Multidão	Veiculo	G3	Multidão	Veiculo	G3	Multidão	Veiculo	Total
V1	2.20E-04	1.80E-04	5.20E-04	4.40E-04	3.60E-04	1.04E-03	-0.54	-0.44	-1.27	-2.2
V2				0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00	0.00	0.00	0.0
V3				0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00	0.00	0.00	0.0
V4				0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00	0.00	0.00	0.0

Momento Negativo - Hipóteses			
Hipóteses	Mg	Mq	Md
1º	-0.603	-2.327	-4.30
2º	-0.603	-1.792	-3.50
3º	-0.603	-3.05	-3.71
		Md (tf.m/m)	-4.30
		Maior Hip	1º

9 CÁLCULO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO

9.1 Carregamentos

Dados:

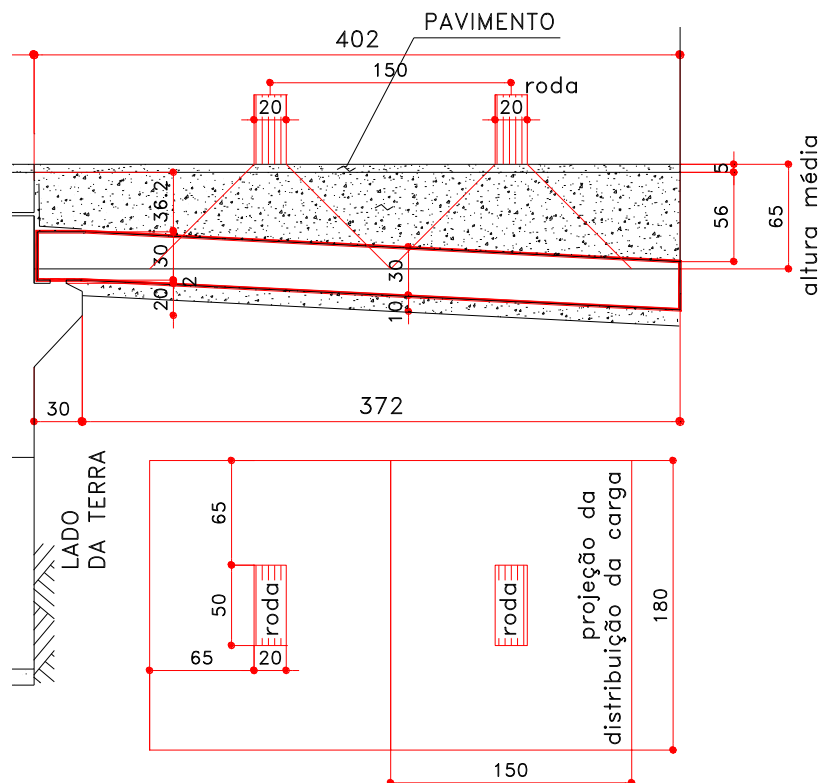
- espessura da laje: 30 cm
- espessura do pavimento: 5,0 cm
- espessura média do aterro: 45 cm
- altura média entre o pavimento e o plano médio da laje: 65 cm

Carga permanente:

- laje: $0,30 \times 2,5 = 0,75 \text{ tf/m}^2$
- aterro: $0,45 \times 1,80 = 0,81 \text{ tf/m}^2$
- pavimento: $0,05 \times 2,4 = 0,12 \text{ tf/m}^2$
- carregamento total permanente: $q_g = 1,68 \text{ tf/m}^2$

Carga móvel:

Trem tipo: Classe-45



Carga de cada roda $P = 7,5 \text{ tf}$ $p = \frac{7,5}{1,5 \times 1,8} = 2,77 \text{ tf/m}^2$

Utilizando-se o impacto de

$\square = 1,4 - 0,007 \times 3 = 1,379$ temos $p = 2,77 \times 1,379 = 3,8 \text{ tf/m}^2$

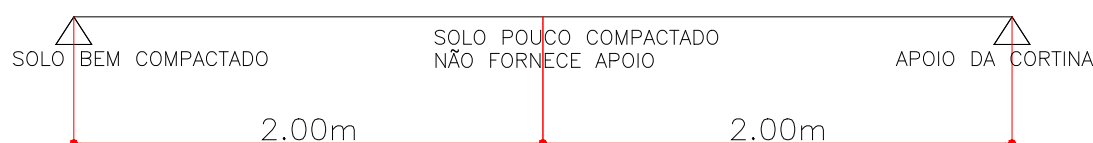
9.2 Esforços Solicitantes

Momento positivo

- Esquema estático:

O momento positivo na laje de aproximação é justificado quando o apoio devido ao solo é formado na extremidade da laje de aproximação.

ESQUEMA ESTÁTICO ADOTADO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO



- Esforços:

- Momento devido a carga permanente: $M_g = \frac{1,68 \times 4,0^2}{8} \Rightarrow M_g = 3,36 \text{ tfm}$

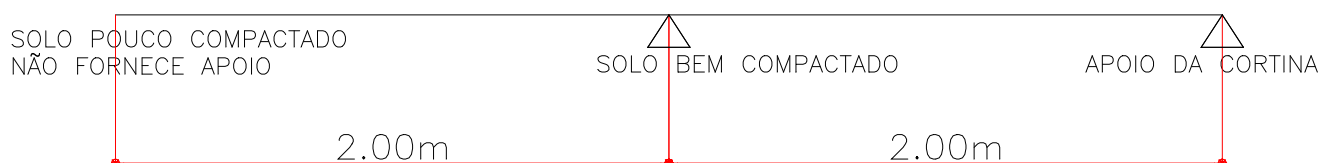
- Momento devido a carga móvel: $M_q = \frac{3,8 \times 4^2}{8} \Rightarrow M_q = 7,5 \text{ tfm}$

- Momento de cálculo: $M_d = 1,35 \times 3,36 + 1,5 \times 7,5 \Rightarrow M_d = 15,8 \text{ tfm}$

Momento Negativo

- Esquema estático:

O momento negativo na laje de aproximação é justificado quando o apoio devido ao solo é formado não mais na extremidade da laje e sim no meio do vão da laje de aproximação.



- Esforços:

- Momento devido a carga permanente: $M_g = \frac{1,68 \times 2,0^2}{2} \Rightarrow M_g = 3,36 \text{ tfm}$

- Momento devido a carga móvel: $M_q = \frac{3,8 \times 2^2}{2} \Rightarrow M_q = 7,5 \text{ tfm}$

- Momento de cálculo: $M_d = 1,35 \times 3,36 + 1,5 \times 7,5 \Rightarrow M_d = 15,8 \text{ tfm}$

Dimensionamento armadura positiva e negativa

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

<u>Esforços solicitantes</u>		<u>aproximação</u>
M _{gk}	(tfm/m)	3.36
M _{qk max}	(tfm/m)	7.50
M _{qk min}	(tfm/m)	0.00

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	25
f _{yk}	(MPa)	500

Propriedades da seção

h	(cm)	30.0
bw	(cm)	100.0

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ² /m)	
d'	(cm)	3.00

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	15.79
d	(cm)	26.38
x	(cm)	5.37
A _s	(cm ²)	14.99
A _{s'} nec.	(cm ²)	

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	9.36
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	3.36
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2613
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	938
Δσ _s	(kgf/cm ²)	1675
Δσ _s Admissível	(kgf/cm ²)	1900
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	14.99

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2657
ρ _{ri}		0.012
w ₁	(mm)	0.17
w ₂	(mm)	0.22
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30
K		1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	14.99

Armadura e espaçamento	(Ø12.5c/8.3cm)
Quantidade de barras	12

Armadura necessária (cm²/m):

Seção longitudinal	14,99
Seção transversal	2,99 (1/5 principal)

Armadura sugerida (cm²/m):

Seção longitudinal	φ 12,5 c/ 7,5 = 16,66 – trecho central φ 12,5 c/ 15 = 8,33 – extremid. (1/4vão)
Seção transversal	φ 10 c/ 20 = 3,20



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
MD-06-116/SP-352-0-G23/601

Rev
A

Emissão
03/02/2016

Folha
1 de 2

Lote:
04.

Rodovia:
BR-116/SP

Firma Projetista:
Nouh Engenharia Ltda.

Trecho:
SÃO PAULO - CURITIBA

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto:
Projeto de contenção - km 352+000-Retorno Operacional
Memorial Descritivo

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

00	03/02/2016	Nouh Engenharia Ltda	AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT	
Rev	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: Nouh Engenharia Ltda.

Nº Interno: NOU-MD-06-116/SP-352-0-G23/601

Rev: 00

MEMORIAL DESCRITIVO – CONTENÇÃO NO km 352+000 – SERRA DO CAFEZAL

O presente Memorial Descritivo se refere ao Projeto Executivo para CONTENÇÃO de localizado no km 352+000 Retorno Operacional da Rodovia BR-116/SP.

Trata-se de contenção em cortina atirantada apoiada sobre estacas para a implantação de retorno operacional.

A cortina, em concreto armado ($f_{ck} \geq 30$ MPa e aço CA-50) com espessura de 30 cm, altura variável de 1,2 m a 6,6 m e extensão de aproximadamente 37,4 m, contará com fundações profundas em estacas do tipo raiz \varnothing 310 mm, com comprimento útil (embutido no terreno) de 9 m, espaçadas longitudinalmente a cada 2 m.

A contenção contará com 34 tirantes com carga de trabalho e incorporação de 60 tf, comprimentos livres que variam entre 8 e 12 m e comprimento ancorado de 9 m. Estes tirantes deverão ser ensaiados conforme a NBR 5629 - Execução de Tirantes Ancorados ao Terreno.

Está prevista a implantação de sistema de drenagem superficial ao pé da cortina através de canaletas e escada hidráulica desaguando em rio a jusante por meio de dissipador de energia.



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código
RT-06-116/SP-352-0-G23/501

Rev
.

Emissão
09/03/2016

Folha
01 de 54

Lote:
04

Rodovia:
BR-116

Firma Projetista:
Nouh Engenharia Ltda.

Trecho:
SÃO PAULO - CURITIBA

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto:
Projeto de contenção - km 352+000 - Retorno
Operacional - Vol.1: Relatório do projeto de contenção

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

Rev	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT
01	09/03/2016	Nouh Engenharia Ltda	AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT	
00	14/10/2015	Nouh Engenharia Ltda	AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT	

Firma Projetista: Nouh Engenharia Ltda.

Nº Interno: NOU-RT-06-116/SP-352-0-G23/501

Rev: 02

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	4
2.	MAPA DE SITUAÇÃO	5
3.	MEMÓRIA DESCRITIVA	8
6.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	38
7.	PLANO BÁSICO AMBIENTAL	40
	ANEXO 1 - SONDAgens.....	43

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório refere-se ao Projeto Executivo da Contenção de talude localizado no km 352+000 Retorno Operacional da obra da duplicação da Rodovia BR-116. Os volumes que integram o presente Projeto da Contenção são:

- Volume 1 - Relatório do Projeto
- Volume 2 - Desenhos dos Projetos
- Volume 3 - Esquema Construtivo.

O presente Volume 1 apresenta o memorial descritivo e a memória de cálculo da solução em contenção de talude.

O trecho em questão encontra-se no Município de Miracatu, estado do São Paulo e está apresentado na imagem de satélite a seguir.



Figura 1 - Imagem de satélite (Google Earth) do trecho de estudo.

2. MAPA DE SITUAÇÃO

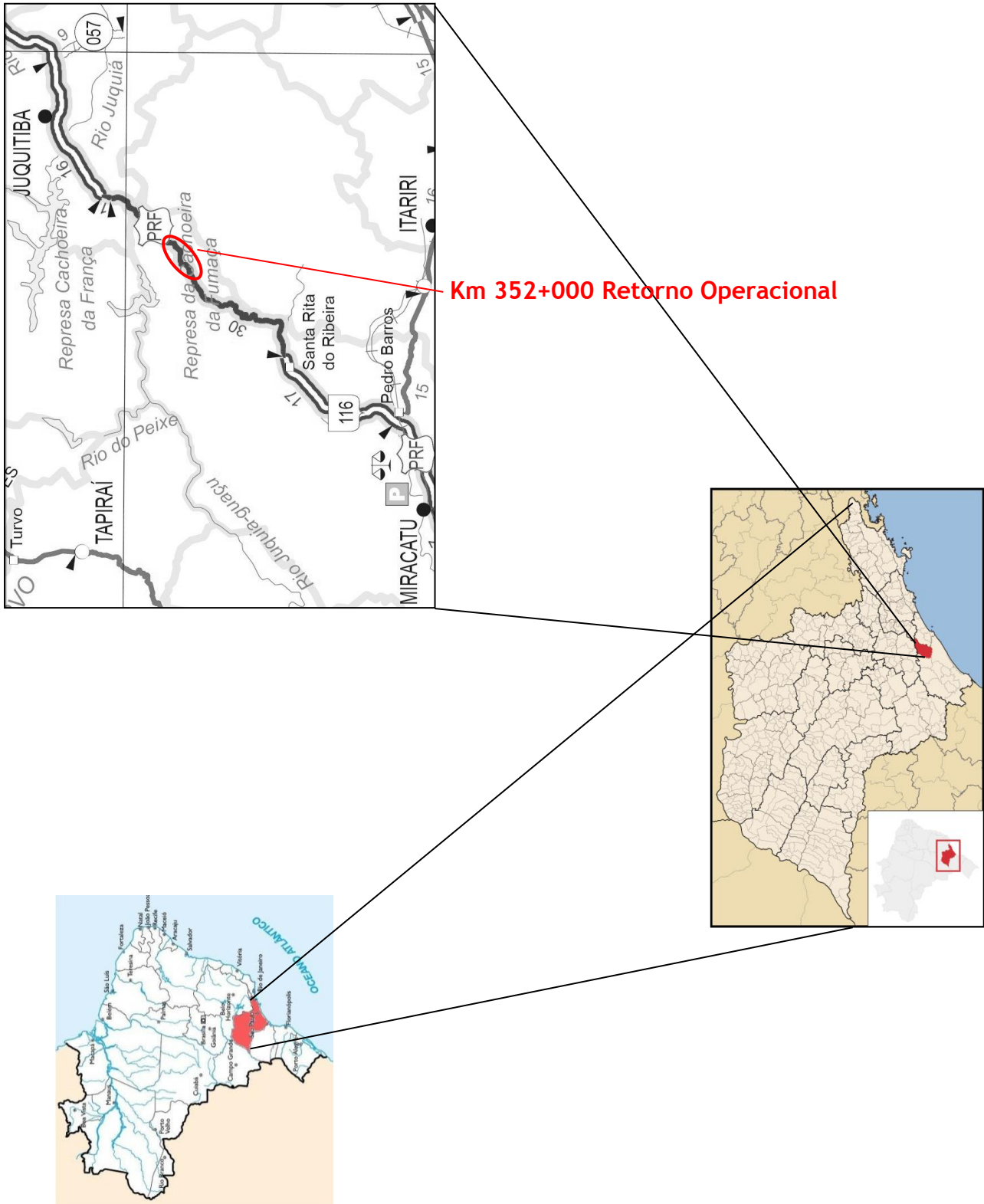


Figura 2 - Mapa de situação.

3. MEMÓRIA DESCRITIVA

3. MEMÓRIA DESCRITIVA

3.1 Estudo geológico

Na região afloram depósitos coluvionares, rochas do Complexo Embu e rochas pertencentes ao Magmatismo Domínio Embu.

Os depósitos coluvionares, de origem recente, são constituídos por detritos depositados nos sopés da serra por efeito da gravidade. Já as rochas pertencentes ao Magmatismo Domínio Embu, de idade neoproterozóica, são constituídas por granitóides foliados peraluminosos tipo S e por granitóides tectônica e quimicamente diferenciados. As rochas do Complexo Embu, também de idade neoproterozóica, encerram xistos, localmente migmatíticos (Figura 3).

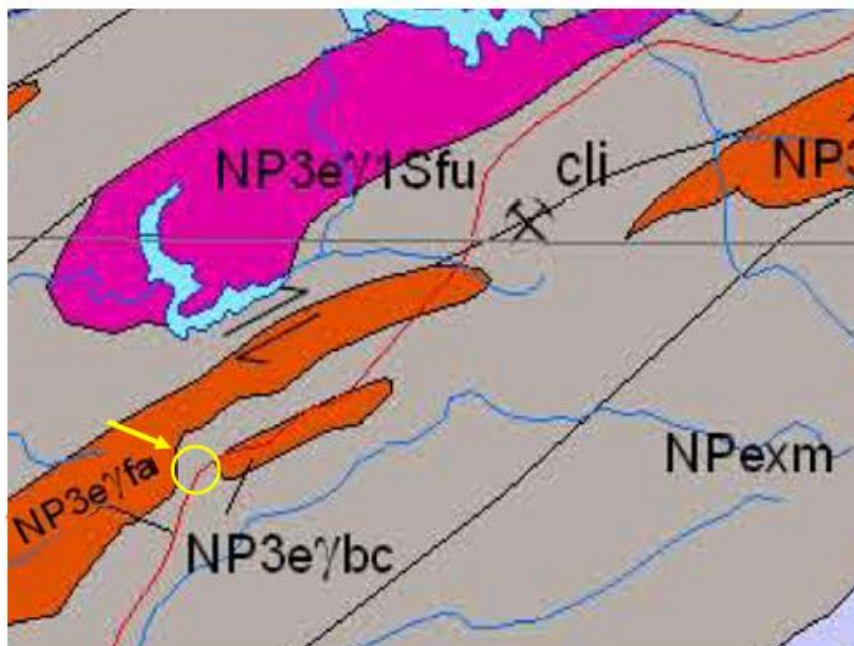





Figura 3 – Mapa geológico da região do Km 354+850PS (fonte: CPRM, 2003). O local do evento está indicado no círculo amarelo.

Legenda:

-  NP3eγ1Sfu – Granitóides foliados peraluminosos, tipo S (Fumaça ou Represa do França);adsad
-  NP3eγ – Granitóides tectônica e quimicamente indiferenciados (Faú);
-  NPexm – Complexo Embu, Unidade de xistos, localmente migmatíticos.

3.2 Estudo geotécnico

O subsolo local foi idealizado a partir das sondagens à percussão executadas no local. O substrato é caracterizado fundamentalmente por uma camada de aterro de siltelo argiloso pouco arenoso, variegado, muito mole a mole, com espessura da ordem de 4,5 m, sobrejacente a silte arenoso pouco micáceo, fofo a muito compacto, que se estende até as profundidades máximas (cerca de 12,5 m) atingidas pelas sondagens (impenetrável a ferramenta de percussão). O nível d'água foi detectado, por ocasião da execução das sondagens, a profundidades que variaram de 1,35 m (nas sondagens executadas no pé do talude) a 8,6 m (na sondagem executada a meia encosta – SP-352-06). Os perfis individuais das sondagens estão apresentados em anexo. O perfil idealizado do subsolo obtido através das sondagens pode ser visualizado na Figura 4.

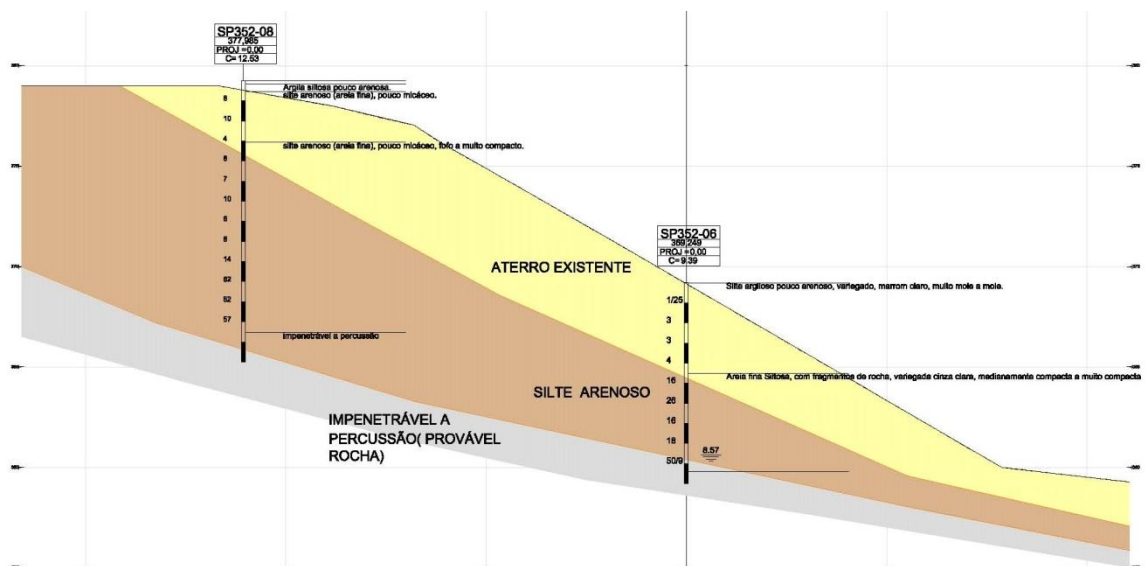


Figura 4 - Perfil geológico-geotécnico do subsolo.

3.3 Caracterização da área em estudo

A área em tela é constituída por aterro do corpo estradal da atual pista da rodovia Régis Bittencourt, com cerca de 20 m de altura e inclinação da ordem de 35°. Para a implantação do retorno operacional será necessária à execução de estrutura de contenção na saia do aterro existente.



Foto 1 - Vista geral do local onde será implantado o retorno operacional.



Foto 2 - Vista geral, de outro ângulo, do local onde será implantado o retorno operacional.



Foto 3 - Vista do local, a partir da nova pista em fase de implantação, onde será implantado o retorno operacional (indicação do km 352).



Foto 4 - Vista do local, a partir da nova pista em fase de implantação, onde será implantado o retorno operacional.

3.4 Solução de contenção

Foram avaliadas 03 (três) alternativas de estruturas de contenção comumente empregadas em obras similares: muro de gravidade tipo gabiões, aterro armado e cortina de concreto armado atirantada assente sobre estacas.

Apresentamos a seguir tabela resumo com as características das soluções de contenção avaliadas:

a) Muro de gravidade tipo gabiões

Esta alternativa técnica consiste na implantação de muro de gravidade tipo gabiões implantada à meia encosta. Apresentamos a seguir tabela com as características pertinentes desta solução:

Pontos favoráveis	Pontos desfavoráveis
Execução relativamente simples	Solução não recomendada para ser implantada à meia encosta e próxima a estruturas de OAE
Custo relativamente baixo	Estrutura muito deformável próxima à OAE do retorno
	Necessidade de execução de escavação provisória à meia encosta para sua implantação
	Presença de aterro modicamente compactado, sobre o qual a estrutura será assente, condição de altíssimo risco de ocorrência de escorregamentos que fatalmente afetarão a estrutura da OAE
	Estrutura altamente sensível à deformações e movimentações do maciço
	Solução passível de atos de vandalismo, com corte das gaiolas e remoção de pedra de mão, ocasionando deformações e instabilidade da contenção

b) Aterro armado

Esta alternativa técnica consiste na implantação de estrutura de contenção de aterro armado com fitas metálicas e paramento vertical em placas de concreto pré-moldados, implantada à meia encosta. Apresentamos a seguir tabela com as características pertinentes desta solução:

Pontos favoráveis	Pontos desfavoráveis
Execução relativamente simples	Solução não recomendada para ser implantada à meia encosta
Custo baixo	Estrutura relativamente deformável próxima à OAE do retorno
	Necessidade de execução de escavação provisória à meia encosta para sua implantação
	Presença de aterro modicamente compactado, sobre o qual a estrutura será assente, condição de altíssimo risco de ocorrência de escorregamentos que fatalmente afetarão a estrutura da OAE
	Estrutura altamente sensível à deformações e movimentações do maciço

c) Cortina atirantada sobre estacas

Esta alternativa técnica consiste na implantação de estrutura de contenção autoportante de cortina de concreto armado atirantada apoiadas em estacas. Apresentamos a seguir tabela com as características pertinentes desta solução:

Pontos favoráveis	Pontos desfavoráveis
Estrutura autoportante	Custo alto
Solução pouco deformável	Requer empresa especializada
Tirantes protendidos firmemente ancorados em substrato competente	Execução mais demorada
Cortina apoiada sobre estacas, minimizando os efeitos de eventual movimentação do aterro modicamente compactado presente no local	
Não há necessidade de escavação provisória para sua implantação	

Face às características favoráveis e desfavoráveis de cada solução técnica e pelo fato da contenção estar à meia encosta e próxima à OAE do retorno operacional, estrutura de grande responsabilidade, a solução que melhor se adéqua à situação é a solução em cortina de concreto armado atirantada assente sobre estacas.

