

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**PLANO PLURIANUAL DA AÇÃO GOVERNAMENTAL - PPAG**

**PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA DE  
RESTAURAÇÃO E AUMENTO DE CAPACIDADE**

RODOVIA: MGC/262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

**VOLUME 1 - RELATÓRIO DE PROJETO E DOCUMENTOS PARA  
CONCORRÊNCIA**

ABRIL - 2014

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**PLANO PLURIANUAL DA AÇÃO GOVERNAMENTAL - PPAG - 2008/2011**

**PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA DE  
RESTAURAÇÃO E AUMENTO DE CAPACIDADE**

**RODOVIA: MGC/262**

**TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ**

**COORDENAÇÃO E FISCALIZAÇÃO: DIRETORIA DE PROJETOS - DER/MG**  
**ELABORAÇÃO: ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**  
**CONTRATO: PRC-24.027/10**

**VOLUME 1 - RELATÓRIO DE PROJETO E DOCUMENTOS  
PARA CONCORRÊNCIA**

**ABRIL - 2014**

## SUMÁRIO

## SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....
2.	MAPA DE SITUAÇÃO.....
3.	ESTUDOS DE TRAÇADO .....
4.	ESTUDOS DE TRÁFEGO .....
5.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....
6.	ESTUDOS GEOLÓGICOS .....
7.	ESTUDOS SEGURANÇA NO TRÂNSITO.....
8.	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....
9.	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....
10.	PROJETO GEOMÉTRICO .....
11.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM .....
12.	PROJETO DE DRENAGEM .....
13.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO .....
14.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA.....
15.	PROJETO DE INTERSEÇÕES NO MESMO PLANO .....
16.	PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES .....
17.	PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS .....
18.	PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO.....
19.	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR/ESPECIAL DE OAE.....
20.	ESPECIFICAÇÕES.....
21.	PROJETO DE CONTENÇÃO DE ENCOSTAS - ÁTERRO .....
22.	PROJETO DE CONTENÇÃO DE ENCOSTAS - CORTE.....

# 1. APRESENTAÇÃO

## 1. APRESENTAÇÃO

A ENECON S.A. – Engenheiros e Economistas Consultores apresenta o PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA DE RESTAURAÇÃO E AUMENTO DE CAPACIDADE DO TRECHO DA RODOVIA MGC/262, TRECHO ENTRE BELO HORIZONTE E SABARÁ, pertencente à 1ª CRG, sediada em Belo Horizonte, em atendimento ao contrato assinado com o DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DER/MG.

Os principais dados contratuais são:

EDITAL: Concorrência – Edital Nº 057/2010;

DATA DA LICITAÇÃO: 22 de novembro de 2010;

DATA DA ASSINATURA DO CONTRATO: 15 de dezembro de 2010;

DATA DA ORDEM DE INÍCIO DOS SERVIÇOS: 09 de maio de 2011;

CONTRATO Nº: PRC-24.027/010;

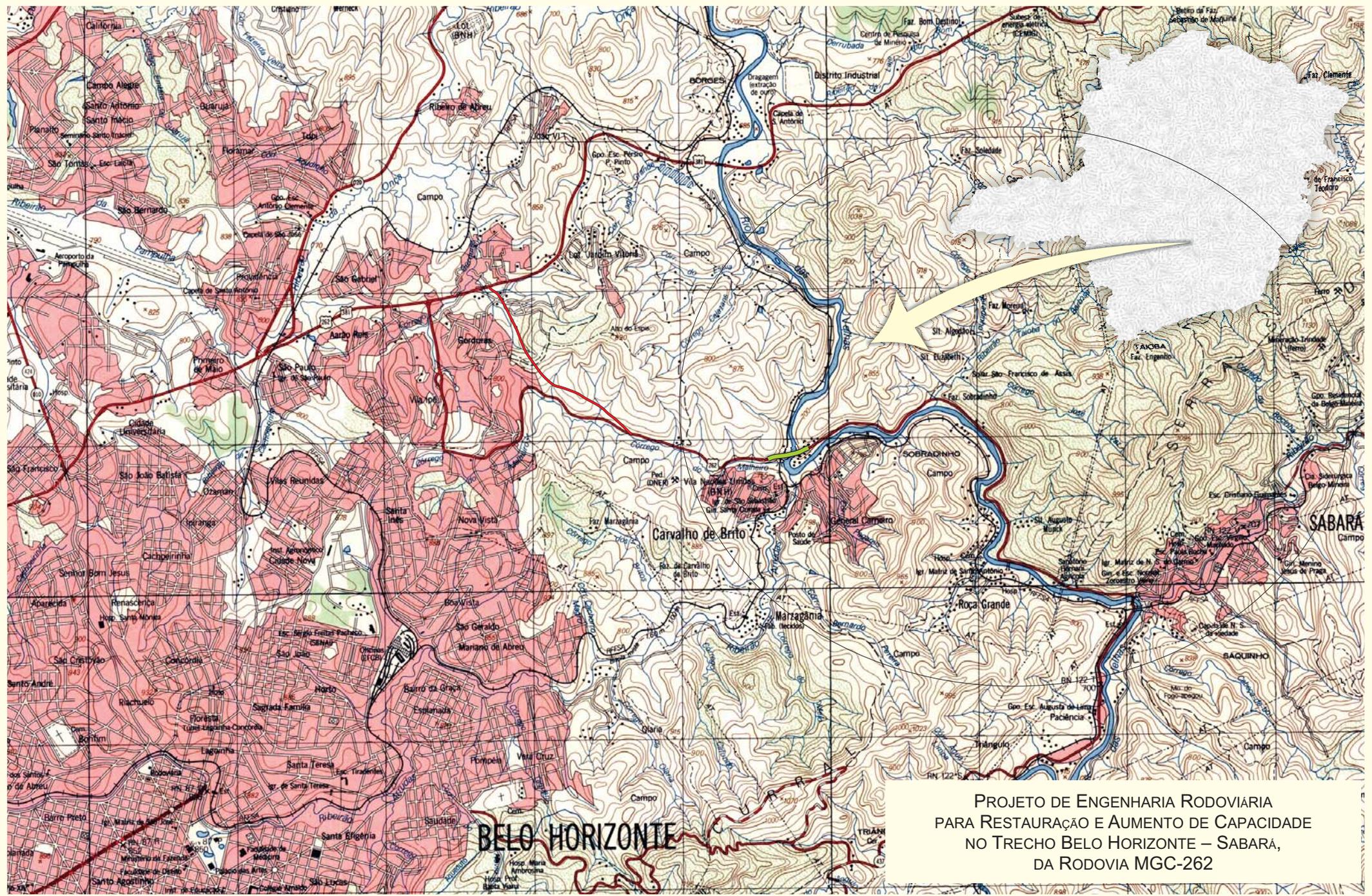
PRAZO CONTRATUAL: 230 dias.

Está sendo apresentado o Projeto Executivo da rodovia MGC/262, trecho entre Belo Horizonte e Sabará, com extensão de 6,25 km, composto dos seguintes volumes:

- Volume 1 – Relatório de Projeto e Documentos para Concorrência;
- Volume 2 – Projeto de Execução;
- Volume 3 – Memória Justificativa;
- Volume 2C – Projeto de Execução de Obras-de-Arte Especiais;
- Volume 3C – Memória de Cálculo de Obras-de-Arte Especiais;
- Volume 4 – Estudos Ambientais – RCA e PCA;
- Volume 4A – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD;
- Volume 4C – Projeto Técnico de Reconstituição da Flora – PTRF;
- Anexo 3A – Projeto de Desapropriação;
- Anexo 3B – Estudos Geotécnicos;
- Anexo 3D – Notas de Serviço e Cálculo de Volumes.

Este é o VOLUME1 – RELATÓRIO DE PROJETO E DOCUMENTOS PARA CONCORRÊNCIA.

## 2. MAPA DE SITUAÇÃO



PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA  
PARA RESTAURAÇÃO E AUMENTO DE CAPACIDADE  
NO TRECHO BELO HORIZONTE – SABARÁ,  
DA RODOVIA MGC-262

### 3. ESTUDOS DE TRAÇADO

### 3. ESTUDOS DE TRAÇADO

Os principais dados existentes são descritos a seguir.

#### a) *Projetos de Engenharia*

- Rodovia MGT-262
  - Trecho Belo Horizonte-Sabará
  - Projeto de duplicação elaborado pela Enecon S/A em 1998 para o DER/MG.
  - Os originais dos desenhos foram entregues à Diretoria de Engenharia pelo ofício EX-048/2000 de 13/09/2000.
- Complementação do acesso à Sabará (2ª Fase) – 3,3 km
  - Segmento 1: Viaduto Borba Gato – Posto da Polícia Rodoviária Estadual na MGT-262 - DNER – Setembro/2002
- Rodovia MGT-262
  - Trecho Sabará-Belo Horizonte
  - Subtrecho Polícia Rodoviária – Entrº Santo Antônio das Roças Grandes
  - Projeto de multivia elaborado em 2002 para a prefeitura municipal de Sabará e já implantado, com exceção da travessia da região do Rio das Velhas.
  - Projeto da ligação ferroviária FCA – CVRD (EFVM): adequação da rua Januária e acesso à estação pedreira da CVRD na região de travessia do rio das Velhas.

#### b) *Levantamentos Aerofotográficos*

- Voo de escala 1:8.000 executado em agosto de 1989 pela empresa Embrafoto.
- Restituição na escala 1:2.000 com base nessas aerofotos, com curvas de nível a cada metro.
- Software de busca do *Google Earth*, que será utilizado para atualização e conferência da atual ocupação e uso do solo na região.
- Sobrevoos de escala 1:8000 colorido, executado em maio de 2005, pela empresa Aeromapa S/A para o projeto BR-381-Norte. Contém o início do trecho até sua ligação com a BR-381, aproximadamente estaca 160.