A solução em cortina atirantada tem as seguintes características:

- carga de trabalho dos tirantes: 60 tf
- espaçamento horizontal entre tirantes: 2,0 m
- número de linha de tirantes: 3 linhas

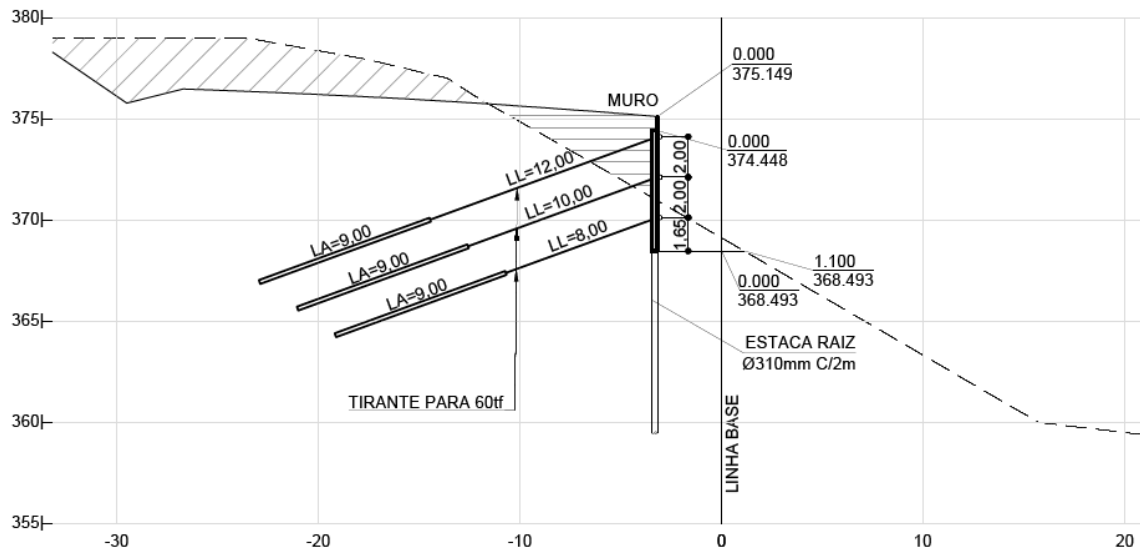


Figura 5– Croquis esquemático da solução em cortina atirantada

3.5 Fatores de Segurança para análise da estabilidade

A norma brasileira NBR 11.682 - Estabilidade de encostas prescreve os seguintes valores de fator de segurança (FS) mínimo:

Tabela 3 — Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Em função das características da rodovia tais como tráfego e importância econômica, empregou-se fator de segurança mínimo de 1,5 nas análises empreendidas neste projeto.

3.6 Análise da estabilidade da cortina atirantada

As análises de estabilidade da contenção foram efetuadas utilizando-se o programa computacional Slide versão 6.020, da Rocscience Inc. (University of Toronto - Dr. Evert Hoek), que emprega consagrados métodos de equilíbrio limite, destacando a superfície crítica de provável ruptura entre as centenas de superfícies potenciais de ruptura pesquisadas. Empregou-se, em conjunto com a análise determinística (tradicional), o método estatístico Monte-Carlo – subrotina do programa - de forma a avaliar a probabilidade de sucesso da estabilização concebida para o maciço. Os valores de desvio padrão (δ) do peso específico (γ), coesão (c) e do ângulo de atrito (ϕ) foram adotados com base em valores de coeficiente de variação encontrados na literatura especializada, nacional e internacional (e.g.: JCSS - Joint Committee of Structural Safety, Sandroni & Sayão, 1992 e Rocscience Inc., 2005).

Cumpre-nos ressaltar que a norma brasileira (NBR 11.682 – estabilidade de encostas) considera estáveis taludes que exibam F_s determinísticos $> 1,5$ e a

literatura nacional considera estáveis taludes com β (índice de confiabilidade) $> 1,8$; Teixeira & Virgili (1984) propõe a magnitude de 0,3 % como valor aceitável de probabilidade de ruína, para taludes cujas conseqüências da ruptura são classificados como “muito graves”. Estes autores classificam com estas conseqüências “os taludes médios e altos em estradas de acesso importantes”. Whitman (1984) propõe valores limites de probabilidade de ruína da ordem de 1% para o risco da perda de vidas humanas. Sandroni & Sayão (1984) sugerem um valor mínimo do índice de confiabilidade do coeficiente de segurança de 2.

Os parâmetros geotécnicos utilizados nestas análises foram adotados conforme o resultado das sondagens à percussão do local, na experiência deste escritório neste tipo de material, cotejado com aqueles constantes na literatura nacional (e.g.: “Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação” – Guido Guidicini e Carlos M. Nieble e “Fundamentos de Mecânicas dos Solos e das Rochas - aplicações na estabilidade de taludes” – Alberto Pio Fiori e Luigi Carmignani) e internacional sobre o assunto (e.g.: “A Short Course in Soil and Rock Slope Engineering - Simons&Menziés).

Realizaram-se análises de estabilidade local e global, sendo adotados os seguintes parametros para a realização destas análises:

Material	γ tf/m ³ (kN/m ³)	c tf/m ² (kPa)	ϕ (°)
Aterro a executar	1,8 (18)	1,0 (10)	20
Aterro existente	1,7 (17)	1,0 (10)	20
Silte arenoso	1,8 (18)	1,5 (15)	25
Silte arenoso compacto	1,9 (19)	2,5 (25)	30
Rocha	2,5 (25)	-	-

Para as análises de estabilidade foi empregada uma sobrecarga sobre o maciço contido de 2,5 tf/m².

Apresentamos a seguir as análises de estabilidade local e global da seção crítica considerada:

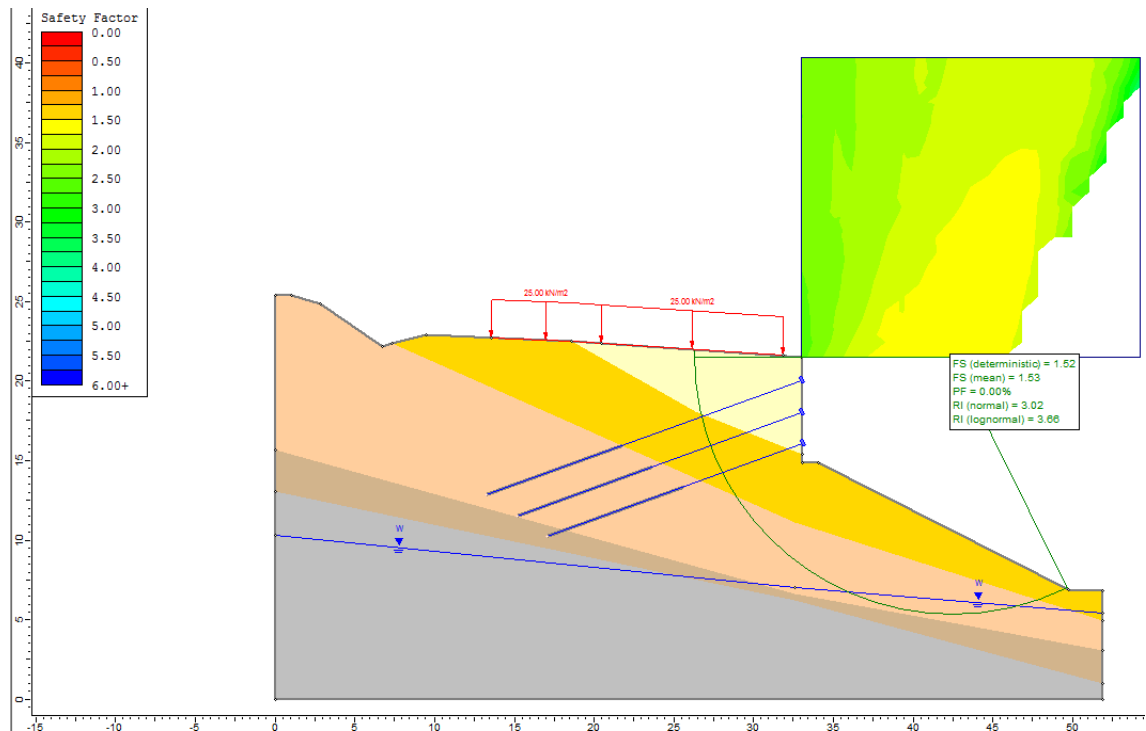


Figura 6 - Resultado da análise de estabilidade local da contenção, destacando a superfície com o menor fator de segurança obtido dentre os diversos calculados pelo programa, apresentando F_S determinístico = 1,52, valor considerado satisfatório segundo a NBR-11.682 e NBR-5.629, probabilidade de ruína de ~ 0% e índice de confiabilidade (β) de 3,02.

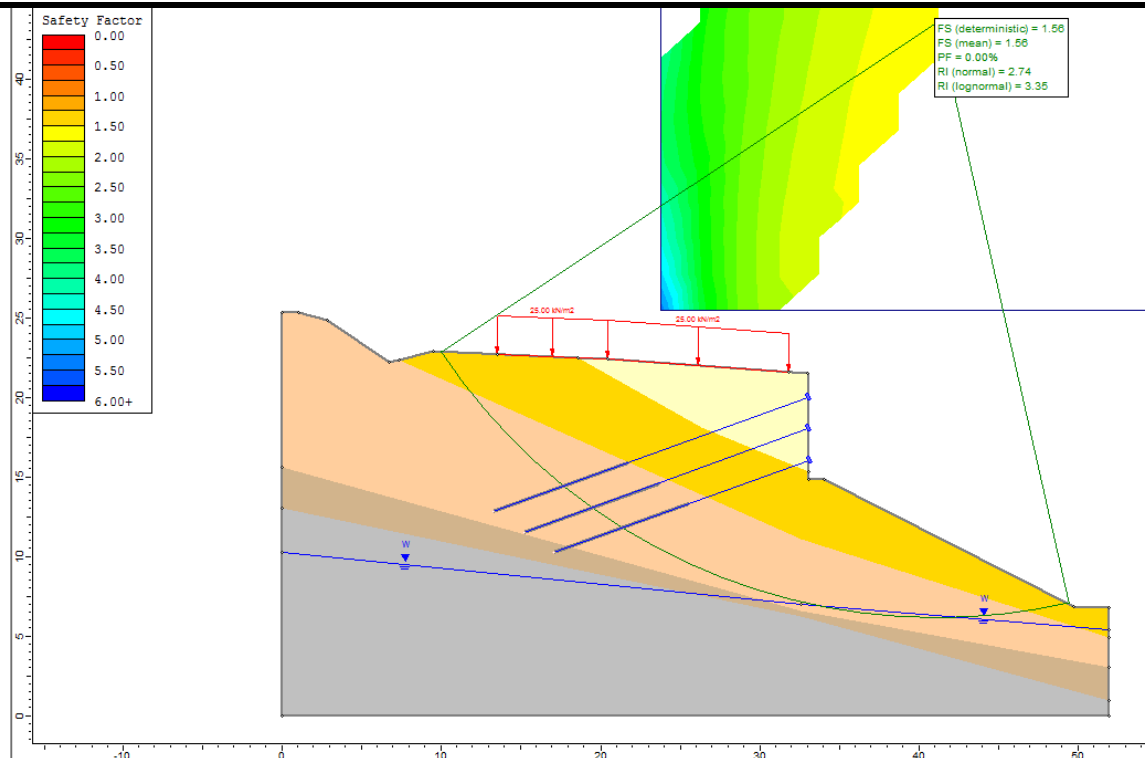


Figura 7 - Resultado da análise de estabilidade global da contenção, apresentando o círculo de ruptura passando pelo bulbo de ancoragem dos tirantes e sem carga nos tirantes, destacando a superfície com o menor fator de segurança obtido dentre os diversos calculados pelo programa, apresentando F_S determinístico = 1,56, valor considerado satisfatório segundo a NBR-11.682 e NBR-5.629, probabilidade de ruína de ~0% e índice de confiabilidade (β) de 2,74.

3.6.1 Comprimento de ancoragem dos tirantes

O comprimento dos bulbos de ancoragem dos tirantes foi estimado conforme o método Costa Nunes, cuja formulação segue abaixo.

$$L_b = \frac{F}{\pi \cdot D_d \cdot [c + (\sigma'_z + \Delta p) \cdot \text{tg} \phi]}$$

Onde:

L_b : comprimento mínimo do bulbo;

F: carga do tirante, majorada em 1,75 para ensaio tipo A;

D_d : diâmetro da perfuração;

c : coesão do solo de ancoragem do tirante;

σ'_z : tensão efetiva do solo no ponto médio da ancoragem;

Δp : aumento da tensão efetiva devido à pressão residual de injeção (entre 5 e 10 vezes σ'_z);

φ : ângulo de atrito do solo de ancoragem do tirante.

TIRANTES - Comprimento do Bulbo de Ancoragem - Método Costa Nunes

$F =$	105	tf	(carga no tirante)
$D_b =$	10	cm	(diâmetro do bulbo de ancoragem)
$h =$	7	m	(profundidade do ponto médio do bulbo)
$h_{NA} =$	0	m	(altura do nível d'água em relação ao ponto médio do bulbo)
$\gamma =$	1.7	tf/m ³	(peso específico do solo)
$c =$	1.5	tf/m ²	(resistência não drenada do solo)
$\varphi =$	25	°	(ângulo de atrito do solo)
$\sigma' =$	11.9	tf/m ²	(tensão efetiva vertical no ponto médio do bulbo)
$\Delta p =$	71.4	tf/m ²	(aumento de tensão efetiva devido à pressão residual de injeção)
$L_b =$	8.3	m	(comprimento mínimo do bulbo de ancoragem)

O comprimento ancorado adotado para o projeto é de 9,0 m.

3.6.2 Dimensionamento estrutural da cortina atirantada

A armação de cortinas pode ser dimensionada pelas seguintes equações:

$$M = \frac{q \times l^2}{10} \text{ (momento fletor máximo no lado da terra)}$$

$$M = \frac{q \times l^2}{15} \text{ (momento fletor máximo no lado externo)}$$

Onde:

q : carga do tirante dividido por sua área de influência;

l : espaçamento entre os tirantes.

- resistência do concreto: $f_{ck} = 30$ MPa
- espaçamento vertical entre tirantes: $e_v = 2,0$ m
- espaçamento horizontal máximo entre tirantes: $e_h = 2,0$ m
- espessura da cortina: 30 cm
- cobertura da armadura: 3,0 cm

- Dimensionamento da armação do lado terra

$$q = \frac{T}{e_v \times e_h}$$

$$q = \frac{60}{2 \times 2} = 15 \text{ tf/m}^2$$

$$M = \frac{15 \times 2^2}{10} = 6 \text{ tf.m/m} \Rightarrow M_d = 8,4 \text{ tf.m/m}$$

Os cálculos para se determinar a área de armação necessária para os esforços atuantes foram realizados através do software ConDe2 for Windows, desenvolvido pelo prof. Lauro Modesto dos Santos da Escola Politécnica da USP, empregando coeficiente de majoração dos esforços de 1,4 (segundo a NBR-6118), coeficiente de minoração de resistência do concreto e aço de 1,4 e 1,15, respectivamente, f_{ck} de 30 MPa.

Programa FNS2

DIMENSIONAMENTO DE SEÇÃO RETANGULAR À FLEXÃO NORMAL SIMPLES

Norma: NBR 6118/2007

Dimensões da seção:

Largura b_w da seção = 100,0 cm
Altura total h da seção = 30,0 cm
Altura útil d da seção = 26,0 cm
Distância d_{linha} = 4,0 cm

Características dos materiais:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

Diâmetro máximo de barra a ser usada: $F_iBarra = 12,5 \text{ mm}$

$M_d = 8,4 \text{ tf.m}$

RESULTADOS:

Armadura $A_{s1} = 7,79 \text{ cm}^2$
Armadura $A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2$

Área necessária: $A_s = 7,8 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow$ adotado $\varnothing 12,5 \text{ mm c/ } 12,5 \text{ cm}$

- Dimensionamento da armação do lado externo

$$q = \frac{T}{e_v \times e_h}$$

$$q = \frac{60}{2 \times 2} = 15 \text{ tf/m}^2$$

$$M = \frac{15 \times 2^2}{15} = 4 \text{ tf.m/m} \Rightarrow M_d = 5,6 \text{ tf.m/m}$$

Programa FNS2

DIMENSIONAMENTO DE SEÇÃO RETANGULAR À FLEXÃO NORMAL SIMPLES

Norma: NBR 6118/2007

Dimensões da seção:

Largura b_w da seção = 100,0 cm
Altura total h da seção = 30,0 cm
Altura útil d da seção = 26,0 cm
Distância d_{linha} = 4,0 cm

Características dos materiais:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{cC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{sS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

Diâmetro máximo de barra a ser usada: $F_iBarra = 10 \text{ mm}$

$M_d = 5,6 \text{ tf.m}$

RESULTADOS:

Armadura $A_{s1} = 5,14 \text{ cm}^2$
Armadura $A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2$

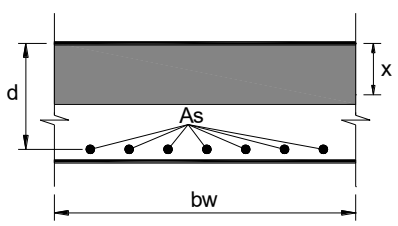
Área necessária: $A_s = 5,1 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow$ adotado $\emptyset 10 \text{ mm c/ } 12,5 \text{ cm}$

3.6.3 Fissuração

A verificação quanto à fissuração, seguindo os preceitos da NBR-6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, foi realizado por meio de planilha elaborada em Excel e apresentada a seguir:

a. Lado interno

ABERTURA DE FISSURAS - ABNT NBR 6118	
dados	
resultados	
$\alpha_e = E_s / E_c$	15
ϕ_1	12.5 mm (diâmetro da barra)
M	8.40 tf.m (momento)
d	26 cm
b_w	100 cm
x	7.46 cm
I_{II}	65398 cm ⁴
σ_c	95.80 Kg/cm ² (tensão de compressão no centro da armadura no estágio II)
σ_{si}	3572 Kg/cm ² (tensão de tração no centro da armadura no estágio II)
E_{si}	2100000 Kg/cm ² (módulo de elasticidade da barra ϕ_i considerada)
η_i	2.25 $\eta_i = 2,70$ (aço CA 60), 2,25 (aço CA 50) ou 1,00 (aço CA 25)
f_{ck}	30 MPa
f_{ctm}	29.0 Kg/cm ² ($f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$)
A_s	10.00 cm ² (área de aço - total ou por metro)
$A_{c,ri}$	150 cm ² (área de proteção - envolvente - da armadura)
ρ_{ri}	0.067 $\rho_{ri} = (A_s / A_{c,ri})$



$$w_1 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \frac{3 * \sigma_{si}}{f_{ctm}}$$

$w_1 = 0.28$ mm

$$w_2 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \left[\frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right]$$

$w_2 = 0.08$ mm

O valor de w é o menor entre w_1 e w_2 e deverá ser menor que **0,2 mm** (obras enterradas)

$w = 0.08$ mm

Conclusão: atende a abertura de fissuras

b. Lado externo

ABERTURA DE FISSURAS - ABNT NBR 6118

dados

resultados

$\alpha_e = E_s / E_c$ = 15

ϕ_1 = 10.0 mm (diâmetro da barra)

M = 5.60 tf.m (momento)

d = 26 cm

b_w = 100 cm

x = 6.17 cm

I_{II} = 45579 cm⁴

σ_c = 75.81 Kgf/cm² (tensão de compressão no centro da armadura no estágio II)

σ_{si} = 3654 Kgf/cm² (tensão de tração no centro da armadura no estágio II)

E_{si} = 2100000 Kgf/cm² (módulo de elasticidade da barra ϕ_i considerada)

η_i = 2.25 $\eta_i = 2,70$ (aço CA 60), 2,25 (aço CA 50) ou 1,00 (aço CA 25)

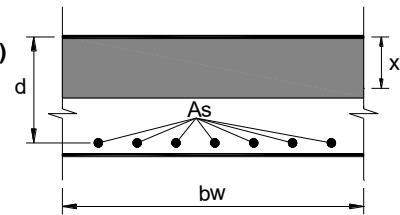
f_{ck} = 30 MPa

f_{ctm} = 29.0 Kgf/cm² ($f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$)

A_s = 6.40 cm² (área de aço - total ou por metro)

$A_{c,ri}$ = 120 cm² (área de proteção - envolvente - da armadura)

ρ_{ri} = 0.053 $\rho_{ri} = (A_s / A_{c,ri})$



$$w_1 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \frac{3 * \sigma_{si}}{f_{ctm}}$$

w_1 = 0.23 mm

$$w_2 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \left[\frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right]$$

w_2 = 0.07 mm

O valor de w é o menor entre w_1 e w_2 e deverá ser menor que **0,2 mm** (obras enterradas)

w = 0.07 mm

Conclusão: atende a abertura de fissuras

3.6.4 Punção

A verificação quanto à fissuração, seguindo os preceitos da NBR-6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, foi realizado por meio de planilha elaborada em Excel e apresentada a seguir:

VERIFICAÇÃO DE LAJES À PUNÇÃO

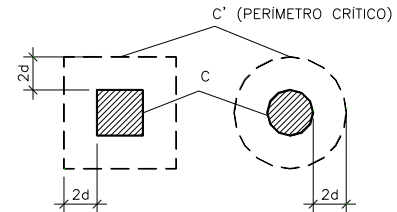
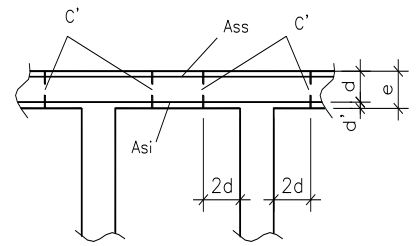
dados	
resultados	
d'	4 cm
e	30 cm
d	26 cm (altura útil da laje)
F	60 tf
f _{ck}	30 MPa
γ	1
A _{si}	10 cm ² (área de armadura na laje)
A _{ss}	6.4 cm ² (área de armadura na laje)
f _{yk}	5000 kgf/cm ²
f _{ywd}	300 MPa (resistência dos estribos)

Área Retangular

a	25 cm
b	25 cm
C	100 cm
C'	516 cm
Área	13416 cm ²

Área Circular

Ø	- cm
C	- cm (perímetro do pilar ou carga concentrada)
C'	- cm (perímetro do contorno crítico)
Área	- cm ² (área do contorno crítico)



Tensão Atuante nas Superfícies Críticas

$$\tau_{Sd} = 4.47 \text{ Kgf/cm}^2$$

Tensão Resistente nas Superfícies Críticas

Verificação da Compressão Diagonal do concreto, tensão resistente na superfície crítica C

τ_{Rd2}	71.28 kgf/cm ²	α_v	0.88
τ_{Sd}	23.08 kgf/cm ²	f_{cd}	300 kgf/cm ²
τ_{Rd2}	>	τ_{Sd}	

Tensão Resistente na Superfície crítica C' em peças ou trechos sem armadura de punção

τ_{Rd1}	6.20 Kgf/cm ²	ρ	0.5 (taxa geom. de armadura de flexão aderente)
τ_{Sd}	4.47 Kgf/cm ²		
τ_{Rd1}	>	τ_{Sd}	

NÃO É NECESSÁRIO USAR ARMADURA DE PUNÇÃO

3.6.5 Cálculo da fundação da cortina atirantada

- Carga vertical incidente em cada estaca
- Peso próprio da cortina
 - Espessura da cortina: e = 0,30 m
 - Altura da cortina: h = 6,7 m
 - Espaçamento entre estaca raiz: e_r = 2,0 m
 - Peso específico do concreto: γ = 2,5 tf/m³
- PP_c = e x h x e_r x γ = 0,30 x 6,7 x 2,0 x 2,5 = 10 tf

- Carga vertical dos tirantes
 - Carga dos tirantes: $T = 60$ tf
 - Ângulo de inclinação com a horizontal dos tirantes: $\alpha = 20^\circ$
 - Número de linhas de tirantes: $n = 3$
 - $V = T \times \text{sen } \alpha \times n = 60 \times \text{sen } 20^\circ \times 3 = 62$ tf
- Carga vertical total incidente na estaca
 - $N = PP_c + V = 10 + 62 = 72$ tf por estaca

3.6.5 Dimensionamento geotécnico da estaca

A estimativa do comprimento e da capacidade de carga das estacas foi efetuado empregando o clássico método proposto pelos engenheiros Décourt e Quaresma, com carga de trabalho de 72 tf e coeficiente de segurança $F_s = 2$, conforme planilha apresentada a seguir:

Estimativa do comprimento e capacidade de carga de estacas método Décourt - Quaresma									
dados									
resultados									
tipo de estaca	5	raiz							
diâmetro da estaca	0.31	m							
carga de trabalho da estaca	72	tf							
sondagem n.º	SP-352-06								

$$Q_u = \alpha \cdot q_p \cdot A_p + \beta \cdot q_s \cdot A_s$$

$$q_p = K \cdot N_{SPT}$$

$$q_s = \frac{N_{SPT}}{3} + 1$$

prof. (m)	N _{SPT}	tipo de solo	K (tf/m²)	alfa	beta	N _{SPT} acum	N _{SPT} médio	P _{admissível} (tf)	Comprovação
1	1	2	22	0.60	1.50	1	1.0	1	
2	3	2	22	0.60	1.50	4	2.0	4	
3	3	2	22	0.60	1.50	7	2.3	5	
4	4	2	22	0.60	1.50	11	2.8	8	
5	16	2	22	0.60	1.50	27	5.4	18	
6	26	2	22	0.60	1.50	53	8.8	30	
7	16	2	22	0.60	1.50	69	9.9	30	
8	18	2	22	0.60	1.50	87	10.9	36	
9	50	2	22	0.60	1.50	137	15.2	74	OK!

Comprimento útil (embutido no solo) necessário de 9 m

3.7 Sequência executiva da obra

Os serviços referentes à execução da obra deverão consistir das seguintes etapas:

- Demarcação e sinalização da área que sofrerá a interferência;
- Execução dos serviços de limpeza, desmatamento e destocamento de vegetação se necessário e transporte para o bota-fora;
- Implantação da cortina atirantada;
- Execução dos serviços de aterro;
- Execução da drenagem superficial;

3.8 Estudo hidrológico/hidráulico

3.8.1 Estudo de chuvas intensas

O dimensionamento e verificação do sistema de drenagem foi realizado pelo Método Racional com o auxílio dos programas - “ **Pluvio 2.1** ”, do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e do programa “ **Canal 2.0** ”, elaborado pelo Laboratório de Drenagem Urbana da Universidade Federal de Viçosa, além de planilhas em Excel para o apoio ao cálculo da vazão de projeto, os resultados estão apresentados a seguir:

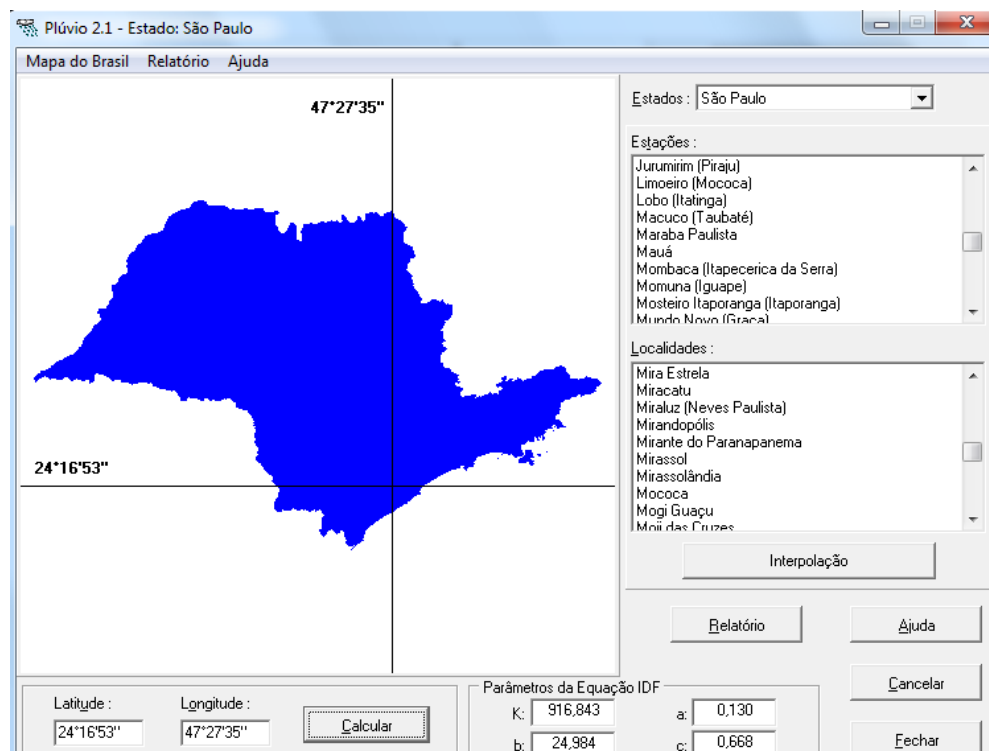


Figura 8 - Resultado do programa Pluvio 2.1 da UFV, com a saída dos Parâmetros k, a, b e c da Equação de I-D-F, empregados no cálculo de vazão contribuinte de bacias.

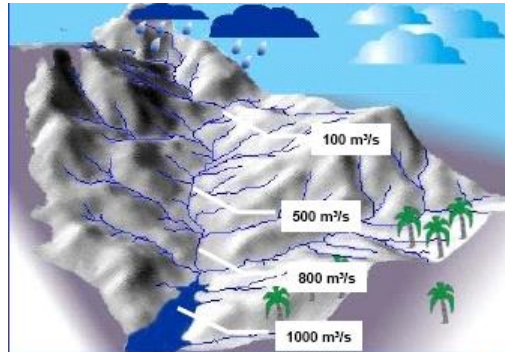
3.8.2 Método racional

O dimensionamento do sistema de drenagem foi realizado através do Método Racional com o auxílio de planilhas em Excel para o cálculo da vazão de projeto, cujos resultados estão apresentados a seguir.

Apresenta-se a seguir a determinação da vazão de projeto para a canaleta de drenagem localizada junto ao pé da contenção.

cálculo de vazão contribuinte de bacias - Método Racional

Local OHL - REGIS BITTENCOURT KM 352+000 Retorno Operacional



$$i_m = \frac{K T^a}{(t + b)^c}$$

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm/h;
T = período de retorno, anos;
t = duração da precipitação, min; e
K, a, b, c = parâmetros relativos à localidade.

dados

resultados

$\Delta H =$	8 m	(desnível da bacia)
L =	0.1 km	(comprimento da bacia)
$T_r =$	10 anos	(período de retorno)
K =	916.843	
a =	0.13	(valores resultantes do programa PLUVIO)
b =	24.984	
c =	0.668	
Área =	0.1 hectares	(área da bacia < 100 ha)
C =	0.35	(coeficiente de "run - off")
$t_c =$	1.8 min	(tempo de concentração)
$t_c =$	5.0 min	(tempo de concentração mínimo adotado)
I =	128 mm/h	(intensidade da chuva)
$\phi =$	1.00	(coeficiente de dispersão)
Q =	0.01 m³/s	(vazão contribuinte da bacia)

OBS.: o cálculo acima é válido pois A < 100 ha

Figura 9 - Planilha com a vazão contribuinte. A vazão de projeto foi estimada em 0,01 m³/s.

3.8.3 Dimensionamento sistema de drenagem

O dimensionamento do sistema de drenagem foi realizado através do programa "Canal", do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As canaletas empregadas são do tipo meia cana de concreto com 30 cm de diâmetro. Os cálculos com as vazões suportadas por este dispositivo são apresentadas a seguir.



RELATÓRIO
Dimensionamento de Canais Circulares

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome:
Técnico:
Estado:

Empresa:
Local: km 352+000 Retorno Operacional
Data: 14/10/2015

DADOS DE ENTRADA

INCÓGNITA DO PROBLEMA: Vazão

Vazão: 0.05 m³/s
Declividade: 0.0300 m/m
Diâmetro: 0.30

Profundidade Normal: 0.120 m
Coeficiente de Rugosidade: 0.0150

RESULTADOS

Área: 0.0264 m²
Largura da Superfície: 0.294 m
Número de Froude: 1.974
Velocidade: 1.853 m/s

Perímetro Molhado: 0.411 m
Profundidade Crítica: 0.171 m
Regime de Escoamento: Supercrítico
Energia Específica: 0.295 m

Figura 10 - Cálculo das canaletas. A vazão de dimensionamento de 0,01 m³/s é atendida. A velocidade média obtida é compatível com o material da canaletas (concreto).

3.9 Resultados de ensaios CPT

Com a finalidade de aferir os parâmetros geotécnicos empregados no dimensionamento da contenção, foram realizados três ensaios CPT no km 352 cuja interpretação dos resultados foram realizados de acordo com formulações constantes no Guide to Cone Penetration Testing de ROBERTSON & CABAL, 2010. Os resultados destes ensaios são apresentados no relatório “CPT 303 – 02/16”, elaborado pela GEOFORMA Engenharia Ltda..

km	Relatório	Ensaio
352	CPT 303 - 02/16	CPT 352/01
		CPT 352/02
		CPT 352/03

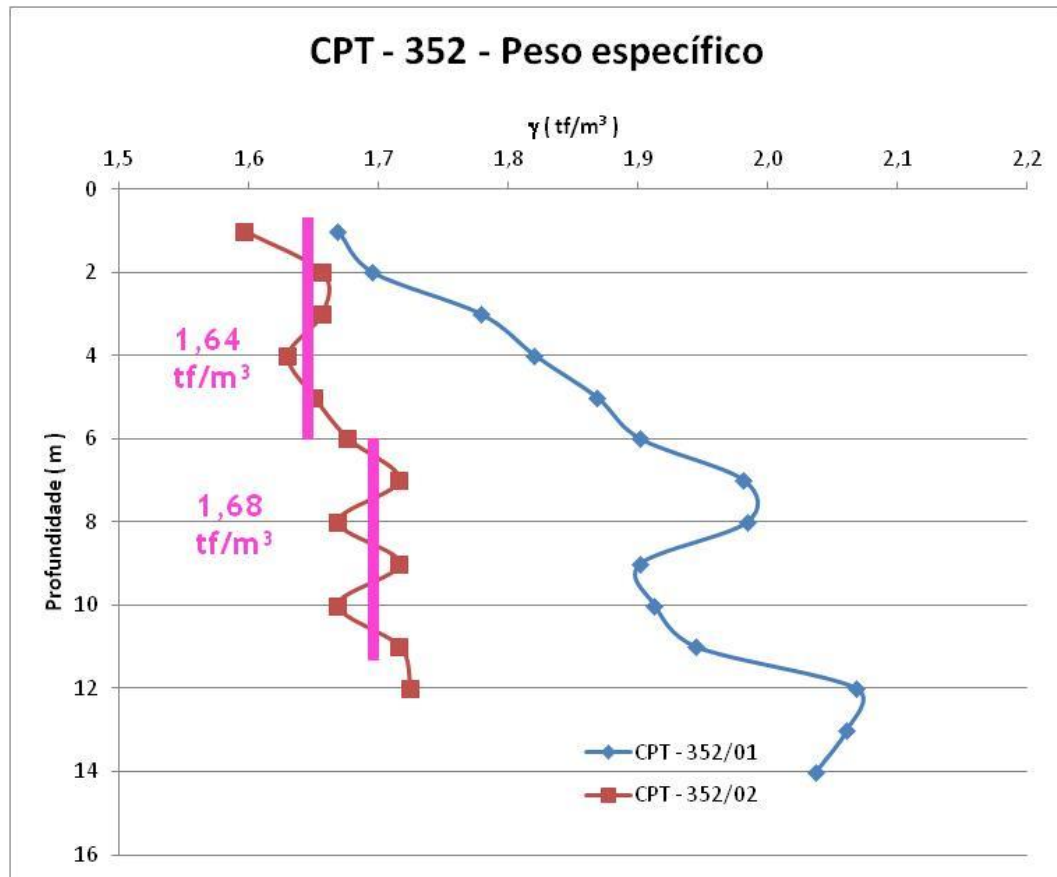
Os cálculos de estimativa de parâmetros geotécnicos, empregando estas formulações, são apresentadas a seguir. A sondagem CPT – 352/03 foi desconsiderada por não conseguir atingir profundidade satisfatória, sendo paralisada a cerca de 4 m do nível do terreno.

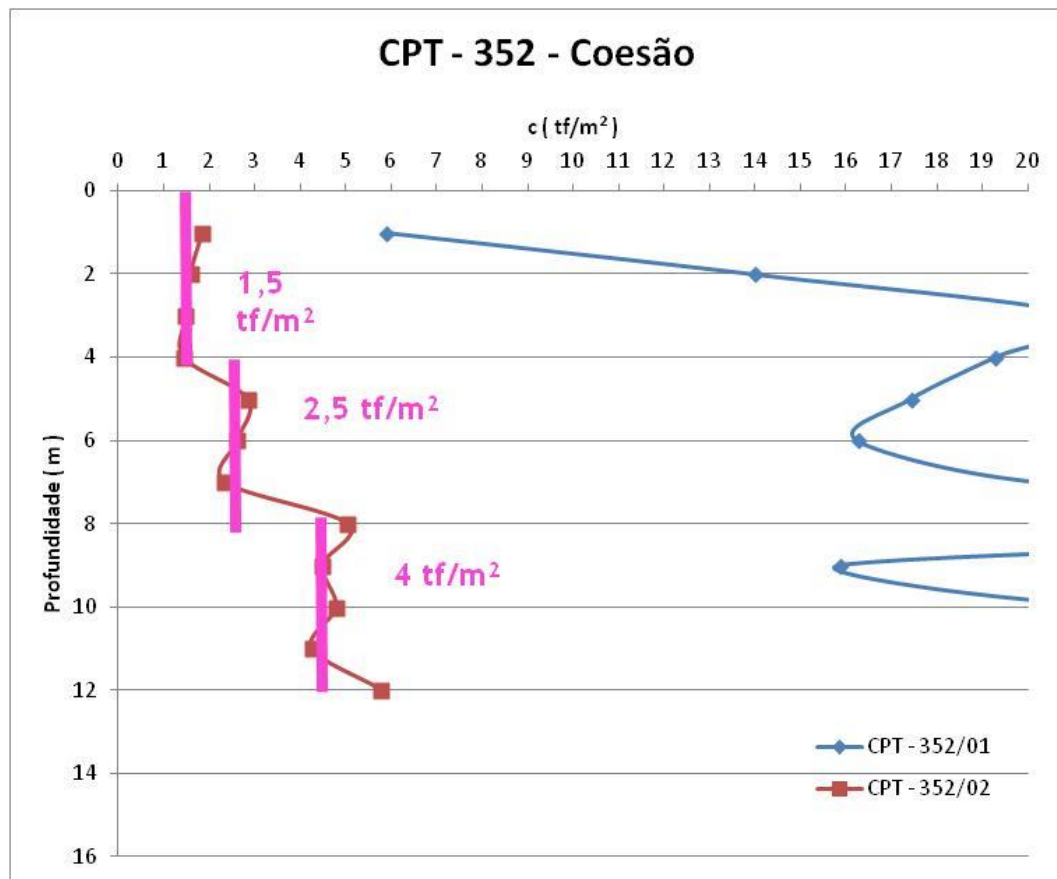
CPT - 352/01

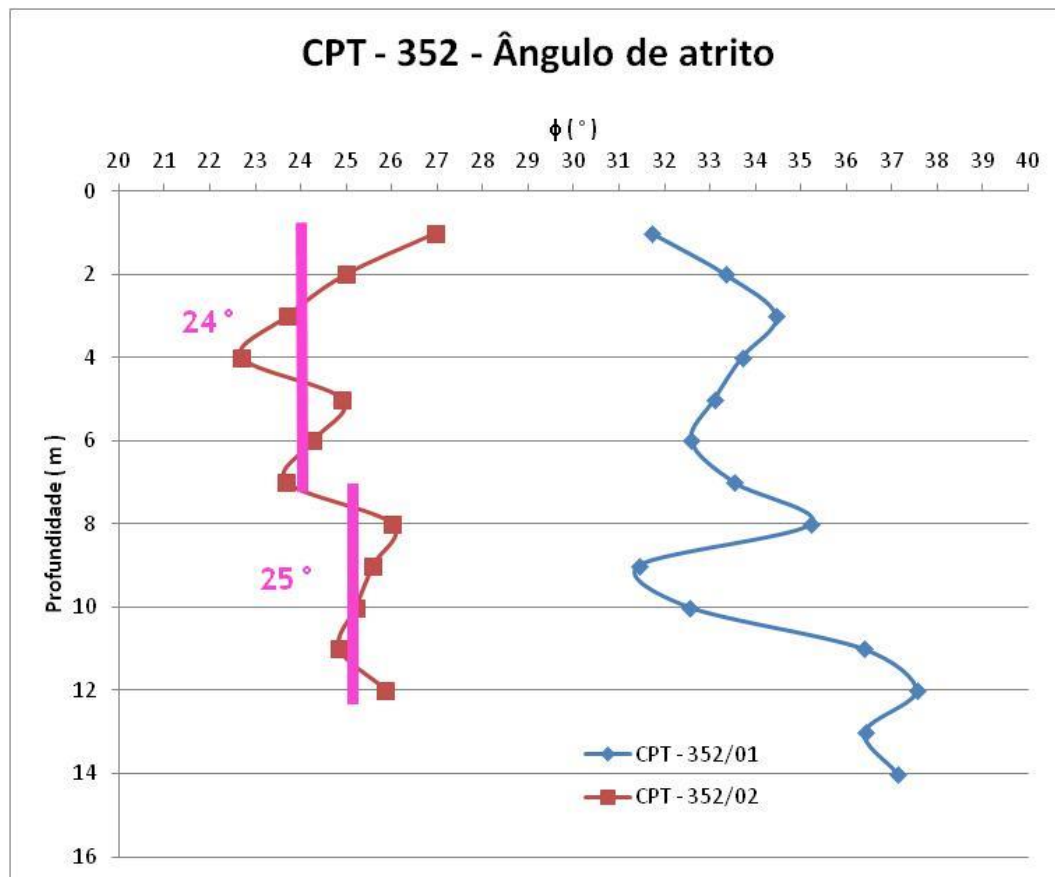
Prof. (m)	qc médio na prof. (MPa)	qc médio na prof. (tf/m ²)	fs médio na prof. (kPa)	fs médio na prof. (tf/m ²)	Rf (%)	γ (tf/m ³)	Tensão total na prof. (tf/m ²)	Tensão efetiva na prof. (tf/m ²)	Qt	Qtn	Nkt	c (tf/m ²)	φ (°)
1	0,80	80	20	2,0	2,5	1,67	1,7	1,7	46,9	19,176	13,3	5,9	31,71
2	1,60	160	20	2,0	1,3	1,70	3,4	3,4	46,6	27,005	11,2	14,0	33,35
3	2,50	250	35	3,5	1,4	1,78	5,1	5,1	47,6	34,143	11,5	21,2	34,47
4	2,50	250	50	5,0	2,0	1,82	7,0	7,0	34,9	29,125	12,6	19,3	33,71
5	2,50	250	75	7,5	3,0	1,87	8,8	8,8	27,3	25,663	13,8	17,4	33,10
6	2,50	250	100	10,0	4,0	1,90	10,7	10,7	22,3	23,095	14,7	16,3	32,60
7	3,30	330	180	18,0	5,5	1,98	12,7	12,7	25,0	28,138	15,7	20,3	33,54
8	5,00	500	160	16,0	3,2	1,98	14,7	14,7	33,0	40,028	14,0	34,6	35,23
9	2,50	250	100	10,0	4,0	1,90	16,6	16,6	14,1	18,115	14,7	15,9	31,44
10	3,30	330	100	10,0	3,0	1,91	18,5	18,5	16,8	22,893	13,9	22,5	32,56
11	7,50	750	100	10,0	1,3	1,94	20,5	20,5	35,7	51,005	11,4	64,1	36,38
12	10,00	1000	260	26,0	2,6	2,07	22,5	22,5	43,4	65,127	13,4	72,9	37,55
13	8,30	830	260	26,0	3,1	2,06	24,6	24,6	32,8	51,365	14,0	57,6	36,42
14	10,00	1000	200	20,0	2,0	2,04	26,6	26,6	36,6	59,654	12,6	77,2	37,13

CPT - 352/02

Prof. (m)	qc médio na prof. (MPa)	qc médio na prof. (tf/m ²)	fs médio na prof. (kPa)	fs médio na prof. (tf/m ²)	Rf (%)	γ (tf/m ³)	Tensão total na prof. (tf/m ²)	Tensão efetiva na prof. (tf/m ²)	Qt	Qtn	Nkt	c (tf/m ²)	φ (°)
1	0,30	30	15	1,5	5,0	1,60	1,6	1,6	17,8	7,1087	15,4	1,8	26,97
2	0,30	30	25	2,5	8,3	1,66	3,3	3,3	8,2	4,6897	16,9	1,6	24,98
3	0,30	30	25	2,5	8,3	1,66	4,9	4,9	5,1	3,581	16,9	1,5	23,69
4	0,30	30	20	2,0	6,7	1,63	6,5	6,5	3,6	2,9011	16,3	1,4	22,69
5	0,50	50	20	2,0	4,0	1,65	8,2	8,2	5,1	4,6201	14,7	2,8	24,91
6	0,50	50	25	2,5	5,0	1,68	9,9	9,9	4,1	4,0406	15,4	2,6	24,27
7	0,50	50	35	3,5	7,0	1,72	11,6	11,6	3,3	3,5698	16,4	2,3	23,68
8	0,80	80	20	2,0	2,5	1,67	13,3	13,3	5,0	5,7988	13,3	5,0	26,00
9	0,80	80	30	3,0	3,8	1,72	15,0	15,0	4,3	5,3159	14,5	4,5	25,58
10	0,80	80	20	2,0	2,5	1,67	16,6	16,6	3,8	4,9129	13,3	4,8	25,20
11	0,80	80	30	3,0	3,8	1,72	18,4	18,4	3,4	4,5509	14,5	4,2	24,84
12	1,00	100	30	3,0	3,0	1,72	20,1	20,1	4,0	5,6408	13,8	5,8	25,86







Os resultados de coesão e ângulo de atrito obtidos nos ensaios CPT são superiores aos empregados na memória de cálculo. A pequena variação no peso específico tem influência desprezível no cálculo do fator de segurança.

A seguir são apresentados os resultados das análises de estabilidade empregando os parâmetros geotécnicos acima obtidos.