#### c) *Cartas Topográficas*

- Datum vertical: Imbituba-SC e datum horizontal: Córrego Alegre-MG
- Cartas do Brasil – escala 1:50.000 – IBGE
- Região metropolitana de Belo Horizonte – escala: 1:25.000
- Convênio: Plambel-SECT-Copasa-Cetec-Cemig

NOME	ÍNDICE DA FOLHA	EDIÇÃO	CURVA DE NÍVEL (m)	AEROFOTO
Belo Horizonte	SE-23-Z-C-VI-3	1979	20	1965
Venda Nova	SE-23-Z-C-VI-3 NO	1977	10	1977
Santa Luzia	SE-23-Z-C-VI-3 NE	1977	10	1977
Belo Horizonte	SE-23-Z-C-VI-3 SO	1977	10	1977
Nova Lima	SE-23-Z-C-VI-3 SE	1977	10	1977

#### d) *Outros Dados*

- Mapa Rodoviário do Estado de Minas Gerais – Edição 2009, do DER/MG;

- Recomendação Técnica RT-01.46d – Critérios de Projetos para Vias de Ligação com Reduzido Volume de Tráfego, do DER/MG;
- Publicação IPR-717 – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos/Instruções de Serviço, aprovada pela Diretoria Colegiada do DNIT em 29/11/2005 Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT/Instituto de Pesquisas Rodoviárias;
- Boletim Rodoviário do DER/MG de 2009: apresenta situação física de maio de 2009 e estatística de tráfego apurada com base nos censos de 2008.

Para a avaliação da geometria deste trecho da MGC-262, além de inspeção de campo minuciosa, foram consultados os dados acima listados.

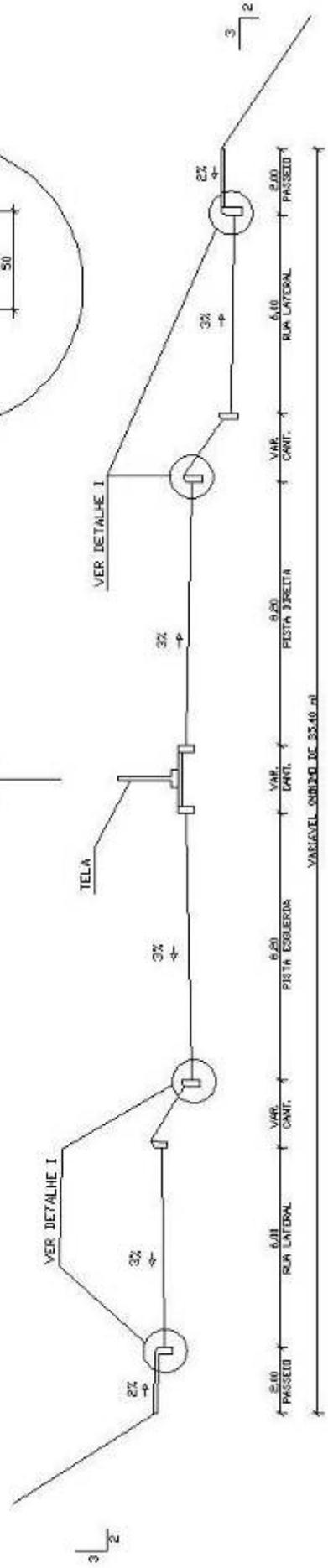
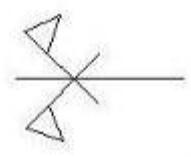
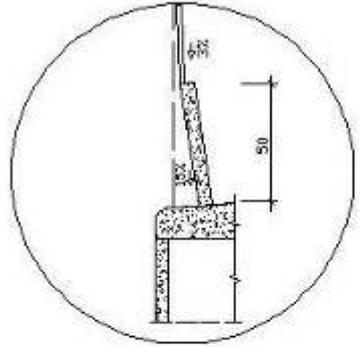
A MGC-262 entre Belo Horizonte e Sabará, em 1998, foi objeto de um projeto de engenharia que previa sua duplicação e introdução de vias marginais nos segmentos mais urbanizados.

Esse projeto de 1998 previa, para seu início mais urbanizado entre as estacas 11 e 120, a duplicação da pista com 7,0 m de largura, duas faixas de segurança de 0,6 m e canteiro central de 2,0 m com tela.

Foram previstas ruas laterais em ambos os lados, quando urbanizados, separadas das pistas principais por áreas livres de até 20,0 m de largura, em função da urbanização existente (ver seção-tipo da época, a seguir).

SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO I  
 COM RUAS LATERAIS EM AMBOS OS LADOS

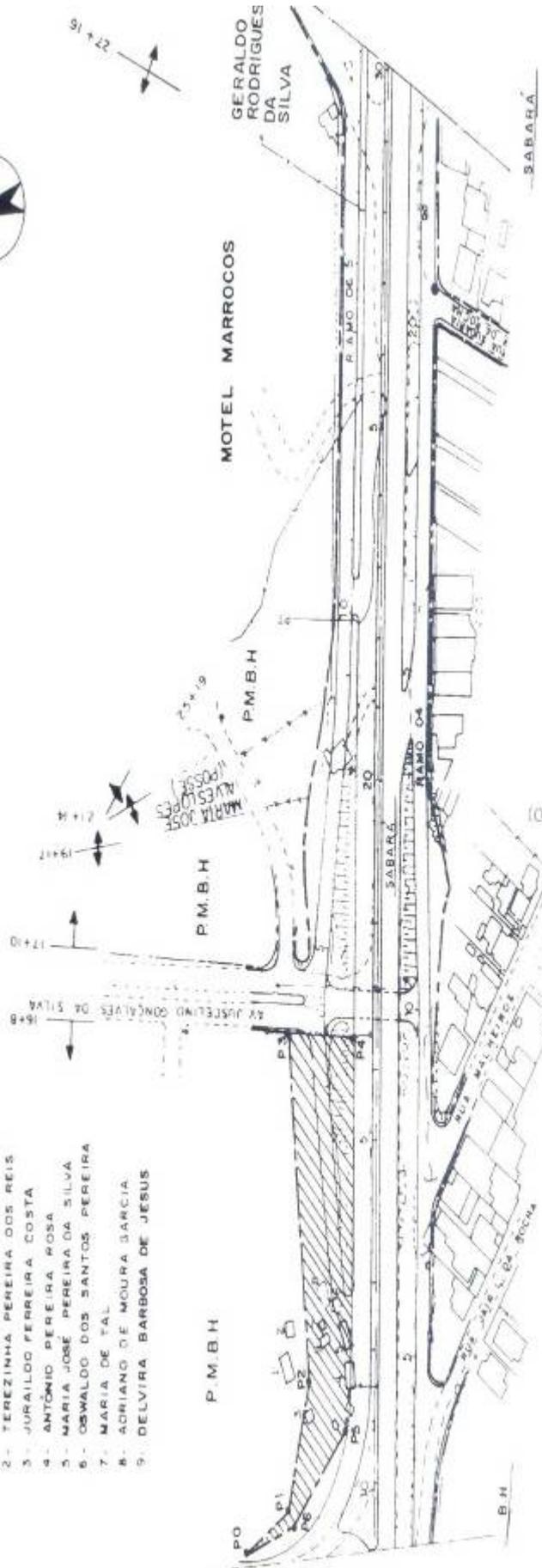
DETALE I  
 SARJETADA DE CONCRETO TIPO 'B' PADRÃO SUDECAP  
 ESC. 3:20





- INVASORES.

- 1- JOSÉ ANTÔNIO PEREIRA DOS REIS
- 2- TEREZINHA PEREIRA DOS REIS
- 3- JURAILDO FERREIRA COSTA
- 4- ANTÔNIO PEREIRA ROSA
- 5- MARIA JOSÉ PEREIRA DA SILVA
- 6- OSWALDO DOS SANTOS PEREIRA
- 7- MARIA DE TAL
- 8- ADRIANO DE MOURA GARCIA
- 9- DELVIRA BARBOSA DE JESUS



BAIRRO BOM RETIRO

FLORA ALVES

BAIRRO BOM RETIRO

JOGO NETO

BAIRRO BOM RETIRO

LUIZ GONZAGA DA SILVA (ESPOLIO)

ALVORADA

BAIRRO

De acordo com o quadro de quantidades do Edital TP-057/2010, os estudos e projetos serão realizados para segmentos fragmentados discriminados no gráfico do anexo à CI-275/09 da Gerência de Pavimentação destinada à GCN, a seguir.

Verifica-se assim que:

Entre as estacas 270 e 300 (não 290) (0,6 km) que contém o viaduto ferroviário da FCA e a ponte do rio das Velhas, ocorrem ainda: na margem esquerda, interseção em nível de acesso ao distrito de General Carneiro, via rua Januária, ao bairro Nossa Senhora de Fátima e estação pedreira da FCA (foto 8); e na margem direita acesso ao aterro sanitário de Sabará, vulgarmente denominado lixão de Sabará, operado pela empresa Vital Engenharia Ambiental, do grupo Queiróz Galvão. Este segmento é o mais complexo do projeto.

O tráfego mais volumoso usuário do primeiro acesso tem origem e destino em General Carneiro e parte do bairro Nações Unidas, uma vez que sua utilização elimina o cruzamento em nível da linha ferroviária da FCA – Ferrovia Centro Atlântica, além de reduzir o percurso em vias urbanas.