Material	γ tf/m ³ (kN/m ³)	c tf/m ² (kPa)	ϕ (°)
Aterro a executar	1,8 (18)	1,0 (10)	20
Aterro existente	1,64 (16,4)	1,5 (15)	24
Silte arenoso	1,68 (16,8)	2,5 (25)	24
Silte arenoso compacto	1,68 (16,8)	2,5 (25)	25
Rocha	2,5 (25)	-	-

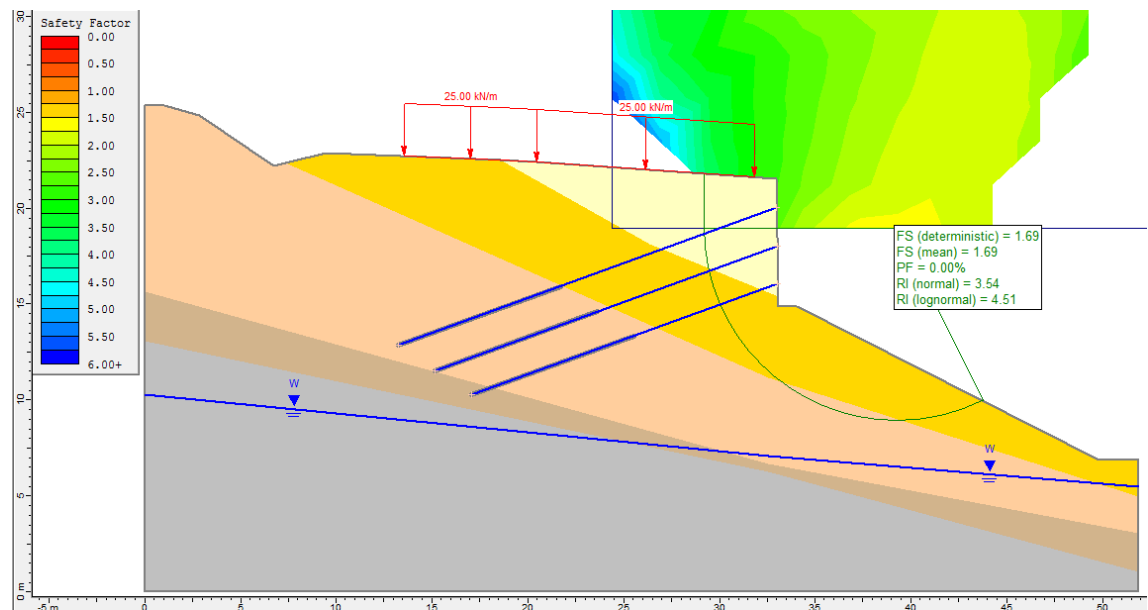


Figura 11 - Resultado da análise de estabilidade local da contenção, destacando a superfície com o menor fator de segurança obtido dentre os diversos calculados pelo programa, apresentando F_S determinístico = 1,69, valor considerado satisfatório segundo a NBR-11.682 e NBR-5.629, probabilidade de ruína de ~ 0% e índice de confiabilidade (β) de 3,54.

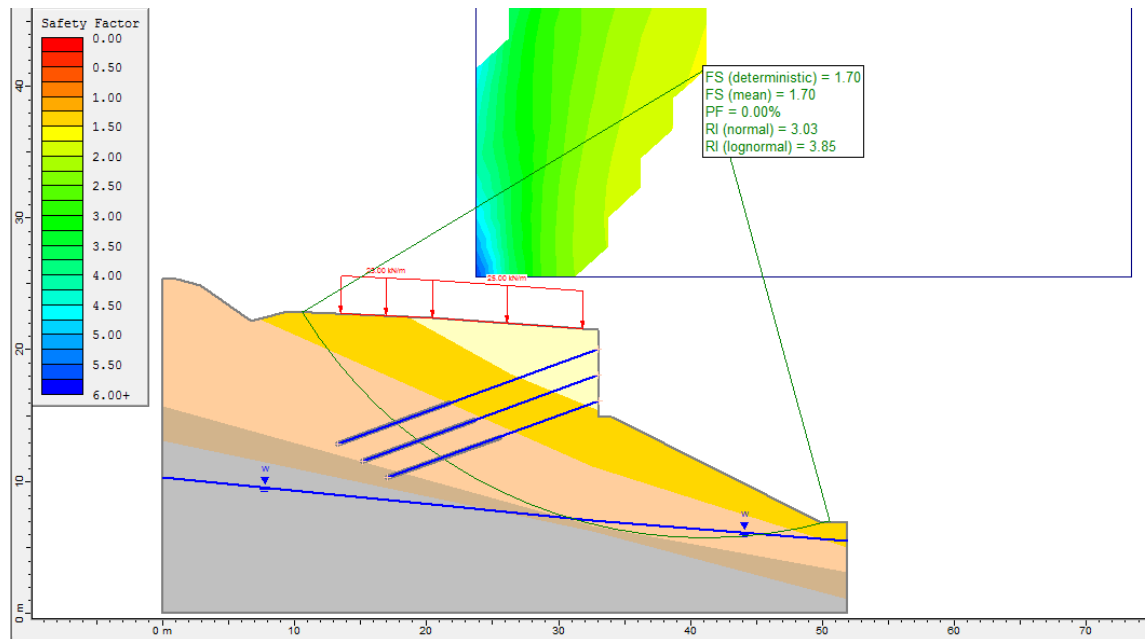


Figura 12 - Resultado da análise de estabilidade global da contenção, apresentando o círculo de ruptura passando pelo bulbo de ancoragem dos tirantes e sem carga nos tirantes, destacando a superfície com o menor fator de segurança obtido dentre os diversos calculados pelo programa, apresentando F_S determinístico = 1,7, valor considerado satisfatório segundo a NBR-11.682 e NBR-5.629, probabilidade de ruína de ~0% e índice de confiabilidade (β) de 3,0.

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

As especificações técnicas relacionadas abaixo visam complementar os projetos elaborados, a fim de proporcionar a correta execução dos mesmos, garantindo sua eficiência e qualidade.

Deve-se dar preferência às especificações constantes nos projetos. Quando não especificada em projeto, deve-se buscar pela especificação no item correspondente do relatório de projetos. Caso não esteja relacionada neste item, deve-se recorrer às Normas da ABNT.

Das especificações técnicas do DNIT e DNER, de interesse à obra em questão encontram-se:

- DNIT 018/2006-ES "Drenagem - Sarjetas e valetas - Especificação de Serviço";
- DNIT 021/2004-ES - "Drenagem - Entradas e descidas d'água - Especificação de serviços";
- DNIT 022/2004-ES - "Drenagem - Dissipadores de energia - Especificação de serviços";
- DNIT 074/2006-ES "Tratamento ambiental de taludes e encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos";
- DNIT 101/2009-ES "Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário - Sinalização vertical - Especificação de serviço";
- DNIT 102/2009-ES – "Proteção do Corpo Estradal - proteção vegetal";
- DNIT 104/2009-ES "Terraplenagem - Serviços preliminares - Especificação de Serviço";
- DNIT 106/2009-ES "Terraplenagem – Cortes";
- DNIT 108/2009-ES "Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço".

7. PLANO BÁSICO AMBIENTAL

7. PLANO BÁSICO AMBIENTAL

A obra em questão é caracterizada pela implantação do retorno operacional no km 352+000.

Em função da natureza da concessão rodoviária, essencialmente de operação, manutenção e recuperação, não houve estudos ambientais prévios como EIA/RIMA.

O Plano Básico Ambiental será constituído de medidas que se destinem à melhor adequação de todas as etapas da obra (implantação e manutenção) com o ambiente existente, buscando atender às exigências mínimas de preservação ambiental, tendo como base as diretrizes do Manual para atividades Ambientais Rodoviárias do DNIT e da Norma DNIT 070/2006-PRO.

Deverão ser respeitadas as recomendações das seguintes Normas e Instruções de Serviço do DNIT:

- Norma DNIT 070/2006-PRO: Condicionantes ambientais em áreas de uso de obras - Procedimento;
- Norma DNIT 078/2006-PRO: Condicionantes ambientais pertinentes à segurança rodoviária na fase de obras – Procedimento;
- DNIT IPR-713: Instrução de Proteção Ambiental para Controle de Processos Erosivos na Faixa de Domínio e Lindeiras nas Rodovias Federais

7.1 Ações ambientais

Nos quadros seguintes são apresentadas as ações de cunho ambiental a serem implementadas antes, durante e após o empreendimento, indicando-se a competência de cada uma delas.

Quadro 1: Ações ambientais durante a fase de serviços preliminares.

Serviços Preliminares		
Item	Descrição	Competência
1	Obter autorizações para desmatamento junto ao IBAMA ou órgão correspondente.	Empreiteira e contratante
2	Evitar o desmatamento e limpeza dos terrenos fora dos limites estritamente necessários à implantação das obras na faixa estradal.	Empreiteira e contratante
3	Preservar as árvores de grande porte ou de interesse paisagístico e biológico.	Empreiteira e contratante
4	O material do desmatamento e da limpeza do terreno não pode ser lançado dentro de talvegues e de corpos d'água.	Empreiteira e contratante
5	No desmatamento e limpeza de terrenos próximos a corpos d'água deverão ser implantados dispositivos de drenagem que impeçam o carreamento de sedimentos.	Empreiteira e contratante
6	Não devem ser utilizados explosivos, agentes químicos, processos mecânicos não controlados ou queimadas para a realização de desmatamento e limpeza de terrenos. Casos específicos devem ser tratados junto com a fiscalização.	Empreiteira e contratante
7	Utilizar os solos orgânicos para recobrimento de áreas estéreis exploradas e/ou áreas adjacentes, caso possam receber a aplicação de tais tipos de material.	Empreiteira e contratante
8	Os materiais orgânicos provenientes da limpeza do terreno e desmatamentos deverão ser estocado/ enleirados em áreas pré-definidas, para posterior utilização durante as atividades de reabilitação ambiental dos locais de empréstimo, bota-foras e demais áreas.	Empreiteira e contratante

Quadro 2: Ações ambientais na fase de serviços de terraplenagem.

Terraplenagem		
Item	Descrição	Competência
1	Disponibilizar preferencialmente o material de bota-fora como alargamento dos aterros do corpo estradal ou como bermas, ou em áreas já degradadas.	Empreiteira e Contratante
2	Não depositar nenhum material de bota-fora em terreno de propriedade privada, sem autorização do proprietário e somente após fiscalização da obra.	Empreiteira e Contratante
3	Não depositar nenhum material de bota-fora em mananciais, talvegues e áreas de preservação ecológica.	Empreiteira e Contratante
4	Executar compactação em todo o volume de bota-fora e procurar reconformar a superfície da área de deposição, providenciando a cobertura vegetal à paisagem local.	Empreiteira
5	Cobrir a superfície dos taludes de corte em 1ª ou 2ª categoria com vegetação ou outro método de proteção, controlando a pega e avaliando a necessidade de repasse. O revestimento deve ser complementado por biomantas quando da ocorrência de declividades muito acentuadas ou de solos de alto potencial erosivo.	Empreiteira
6	Verificar a adequação dos dispositivos de drenagem quanto à proteção de erosões ou ocorrências de instabilidades nos taludes de cortes e aterros.	Empreiteira e Contratante
7	Harmonizar os taludes com a topografia.	Empreiteira
8	Remover as camadas de lama no trajeto dos equipamentos, quando ocorrer.	Empreiteira
9	Aspergir água nos trechos poeirentos, quando da ocorrência de nuvens de poeira com perigo de acidentes.	Empreiteira
10	Cobrir as caçambas com lona ou tela durante o trajeto dos caminhões e remover eventual material que venha a tombar sobre a pista.	Empreiteira
11	Novas frentes de trabalho só deverão ser abertas após a implantação dos elementos de drenagem e cobertura vegetal de proteção na terraplenagem do corpo estradal.	Empreiteira e Contratante

Quadro 3: Ações ambientais na fase de implantação de drenagem superficial.

Drenagem		
Item	Descrição	Competência
1	Respeitar a linha natural de drenagem, a fim de evitar obstruções e desvio das águas.	Empreiteira
2	Construir e desobstruir valetas de proteção de cortes e aterros, a fim de garantir o fluxo normal das águas.	Empreiteira
3	Todo material excedente de escavação deverá ser removido das proximidades dos dispositivos de drenagem, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água.	Empreiteira
4	Proteger as entradas e saídas de bueiros com o plantio de árvores ou gramíneas para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.	Empreiteira
5	Depois de cada período de chuva, ou diariamente em caso de período prolongado, inspecionar os dispositivos de drenagem, controle de erosão e assoreamento, para corrigir possíveis deficiências.	Empreiteira e Contratante

Quadro 4: Ações ambientais durante a fase de sinalização.

Sinalização		
Item	Descrição	Competência
1	Executar a sinalização adequada na fase de construção, seguindo projeto específico.	Empreiteira
2	Quando existir vegetação de porte ou de interesse paisagístico e biológico no local previsto para implantação de sinalização, esta deverá ser deslocada para posição mais próxima possível, sem prejuízo da emissão da mensagem.	Empreiteira e Contratante
3	Deverá ser promovido o disciplinamento dos fluxos de tráfego e do estacionamento de equipamento de forma a se evitar eventuais situações de risco.	Empreiteira e Contratante
4	Em caso de extravio, danificação ou insuficiência da sinalização, esta deve ser imediatamente substituída ou repostada.	Empreiteira e Contratante

Quadro 5: Ações ambientais nas áreas de apoio.

Áreas de apoio		
Item	Descrição	Competência
1	O canteiro de obras, caixas e jazidas de empréstimo, de bota-fora, trilhas, caminhos de serviço, estradas de acesso, área de disposição de resíduos sólidos e outras áreas de apoio alteradas deverão ser suas áreas ambientalmente reabilitadas após a fase de desmobilização das obras.	Empreiteira e Contratante
2	As obras de drenagens temporárias executadas para a implantação dos caminhos de serviço e estradas de acesso devem ser removidas durante as atividades de reabilitação ambiental.	Empreiteira e Contratante
3	Reconformar a topografia de todas as áreas utilizadas durante a obra, conforme os terrenos adjacentes, mediante atenuação dos taludes, reordenação das linhas de drenagem e recomposição da cobertura vegetal.	Empreiteira e Contratante

ANEXO 1 - SONDAgens

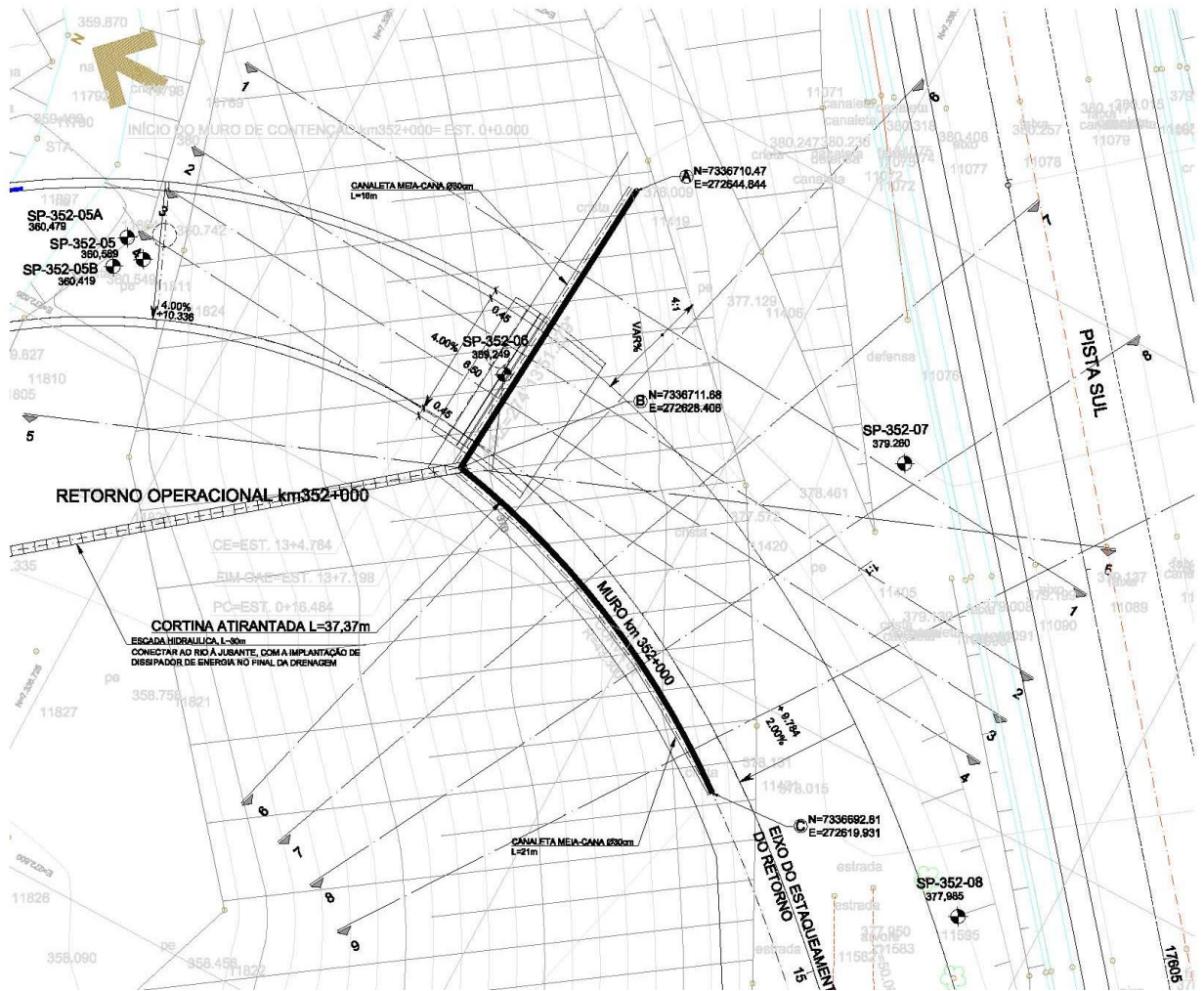



Figura 13 - Planta de locação de sondagens

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT								
Local ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP								
Escala: 1:100	Data: 25/05/2015	Des. = D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646					
SONDAGEM SP-352-05		Início: 19/05/2015	Término: 20/05/2015					
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	<p>--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT</p> <p>— 2ª e 3ª penetrações ■ Revestimento</p> <p>Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW</p> <p>COORDENADAS N = 7.336.730,693 E = 272.630,118 Cota = 360,589m</p>					
Nível d'água		Nº de golpes	Gráfico					
360			10 20 30 40					
359,239	1	3/15 5/15 8/15	13					
	2	3/15 5/15 10/15	15					
355								
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL								
Argila siltosa, marrom escura								
Argila siltosa, com pouca areia fina, variegada marrom clara								
Areia (fina a média) siltosa, marrom amarelada								
Medlanamente compacta								
Areia fina siltosa, com pedregulhos, variegada amarela escura								
Medlanamente compacta								
LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)								
De 0,00m a 1,80m - Aterro								
De 1,80m a 2,52m - Solo de Alteração de Rocha								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	19/05/2015	12:00	1,35	Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	19/05/2015	12:10	1,35	Lavagem	1,45 a 2,52	10	2,50 a 2,51	1
	20/05/2015	07:40	1,35	Revestimento	0,00 a 2,00	10	2,51 a 2,51	0
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	2,51 a 2,52



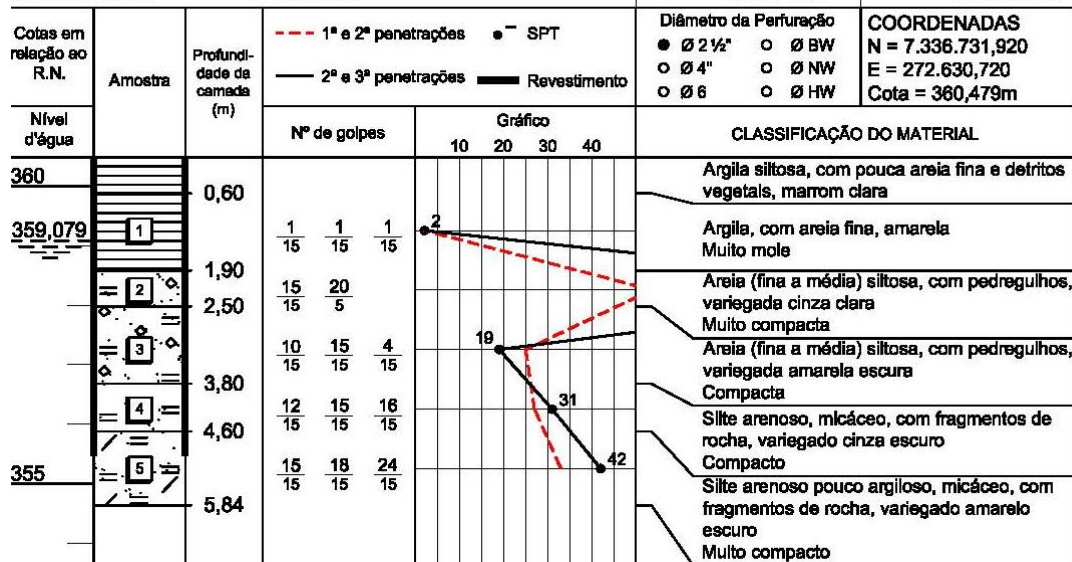
PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA
Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP
Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987
CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Cliente **AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT**

Local **ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP**

Escala: 1:100 Data: 25/05/2015 Des. = D.Y.N. Geol. Walter Franco de Araújo CREA 50894/88846 Des.n° L2015-9474

SONDAGEM **SP-352-05A** Início: 19/05/2015 Término: 20/05/2015



LIMITE DA SONDAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)

De 0,00m a 1,90m - Aterro
De 1,90m a 3,80m - Sedimentos Recentes
De 3,80m a 5,84m - Solo de Alteração de Rocha

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
				Trado	0,00 a 1,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	20/05/2015	12:00	1,40	Lavagem	1,45 a 5,84	10	5,80 a 5,81	1
	20/05/2015	12:10	1,40	Revestimento	0,00 a 5,00	10	5,81 a 5,83	2
-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	5,83 a 5,84	1

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	Nº de golpes			Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
Nível d'água	360			10 20 30 40					
					0,50				
	359,069	1	1,80	3 15	3 15	7 15	10	Argila, com areia fina e pedregulhos, variegada marrom clara Média	
		2	2,54	12 15	18 15	24 15	42	Siltos argilosos pouco arenosos, micáceos, variegado cinza amarelado Duro	
LIMITE DA SONDAAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão) De 0,00m a 1,80m - Aterro De 1,80m a 2,54m - Solo de Alteração de Rocha									
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)			Lavagem por tempo		
	20/05/2015	12:00	1,38	Trado	0,00 a 1,00		t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	20/05/2015	15:40	1,35	Lavagem	1,45 a 2,54		10	2,50 a 2,51	1
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 2,00		10	2,51 a 2,52	1
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA			10	2,52 a 2,54	2



PBS SONDAJENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA
Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP
Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987
CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Cliente **AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT**

Local **ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP**

Escala: 1:100 Data: 25/05/2015 Des. = D.Y.N. Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5083488846 Des.nº L2015-9475

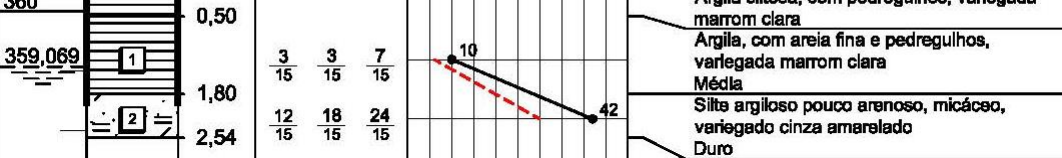
SONDAGEM **SP-352-05B** Início: 20/05/2015 Término: 20/05/2015