A distância entre as cabeceiras dessas duas obras existentes é inferior a 70 m, não comportando faixa de aceleração/desaceleração que só poderá ser construída com alargamentos do viaduto da FCA e da ponte do rio das Velhas.

Essa situação é extremamente perigosa e deverá ser melhorada. O projeto da Enecon de 1998 previa a construção de uma PI para a solução dessa interferência de tráfego local, uma vez que na época não existia acesso a General Carneiro nesse ponto.

A construção da alça ferroviária de ligação dos trilhos da FCA, vindos de Belo Horizonte, com a linha da Vale para Costa Lacerda, cruza a plataforma da MGC-262 entre aquelas obras-de-arte em PI (túnel) e em greide mais elevado do que a da linha existente que segue para Sete Lagoas, não deixando espaço para posicionamento de nova PI que faria unicamente a transposição da rodovia, sem acessá-la.

Esse acréscimo de altura foi ocasionado pelo greide ascendente da alça de ligação da FCA para alcançar o ramal de Costa Lacerda, da Vale. Ele é da ordem de 1,6 m no local do atual acesso a Nossa Senhora de Fátima. Este fato torna difícil a melhoria desse acesso.

Foi examinada na região a possibilidade de um acesso sob as extremidades das pontes rodoviárias (existente e a construir) e da ponte ferroviária. Esta alternativa fica na dependência do conhecimento das cheias máximas do rio das Velhas, não disponíveis no momento, além de possibilidades ambientais de se realizar dragagens no leito do rio e de construção de alguns pequenos segmentos de diques paralelos à sua margem.

Fora dessa alternativa resultaria:

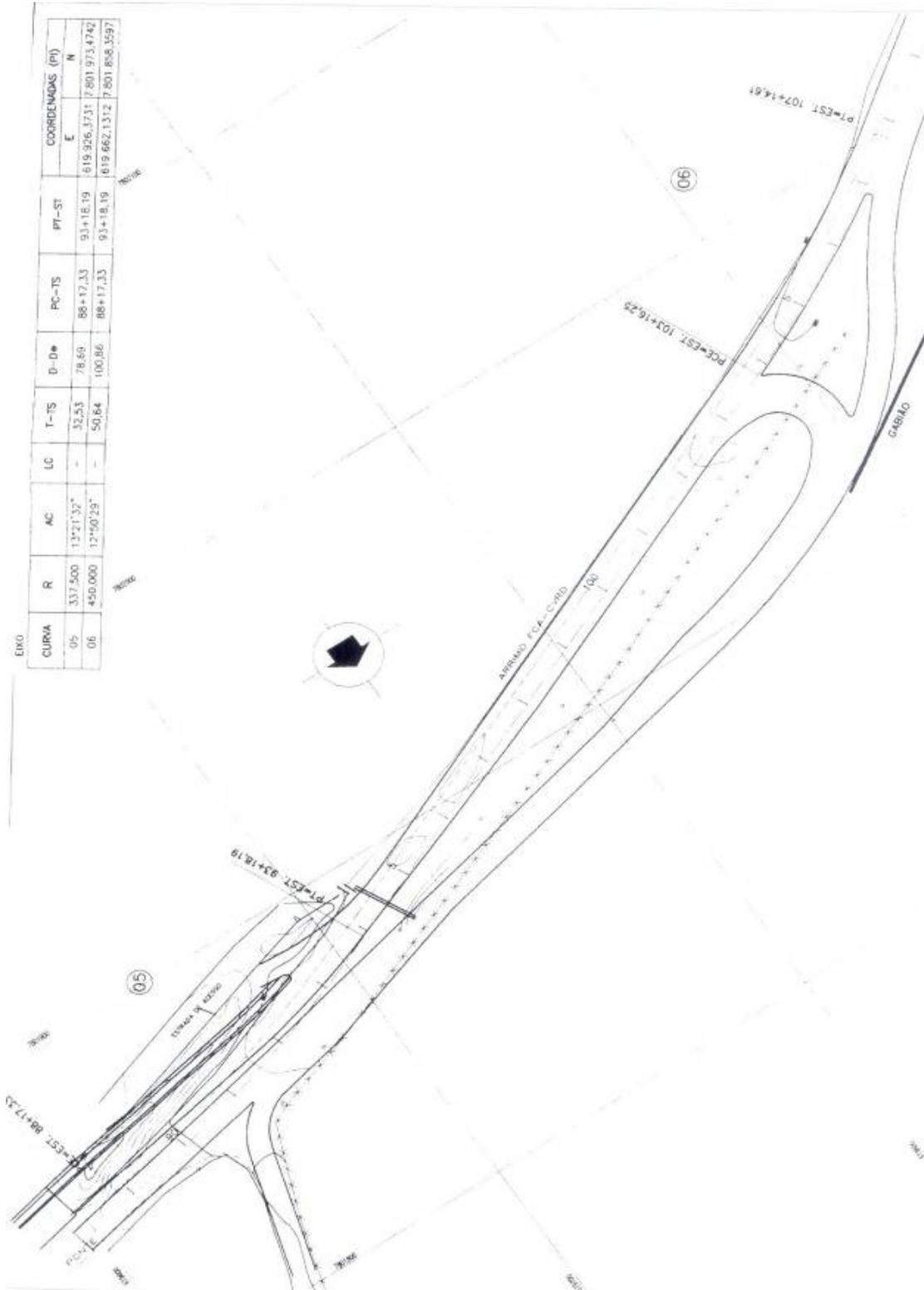
- acessar a pista esquerda via retorno de acesso ao lixão e necessidade das faixas de aceleração/desaceleração na nova ponte do rio das Velhas e novo viaduto ferroviário, e possibilidade de obra sobre a alça ferroviária ou prolongamento de sua PI sob a MGC-262;
- desapropriação das poucas edificações ainda existentes em Nossa Senhora de Fátima.

Na extremidade da ponte do rio das Velhas, na sua margem direita, ocorre interseção de acesso e retorno ao aterro sanitário de Sabará. Com características geométricas precárias, giro a esquerda em nível e faixas de desaceleração/ aceleração limitadas e que refletem nas condições operacionais perigosas do tráfego predominante – constante de caminhões de lixo e de bota-fora – com entrelaçamento de fluxos do tráfego em pequena extensão.

A alça de retorno está a 100 m da extremidade da ponte, extensão insuficiente para faixa de

aceleração/desaceleração e de entrelaçamento dos fluxos de tráfego.

Com a duplicação da ponte e das pistas, as alças e retornos existentes terão que ser reformulados. O projeto de multivia da Prefeitura de Sabará prevê um retorno em nível com giro à esquerda, distante 300 m da extremidade da ponte existente, que necessita de arrimo de gabião para o aterro não atingir o rio das Velhas (ver desenho a seguir).



Aparentemente, ocorrerá interferência com o galpão da empresa Fossil Soluções Ambientais – Unidade Sabará, cujo muro externo está a 10 m do eixo da multivia (fotos 9 e 10).

Para a circulação do tráfego do aterro sanitário de Sabará sugere-se a utilização, em mão dupla, do ramo existente sob a extremidade da ponte do rio das Velhas (margem direita) com a planimetria do projeto de 1998 destinado ao acesso à pedreira Brivel (hoje lixão).

Nesta solução, o fluxo vindo de Belo Horizonte com destino ao lixão desviaria à direita imediatamente após a travessia da ponte. Somente o fluxo de retorno executaria o entrelaçamento com o fluxo direto para Sabará a fim de acessar o retorno em nível previsto no projeto da multivia.



FOTO 1 – GALPÃO DA FÓSSIL.



FOTO 2 – PLACA DO GALPÃO.

Para a terraplenagem a executar, ressalta-se a dificuldade prevalente na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) para se realizar bota-foras e empréstimos. O lixão de Sabará é a única área na RMBH licenciada para a recepção de materiais de expurgo ou de excedentes de escavações.

### 3.1 CONCLUSÃO

Em reunião realizada no DER/MG com a Gerência de Geometria e Terraplenagem, ficou definido que o trecho a ser projetado terá seu início após a interseção com a MG-05, continuação da av. José Cândido da Silveira, e terá seu final após a ponte do rio das Velhas, com a interseção para acesso ao lixão e de retorno a Belo Horizonte, sem interrupções, perfazendo os 0,783 km do contrato.

## 4. ESTUDOS DE TRÁFEGO

## 4. ESTUDOS DE TRÁFEGO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Os estudos de tráfego para a rodovia MGC-262, trecho Sabará - Belo Horizonte, com 6,25 km de extensão, foram elaborados de acordo com as Recomendações Técnicas do DER/MG e dos Termos de Referência do Edital nº 057/2010.

Para tanto, foram procedidas contagens volumétricas e classificatórias no mês de maio de 2011, para caracterização do tráfego atual da rodovia e permitir sua projeção futura.

No período de realização das pesquisas de campo, o tráfego da rodovia apresentava uma situação anormal, devido ao desvio de fluxo da BR-381 causado pela interdição da ponte do rio das Velhas.

Como consequência dessa situação, uma grande parcela do tráfego passou a utilizar a MGC-262 como rota alternativa, cruzando os municípios de Belo Horizonte, Sabará e Caeté, até retornar a BR-381/MG. Desta forma, os dados obtidos nas pesquisas de campo foram reduzidos em 20% (veículos de carga) e em 25% (veículos leves), conforme avaliação procedida *in loco* e análise de dados existentes nos arquivos do DER/MG e do DNIT, conforme descrito adiante no subitem 4.4.2 - CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS.

Os resultados obtidos nas pesquisas de campo forneceram os parâmetros necessários e suficientes para avaliar as características técnicas da rodovia e seu comportamento operacional atual e futuro, após a implantação dos melhoramentos previstos no projeto.

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DA RODOVIA

A MGC-262 é uma rodovia transversal pertencente ao Plano Rodoviário Nacional, aprovado pela Lei Federal 26.131 de 3 de setembro de 1986, ainda em vigor, com extensão total de 2.253,0 km, com diretriz orientada no rumo leste-oeste. Essa rodovia tem seu início em Vitória/ES, passando por João Monlevade/MG, Caeté/MG, Sabará/MG, Belo Horizonte/MG, Frutal/MG e Campo Grande/MS, terminando em Corumbá/MS.

O segmento em estudo da MGC-262, delegada ao DER/MG pelo DNIT, tem a função de permitir a ligação de Belo Horizonte e Sabará, cidade-dormitório de grande parcela de mão-de-obra empregada na capital mineira, com deslocamentos facilitados pela proximidade com a capital, constituindo uma migração diária ou de aspecto eminentemente pendular.

Segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, o IDH (índice de desenvolvimento humano) do município é de 0,773, classificado como médio desenvolvimento humano, desenvolvimento esse que proporciona uma melhor qualidade de vida, resultado do discreto aumento da taxa de natalidade e aumento da expectativa de vida, mas culmina em um aumento populacional maior do que a capacidade do município de absorver essa população e oferecer a ela condições satisfatórias de serviços públicos urbanos. A migração da população rural para a área urbana, em busca dessas melhorias, piora a qualidade de vida dos habitantes.

Nos segmentos do trecho em estudo pode-se observar crescente ocupação das margens da rodovia, na forma de continuação de bairros ou mesmo invasões junto à faixa de domínio, situação essa que faz com que a rodovia seja gradualmente envolvida pela malha urbana, muitas vezes de forma desordenada, aumentando os problemas inerentes do contato rodovia/ocupação urbana.

Ainda no contexto da dinâmica da operação da via, é importante citar o aterro sanitário operado pela empresa Queiroz Galvão. Este se situa no bairro Nossa Senhora de Fátima, próximo ao bairro General Carneiro, localizado à margem direita da MGC-262, no sentido Belo Horizonte-Sabará.

Nesse caso, cabe destaque o segmento localizado entre as estacas 270 e 297, onde se localiza, também, o acesso ao referido aterro sanitário. Pode-se dizer que a interseção hoje se encontra no limite de sua capacidade operacional, convergindo nesse ponto, também, os acessos aos bairros Nossa Senhora de Fátima (LE) e Nações Unidas (LD).

O trecho em estudo apresenta 3 segmentos característicos em termos de plataforma, a saber:

- km 304,0 (Sabará) - km 306,0 (posto de fiscalização da Polícia Rodoviária Estadual) - trecho de multivia;
- km 306,0 - km 307,8 (acesso ao Anel Viário) - trecho duplicado com canteiro central/barreira de concreto;
- km 307,8 - km 310,4 (av. José Cândido da Silveira) - trecho em pista simples e elevado grau de urbanização/restrição lateral.

## 4.3 COLETA DE DADOS

### 4.3.1 COLETA DE DADOS DE TRÁFEGO EXISTENTES

Os dados de tráfego existentes nos arquivos do DER/MG estão apresentados no Quadro nº 01, apresentado a seguir.

Quadro nº 01 DADOS DE TRÁFEGO EXISTENTES - VMDAT (Ano: 2009)								
RODOVIA	SEGMENTO	MOTO + PASSEIO + UTILITÁRIOS		COLETIVO		CARGA		VMDAT (total)
		VMDAT	(%)	VMDAT	(%)	VMDAT	(%)	
MGC-262	Acesso ao Anel Viário - Av. José Cândido da Silveira	7.422	80,61	1.199	13,02	586	6,37	9.207
MGC-262	Bairro Nações Unidas - acesso ao Anel Viário	13.007	78,95	1.388	8,42	2.081	12,63	16.476
MGC-262	Travessia urbana de Sabará - bairro Nações Unidas	18.103	84,62	1.331	6,22	1.958	9,16	21.392

Fonte: 1ª Coordenadoria Regional do DER/MG (Belo Horizonte) - Ano de 2009 e DNIT - Ano de 2007.

### 4.3.2 NÚMERO DE VEÍCULOS CADASTRADOS NOS MUNICÍPIOS

O número de veículos cadastrados em 2008, nos municípios próximos ao trecho em estudo, de acordo com o Boletim Rodoviário - Ano de 2009 do DER/MG, são os seguintes:

- Belo Horizonte: 1.233.262 veículos;
- Contagem: 212.246 veículos;
- Sabará: 26.334 veículos;
- Santa Luzia: 47.869 veículos.

### 4.3.3 DADOS DE TRÁFEGO PARA EXPANSÃO E CORREÇÃO DA SAZONALIDADE

Para a correção de sazonalidade dos volumes de tráfego obtidos nas contagens volumétricas e classificatórias de campo, foram utilizados os fatores de correção fornecidos pelo Núcleo de Engenharia de Tráfego da Gerência de Segurança Viária da Diretoria de Projetos do DER/MG, apresentados, adiante, no item 5.4.4 – FATORES DE CORREÇÃO DE SAZONALIDADE.

## 4.4 PESQUISAS DE CAMPO

### 4.4.1 INTRODUÇÃO

Foram realizadas, no mês de maio de 2011, contagens volumétricas e classificatórias, em 3 postos para subsidiar os estudos.

### 4.4.2 CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS

As contagens volumétricas e classificatórias foram programadas de maneira a permitir a caracterização nítida dos volumes dos fluxos, assim como o comportamento geral do tráfego da região de interesse direto do projeto, e foram realizadas nos seguintes locais, datas e períodos:

- Posto P-01: km 304,4 da MGC-262, no entroncamento com acesso ao aterro sanitário, operando em 19/05/2011, num período de 14 horas (das 6h às 20h);
- Posto P-02: km 304,6 da MGC-262, no entroncamento com acesso ao bairro General Carneiro, operando em 19/05/2011, num período de 14 horas (das 6h às 20h);
- Posto P-04: km 307,8 da MGC-262, no entroncamento com acesso ao Anel Rodoviário, operando no período de 16 a 18/05/2011, sendo que nos dias 1º e 3º operou no período de 14 horas (das 6h às 20h) e, em 17/05/2011, no período integral de 24 horas (das 00h às 24h). Este posto foi instalado para caracterização do tráfego do trecho em estudo.

Foram aproveitados resultados obtidos nos seguintes postos de contagem:

- Posto P-03: km 306,0 da MGC-262, no posto da Polícia Rodoviária Estadual, operando em 10/11/2009, no período de 14 horas (das 6h às 20h). Os dados referentes a este posto foram obtidos dos arquivos do DER/MG e serviram como subsídio para estudos de tráfego realizados pela Strata Engenharia Ltda. para o programa ProMG;
- Posto P-05: km 307,8 da MGC-262, no entroncamento com acesso ao Anel Rodoviário, operando em 09/11/2007, no período de 14 horas (das 6h às 20h). Os dados referentes a este posto foram obtidos dos arquivos do DNIT e serviram como subsídio para estudos de tráfego realizados pela Planex S/A - Consultoria de Planejamento e Execução na elaboração do projeto básico de revitalização do Anel Viário de Belo Horizonte.

### 4.4.3 METODOLOGIA ADOTADA NAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS

As contagens volumétricas e classificatórias foram realizadas por processo manual utilizando-se formulário próprio, apurando-se todos os movimentos de fluxos permitidos nos sentidos de tráfego pesquisados, classificando-se os volumes a cada 15 minutos, de maneira a permitir a determinação dos picos horários.

Os veículos pesquisados foram classificados de acordo com a recomendação do DER/MG, a saber:

*a) Motos (M)*

Todos os tipos de motocicletas (motocicletas, “lambretas”, “vespas”, etc.).

*b) Veículos de Passeio (P)*

Automóveis diversos (pequenos, médios e grandes);

*c) Utilitários (U)*

Caminhonetes, furgões, *pick-ups*, Kombi, Besta, vans e outros veículos leves, com capacidade de carga menor que 3,0 t;

*d) Ônibus (O)*

Coletivos urbanos, ônibus intermunicipais, o tribus (ônibus com eixo simples de rodagem simples dianteiro e um eixo tandem duplo traseiro modificado); 4CB (eixo duplo de rodagem simples dianteiro e um eixo tandem duplo de rodas duplas traseiro) e os microônibus;

*e) Veículos de Carga*

Os veículos de carga foram classificados de acordo com o número, tipo e disposição dos eixos, conforme o Modelo I - Classificação de Veículos pela Configuração de Eixos adotada pelo DER/MG, a saber.

*e.1) Caminhões Simples: 2C*

Caminhão leve/médio, composto de um eixo simples de rodagem simples dianteiro e um eixo simples de rodagem dupla traseiro, conhecido como caminhão toco. Foram incluídos nesta categoria o F-4.000 da Ford, o MB-600 da Mercedes Benz e outros caminhões pequenos (conhecidos como três quartos) semelhantes (Agrale, Volkswagen, etc.).

*e.2) Caminhão Duplo: 3C/4CD*

Caminhão pesado 3C, composto por um eixo simples dianteiro de rodagem simples e um eixo traseiro tandem duplo de rodagem dupla; caminhão pesado 4CD, composto por um eixo dianteiro duplo de rodagem simples e um eixo traseiro tandem duplo de rodagem dupla.