Diâmetro da Perfuração
● Ø 2 1/2" ○ Ø BW
○ Ø 4" ○ Ø NW
○ Ø 6" ○ Ø HW

COORDENADAS
N = 7.336.731,862
E = 272.629,103
Cota = 360,419m

--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT
— 2ª e 3ª penetrações — Revestimento

Nº de golpes Gráfico



Argila siltosa, com pedregulhos, variegada marrom clara
Argila, com areia fina e pedregulhos, variegada marrom clara Média
Siltos argilosos pouco arenosos, micáceos, variegado cinza amarelado Duro

LIMITE DA SONDAAGEM - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)
De 0,00m a 1,80m - Aterro
De 1,80m a 2,54m - Solo de Alteração de Rocha

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)			Lavagem por tempo		
	20/05/2015	12:00	1,38	Trado	0,00 a 1,00		t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	20/05/2015	15:40	1,35	Lavagem	1,45 a 2,54		10	2,50 a 2,51	1
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 2,00		10	2,51 a 2,52	1
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA			10	2,52 a 2,54	2

Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	Nº de golpes		Gráfico				CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nível d'água				1ª e 2ª penetrações	2ª e 3ª penetrações	10	20	30	40	
<p>PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br</p>										
<p>Cliente AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT</p>										
<p>Local ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP</p>										
<p>Escala: 1:100 Data: 25/05/2015 Des.: D.Y.N. Geol.: Walter Franco de Araújo CREA 8063488646 Des.nº: L2015-9476</p>										
<p>SONDAGEM SP-352-08 Início: 19/05/2015 Término: 19/05/2015</p>										
<p>Dímetro da Perfuração: ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW</p>										
<p>COORDENADAS N = 7.336.711,965 E = 272.633,575 Cota = 369,249m</p>										
<p>--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento</p>										
<p>365</p> <p>4,50</p> <p>360,679</p> <p>360</p> <p>9,39</p> <p>50 9</p> <p>1/25</p> <p>3</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>16</p> <p>26</p> <p>16</p> <p>18</p> <p>Silte argiloso pouco arenoso, variegado marrom claro Muito mole a mole</p> <p>Areia fina siltosa, com fragmentos de rocha, variegada cinza clara Medianamente compacta a muito compacta</p> <p>LIMITE DA SONDAÇÃO - Impenetrável a percussão (provável rocha ou matacão)</p> <p>De 0,00m a 4,50m - Aterro De 4,50m a 9,39m - Solo de Alteração de Rocha</p>										
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo				
	20/05/2015	07:20	8,57	Trado	0,00 a 6,00	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)		
	-	-	-	Lavagem	6,45 a 9,39	10	9,37 a 9,38	1		
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 7,00	10	9,38 a 9,39	1		
	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	9,39 a 9,39	0		



PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA
Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP
Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987
CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Cliente **AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT**

Local **ROD. RÉGIS BITTENCOURT - BR-116 - KM 352 - RETORNO OPERACIONAL - MIRACATU / SP**

Escala: 1:100

Data: 12/08/2015

Des.º J.R.B

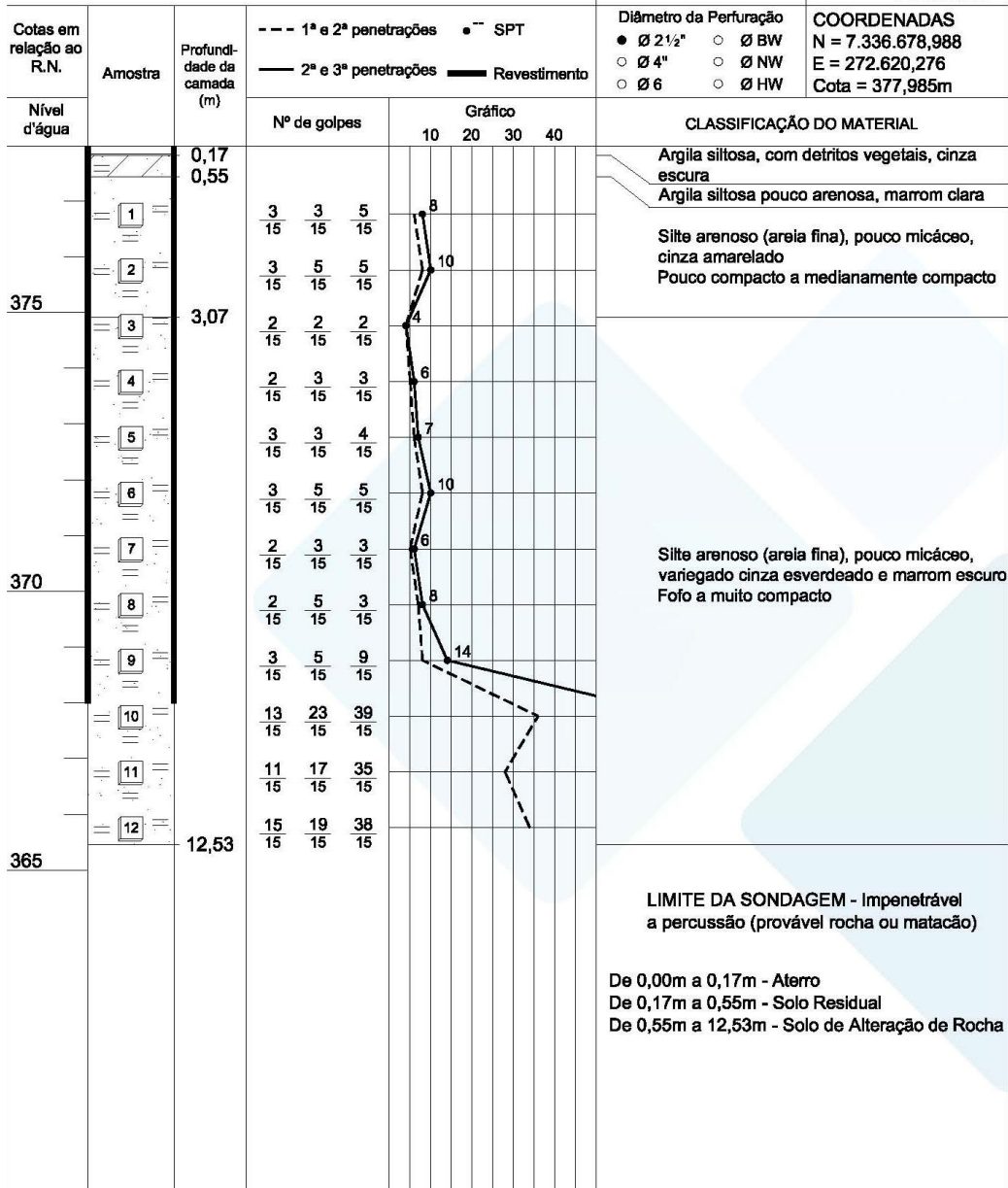
Geol. Walter Franco de Araújo
CREA 5063488846

Des.º L2015-10243

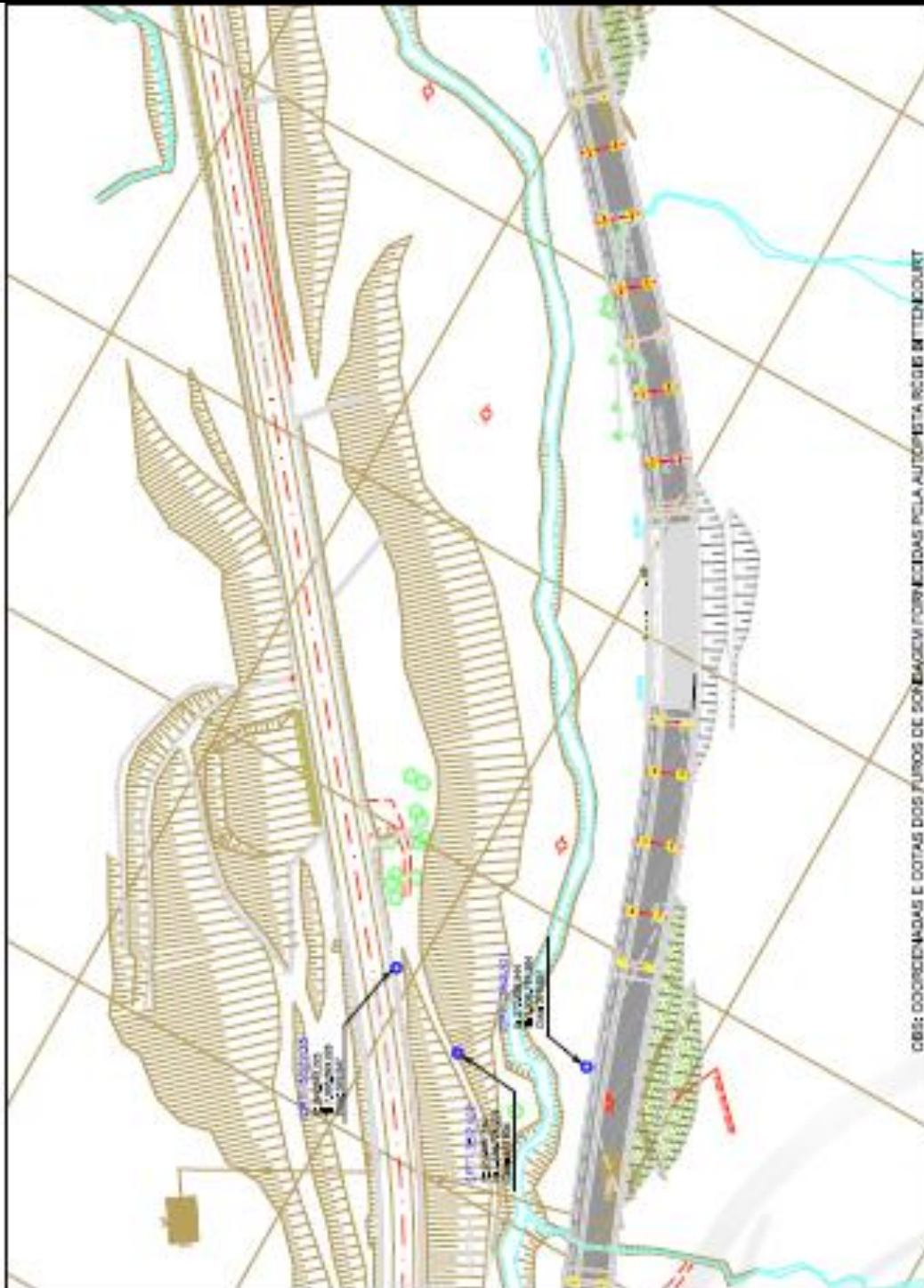
SONDAGEM SP-352-08

Início: 04/08/2015

Término: 04/08/2015

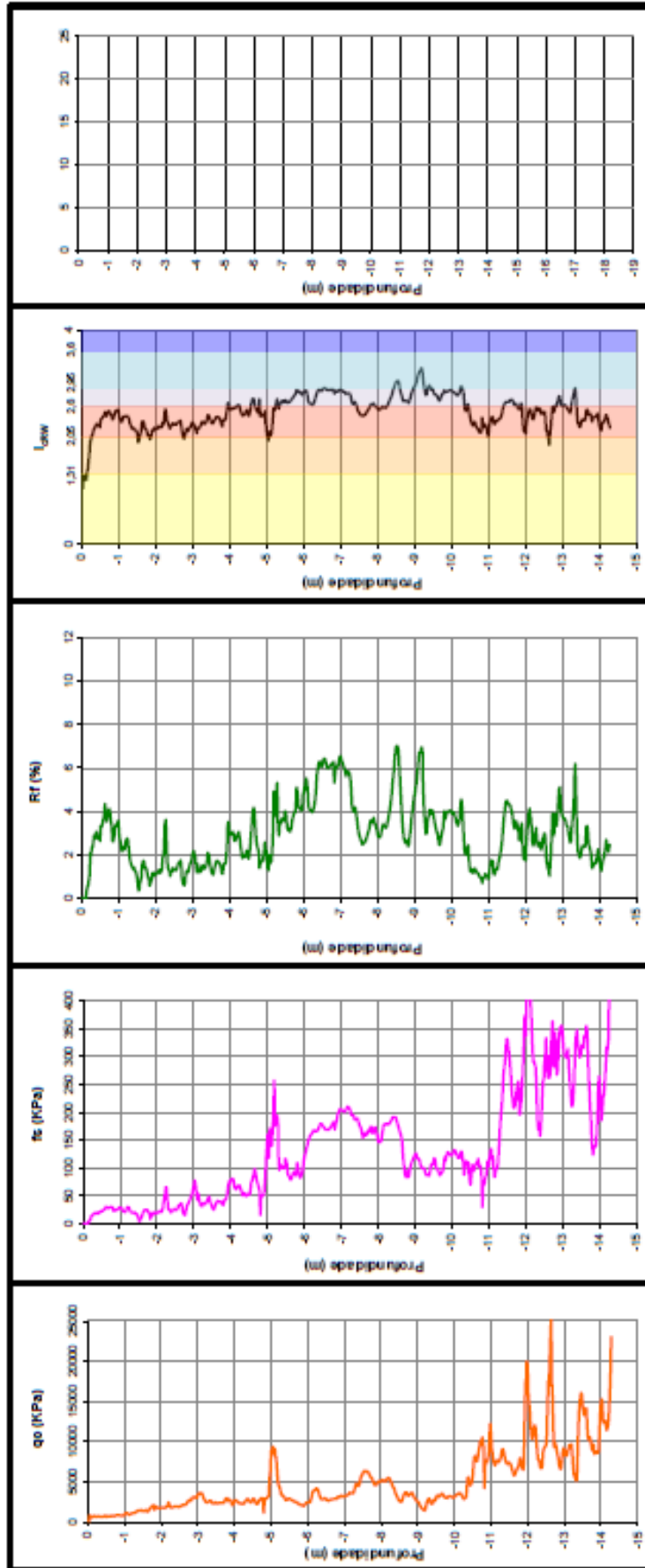


NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
				Trado	0,00 a 9,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	05/08/2015	-	NÃO ENCONTRADO	Lavagem	9,45 a 12,53	10	12,49 a 12,53	3
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 10,00	10	12,52 a 12,53	1
	-	-	-	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	12,53 a 12,53	0



PLANTA DE LOCAÇÃO DAS PERFURAÇÕES

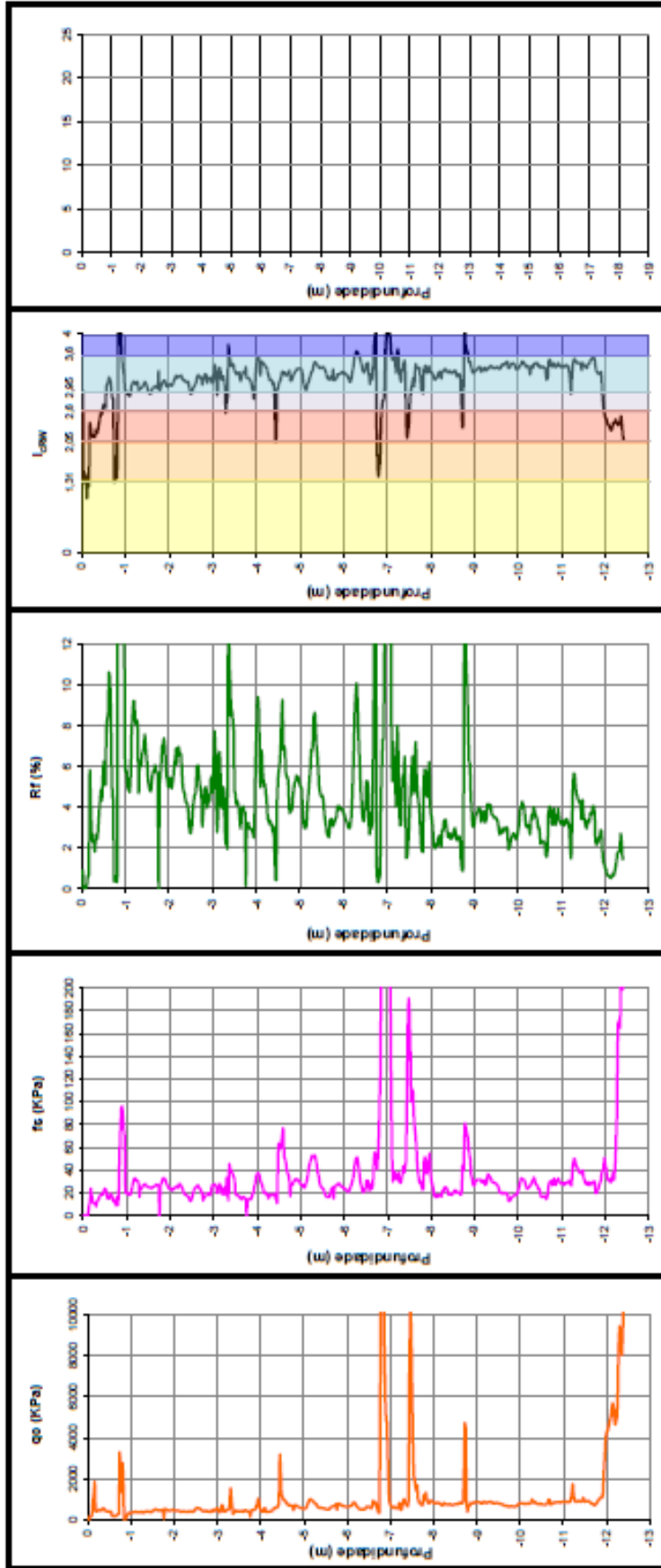
BOLETIM DE ENSAIO C.P.T. - Conforme NBR 12069/MB-3406



 <p>GEOFORMA Engenharia Ltda.</p>	
<p>Responsável Técnico: Eng. Edgar Odebrecht - CREA SP 5063430197</p>	<p>Data: 17/02/16</p>
<p>Coordenadas: N: 7.336.767; E: 272.639</p>	<p>Cliente: Autopista Régis Bittencourt S.A.</p>
<p>Furo: CPT 352/01</p>	<p>Obra: Duplicação da Serra do Cafezal - km 348+300 ao km 353+700</p>
<p>Cota (m):* 370,93 Na (m):*</p>	<p>Local: BR 116, km 353 - Miracafu/SP</p>
<p>◆ Dissipação</p>	<p>Nº Relatório: CPT 303 - 02/16</p>

* valores estimados ou fornecidos pelo cliente.

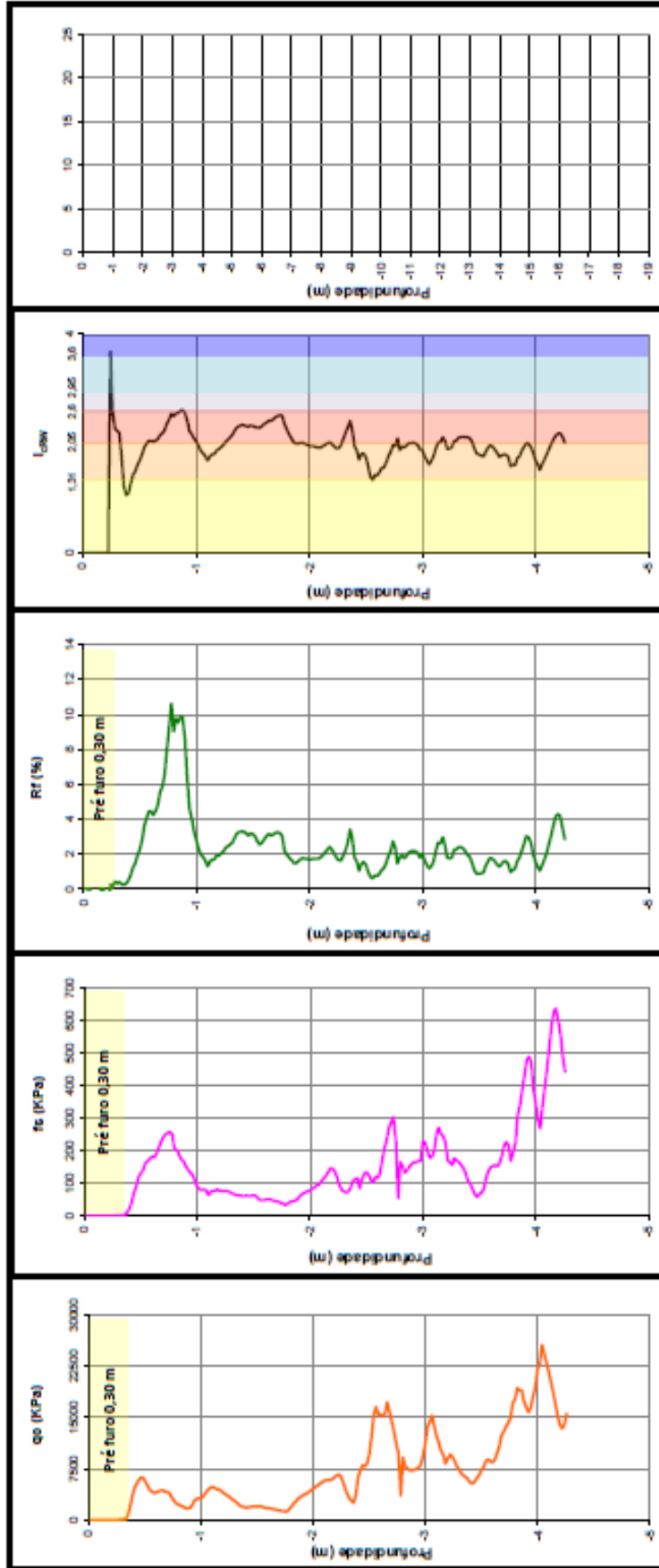
BOLETIM DE ENSAIO C.P.T. - Conforme NBR 12069/MB-3406



		Responsável Técnico:	
		Eng. Edgár Odebrecht - CREA SP 5063430197	
Cliente:	Autopista Régis Bittencourt S.A.	Data:	17/02/16
Obra:	Duplicação da serra do Cafezal - km 348+300 ao km 353+700	Coordenadas:*	N: 7.336.726; E: 272.657
Local:	BR 116, km 353 - Miracatu/SP	Furo:	CPT 352/02
Nº Relatório:	CPT 303 - 02/16	Cota (m):*	372,80
		Na (m):*	Na
			◆ Dissipação

* valores estimados ou fornecidos pelo cliente.

BOLETIM DE ENSAIO C.P.T. - Conforme NBR 12069/MB-3406



 GEOFORMA Engenharia Ltda.	
Cliente: Autopista Régis Bittencourt S.A.	Responsável Técnico:
Obra: Duplicação da Serra do Cafetal - km 348-300 ao km 353+700	Eng. Edgar Odebrecht - CREA SP 5063430197
Local: BR 116, km 353 - Miracatu/SP	Furo: CPT 352/03
Nº Relatório: CPT 303 - 02/16	Cota (m):* 379,55 Na (m):*
Data: 16/02/16	
Coordenadas: N: 7.336.693; E: 272.642	

*valores estimados ou fornecidos pelo cliente. - Devido a alta resistência de ponta, e muito mais significativo ainda o abito lateral, a penetração do cone não avançou após os 4,32m de profundidade, resultado do rompimento da ancoragem do equipamento, que se apresentou deficitária no local devido a presença de solo pedregulhoso e resistente.

◆ Dissipação

 ANTT AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES	Autopista Régis Bittencourt 	Código RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Rev A
		Emissão 14/10/2015	Folha 01 de 21

Lote: 04	Rodovia: BR-116/SP	Firma Projetista: Nouh Engenharia Ltda.
-------------	-----------------------	--

Trecho: SÃO PAULO - CURITIBA	Concessionária: Autopista Régis Bittencourt
---------------------------------	--

Objeto: Projeto de contenção - km 352+000 - Retorno Operacional Esquema Construtivo	ANTT:
---	-------

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

00	14/10/2015	Nouh Engenharia Ltda	AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT	
Rev	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: Nouh Engenharia Ltda.	
Nº Interno: NOU-RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Rev: 00

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	3
2. MAPAS DE SITUAÇÃO	5
3. PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA.....	7
4. ESQUEMA OPERACIONAL	11
5. CANTEIRO DE OBRAS	13
6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	16
7. PLANO BÁSICO AMBIENTAL	18
8. LICENÇA AMBIENTAL	Erro! Indicador não definido.
9. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ...	Erro! Indicador não definido.