*e.3) Semi-Reboques: 2S1/2S2/2S3/3S1/3S2/3S3/2I2/2I3/3I2/3I3/2J3/3J3*

Veículos articulados compostos de um cavalo mecânico que traciona uma unidade (semi-reboque) com um eixo simples traseiro ou tandem (duplo ou triplo) de rodagem dupla (são as denominadas carretas, jamantas, cegonheiras, etc.), com diversas configurações de eixo.

*e.4) Reboques: 2C2/2C3/3C2/3C3*

Veículos articulados compostos por uma unidade tratora (geralmente um caminhão 2C, 3C), que traciona um reboque com dois eixos, sendo um eixo simples de rodas simples ou duplas dianteiro e um eixo simples ou tandem (duplo ou triplo) de rodas duplas traseiro.

*e.5) Combinação de Veículos de Carga – CVC (Bitrem-3S2S2, Rodotrem - 3S2C4 e Tritrem - 3S2S2S2)*

Veículos articulados compostos por uma unidade tratora (geralmente um semi-reboque 3S2) que traciona de um a três reboques com um ou dois eixos traseiros tandem duplos de rodagem dupla.

A seguir é apresentada a classificação-padrão do DER/MG.

#### 4.4.4 FATORES DE CORREÇÃO DE SAZONALIDADE

Para a correção de sazonalidade dos volumes de tráfego apurados nas pesquisas de campo, foram calculados e aplicados os respectivos fatores de correção, a saber:

##### 4.4.4.1 FATOR DE EXPANSÃO DIÁRIA - FD

Fator que corrige os volumes contados em 14 horas para a referência do dia de 24 horas.

O cálculo do FD foi procedido aplicando-se, para cada movimento de tráfego, a expressão:

$$FD = \text{Volume de 24 horas do posto} / \text{Volume de 14 horas do posto}$$

O FD obtido no posto P-04 foi adotado para a expansão dos postos P-01, P-02 e P-04.

Os valores dos fatores de expansão diária FD adotados constam nos resultados diários e nos resumos das contagens volumétricas e classificatórias por eixo, apresentados adiante.

##### 4.4.4.2 FATOR DE CORREÇÃO SEMANAL - FS

Fator que corrige os volumes obtidos nas pesquisas de campo, considerando-se o dia da semana do mês em que estas foram realizadas.

Para o presente caso os fatores de correção semanal foram fornecidos pelo Núcleo de Engenharia de Tráfego da Gerência de Segurança Viária da Diretoria de Projetos, a saber:

- FS = 1,100 (para moto, passeio e utilitários);
- FS = 1,050 (para coletivos e veículos de carga).

##### 4.4.4.3 FATOR DE CORREÇÃO MENSAL - FM

Fator que corrige os volumes obtidos nas pesquisas de campo, considerando-se o mês de maio em que estas foram realizadas.

Para o presente caso o fator de correção mensal foi fornecido pelo Núcleo de Engenharia de Tráfego da Gerência de Segurança Viária da Diretoria de Projetos, com o valor de FM = 1,010 (para todos os tipos de veículo).

##### 4.4.4.4 FATOR DE CORREÇÃO ANUAL - FA

Fator final que considera o efeito da sazonalidade e permite a correção dos dados obtidos, sendo o resultado do produto dos fatores FD, FS e FM, a saber:

$$FA = FD \times FS \times FM$$

Os valores de FA constam dos quadros 2 a 91, adiante, que apresentam os resultados diários e os resumos das contagens volumétricas e classificatórias por eixo dos postos de pesquisa instalados no trecho em estudo.

#### 4.4.5 RESULTADOS DAS PESQUISAS DE CAMPO

Os resultados das pesquisas de campo são apresentados, a seguir, em quadros e gráficos, de acordo com as exigências das normas e recomendações técnicas e obedecendo aos padrões do DER/MG.

#### 4.4.5.1 RESULTADOS DAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS

Os resultados diários e os resumos finais das contagens volumétricas e classificatórias por eixo estão apresentados no Volume 3 – Memória Justificativa.

#### 4.4.5.2 FATORES “K” E “FHP”, VOLUMES HORÁRIOS MÁXIMOS E HORÁRIOS DE PICO

Os Fatores K e FHP, os volumes horários máximos e os horários de pico dos períodos da manhã e da tarde obtidos nos 3 postos de pesquisa atuais e nos 2 postos de pesquisa aproveitados estão apresentados no Volume 3 – Memória Justificativa.

### 4.5 DETERMINAÇÃO DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DE TRÁFEGO - VMDAT

Para a Determinação do volume médio diário anual de tráfego - VMDAT do trecho em estudo foram analisados e comparados dados dos arquivos do DER/MG e do DNIT, descritos no subitem 4.4.2 CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS”, com os dados obtidos nas pesquisas de campo.

A parcela de tráfego normal foi obtida dos resultados das contagens volumétricas e classificatórias realizadas no mês de maio de 2011 no posto P-01, considerado mais representativo para o trecho em estudo, localizado no km 304,4 da rodovia MGC-262, adotando-se os resultados obtidos na seção de tráfego S-3 (Belo Horizonte) que apresentou o maior volume de tráfego misto e o maior fluxo de veículos de carga. Esse volume pesquisado foi de 25.390 veículos/dia (ano de 2011).

A consideração de apenas 1 segmento se justifica em função da reduzida extensão do trecho em projeto (6,25 km) e, por conseguinte, adoção de uma solução uniforme para os trabalhos de pavimentação e restauração.

Foi procedida uma comparação entre os resultados obtidos no posto P-01 e nos postos P-03 e P-05 (aproveitados dos arquivos do DER/MG e do DNIT), constatando-se um acréscimo de aproximadamente 25% no tráfego de veículos leves e 20% no tráfego de veículos comerciais. Tal situação ocorreu devido ao desvio de tráfego da BR-381/MG para a MGC-262, como consequência da interdição temporária da ponte do rio das Velhas. Dessa forma, foram ajustados os resultados de campo, adotando-se 75% do volume de tráfego normal de veículos leves e 80% do volume de veículos comerciais pesquisados no trecho, para avaliação do volume médio diário anual de tráfego - VMDAT. Esse volume para o ano de 2011 passou para 19.276 veículos/dia.

Por outro lado, as vias marginais projetadas receberão um VMDAT avaliado em 10% do carregamento da pista central.

Desta forma, a demanda final da pista central foi avaliada em 80% do VMDAT normal obtido com base nos resultados das pesquisas de campo e a subtração do volume de fluxo de veículos desviados da BR-381/Norte para o trecho em estudo. Esse volume final, para o ano de abertura (2013) é de 16.362 veículos/dia.

O volume médio diário anual de tráfego - VMDAT está detalhadamente apresentado no Quadro nº 91, a seguir.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 91 - VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DE TRÁFEGO - VMDAT**

**RODOVIA: MGC-262**

**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**COORDENADORIA REGIONAL: 01ª CRG (BELO HORIZONTE)**

**POSTO: P-01**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,400**

**DATA DA PESQUISA: 19/05/11**

**SENTIDO DE IDA:**

**SABARÁ**

**-**

**BELO HORIZONTE**

ANO	TRÁFEGO	MOTO	PASS.	UTIL.	COLETIVOS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																TOTAL								
					URB.	INT.	TRIB.	4DB	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	Bit.	Rod.	Trit.	2I2		2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD		
2011	PESQUISA	1.315	4.787	1.237	352	41			1.227	70		2	66		17				4	2												2	9.121
2013	NORMAL	1.116	4.062	1.050	298	34			1.042	60		2	56		14				3	2											2	7.742	
2013	GERAÇÃO																																
2013	DESVIO																																
2013	VMDAT	1.116	4.062	1.050	298	34			1.042	60		2	56		14				3	2											2	7.742	

**SENTIDO DE VOLTA:**

**BELO HORIZONTE**

**-**

**SABARÁ**

ANO	TRÁFEGO	MOTO	PASS.	UTIL.	COLETIVOS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																TOTAL							
					URB.	INT.	TRIB.	4DB	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	Bit.	Rod.	Trit.	2I2		2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
2011	PESQUISA	1.554	5.349	1.301	432	42			1.270	112		1	67		20				2	2											1	10.155
2013	NORMAL	1.319	4.540	1.104	366	36			1.078	95		1	57		17				2	2											1	8.619
2013	GERAÇÃO																															
2013	DESVIO																															
2013	VMDAT	1.319	4.540	1.104	366	36			1.078	95		1	57		17				2	2											1	8.619

**AMBOS OS SENTIDOS**

ANO	TRÁFEGO	MOTO	PASS.	UTIL.	COLETIVOS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																TOTAL							
					URB.	INT.	TRIB.	4DB	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	Bit.	Rod.	Trit.	2I2		2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
2011	PESQUISA	2.869	10.136	2.538	784	83			2.498	182		3	133		37				6	5											2	19.276
2013	NORMAL	2.435	8.602	2.154	665	70			2.120	155		3	113		31				6	5											2	16.362
2013	GERAÇÃO																															
2013	DESVIO																															
2013	VMDAT	2.435	8.602	2.154	665	70			2.120	155		3	113		31				6	5											2	16.362
2013	(%)	14,88	52,58	13,16	4,06	0,43			12,96	0,95		0,02	0,69		0,19				0,03	0,03										0,01	100,00	

**COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRÁFEGO (ANO DE ABERTURA - 2013 )**

**TRÁFEGO COMERCIAL**

	PASSEIO =	COLETIVOS =	CARGA =	TOTAL =	Mov.	Onib.	2C	3C	Art.	Total
Volumes de Tráfego <u>com</u> Motocicletas:	13.191	735	2.435	16.362	Ida	333	1.042	60	80	1.514
Percentual do Tráfego <u>com</u> Motocicletas:	80,62	4,49	14,88	100,00	Volta	402	1.078	95	80	1.656
Volumes de Tráfego <u>sem</u> Motocicletas:	10.756	735	2.435	13.926	Total	735	2.120	155	160	3.170
Percentual do Tráfego <u>sem</u> Motocicletas:	77,23	5,28	17,49	100,00						

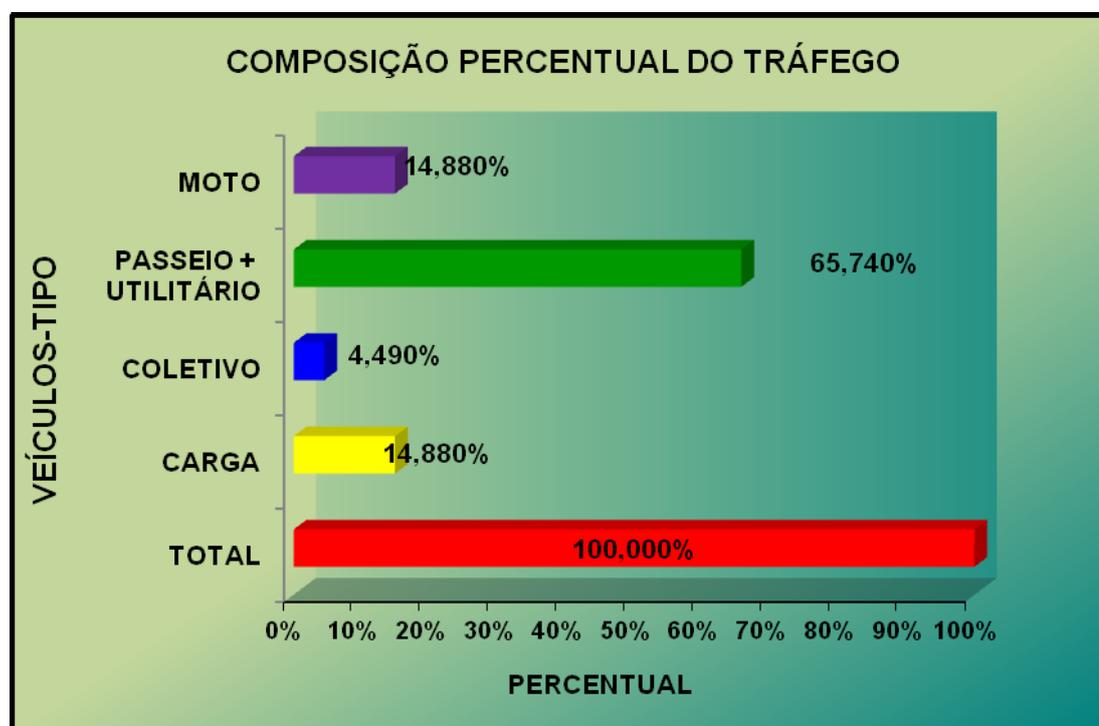
**PARÂMETROS PARA A DETERMINAÇÃO DO NÚMERO "N" E O CÁLCULO DA CAPACIDADE**

Fator de Pista - FP (Ida) = 0,478	Fator Direcional - FD (Ida) = 0,476	Volume Fluxo Misto (Ida) = 626	Volume do Fluxo de Veículos de Carga (Ida) = 109
Fator de Pista - FP (Volta) = 0,522	Fator Direcional - FD (Volta) = 0,524	Volume Fluxo Misto (Volta) = 689	Volume do Fluxo de Veículos de Carga (Volta) = 121

#### 4.6 COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRÁFEGO (ANO DE 2013)

A composição percentual do tráfego para o ano de 2013 para o trecho em estudo está apresentada a seguir no Quadro nº 92.

ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES		
QUADRO Nº 92	COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRÁFEGO	ANO: 2013
RODOVIA: MGC-262		
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE		
SUBTRECHO:		
SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400		
VEÍCULO/TIPO	VMDAT	PERCENTUAL (%)
MOTO	2.435	14,88
PASSEIO + UTILITÁRIO	10.756	65,74
COLETIVO	735	4,49
CARGA	2.435	14,88
TOTAL	16.362	100,00



#### 4.7 TAXA DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO

Para o trecho em estudo foi adotada a taxa média de crescimento geométrico anual de 3,0%, para todos os veículos componentes da frota, de acordo com orientações da Diretoria de Projetos do DER/MG.

## 4.8 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO N

### 4.8.1 GENERALIDADES

Os valores do número de operações do eixo-padrão de 8,2 t - N foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER/1996 desenvolvida pelo Eng<sup>o</sup> Murillo Lopes de Souza, a saber:

$$N_i = 365 \times \text{VMDAT}_{ci} \times \text{FR} \times \text{FP} \times \text{FV}$$

onde:

- $N_i$  = número equivalente de operações do eixo-padrão de 8,2 t para o ano "i";
- $\text{VMDAT}_{ci}$  = somatório do volume de tráfego comercial (ônibus + veículos de carga) ocorrente no trecho até o ano "i";
- FR = Fator climático regional: FR = 1,000;
- FP = Fator de pista dupla adotado: FP = 0,400.
- FV = Fator de veículos:
  - .  $\text{FV}_{\text{USACE}} = 6,474$ ; e
  - .  $\text{FV}_{\text{AASHTO}} = 3,616$ .

### 4.8.2 CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS - FV

Os critérios adotados para a determinação dos fatores de veículos - FV, adotando-se as metodologias da USACE - United States Army Corps of Engineers e da AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials estão descritos a seguir.

#### 4.8.2.1 FATORES EQUIVALENTES OPERACIONAIS - FEO

Os fatores equivalentes operacionais - FEO, para cada tipo de eixo, foram calculados adotando-se as fórmulas preconizadas pelas metodologias da USACE e da AASHTO, a saber:

FÓRMULAS PARA O CÁLCULO DOS FATORES EQUIVALENTES OPERACIONAIS - FEO (USACE)		
TIPOS DE EIXOS	PESO ( t )	FÓRMULAS
Eixo dianteiro simples de rodagem simples ou eixo traseiro simples de rodagem dupla	$0 < P < 8$	$\text{FEO} = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	$P \geq 8$	$\text{FEO} = 1,832 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Eixo traseiro tandem duplo de rodagem dupla	$0 < P < 11$	$\text{FEO} = 1,592 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	$P \geq 11$	$\text{FEO} = 1,528 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Eixo traseiro tandem triplo de rodagem dupla	$0 < P < 18$	$\text{FEO} = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	$P \geq 18$	$\text{FEO} = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

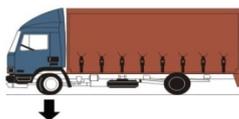
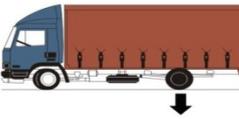
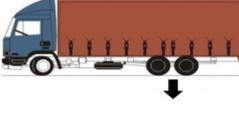
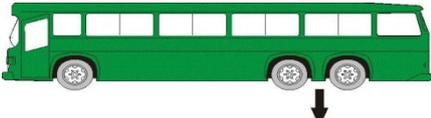
FÓRMULAS PARA O CÁLCULO DOS FATORES EQUIVALENTES OPERACIONAIS - FEO (AASHTO)	
TIPOS DE EIXOS	FÓRMULAS
Eixo dianteiro simples de rodagem simples	$\text{FEO} = (P / 7,77)^{4,32}$
Eixo traseiro simples de rodagem dupla	$\text{FEO} = (P / 8,17)^{4,32}$
Eixo traseiro tandem duplo de rodagem dupla	$\text{FEO} = (P / 15,08)^{4,14}$
Eixo Traseiro Tandem Triplo de Rodagem Dupla	$\text{FEO} = (P / 22,95)^{4,22}$

Os valores dos fatores de veículo individuais - FVi foram determinados considerando-se 100% da frota de veículos comerciais trafegando nos limites máximos de peso permitidos pela Lei da Balança (Lei Federal 7.408 de 25/11/85), com a tolerância de 7,5% (Resolução 104/99 de 21/12/1999 do CONTRAN), respeitando-se o limite máximo de 5,0% para o peso bruto total - PBT para os veículos "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" e "3J3" que excedem o limite legal máximo de 45 t para essa categoria.

No presente caso foi considerada a tolerância de 7,5% devido ao expressivo volume de veículos de carga (2.866 caminhões/dia) e, nesse volume, a presença de grande parcela de veículos com cargas de elevado peso. Esse volume de veículos pesados é aumentado sempre que ocorre alguma interrupção de tráfego na BR-381/Norte, pois a MGC-262 é rota alternativa para a ligação de Sabará com Belo Horizonte. De acordo com informações da Polícia Rodoviária Estadual, os veículos comerciais trafegam muitas das vezes com cargas acima do limite legal, devido às deficiências de fiscalização e controle de peso.

#### 4.8.2.2 PESOS MÁXIMOS ADMITIDOS PELA "LEI DA BALANÇA"

Os pesos máximos admitidos pela Lei da Balança, sem tolerância, são apresentados a seguir, para cada tipo de eixo.

TIPOS DE EIXO	PESO MÁXIMO (LEI DA BALANÇA)
 <p>Eixo simples dianteiro de rodagem simples</p>	6,00 t
 <p>Eixo simples traseiro de rodagem dupla</p>	10,00 t
 <p>Eixo traseiro tandem duplo de rodagem dupla</p>	17,00 t
 <p>Eixo traseiro tandem triplo de rodagem dupla</p>	25,50 t
 <p>Eixo traseiro tandem especial tribus</p>	13,50 t

O Quadro nº 93, a seguir, apresenta o carregamento máximo pela Lei da Balança adotado para os eixos-padrão, aplicando-se a tolerância de +5% do PBT apenas para os veículos "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" e "3J3" que excedem o limite legal máximo de 45 t para essa categoria.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 93 - CARREGAMENTO DE EIXO ADOTADO PARA O CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - FVi (CARREGAMENTO MÁXIMO PERMITIDO PELA LEI DA BALANÇA)**

Veículo tipo	1º Eixo				2º Eixo				3º Eixo				4º Eixo				5º Eixo				Peso Total do Veículo					
	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% Eixo	Vazio		
<b>Ônibus (2C)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	16,000	16,000	16,800	5,300	
	6,000	6,000	6,050	2,100	10,000	10,000	10,750	3,200																		
<b>Tribus (3C)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Duplo Rodagem Simples/Dupla Especial				****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	19,500	19,500	20,475	5,300	
	6,000	6,000	6,000	2,100	13,500	13,500	14,475	3,200																		
<b>Onibus (4DB)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	29,000	29,000	30,450	11,700	
	6,000	6,000	6,000	1,750	6,000	6,000	6,000	1,750	17,000	17,000	18,450	8,200														
<b>2C</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	16,000	16,000	16,800	10,200	
	6,000	6,000	6,050	3,300	10,000	10,000	10,750	6,900																		
<b>3C</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	23,000	23,000	24,150	11,300	
	6,000	6,000	6,000	3,100	17,000	17,000	18,150	8,200																		
<b>4CD</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	29,000	29,000	30,450	11,700	
	6,000	6,000	6,000	1,750	6,000	6,000	6,000	1,750	17,000	17,000	18,450	8,200														
<b>2S1</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	****	****	****	26,000	26,000	27,300	11,400	
	6,000	6,000	6,000	3,300	10,000	10,000	10,750	4,700	10,000	10,000	10,550	3,400														
<b>2S2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	33,000	33,000	34,650	14,900	
	6,000	6,000	6,000	4,400	10,000	10,000	10,375	5,200	17,000	17,000	18,275	5,300														
<b>2S3</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Triplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	41,500	41,500	43,575	14,900	
	6,000	6,000	6,000	4,400	10,000	10,000	10,162	4,800	25,500	25,500	27,413	5,700														
<b>3S1</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	****	****	****	33,000	33,000	34,650	15,200	
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	17,000	18,275	7,200	10,000	10,000	10,375	3,400														
<b>3S2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	40,000	40,000	42,000	17,100	
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	17,000	18,275	7,200	17,000	17,000	17,725	5,300														
<b>3S3 (*)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Triplo				****	****	****	****	****	****	****	****	****	45,000	47,250	47,250	17,500	
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	16,500	16,500	7,200	25,500	24,750	24,750	5,700										48,500				
<b>2C2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	36,000	36,000	37,800	11,500
	6,000	6,000	6,000	3,000	10,000	10,000	10,750	4,500	10,000	10,000	10,750	2,000	10,000	10,000	10,300	2,000										
<b>2C3</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	43,000	43,000	45,150	12,600
	6,000	6,000	6,000	3,000	10,000	10,000	10,125	4,500	10,000	10,000	10,750	2,000	17,000	17,000	18,275	3,100										
<b>3C2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	43,000	43,000	45,150	12,300
	6,000	6,000	6,000	2,600	17,000	17,000	18,275	5,700	10,000	10,000	10,750	2,000	10,000	10,000	10,125	2,000										
<b>3C3 (*)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	45,000	47,250	47,250	13,400
	6,000	6,000	6,000	2,600	17,000	16,000	16,000	5,700	10,000	9,250	9,250	2,000	17,000	16,000	16,000	3,100							50,000			
<b>2I2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	36,000	36,000	37,800	15,200
	6,000	6,000	6,000	3,300	10,000	10,000	10,750	6,900	10,000	10,000	10,750	2,500	10,000	10,000	10,300	2,500										
<b>2I3 (*)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				45,000	47,250	47,250	16,800		
	6,000	6,000	6,000	3,300	10,000	10,312	10,312	6,900	10,000	10,312	10,312	2,200	10,000	10,313	10,313	2,200	10,000	10,313	10,313	2,200	46,000					
<b>3I2</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				****	****	****	****	****	****	43,000	43,000	45,150	16,300
	6,000	6,000	6,000	3,100	17,000	17,000	18,275	8,200	10,000	10,000	10,750	2,500	10,000	10,000	10,125	2,500										
<b>3I3 (*)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				45,000	47,250	47,250	17,900		
	6,000	6,000	6,000	3,100	17,000	15,750	15,750	8,200	10,000	8,500	8,500	2,200	10,000	8,500	8,500	2,200	10,000	8,500	8,500	2,200	53,000					
<b>2J3</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	43,000	43,000	45,150	16,800
	6,000	6,000	6,000	3,300	10,000	10,000	10,125	6,900	10,000	10,000	10,750	2,600	17,000	17,000	18,275	4,000										
<b>3J3 (*)</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Simples de Rodagem Dupla				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	45,000	47,250	47,250	17,900
	6,000	6,000	6,000	3,100	17,000	16,000	16,000	8,200	10,000	9,250	9,250	2,600	17,000	16,000	16,000	4,000						50,000				
<b>3S2S2 Bitrem</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				****	****	****	****	****	****	57,000	57,000	59,850	20,600
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	17,000	17,300	7,400	17,000	17,000	18,275	5,300	17,000	17,000	18,275	3,300										
<b>3S2C4 Rodotrem</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				74,000	74,000	77,700	22,300		
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	17,000	18,275	7,600	17,000	17,000	18,275	3,900	17,000	17,000	18,150	3,100	17,000	17,000	17,000	3,100						
<b>3S2S2S2 Tritrem</b>	Eixo Simples de Rodagem Simples				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				Eixo Tandem Duplo				74,000	74,000	77,700	23,600		
	6,000	6,000	6,000	4,600	17,000	17,000	18,275	7,000	17,000	17,000	18,275	4,800	17,000	17,000	18,150	4,300	17,000	17,000	17,000	2,900						

**Observações:**

(\*) Os veículos assim identificados excedem o limite máximo de 45t permitido para o PBTC e sofreram uma redistribuição das suas cargas por eixo visando a adequação ao limite permitido;

5% PBT = Carregamento Máximo permitido pela Lei da Balança, aplicando-se a tolerância de 5,00% do "PBT" apenas para os veículos "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" e "3J3" que excedem o limite legal de 45t; e,

7,5% Eixo = Carregamento Máximo permitido pela Lei da Balança, aplicando-se a tolerância de 7,50% por eixo, obedecendo-se ao limite de 5,00% do "PBT".

#### 4.8.2.3 CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - FVI

O Quadro nº 94, a seguir, apresenta o cálculo dos fatores de veículos individuais, com a tolerância de 7,5% por eixo, aplicando-se as metodologias da USACE e da AASHTO.

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

### QUADRO Nº 94 - CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - METODOLOGIAS DA "USACE" E "AASHTO"

#### CARREGAMENTO MÁXIMO PERMITIDO PELA LEI DA BALANÇA, APLICANDO-SE A TOLERÂNCIA DE 7,50% POR EIXO, OBEDECENDO-SE AO LIMITE DE 5,00% DO "PBT"