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 3/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	----------------

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório refere-se ao Projeto Executivo da Contenção de talude localizado no km 352+000 - Retorno Operacional da obra da duplicação da Rodovia BR-116.

O trecho em questão encontra-se no Município de Jujutiba, estado de São Paulo e está apresentado na imagem de satélite a seguir.



Figura 1 – Imagem de satélite (Google Earth) do trecho de estudo.

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 5/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	----------------

2. MAPAS DE SITUAÇÃO

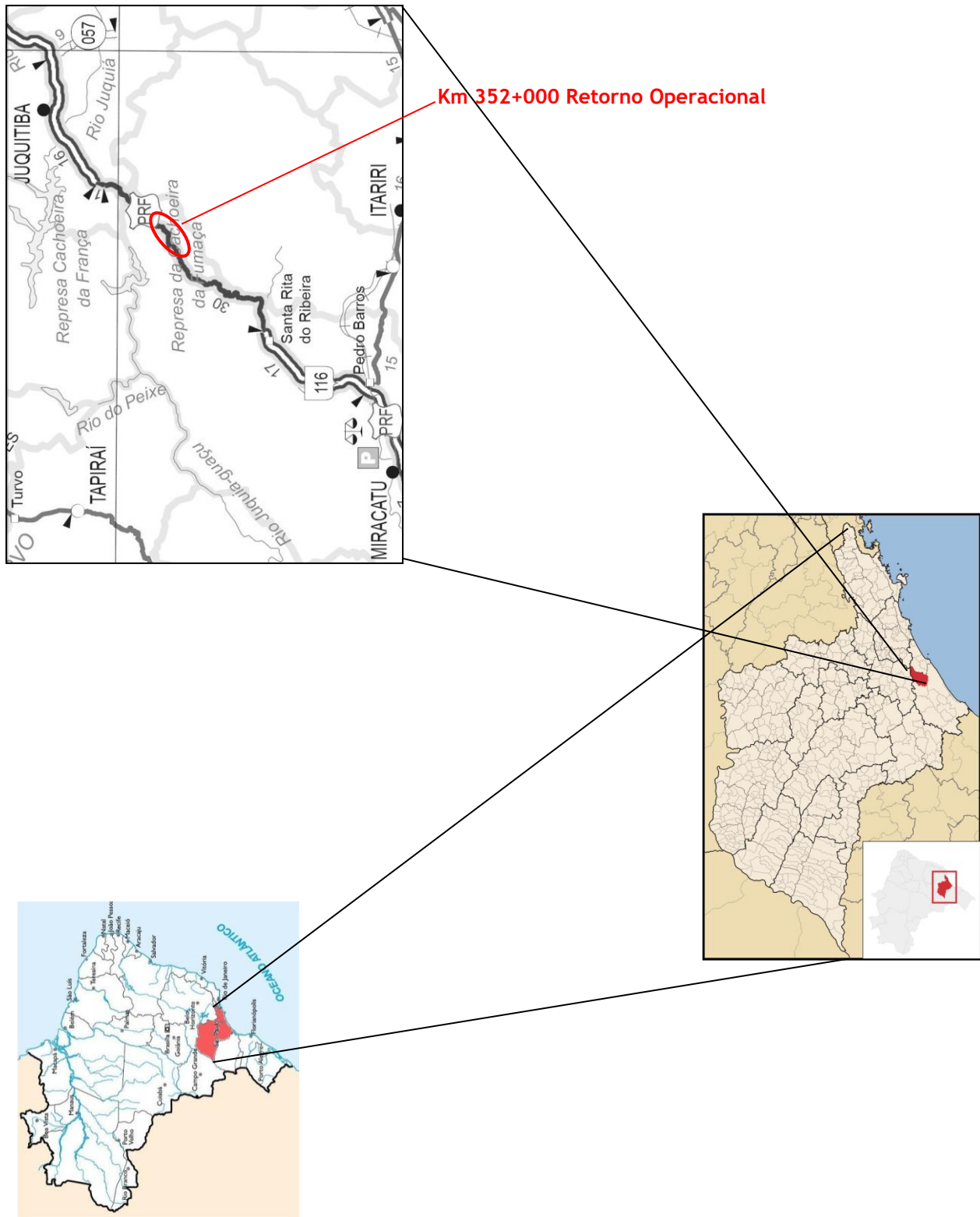


Figura 2 – Mapa de situação.

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 7/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	----------------

3. PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA

3. PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA

O plano de execução de obra é composto pelos seguintes serviços:

- Instalação, mobilização e desmobilização do canteiro de obras;
- Sinalização provisória;
- Serviços preliminares;
- Execução da cortina atirantada sobre estaca raiz
- Drenagem superficial;
- Obras complementares.

3.1 Sinalização provisória da obra

É indispensável à adoção de sinalização de tráfego provisória devido à presença de movimentação de equipamentos, caminhões de transporte e pessoal de obra, seguindo as recomendações constantes na publicação IPR-738 do DNIT “Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias”.

3.2 Serviços Preliminares

Este serviço compreende as operações de desmatamento, destocamento e limpeza, de toda a sorte de materiais existentes, tais como: solo vegetal (topsoil), troncos, raízes, vegetação, mato, entulhos, etc., objetivando a remoção, na totalidade da área destinada à implantação do terrapleno, das obstruções naturais, ainda existentes. O material decorrente deste serviço deverá ser transportado para o depósito de material excedente previamente definido, não podendo, em hipótese alguma, ser utilizado para a execução do aterro. Preparo do terreno.

3.3 Execução de cortina atirantada

Cortina Atirantada é uma técnica de contenção que consiste na execução de uma “cortina” de contenção de concreto armado, concomitantemente com a

perfuração, aplicação, injeção e protensão dos tirantes. Sua aplicação é recomendada para cortes em terrenos com grande carga a ser contida ou solo que apresenta pouca resistência á sua estabilidade.

Perfuração e instalação

Antes do início da atividade de perfuração propriamente dita, deverá ser verificada a locação dos tirantes, a exata direção, ângulo de perfuração e alinhamento das máquinas. Após estes cuidados preliminares é que será iniciada a perfuração.

Os tirantes serão transportados para o local de instalação simultaneamente à conclusão da perfuração.

Instalação do Tirante - Injeção de Cimento - Protensão

O Tirante será instalado no furo ao mesmo tempo em que se executará a bainha, que é o preenchimento com a calda de cimento do espaço anelar existente entre as paredes da perfuração e o tirante.

Após o início de cura da bainha passar-se-á a injeção de calda de cimento sob alta pressão para a conformação do bulbo. Essas injeções serão feitas com pressão e volume controlados podendo ser repetidas em várias fases até que se tenha um bulbo de ancoragem satisfatório e compatível com a carga do tirante.

Concluída a fase de injeção de cimento e após a cura do bulbo de ancoragem, serão feitos ensaios previstos em norma e posteriormente, a protensão e ancoragem do tirante.

Execução da cortina atirantada



O processo de execução segue o sentido ascendente, com a execução da estaca tipo raiz, execução a perfuração, instalação e injeção dos tirantes, execução da cortina propriamente dita em concreto armado, execução do aterro controlado no nível da primeira linha e execução da protensão do

tirantes da primeira linha. Repetindo-se todo o processo para a segunda e terceira linha.

3.5 Execução da drenagem superficial

Este serviço compreende as operações de execução das canaletas, escada hidráulica e dissipador de energia.

Apresenta-se a seguir o cronograma físico correspondente a cada etapa de obra, a ser re/ratificado por ocasião do planejamento da obra pelo executante.

				AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT - GRUPO ARTERIS			
				PROJETO EXECUTIVO DE CONTENÇÃO			
CRONOGRAMA FÍSICO							
RODOVIA: BR-116/SP							
TRECHO: SÃO PAULO - CURITIBA							
LOCAL: km 352+000							
REFERÊNCIA: PROJETO EXECUTIVO DE CONTENÇÃO							
ITEM	DESCRIÇÃO	PERÍODO (MÊS)				TOTAL	
		MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4		
		%	%	%	%	%	
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	100				100	
2	CORTINA ATIRANTADA		30	40	30	100	
3	DRENAGEM SUPERFICIAL		20	35	45	100	

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 11/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	-----------------

4. ESQUEMA OPERACIONAL

4. ESQUEMA OPERACIONAL

A obra projetada encontra-se próxima da margem da rodovia, dando corpo a pista de rolamento, sendo, portanto, necessário o emprego de desvio no tráfego. Entretanto, é indispensável à adoção de sinalização de tráfego provisória devido à presença de movimentação de equipamentos, caminhões de transporte e pessoal de obra, seguindo as recomendações constantes na publicação IPR-738 do DNIT “Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias”.

A seguir, é apresentada a lista de equipamentos mínimos necessários à obra.

- Escavadeira hidráulica
- Trator de esteiras
- Perfuratriz
- Central de injeção
- Caminhão Pipa
- Caminhão carroceria
- Laboratório de solos e concreto

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 13/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	-----------------

5. CANTEIRO DE OBRAS

5. CANTEIRO DE OBRAS

Para a implantação da obra projetada, o canteiro de obras a ser instalado será simples e pequeno, devido à pequena complexidade da obra e dos materiais e processos envolvidos.

As funções que o canteiro de obras deve desempenhar são:

- Planejamento, coordenação, execução e controle técnico e administrativo da obra (escritório);
- Abrigo de pessoal (sanitários, alimentação);
- Abrigo de veículos, máquinas e equipamentos (oficina de manutenção, pátios e galpões de estacionamento);
- Armazenamento de materiais de construção.

A forma de organização física destas funções é muito variável, na medida do andamento da obra e de conclusão de etapas.

Por se tratar de uma obra de pequeno porte, o canteiro de obras pode ser constituído de contêineres.

O escritório é uma construção cujo acabamento depende de diversos fatores, como o prazo contratual e as características da obra, incluindo geralmente dependências para os seguintes elementos da administração da obra: engenheiros, estagiários, técnicos, mestre de obra, encarregado de escritório e segurança do trabalho.

O almoxarifado deve ser construído nas proximidades do escritório e mantido limpo e arrumado. Deve também possuir fácil acesso externo e permitir uma fácil distribuição dos materiais pelo canteiro.

O depósito é um local destinado à estocagem de materiais volumosos ou de uso corrente, podendo ser a céu aberto, cercados ou cobertos, abrigados das intempéries.

O refeitório deve ter capacidade para garantir o atendimento de todos os trabalhadores no horário das refeições e com assentos em número suficiente, dispondo de lavatório instalado no seu interior ou nas proximidades.

O canteiro deve possuir vestiário para troca de roupa dos trabalhadores que não residam no local. Os vestiários devem ter armários individuais, dotados de fechadura ou dispositivo com cadeado, e bancos com largura mínima de 30 cm.

As instalações sanitárias devem ter portas de acesso que impeçam o seu devassamento e ser construídas de modo a manter resguardo conveniente. Devem estar situadas em locais de fácil e seguro acesso e constituídas de um conjunto composto de lavatório, vaso sanitário e mictório, para cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores ou fração, e de um chuveiro para cada grupo de 10 (dez) trabalhadores ou fração.

A obra deve dispor de materiais para prestação de primeiros socorros, mantido aos cuidados de pessoa treinada para esse fim. A implantação de um ambulatório ficará a cargo do empreiteiro. O ideal é que a empresa mantenha seguro de acidentes de trabalho ao longo do período contratual.

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 16/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	-----------------

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Apresentam-se a seguir as especificações técnicas referentes à obra apresentada neste documento.

Especificações técnicas de execução do DNIT:

DNIT 104/2009 - ES - Terraplanagem - Serviços preliminares - Especificação de serviço;

DNIT 105/2009 - ES - Terraplanagem - Caminhos de serviço - Especificação de serviço;

DNIT 018/2006 - ES - Drenagem - Sarjetas e valetas de drenagem;

DNIT 021/2004 - ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água;

DNIT 022/2006 - ES - Drenagem - Dissipadores de energia;

DNIT 023/2006 - ES - Drenagem - Bueiros tubulares de concreto;

DNIT 027/2004 - ES - Drenagem – Demolição de dispositivos de concreto;

DNIT 028/2004 - ES - Drenagem – Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem;

DNIT 029/2004 - ES - Drenagem – Restauração de dispositivos de drenagem danificada;

DNIT 102/2009 - ES - Proteção do Corpo Estradal - proteção vegetal;

DNIT 106/2009 - ES - Terraplanagem - Cortes - Especificação de serviço;

DNIT 107/2009 - ES - Terraplanagem - Empréstimos - Especificação de serviço;

DNIT 108/2009 - ES - Terraplanagem - Aterros - Especificação de serviço;

DNIT 071/2006 – ES - Tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas consideradas planas ou de pouca declividade por vegetação herbácea - Especificação de Serviço;

DNIT 072/2006 – ES - Tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas íngremes ou de difícil acesso pelo processo de revegetação herbácea - Especificação de Serviço;

Código: RT-06-116/SP-352-0-G23/502	Revisão: A	Emissão: 14/10/2015	Folha: 18/21
---------------------------------------	---------------	------------------------	-----------------

7. PLANO BÁSICO AMBIENTAL

7. PLANO BÁSICO AMBIENTAL

A obra em questão é caracterizada pela execução de uma cortina atirantada na BR116/SP, Retorno Operacional no km 352+000, com o intuito de duplicar à rodovia e melhorar seu funcionamento.

Deverão ser respeitadas as recomendações das seguintes Normas e Instruções de Serviço do DNIT:

- Norma DNIT 070/2006-PRO: Condicionantes ambientais em áreas de uso de obras - Procedimento;
- Norma DNIT 078/2006-PRO: Condicionantes ambientais pertinentes à segurança rodoviária na fase de obras – Procedimento;
- DNIT IPR-713: Instrução de Proteção Ambiental para Controle de Processos Erosivos na Faixa de Domínio e Lindeiras nas Rodovias Federais

7.1 Ações ambientais

Nos quadros seguintes são apresentados as ações de cunho ambiental a serem implementadas antes, durante e após o empreendimento, indicando-se a competência de cada uma delas.

Quadro 1: Ações ambientais durante a fase de serviços preliminares.

Serviços Preliminares		
Item	Descrição	Competência
1	Obter autorizações para desmatamento junto ao IBAMA ou órgão correspondente.	Empreiteira e contratante
2	Evitar o desmatamento e limpeza dos terrenos fora dos limites estritamente necessários à implantação das obras na faixa estradal.	Empreiteira e contratante
3	Preservar as árvores de grande porte ou de interesse paisagístico e biológico.	Empreiteira e contratante
4	O material do desmatamento e da limpeza do terreno não pode ser lançado dentro de talvegues e de corpos d'água.	Empreiteira e contratante
5	No desmatamento e limpeza de terrenos próximos a corpos d'água deverão ser implantados dispositivos de drenagem que impeçam o carreamento de sedimentos.	Empreiteira e contratante
6	Não devem ser utilizados explosivos, agentes químicos, processos mecânicos não controlados ou queimadas para a realização de desmatamento e limpeza de terrenos. Casos específicos devem ser tratados junto com a fiscalização.	Empreiteira e contratante
7	Utilizar os solos orgânicos para recobrimento de áreas estéreis exploradas e/ou áreas adjacentes, caso possam receber a aplicação de tais tipos de material.	Empreiteira e contratante
8	Os materiais orgânicos provenientes da limpeza do terreno e desmatamentos deverão ser estocado/ enleirados em áreas pré-definidas, para posterior utilização durante as atividades de reabilitação ambiental dos locais de empréstimo, bota-foras e demais áreas.	Empreiteira e contratante

Quadro 2: Ações ambientais na fase de serviços de terraplenagem.

Terraplenagem		
Item	Descrição	Competência
1	Disponibilizar preferencialmente o material de bota-fora como alargamento dos aterros do corpo estradal ou como bermas, ou em áreas já degradadas.	Empreiteira e Contratante
2	Não depositar nenhum material de bota-fora em terreno de propriedade privada, sem autorização do proprietário e somente após fiscalização da obra.	Empreiteira e Contratante
3	Não depositar nenhum material de bota-fora em mananciais, talvegues e áreas de preservação ecológica.	Empreiteira e Contratante
4	Executar compactação em todo o volume de bota-fora e procurar reconformar a superfície da área de deposição, providenciando a cobertura vegetal à paisagem local.	Empreiteira
5	Cobrir a superfície dos taludes de corte em 1ª ou 2ª categoria com vegetação ou outro método de proteção, controlando a pega e avaliando a necessidade de repasse. O revestimento deve ser complementado por biomantas quando da ocorrência de declividades muito acentuadas ou de solos de alto potencial erosivo.	Empreiteira
6	Verificar a adequação dos dispositivos de drenagem quanto à proteção de erosões ou ocorrências de instabilidades nos taludes de cortes e aterros.	Empreiteira e Contratante
7	Harmonizar os taludes com a topografia.	Empreiteira
8	Remover as camadas de lama no trajeto dos equipamentos, quando ocorrer.	Empreiteira
9	Aspergir água nos trechos poeirentos, quando da ocorrência de nuvens de poeira com perigo de acidentes.	Empreiteira
10	Cobrir as caçambas com lona ou tela durante o trajeto dos caminhões e remover eventual material que venha a tombar sobre a pista.	Empreiteira
11	Novas frentes de trabalho só devem ser abertas após a implantação dos elementos de drenagem e cobertura vegetal de proteção na terraplenagem do corpo estradal.	Empreiteira e Contratante

Quadro 3: Ações ambientais na fase de implantação de drenagem superficial.

Drenagem		
Item	Descrição	Competência
1	Respeitar a linha natural de drenagem, a fim de evitar obstruções e desvio das águas.	Empreiteira
2	Construir e desobstruir valetas de proteção de cortes e aterros, a fim de garantir o fluxo normal das águas.	Empreiteira
3	Todo material excedente de escavação deverá ser removido das proximidades dos dispositivos de drenagem, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água.	Empreiteira
4	Proteger as entradas e saídas de bueiros com o plantio de árvores ou gramíneas para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.	Empreiteira
5	Depois de cada período de chuva, ou diariamente em caso de período prolongado, inspecionar os dispositivos de drenagem, controle de erosão e assoreamento, para corrigir possíveis deficiências.	Empreiteira e Contratante

Quadro 4: Ações ambientais durante a fase de sinalização.

Sinalização		
Item	Descrição	Competência
1	Executar a sinalização adequada na fase de construção, seguindo projeto específico.	Empreiteira
2	Quando existir vegetação de porte ou de interesse paisagístico e biológico no local previsto para implantação de sinalização, esta deverá ser deslocada para posição mais próxima possível, sem prejuízo da emissão da mensagem.	Empreiteira e Contratante
3	Deverá ser promovido o disciplinamento dos fluxos de tráfego e do estacionamento de equipamento de forma a se evitar eventuais situações de risco.	Empreiteira e Contratante
4	Em caso de extravio, danificação ou insuficiência da sinalização, esta deve ser imediatamente substituída ou repostada.	Empreiteira e Contratante

Quadro 5: Ações ambientais nas áreas de apoio.

Áreas de apoio		
Item	Descrição	Competência
1	O canteiro de obras, caixas e jazidas de empréstimo, de bota-fora, trilhas, caminhos de serviço, estradas de acesso, área de disposição de resíduos sólidos e outras áreas de apoio alteradas deverão ser suas áreas ambientalmente reabilitadas após a fase de desmobilização das obras.	Empreiteira e Contratante
2	As obras de drenagens temporárias executadas para a implantação dos caminhos de serviço e estradas de acesso devem ser removidas durante as atividades de reabilitação ambiental.	Empreiteira e Contratante
3	Reconformar a topografia de todas as áreas utilizadas durante a obra, conforme os terrenos adjacentes, mediante atenuação dos taludes, reordenação das linhas de drenagem e recomposição da cobertura vegetal.	Empreiteira e Contratante



Autopista
Régis Bittencourt
arteris

Código ANTT:
RT-06-116/SP-352-0-C01/501

REV.:
A

Emissão:
09/03/2016

Folha:
1 de 6

Lote:
04

Rodovia:
BR-116 – Régis Bittencourt

Firma Projetista:
ENGETI - Consultoria e Engenharia S/S Ltda.

Trecho:
São Paulo/Curitiba

Concessionária:
Autopista Régis Bittencourt

Objeto:
Projeto Padrão – Barreiras Rígidas em Concreto Armado

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

REV.	Data	Responsável Técnico – Firma Projetista	Concessionária	ANTT
0	09/03/2016	Engº Júlio Timerman–CREA-0600647519	Autopista Régis Bittencourt	

FIRMA PROJETISTA: ENGETI - Consultoria e Engenharia S/S Ltda.

Nº INTERNO: ENG-RT-06-116/SP-352-0-C01/501

Rev.: 0

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	BIBLIOGRAFIA.....	3
3	FORMAS	3
4	REQUISITOS A SEREM ATENDIDOS	4
5	CONSIDERAÇÕES	4
	5.1 QUANTO A ANCORAGEM.....	4
	5.2 QUANTO A ARMADURA DA BARREIRA	4
6	MATERIAIS E QUANTIDADES	5
	6.1 POR METRO LINEAR DE BARREIRA (SEM CONSIDERAR A BROCA)	5
	6.2 POR BROCA	6
	6.3 POR MÓDULO DE 6,0M DE BARREIRA (3 ESTACAS)	6

4 REQUISITOS A SEREM ATENDIDOS

Os requisitos a serem atendidos pelas barreiras de segurança são (2):

- a) Evitar danos às pessoas fora do veículo;
- b) Fazer com que o impacto sofrido pelos ocupantes do veículo se mantenha dentro de limites seguros para a sua integridade física;
- c) Impedir que os veículos leves e, se economicamente possível, os veículos pesados penetrem em áreas perigosas;
- d) Desviar o veículo que atinja a barreira, obrigando-o a seguir uma trajetória sensivelmente paralela à direção da barreira de segurança;
- e) Minimizar o custo dos danos;
- f) Resistir ao impacto de um veículo que se choque contra a barreira, sem que este veículo e a própria barreira se convertam em uma ameaça para o tráfego.
- g) Proteger elementos estruturais existentes junto as faixas de tráfego (pilares, paredes, etc.)

5 CONSIDERAÇÕES

5.1 Quanto a ancoragem

Conforme experiências efetuadas com barreiras sem ancoragem e relatadas nos livros citados na bibliografia (2) e (3) não foi notado nenhum deslocamento significativo nas mesmas.

Não obstante, e procurando atender as normas internas vigentes no DER/SP e DERSA, foram previstas brocas moldadas “*in loco*” com diâmetro de 20cm e profundidade de 100cm espaçadas a cada 2,0m.

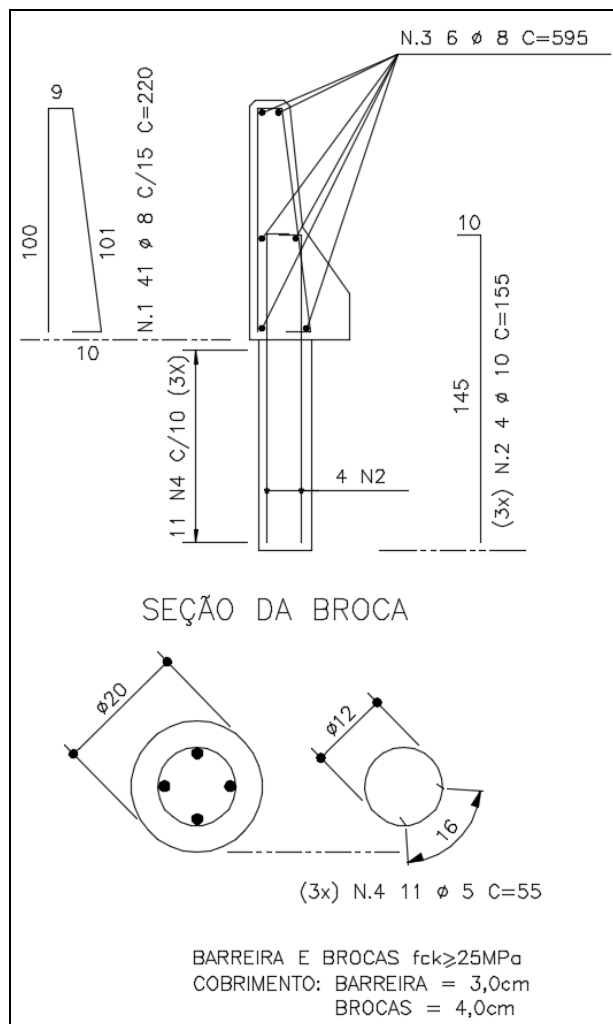
As brocas não tem a função estrutural de resistir diretamente ao impacto de veículos, mas tão somente proporcionar uma rigidez horizontal maior, reduzindo os deslocamentos horizontais em função dos eventuais impactos na barreira.

5.2 Quanto a armadura da barreira

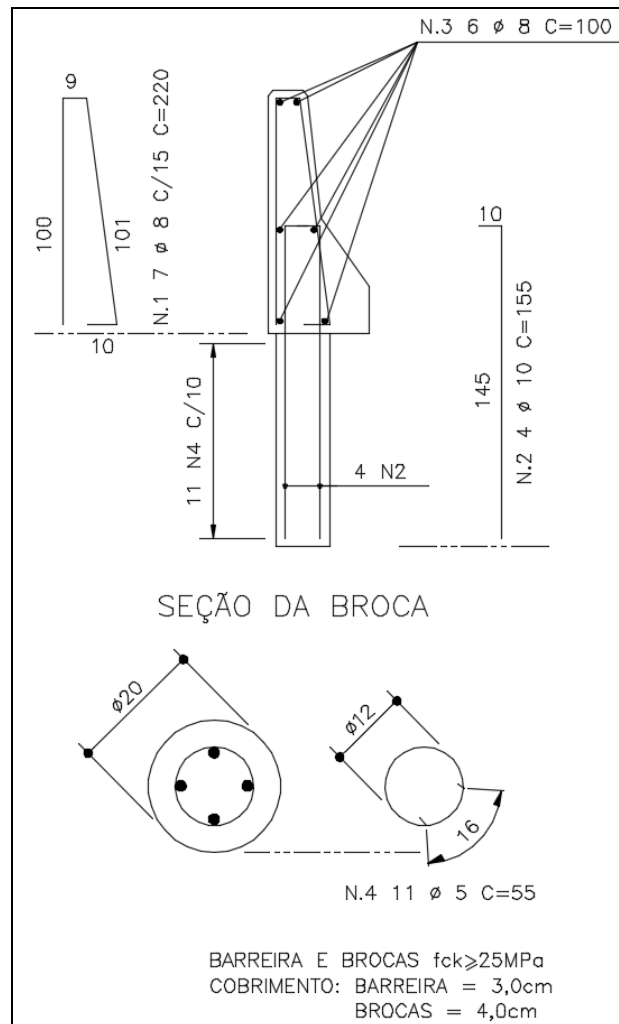
Existem observações sobre barreiras sem qualquer armadura, com excelente desempenho conforme descrito no livro citado na bibliografia (3).

Com o intuito de promover ductilidade na peça, evitando o “lasqueamento” do concreto e “expulsão” de parte dele quando do impacto, além de evitar o surgimento de grandes fissuras devido a retração e a variação de temperatura, reduzindo assim o surgimento de patologias e custos com manutenção, sugerimos a armação indicada abaixo.

Detalhe para módulo de 6,0m (3 brocas)



Detalhe por metro de barreira e uma broca



6 MATERIAIS E QUANTIDADES

6.1 POR METRO LINEAR DE BARREIRA (SEM CONSIDERAR A BROCA)



- Reaterro com solo-cimento: 0,152m³/m
- Forma comum de madeira: 2,17m²/m
- Concreto Magro: 0,076m³/m
- Concreto fck 25MPa: 0,29m³/m
- Aço CA-50: 8,5kg/m

6.2 POR BROCA

- Concreto fck 25MPa: 0,032m³/broca
- Aço CA-50: 3,9kg/broca
- Aço CA-60: 0,94kg/broca

6.3 POR MÓDULO DE 6,0m DE BARREIRA (3 ESTACAS)

- Reaterro com solo-cimento: 0,92m³/6m
- Forma comum de madeira: 13,0m²/6m
- Concreto Magro: 0,46m³/6m
- Concreto fck 25MPa: 1,84m³/6m e 3 brocas
- Aço CA-50: 61,2kg/6m e 3 brocas
- Aço CA-60: 2,80kg/6m e 3 brocas
- Veda juntas em mastique à base de silicone: 2,31m

 AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES		Autopista Régis Bittencourt 		Código MC-06-116-SP-351-9-C01-504		REV. A	
Emissão 17/02/2016		Folha 1 de 11					
Lote : 04		Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT		Firma Projetista: ENESCIL ENG. DE PROJETOS			
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA - PISTA NORTE				Concessionária: Autopista Régis Bittencourt			
Objeto: MEMÓRIA DE CÁLCULO DE TAXAS DE ARMADURA DE VIGOTAS E PLACAS DA OBRA 19 - OAE NO KM 351+900				ANTT:			
Documentos de Referência: DE-06-116-SP-351-9-C01-515 DE-06-116-SP-351-9-C01-527							
Documentos Resultantes:							
Observação:							
0	29/04/2016	Enescil Engenharia	Autopista Régis Bittencourt				
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária				ANTT
FIRMA PROJETISTA: ENESCIL							
Nº INTERNO: ENE-MC-06-116-SP-351-9-C01-504						Rev. 00	

MEMORIAL DE CÁLCULO DAS TAXAS DE ARMADURA DAS VIGOTAS E PLACAS DE PRÉ-LAJE – OBRA 19 - OAE NO km 351 + 900m - SERRA DO CAFEZAL

O presente documento destina-se a demonstrar os valores de taxas de aço das vigotas e das placas de pré-laje.

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

Esforços solicitantes	1+	1-(na vigota)	2+	2-	3	4
Mgk (tfm)	8.80	5.90	2.50	1.30	5.40	2.00
Mqk max (tfm)	13.70	1.60	5.50	0.33	2.60	1.70
Mqk min (tfm)			-1.80			

Propriedades dos materiais

fck (MPa)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
fyk (MPa)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00

Propriedades da seção

bf (cm)	120.00		120.00		60.00	60.00
hf (cm)	19.00		19.00		19.00	19.00
bw (cm)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
h (cm)	52.00	33.00	52.00	33.00	52.00	52.00
binf						
hinf						
espaç. barra horizontal (cm)						

Armadura inferior

φ (mm) (mm)	25.0	20.0	20.0	20.0	20.0	16.0
barras por camada	2	3	2	2	2	2
cobrimto na armadura (cm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As' (cm²)		1.24				
d' (cm)						

DIMENSIONAMENTO

Md (tfm)	32.4	10.4	11.6	2.3	11.2	5.3
d (cm)	45.3	28.0	48.0	29.0	48.0	48.2
x (cm)	4.26	14.59	1.40	2.51	2.73	1.26
As (cm²)	17.13	10.76	5.64	1.85	5.49	2.53
As' nec. (cm²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões (tfm)	18	7.02	6.35	1.53	7.22	3.19
M _{Dmin} tensões (tfm)	9	5.90	1.24	1.30	5.40	2.00
σ _{smax} (kgf/cm²)	2737	2685	2551	3032	2976	2760
σ _{smin} (kgf/cm²)	1310	2257	498	2574	2226	1730
Δσ _s (kgf/cm²)	1427	428	2053	457	750	1030
Δσ _s Admissível (kgf/cm²)	1750	1850	1850	1850	1850	1900
K	1.00	1.00	1.11	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.} (cm²)	17.13	10.76	6.25	1.85	5.49	2.53

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax} (kgf/cm²)	2442	2731	2580	3055	3009	2779
ρ _{ri}	0.053	0.046	0.028	0.028	0.028	0.023
w ₁ (mm)	0.26	0.26	0.23	0.33	0.32	0.22
w ₂ (mm)	0.12	0.12	0.17	0.20	0.19	0.17
ELS-W w _k ≤ (mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.} (cm²)	17.13	10.76	5.64	1.85	5.49	2.53

Armadura sugerida

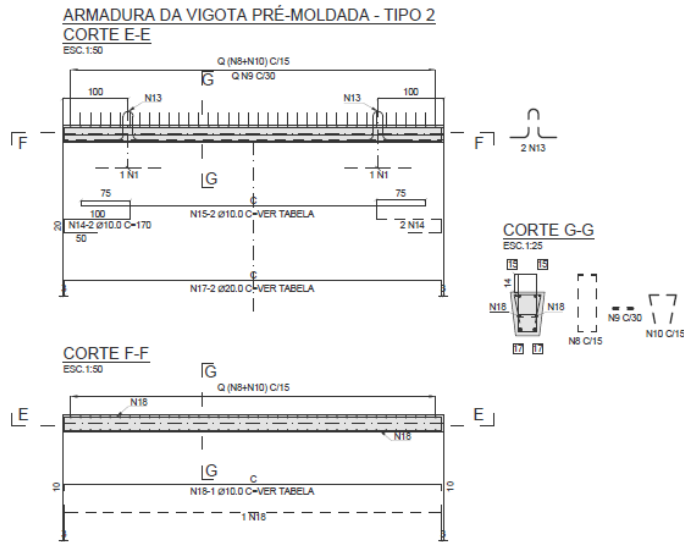
	(4Ø25mm)	(4Ø20mm)	(2Ø20mm)	(1Ø20mm)	(2Ø20mm)	(2Ø16mm)
CG barras (cm)	6.8	5.0	4.0	4.0	4.0	3.8
número de camadas	2	2	1	1	1	1

1.2 VIGOTA TIPO 2

Resumo da armadura adotada

$$A_s^+ = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$A_s^- = 1,6 \text{ cm}^2$$



RESUMO DO AÇO CA-50			
Ø	COMPRIMENTOS (m)	PESOS (kg)	
		p/m	TOTAL
6.3	1783.56	0.25	448
10.0	4343.89	0.63	2737
16.0	144.78	1.60	232
20.0	634.98	2.50	1587
TOTAL			5002

Volume médio de 1 vigota

$$V_2 = 0,41 \text{ m}^3$$

Volume de 57 vigotas

$$V_{2,t} = 23,3 \text{ m}^3$$

Aço total

$$W = 5002 \text{ kg}$$

Taxa de aço

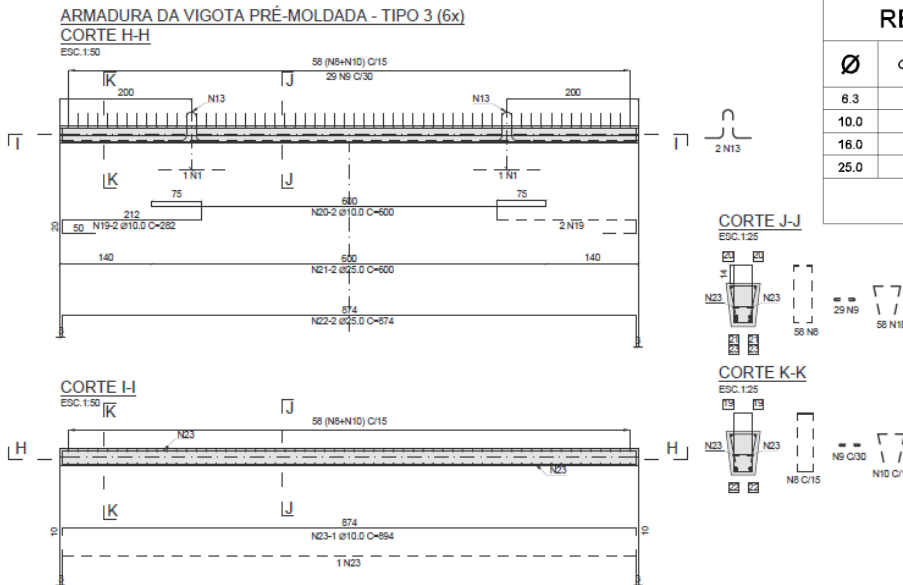
$$t = 215 \text{ kg/m}^3$$

1.3 VIGOTA TIPO 3

Resumo da armadura adotada

$$A_s^+ = 19,6 \text{ cm}^2$$

$$A_s^- = 1,6 \text{ cm}^2$$



Volume de 1 vigota

$$V_3 = 0,64 \text{ m}^3$$

Volume de 6 vigotas

$$V_{3,t} = 3,8 \text{ m}^3$$

Aço total

$$W = 1236 \text{ kg}$$

Taxa de aço

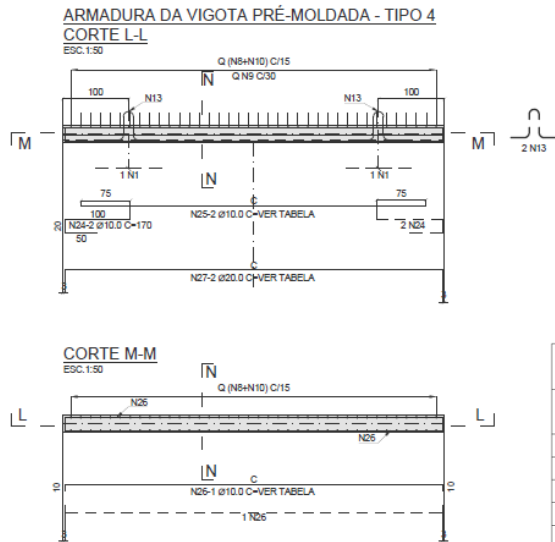
$$t = 326 \text{ kg/m}^3$$

1.4 VIGOTA TIPO 4

Resumo da armadura adotada

$$A_s^+ = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$A_s^- = 1,6 \text{ cm}^2$$



RESUMO DO AÇO CA-50			
Ø	COMPRIMENTOS (m)	PESOS (kg)	
		p/m	TOTAL
6.3	498.68	0.25	125
10.0	1221.58	0.63	770
16.0	50.80	1.60	81
20.0	175.60	2.50	439
TOTAL			1415

Volume médio de 1 vigota

$$V_3 = 0,32 \text{ m}^3$$

Volume de 20 vigotas

$$V_{3,t} = 6,5 \text{ m}^3$$

Aço total

$$W = 1415 \text{ kg}$$

Taxa de aço

$$t = 218 \text{ kg/m}^3$$

2 MEMORIAL DA TAXA DAS PRÉ-LAJES

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes

M _{gk}	(tfm/m)	0.129	1.610
M _{gk max}	(tfm/m)	1.990	9.630
M _{gk min}	(tfm/m)	0.000	0.000

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30	30
f _{yk}	(MPa)	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	19.0	35.0
bw	(cm)	100.0	100.0

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	10.0	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	5.00	5.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ² /m)	25.00	
d'	(cm)		

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	3.16	16.62
d	(cm)	13.50	29.38
x	(cm)	1.69	4.11
A _s	(cm ²)	5.67	13.78
A _{s' nec.}	(cm ²)		

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	1.72	9.31
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.13	1.61
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2413	2483
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	181	429
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2232	2054
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1900	1900
K		1.17	1.08
A _{s corr.}	(cm ² /m)	6.7	14.9

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

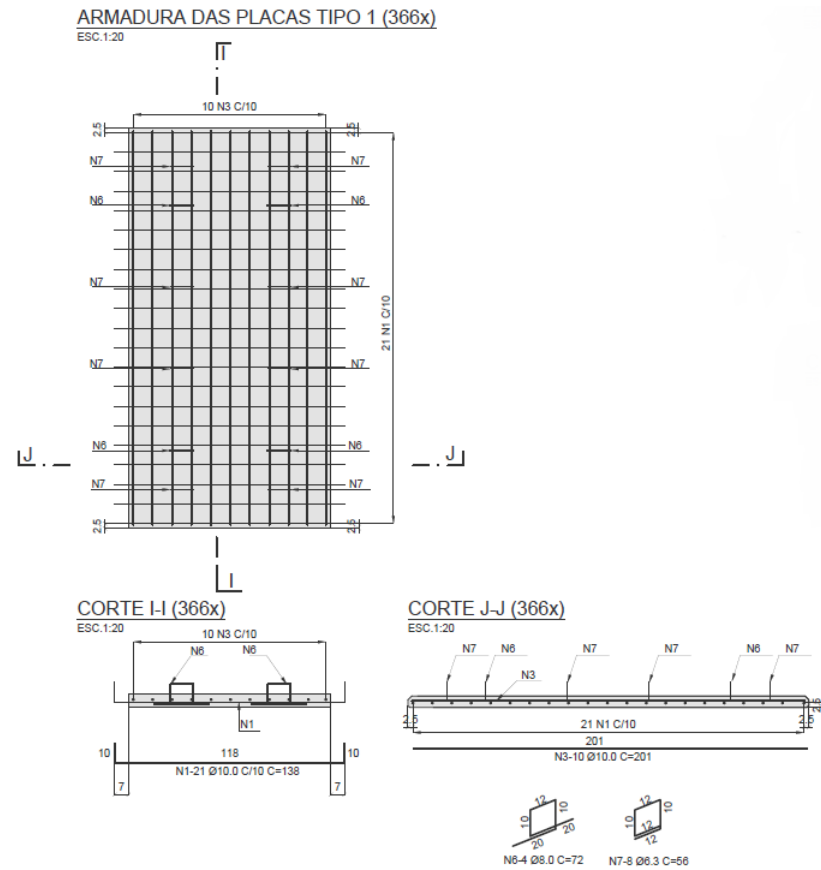
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2433	2509
ρ _{ri}		0.004	0.009
w ₁	(mm)	0.10	0.14
w ₂	(mm)	0.40	0.25
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30
K		1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	5.7	13.78

Armadura e espaçamento	(Ø10c/12cm)	(Ø12.5c/8.3cm)
Quantidade de barras	9	12

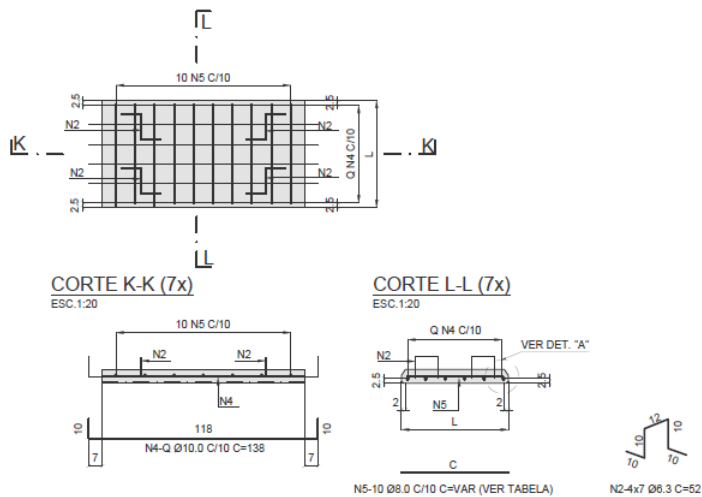
2.1 PLACAS TIPO 1 A 37

Resumo da armadura adotada

$$A_s^+ = 7,9 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

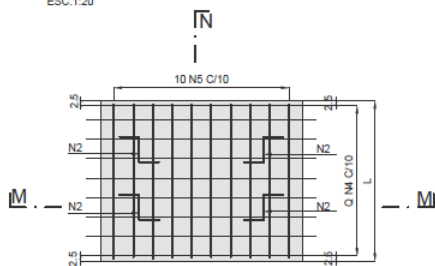


ARMADURA DAS PLACAS TIPOS 2 E 3 (7x)
ESC.1:20



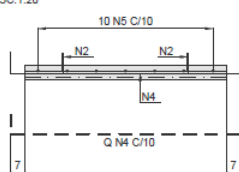
ARMADURA DAS PLACAS TIPOS 4 A 37 (174x)

ESC.1:20



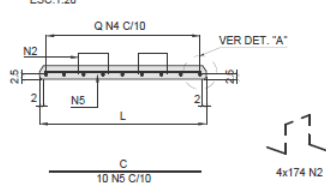
CORTE M-M (174x)

ESC.1:20



CORTE N-N (174x)

ESC.1:20



RESUMO DO AÇO CA-50

Ø	COMPRIMENTOS (m)	PESOS (kg)	
		p/m	TOTAL
6.3	4908.32	0.25	1077
8.0	3714.78	0.40	1486
10.0	20926.14	0.63	13183
TOTAL			15746

Volume total das placas de pré-laje

$$V = 69,7 \text{ m}^3$$

Aço total

$$W = 15746 \text{ kg}$$

Taxa de aço

$$t = 226 \text{ kg/m}^3$$

SUMÁRIO

1- APRESENTAÇÃO.....	03
2- MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....	04
3- ELABORAÇÃO DE PROJETO.....	05
4- DETALHAMENTO BASICO DE IMPLANTAÇÃO.....	05
4.1- ESPECIFICAÇÕES DA IMPLANTAÇÃO.....	05
4.2 –ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS.....	07
4.3-PROJETO LUMINOTECNICO.....	10
5- LISTA DE MATERIAIS.....	11
6- PLANEJAMENTO DA OBRA.....	12
7- ESQUEMA OPERACIONAL.....	13
8- PLANO BÁSICO AMBIENTAL.....	14
9- LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	18
10-CRONOGRAMA.....	18
11-ART.....	19
12-REFERÊNCIAS TÉCNICAS.....	21

1. APRESENTAÇÃO:

A Autopista Régis Bittencourt S/A entrega nesta oportunidade o presente **Projeto Executivo de Implantação do Sistema de Iluminação do Dispositivo de Retorno - km 352 + 000 m e área de Escape do km 353+000 m, Município de Miracatu – SP.**

O Projeto é composto por 2 volumes conforme descrito abaixo:

- Desenho;
- Projeto, Esquema Construtivo e Plano Básico Ambiental.

O presente volume refere-se ao Projeto, Esquema Construtivo e Plano Básico Ambiental.

2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO:

Iluminação do Dispositivo de Retorno – km 352 + 000 m e Área de Escape do km 353+000 m no Município de Miracatu – SP.

Localização Geográfica

24°06'54.81" S

47°23'62.23" O



3. ELABORAÇÃO DO PROJETO:

O projeto foi elaborado considerando-se todas as informações técnicas oriundas do levantamento de campo realizado.

O levantamento executado em campo considerou todas as interferências existentes de outras Concessionárias (Estruturas físicas atuais, Drenagens, Telecom, Gás, Água e Esgoto, etc.), a fim de minimizar os riscos de possíveis acidentes na estrutura a ser implantada durante a execução dos serviços.

Foram adotados os critérios luminotécnico exigidos nas Normas ABNT 5410, Normas das Concessionárias de Energia e Normas DNIT.

Estabelecidos os parâmetros acima, foi alocada a rede com toda sua estrutura, definindo todos os detalhamentos e métodos construtivos considerando o local de implantação.

4. DETALHAMENTO BASICO DE IMPLANTAÇÃO

4.1. ESPECIFICAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO

4.1.1. Levantamento de Cargas

As cargas novas, exclusivamente com luminárias de LED de 150 W com fator de potência médio de 0,93, totalizará no trecho 5.967 W.

4.1.2. Alimentação de Energia

A alimentação de energia será fornecida pela concessionária de energia elétrica local, porém o eventual custo da ampliação e/ou reforço da rede de distribuição primária será cobrado da Autopista Régis Bittencourt juntamente com a construção de 01 padrão de energia bifásico, categoria B1.

Após um levantamento de carga dos circuitos, foi determinado que a iluminação a implantar fosse atendida em um circuito pela rede de baixa tensão existente e projetada.

4.1.3. Projeto Luminotécnico

O cálculo luminotécnico foi elaborado seguindo as NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS, NORMAS TÉCNICAS DA ELEKTRO, o que determinou os tipos de luminárias, altura dos postes, espaçamento dos vãos e todas as características inerentes ao projeto.

4.1.4. Comandos

As luminárias projetadas serão acionadas por comando em grupo acionado por Relé Fotoelétrico.

4.1.5. Condutores

Os condutores aplicados serão do tipo aéreo com cabo de alumínio tríplex e isolamento para 750 V, instalados aéreos entre os postes e ligando as luminárias com cabo de cobre com isolamento para 0,6/1kV.

Obs.: Para o melhor funcionamento do sistema será necessário equilibrar as cargas de cada circuito nas fases distribuídas no trecho, especificadas no projeto elétrico.

4.1.6. Aterramento

Aterrar o sistema, ou seja, ligar intencionalmente um condutor fase nu, o que é mais comum, o neutro à terra, tem por objetivo controlar a tensão em relação à terra dentro de limites previsíveis. Esse aterramento também oferece um caminho para a circulação de corrente que irá permitir a detecção de uma ligação indesejada entre os condutores vivos e a terra.

4.1.7. Luminárias

As luminárias contempladas neste projeto serão tipo pública de LED com potência de 150 W modelo pétala;

4.1.8. Postes

Os postes de iluminação adotados serão dos tipos Ornamentais tele cônicos metálicos em Aço Galvanizado.

4.1.9. Rede de Distribuição

A rede de distribuição que atenderá a iluminação está dimensionada e prevista neste projeto, conforme orientações do setor de análise de redes da mesma.

4.2. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS

4.2.1. Aterramento

Para atender o aterramento será utilizada haste de cobre tipo copperweld com conector haste/cabo de 5/8"x 2,4m, conforme especificação no projeto.



4.2.2. Postes das Luminárias

Os postes de iluminação adotados serão dos tipos Ornamentais tele cônicos metálicos em Aço Galvanizado, com 10 metros de altura engastados no solo ou fixados na barreira Jersey através de chumbadores, para 01 luminária.



4.2.3. Conjunto de Iluminação

4.2.3.1. Luminária c/ Reator Incorporado

Luminária pública LED tipo pétala, LEDs de alta Potência, possui elevada eficiência Luminosa > 100lm/W e robusta fixação tipo flip-chip, o que garante maior resistência de solda e maior eficiência na dissipação de calor.

As lentes PMMA de Alta Performance da luminária pública, garantem a melhor distribuição luminosa, altos Índices de Uniformidade e sem ofuscamento.

4.2.3.2. Rele Fotoelétrica

O relê fotoelétrico será do Modelo RM-10, com base e tampa injetado em polipropileno preto estabilizado contra irradiações UV resistente a intempéries e choques mecânicos, lente da fotocélula injetada em polipropileno transparente, proteção eletrônica com Varistor, acionamento eletromagnético e capacidade de carga de 1000 W (220V) ou 1800VA(220V)



4.2.4. Condutor

- **Rede**
Cabo de Alum. Isolado Bitola 2x16(16) mm² (fases)
- **Poste**
Cabo 2 x 1,5 mm (fases)
- **Poste padrão**
Cabo cobre 16 mm² isolado para o padrão
- **Aterramento**
Cabo de cobre nu 10 mm² (padrão de energia).



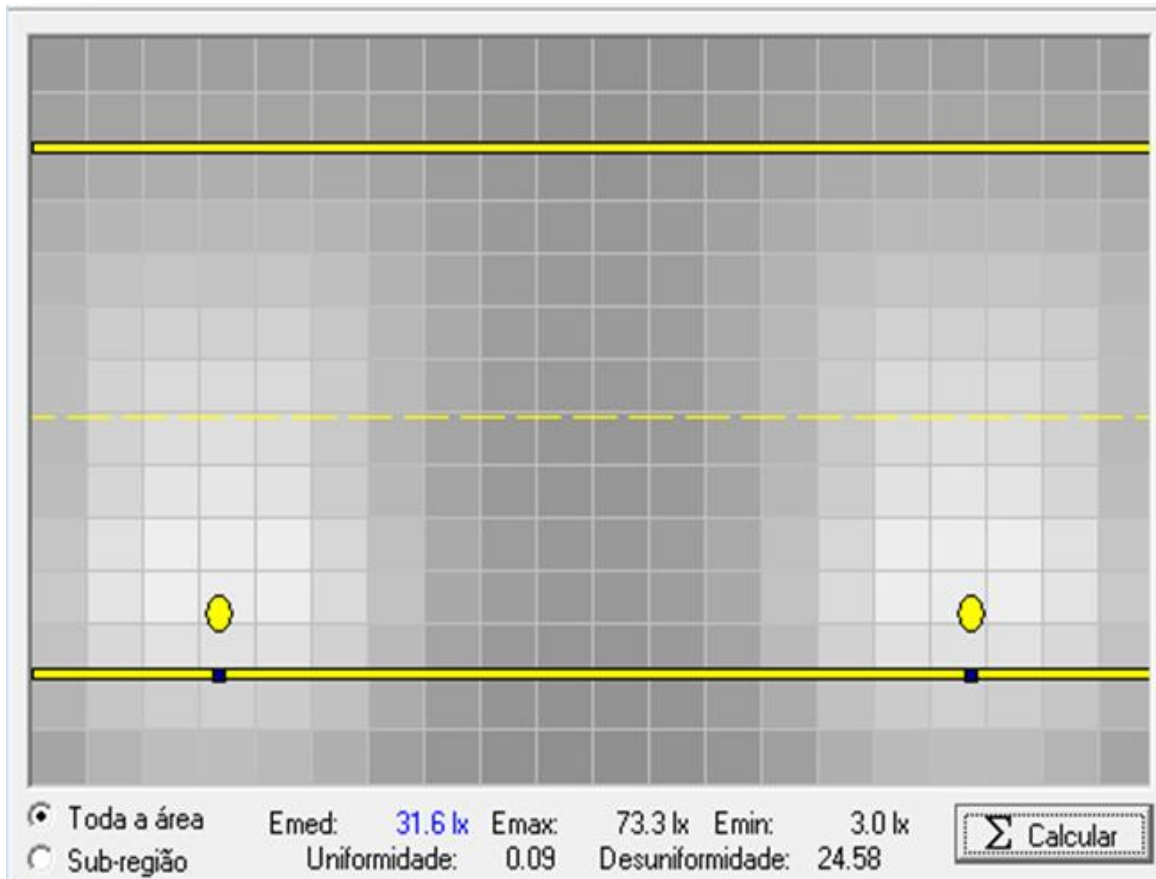
4.2.8. Poste Padrão

Para atender a iluminação da via de acesso, será construído 01 padrão de energia bifásico categoria B1. Os detalhes desse padrão se encontram no projeto



4.3 Projeto Luminotécnico

4.3.1. Situação 1 – Poste com 01 Luminária



PLANILHA DE ILUMINÂNCIA

Y / X (m)	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	16.50	19.50	22.50	25.50	28.50	31.50	34.50	37.50	40.50	43.50	46.50	49.50	52.50	55.50	58.50
12.15	11.3	13.2	14.6	14.6	14.3	12.6	10.4	7.0	5.0	4.0	4.0	5.0	7.0	10.4	12.6	14.3	14.6	14.6	13.2	11.3
11.25	15.4	17.7	19.3	19.5	18.8	17.1	14.1	9.5	6.6	5.2	5.2	6.6	9.5	14.1	17.1	18.8	19.5	19.3	17.7	15.4
10.35	20.5	23.9	25.5	25.9	25.1	23.0	18.7	12.8	8.7	6.8	6.8	8.7	12.8	18.7	23.0	25.1	25.9	25.5	23.9	20.5
9.45	26.5	32.0	33.7	33.6	33.4	30.5	24.0	16.7	11.0	8.8	8.8	11.0	16.7	24.0	30.5	33.4	33.6	33.7	32.0	26.5
8.55	32.4	41.0	43.2	42.4	43.0	38.4	29.4	20.5	13.0	10.5	10.5	13.0	20.5	29.4	38.4	43.0	42.4	43.2	41.0	32.4
7.65	38.1	48.8	52.3	51.1	52.2	44.9	33.2	22.7	13.7	11.2	11.2	13.7	22.7	33.2	44.9	52.2	51.1	52.3	48.8	38.1
6.75	37.1	52.9	58.7	58.2	58.1	47.6	33.3	22.2	12.7	10.4	10.4	12.7	22.2	33.3	47.6	58.1	58.2	58.7	52.9	37.1
5.85	34.5	52.1	60.7	62.1	59.3	45.7	30.9	18.9	10.3	8.4	8.4	10.3	18.9	30.9	45.7	59.3	62.1	60.7	52.1	34.5
4.95	36.5	55.6	65.6	67.1	64.0	48.4	32.6	18.9	10.4	8.2	8.2	10.4	18.9	32.6	48.4	64.0	67.1	65.6	55.6	36.5
4.05	43.7	68.9	73.3	72.6	72.5	56.4	39.0	22.4	12.8	9.7	9.7	12.8	22.4	39.0	56.4	72.5	72.6	73.3	68.9	43.7
3.15	45.9	65.2	73.3	71.7	72.8	58.4	40.4	22.0	13.2	9.7	9.7	13.2	22.0	40.4	58.4	72.8	71.7	73.3	65.2	45.9
2.25	40.3	57.0	63.6	63.6	62.8	51.9	34.4	18.2	10.7	7.8	7.8	10.7	18.2	34.4	51.9	62.8	63.6	63.6	57.0	40.3
1.35	29.6	48.4	49.3	50.8	47.9	39.9	24.2	12.3	7.0	5.1	5.1	7.0	12.3	24.2	39.9	47.9	50.8	49.3	48.4	29.6
0.45	18.7	30.0	36.4	37.1	34.4	27.2	14.7	7.5	4.3	3.0	3.0	4.3	7.5	14.7	27.2	34.4	37.1	36.4	30.0	18.7

Área total:

Iluminância média: 31.6 lx
 Iluminância mínima: 3.0 lx
 Iluminância máxima: 73.3 lx

Fator de uniformidade: 0.09
 Fator de desuniformidade: 24.58

Sub-região:

Iluminância média: 0.0 lx
 Iluminância mínima: 0.0 lx
 Iluminância máxima: 0.0 lx

Fator de uniformidade: 0.00
 Fator de desuniformidade: 0.00

5. LISTA DE MATERIAIS

ORÇAMENTO DE MATERIAIS			
ILUMINAÇÃO DO DISPOSITIVO DE RETORNO			
RODOVIA	BR - 116		
TRECHO	Serra do Cafezal - Miracatu/SP		
LOCAL	KM 352 + 000 m		
REFERÊNCIA	PROJETO ILUMINAÇÃO DO DISPOSITIVO DE RETORNO		
ITENS	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QTDE
01	ALÇA PREF. DSTB AL 16 mm ²	pç	06
02	ARMAÇÃO SECUNDÁRIA A/ZQ 150 mm 01 ESTRIBO	pç	25
03	LUMINÁRIA PÚBLICA DE LED 150 W	pç	27
04	POSTE DE AÇO GALV. 10 m CURVO SIMPLES LEVE ENGASTADO	pç	27
05	CABO PP 2 x 1,5 mm ²	m	135
06	CABO DE ALUM. ISOLABO BITOLA 2x16(16) mm ²	m	920
07	RELÊ FOTOELRÔNICO 220V	pç	01
08	LAÇO ROLDANA P/ CABO ALUM. BITOLA 16,0 mm ²	pç	21
09	ISOLADOR ROLDANA	pç	25
10	PADRÃO DE ENTRADA TIPO B1	pç	01
11	PARAF CAB QUAD A/ZQ M16 X 125 mm (5/8 x 5")	pç	25
12	ARRUELA QUADRADA DE 50x50	pç	25
13	CABO DE COBRE COM ISOLAÇÃO EPR/XLPE 10 mm ²	m	660
14	ELETRODUTO CORRUGADO DE DIÂM. 1.1/4"	m	180
15	ABRAÇADEIRA TIPO U	pç	34
16	CHUBADOR DE AÇO	pç	68

6. PLANEJAMENTO DA OBRA:

O planejamento da obra consiste na apresentação de todas as fases executivas do empreendimento:

- 1 – Serviços Preliminares
- 2 – Etapas de Implantação
- 3 – Serviços Complementares

Os serviços informados são alvos de detalhamento no referido projeto, estando dispostos, quanto a sua execução, em conformidade com o cronograma previamente apresentado.

1- **Serviços Preliminares:**

Definição dos locais de implantação dos postes de iluminação, de forma a otimizar o sistema obtendo a maior eficiência possível em campo. Consulta a empresa concessionária de energia a fim de levantar as condições dos circuitos elétricos disponíveis para a energização do ramal de iluminação a ser construído.

2- **Etapas de Implantação:**

A construção desta infraestrutura atenderá às especificações e normas da ANTT, bem como às normas técnicas aplicáveis e vigentes para este fim.

A construção do sistema de iluminação pública atenderá, entre outras, as seguintes condições:

- Distância entre postes será de até 35 metros;
- Sistema de iluminação composto por luminárias de LED 150 W;
- Sistema de transformação de energia independente da rede atualmente existente na localidade.

O processo de implantação consiste em plantar os postes, interliga-los através dos cabos adequados e conectar o sistema de luminárias em cada poste, tal tarefa será executada com o sistema de cabeamento totalmente desconectado do sistema de energia. A ligação do sistema será executada em conjunto com a ELEKTRO, empresa concessionária de energia que atende ao município de Miracatu – SP.

3- Serviços Complementares:

Após a implantação, serão executados testes de comutação e colocação do sistema em carga através da ligação das chaves comutadoras. Qualquer alteração no terreno será recomposto na fase de acabamento de obra.

Depois de concluída a aceitação caberá à empresa executora a o fornecimento de projeto As – Built, dentro dos padrões exigidos pela ANTT e onde constarão além do encaminhamento definitivo, os perfis da rede implantada.

7- ESQUEMA OPERACIONAL:

A sinalização dos trabalhos no dispositivo de retorno do km 352+000 e Área de Escape do km 353+000, no Município de Miracatu – SP, para a execução da obra seguirá o manual de sinalização adotado pelo departamento de Tráfego da Autopista Régis Bittencourt SA, permitirá ao usuário da via a identificação das intervenções de obra em distância segura para frenagem e diminuição de velocidade nos diversos pontos de execução.

A obra promoverá interrupção de tráfego no dispositivo de retorno Rodovia Régis Bittencourt, BR – 116 São Paulo/Curitiba, uma vez que os serviços serão executados do km 352+000 ao km 353+350 m, Serra do Cafezal no Município de Miracatu–SP.

Sequencialmente apresenta-se uma relação de equipamentos que deverão ser disponibilizados e utilizados para a execução da obra.

- Caminhão;
- Caminhão Munk;
- Cesto aéreo;

8- PLANO BÁSICO AMBIENTAL:

Devido a obra ser de baixa complexidade e praticamente nenhum impacto ambiental, não existe um Plano Básico Ambiental obrigatório para sua execução, porém as seguintes ações vão ser tomadas em respeito ao Meio Ambiente:

- Instrução Geral de Controle Ambiental de Obras;
- Instruções para Treinamento Ambiental da Mão-de-obra.
- Diretrizes de Meio Ambiente padrão Arteris

- **Responsabilidades:**

A plena observância de todas as medidas para conservação do meio ambiente serão de responsabilidade do Empreendedor, e terá força contratual, podendo resultar na suspensão de pagamento em casos de não conformidade.

Caberá a Concessionária vigiar a correta implantação de todas as medidas pertinentes.

a. INSTRUÇÃO GERAL DE CONTROLE AMBIENTAL DE OBRAS:

i. Controle de Poluição do Ar

- Visando minimizar as emissões de poluentes dos veículos e equipamentos, deverão ser executadas manutenções periódicas.

ii. Controle de Contaminação da Água

CONTROLE DE VAZAMENTOS DE COMBUSTÍVEIS, LUBRIFICANTES E ÁGUAS RESIDUAIS DE CONCRETAGEM.

- Todos os equipamentos devem apresentar boas condições de funcionamento e não apresentar vazamentos, aquele que não atender, será retirado da frente de obra.

iii. Controle de Fontes de Poluição Sonora

- Deverá ser dada prioridade à escolha de equipamentos que apresentem baixos índices de ruído. Trabalhos em áreas próximas a receptores sensíveis ao ruído serão executados observando as restrições de horário que venham a ser estabelecidos.

iv. Gestão de Resíduos Sólidos

- O lixo comum deve ser encaminhado para os locais tradicionais de disposição do lixo, e realizada segregação de materiais específicos. O lixo de oficina como pneumáticos e baterias, deve ser devolvido aos fornecedores, óleos usados devem ser encaminhados para recicladoras, peças podem ser geridas como sucata.

v. Interferências com a Comunidade

- Não aplicável, não existe assentamentos populacionais na área de implantação do sistema de iluminação em pista dupla proposto por esse documento.

vi. Medidas de Controle de Erosão e Assoreamento

- Não aplicável, a obra se dará em canteiro central na rodovia.

vii. Procedimentos de Desativação e Recuperação

Na desativação de cada frente de obra será observada, a conformidade com os seguintes aspectos:

- Limpeza geral de todas as áreas afetadas;
- Desmobilização, demolição e recuperação das áreas de apoio;
- Remoção de sinalização de obra.

b. INSTRUÇÃO PARA TREINAMENTO AMBIENTAL DA MÃO-DE-OBRA

Todos os funcionários receberão treinamento logo no início das obras. Serão incluídos os seguintes temas:

- Instruções de Controle Ambiental, explicadas em linguagem simples e direta;
- Código de Posturas;
- Fundamentos de educação ambiental;
- Importância e cuidados com a vegetação nativa, os animais silvestres e o patrimônio histórico;
- Reconhecimento de animais peçonhentos;
- Prevenção e combate a incêndios florestais;
- Breve síntese da legislação ambiental pertinente, destacando as restrições e penalidades (por exemplo, corte de vegetação, caça de animais silvestres, coleta de plantas, contaminação de corpos d' água, etc.);
- Uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) e principais procedimentos de trabalho seguro;
- Orientação sobre como proceder nas situações de emergência, como primeiros socorros, combate a incêndios, etc.

i. Código de Posturas para os Trabalhadores

- Todo trabalhador é obrigado a observar rigorosamente as normas de segurança do trabalho. Qualquer inobservância dessas normas poderá ser considerada falta grave a critério do coordenador de segurança do trabalho da empresa;
- É obrigatória a realização de exame médico no ato da admissão, na troca de função ou na demissão. Todo trabalhador que apresente sintomas de doença é obrigado a comunicar o fato imediatamente;
- É terminantemente proibida a caça de animais silvestres e a derrubada não autorizada de vegetação. Qualquer trabalhador que incorra nestas faltas será sumariamente demitido;
- É proibida a perambulação dentro de remanescentes florestais fora dos limites de intervenção autorizados;
- Qualquer resto ou vestígio arqueológico, paleontológico ou histórico encontrado porventura durante a execução da obra deverá ser preservado e o achado informado imediatamente ao supervisor da obra;

- Todo trabalhador deverá seguir práticas adequadas de higiene pessoal. Não será admitido o lançamento de lixo fora dos recipientes apropriados. É obrigatória a utilização das instalações sanitárias da obra;
- É terminantemente proibido acender fogueiras ou fazer queimadas;
- São terminantemente proibidos o porte de armas e o consumo de bebidas alcoólicas ou entorpecentes;
- Os motoristas de máquinas e equipamentos que circulem fora da obra deverão respeitar rigorosamente os itinerários traçados e as normas de trânsito;
- Na utilização de vias internas de acesso deverão ser sempre observados os limites de velocidade assim como todas as instruções constantes na sinalização;
- É proibida toda forma de discriminação em função de condição social, raça, sexo ou idade;
- A conduta dos trabalhadores fora dos horários de trabalho deverá ser exemplar;
- Deverá ser mantida uma relação educada e respeitosa com todos, não sendo admitidas condutas hostis à comunidade.

c. DIRETRIZES DE MEIO AMBIENTE PADRÃO ARTERIS

- Trata-se de um dos anexos constante em contrato, que descreve todas as obrigações que a empresa mobilizada para a execução da implantação do sistema de iluminação deverá respeitar na execução de suas atividades. Tal documento prevê todas as obrigações em respeito ao meio ambiente que deverão ser seguidas e também estabelece as sanções de punição no caso de não conformidades.

9- LICENCIAMENTO AMBIENTAL:

A obra e serviço da implantação do sistema de iluminação do dispositivo de retorno do km 352+000 e Área de Escape do km 353+000, Miracatu - SP se encontra totalmente dentro da área rural do município, informamos que se trata de área antro pisada e que a execução da obra se dará sem nenhuma supressão vegetal.

Esclarecemos ainda, que a implantação do sistema não está usando terreno de Áreas de Preservação Ambiental APA.

10- Cronograma de implantação do sistema de iluminação do Dispositivo de Retorno do km 352+000 – Miracatu-SP

ATIVIDADES	DIAS																														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Mobilização	■	■	■	■																											
Abertura de Buracos					■	■	■	■	■	■	■																				
Equipar Postes												■	■	■	■																
Implantação de Poste															■	■	■	■													
Lançamento de Cabo																					■	■	■	■	■	■					
Interligações da Rede																											■	■	■		
Testes																														■	■

11-ART

Resolução nº 1.025/2009 - Anexo I - Modelo A

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230181029487

1. Responsável Técnico

ADILSON LEVI CORREA

Título Profissional: **Engenheiro Eletricista**

Empresa Contratada: **J.P. MANUTENÇÃO ELÉTRICA LTDA.**

RNP: **2603538764**

Registro: **0601395403-SP**

Registro: **0772820-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT S/A**

Endereço: **Rodovia SP 139**

Complemento:

Cidade: **Registro**

Contrato:

Valor: **R\$ 2.400,00**

Ação Institucional:

CPF/CNPJ: **09.336.431/0001-06**

Nº: **226**

Bairro: **São Nicolau**

UF: **SP**

CEP: **11900-000**

Celebrado em: **20/08/2018**

Vinculada à Art nº:

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rodovia Régis Bittencourt km 352+000**

Complemento: **Serra do Cafezal**

Cidade: **Miracatu**

Data de Início: **20/08/2018**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Nº:

Bairro:

UF: **SP**

CEP: **11850-000**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

Elaboração	Projeto	Iluminação	Quantidade	Unidade
1			1,00000	unidade

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Esta ART refere-se a elaboração do projeto de iluminação do dispositivo de retorno do km 352+00 e Área de Escape do km 353 da Rodovia Régis Bittencourt.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

Resolução nº 1.025/2009 - Anexo I - Modelo A

Página 2/2

7. Entidade de Classe

45 - REGISTRO - ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DO VALE DO RIBEIRA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local _____ de _____ de _____
Local _____ data _____ de _____

ADILSON LEVI CORREA - CPF: 026.046.158-00

AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT S/A - CPF/CNPJ: 09.336.431/0001-06

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br
tel: 0800-17-18-11



12- REFERÊNCIAS TÉCNICAS

ABNT NBR 5101 / 1992 - Iluminação Pública - Fixa requisitos mínimos necessários a iluminação de vias públicas, os quais são destinados a propiciar algum nível de segurança aos tráfegos de pedestres e veículos;

ABNT - NBR IEC 62722-2-1 / 2016- Luminárias;

ABNT NBR - IEC 62260/2013 - Lâmpadas LED;

ABNT NBR - 5123 / 1998 - Rele fotoelétrico e tomada para iluminação;

ABNT NBR 5410 / 2004 – Instalações elétricas de baixa tensão.