CONDIÇÃO: VEÍCULOS CARREGADOS											CONDIÇÃO: VEÍCULOS CARREGADOS											CONDIÇÃO: VEÍCULOS CARREGADOS											FV FINAL USACE	
CARREGAMENTO DA FROTA COMERCIAL (LEI DA BALANÇA C/ TOLERÂNCIA DE 7,5% E DE 5,0% NO "PBT")											FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - USACE											FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - AASHTO											Veículo Tipo	VEÍCULOS 100% CARREGADOS
Veículo Tipo	1º Eixo	(t)	2º Eixo	(t)	3º Eixo	(t)	4º Eixo	(t)	5º Eixo	(t)	PBT (5%)	Veículo Tipo	1º Eixo	2º Eixo	3º Eixo	4º Eixo	5º Eixo	FV FINAL	Veículo Tipo	1º Eixo	2º Eixo	3º Eixo	4º Eixo	5º Eixo	FV FINAL	Veículo Tipo	VEÍCULOS 100% CARREGADOS							
Ônibus (2C)	SRS	6,050	SRD	10,750							16,800	Ônibus (2C)	0,287	5,171				5,458	Ônibus (2C)	0,339	3,273				3,612	Ônibus (2C)	5,458							
Tribus (3C)	SRS	6,000	ESE	14,475							20,475	Tribus (3C)	0,278	3,540				3,818	Tribus (3C)	0,327	0,844				1,171	Tribus (3C)	3,818							
Ônibus (4DB)	SRS	6,000	SRS	6,000	TD	18,450					30,450	Ônibus (4DB)	0,278	0,278	13,392			13,948	Ônibus (4DB)	0,327	0,327	2,305			2,960	Ônibus (4DB)	13,948							
2C	SRS	6,050	SRD	10,750							16,800	2C	0,287	5,171				5,458	2C	0,339	3,273				3,612	2C	5,458							
3C	SRS	6,000	TD	18,150							24,150	3C	0,278	12,241				12,519	3C	0,327	2,154				2,481	3C	12,519							
4CD	SRS	6,000	SRS	6,000	TD	18,450					30,450	4CD	0,278	0,278	13,392			13,948	4CD	0,327	0,327	2,305			2,960	4CD	13,948							
2S1	SRS	6,000	SRD	10,750	SRD	10,550					27,300	2S1	0,278	5,171	4,598			10,047	2S1	0,327	3,273	3,018			6,617	2S1	10,047							
2S2	SRS	6,000	SRD	10,375	TD	18,275					34,650	2S2	0,278	4,141	12,710			17,129	2S2	0,327	2,807	2,216			5,350	2S2	17,129							
2S3	SRS	6,000	SRD	10,162	TT	27,413					43,575	2S3	0,278	3,637	13,905			17,820	2S3	0,327	2,567	2,117			5,011	2S3	17,820							
3S1	SRS	6,000	TD	18,275	SRD	10,375					34,650	3S1	0,278	12,710	4,141			17,129	3S1	0,327	2,216	2,807			5,350	3S1	17,129							
3S2	SRS	6,000	TD	18,275	TD	17,725					42,000	3S2	0,278	12,710	10,749			23,737	3S2	0,327	2,216	1,952			4,495	3S2	23,737							
3S3	SRS	6,000	TD	16,500	TT	24,750					47,250	3S3	0,278	7,258	7,863			15,399	3S3	0,327	1,451	1,375			3,154	3S3	15,399							
2C2	SRS	6,000	SRD	10,750	SRD	10,750	SRD	10,300			37,800	2C2	0,278	5,171	5,171	3,957		14,577	2C2	0,327	3,273	3,273	2,721		9,593	2C2	14,577							
2C3	SRS	6,000	SRD	10,125	SRD	10,750	TD	18,275			45,150	2C3	0,278	3,555	5,171	12,710		21,714	2C3	0,327	2,526	3,273	2,216		8,342	2C3	21,714							
3C2	SRS	6,000	TD	18,275	SRD	10,750	SRD	10,125			45,150	3C2	0,278	12,710	5,171	3,555		21,714	3C2	0,327	2,216	3,273	2,526		8,342	3C2	21,714							
3C3	SRS	6,000	TD	16,000	SRD	9,250	TD	16,000			47,250	3C3	0,278	6,131	2,020	6,131		14,560	3C3	0,327	1,278	1,710	1,278		4,593	3C3	14,560							
2I2	SRS	6,000	SRD	10,750	SRD	10,750	SRD	10,300			37,800	2I2	0,278	5,171	5,171	3,957		14,577	2I2	0,327	3,273	3,273	2,721		9,593	2I2	14,577							
2I3	SRS	6,000	SRD	10,312	SRD	10,312	SRD	10,313	SRD	10,313	47,250	2I3	0,278	3,986	3,986	3,989	3,989	16,228	2I3	0,327	2,734	2,734	2,735	2,735	11,267	2I3	16,228							
3I2	SRS	6,000	TD	18,275	SRD	10,750	SRD	10,125			45,150	3I2	0,278	12,710	5,171	3,555		21,714	3I2	0,327	2,216	3,273	2,526		8,342	3I2	21,714							
3I3	SRS	6,000	TD	15,750	SRD	8,500	SRD	8,500	SRD	8,500	47,250	3I3	0,278	5,624	1,190	1,190	1,190	9,473	3I3	0,327	1,197	1,187	1,187	1,187	5,084	3I3	9,473							
2J3	SRS	6,000	SRD	10,125	SRD	10,750	TD	18,275			45,150	2J3	0,278	3,555	5,171	12,710		21,714	2J3	0,327	2,526	3,273	2,216		8,342	2J3	21,714							
3J3	SRS	6,000	TD	16,000	SRD	9,250	TD	16,000			47,250	3J3	0,278	6,131	2,020	6,131		14,560	3J3	0,327	1,278	1,710	1,278		4,593	3J3	14,560							
3S2S2	SRS	6,000	TD	17,300	TD	18,275	TD	18,275			59,850	3S2S2	0,278	9,410	12,710	12,710		35,108	3S2S2	0,327	1,766	2,216	2,216		6,524	3S2S2	35,108							
3S2C4	SRS	6,000	TD	18,275	TD	18,275	TD	18,150	TD	17,000	77,700	3S2C4	0,278	12,710	12,710	12,241	8,549	46,488	3S2C4	0,327	2,216	2,216	2,154	1,642	8,555	3S2C4	46,488							
3S2S2S2	SRS	6,000	TD	18,275	TD	18,275	TD	18,150	TD	17,000	77,700	3S2S2S2	0,278	12,710	12,710	12,241	8,549	46,488	3S2S2S2	0,327	2,216	2,216	2,154	1,642	8,555	3S2S2S2	46,488							
CONDIÇÃO: VEÍCULOS VAZIOS											CONDIÇÃO: VEÍCULOS VAZIOS											CONDIÇÃO: VEÍCULOS VAZIOS											FV FINAL AASHTO	
CARREGAMENTO DA FROTA COMERCIAL NA CONDIÇÃO "VAZIO"											FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - USACE											FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - AASHTO											Veículo Tipo	VEÍCULOS 100% CARREGADOS
Veículo Tipo	1º Eixo	(t)	2º Eixo	(t)	3º Eixo	(t)	4º Eixo	(t)	5º Eixo	(t)	PBT (5%)	Veículo Tipo	1º Eixo	2º Eixo	3º Eixo	4º Eixo	5º Eixo	FV FINAL	Veículo Tipo	1º Eixo	2º Eixo	3º Eixo	4º Eixo	5º Eixo	FV FINAL	Veículo Tipo	VEÍCULOS 100% CARREGADOS							
Ônibus (2C)	SRS	2,100	SRD	3,200							5,300	Ônibus (2C)	0,004	0,022				0,026	Ônibus (2C)	0,004	0,017				0,021	Ônibus (2C)	3,612							
Tribus (3C)	SRS	2,100	ESE	3,200							5,300	Tribus (3C)	0,004	0,009				0,013	Tribus (3C)	0,004	0,002				0,005	Tribus (3C)	1,171							
Ônibus (4DB)	SRS	1,750	SRS	1,750	TD	8,200					11,700	Ônibus (4DB)	0,002	0,002	0,237			0,241	Ônibus (4DB)	0,002	0,002	0,080			0,083	Ônibus (4DB)	2,960							
2C	SRS	3,300	SRD	6,900							10,200	2C	0,025	0,487				0,512	2C	0,025	0,482				0,507	2C	3,612							
3C	SRS	3,100	TD	8,200							11,300	3C	0,020	0,237				0,257	3C	0,019	0,080				0,099	3C	2,481							
4CD	SRS	1,750	SRS	1,750	TD	8,200					11,700	4CD	0,002	0,002	0,237			0,241	4CD	0,002	0,002	0,080			0,083	4CD	2,960							
2S1	SRS	3,300	SRD	4,700	SRD	3,400					11,400	2S1	0,025	0,104	0,028			0,158	2S1	0,025	0,092	0,023			0,139	2S1	6,617							
2S2	SRS	4,400	SRD	5,200	TD	5,300					14,900	2S2	0,080	0,156	0,052			0,288	2S2	0,086	0,142	0,013			0,241	2S2	5,350							
2S3	SRS	4,400	SRD	4,800	TT	5,700					14,900	2S3	0,080	0,113	0,028			0,221	2S3	0,086	0,100	0,003			0,189	2S3	5,011							
3S1	SRS	4,600	TD	7,200	SRD	3,400					15,200	3S1	0,096	0,151	0,028			0,275	3S1	0,104	0,047	0,002			0,153	3S1	5,350							
3S2	SRS	4,600	TD	7,200	TD	5,300					17,100	3S2	0,096	0,151	0,052			0,299	3S2	0,104	0,047	0,013			0,164	3S2	4,495							
3S3	SRS	4,600	TD	7,200	TT	5,700					17,500	3S3	0,096	0,151	0,028			0,274	3S3	0,104	0,047	0,003			0,154	3S3	3,154							
2C2	SRS	3,000	SRD	4,500	SRD	2,000	SRD	2,000			11,500	2C2	0,017	0,087	0,003	0,003		0,111	2C2	0,016	0,076	0,002	0,002		0,097	2C2	9,593							
2C3	SRS	3,000	SRD	4,500	SRD	2,000	TD	3,100			12,600	2C3	0,017	0,087	0,003	0,008		0,116	2C3	0,016	0,076	0,002	0,001		0,096	2C3	8,342							
3C2	SRS	2,600	TD	5,700	SRD	2,000	SRD	2,000			12,300	3C2	0,010	0,067	0,003	0,003		0,083	3C2	0,009	0,018	0,002	0,002		0,031	3C2	8,342							
3C3	SRS	2,600	TD	5,700	SRD	2,000	TD	3,100			13,400	3C3	0,010	0,067	0,003	0,008		0,088	3C3	0,009	0,018	0,002	0,001		0,030	3C3	4,593							
2I2	SRS	3,300	SRD	6,900	SRD	2,500	SRD	2,500			15,200	2I2	0,025	0,487	0,008	0,008		0,529	2I2	0,025	0,482	0,006	0,006		0,519	2I2	9,593							
2I3	SRS	3,300	SRD	6,900	SRD	2,200	SRD	2,200	SRD	2,200	16,800	2I3	0,025	0,487	0,005	0,005	0,005	0,527	2I3	0,025	0,482	0,003	0,003	0,003	0,517	2I3	11,267							
3I2	SRS	3,100	TD	8,200	SRD	2,500	SRD	2,500			16,300	3I2	0,020	0,237	0,008	0,008		0,273	3I2	0,019	0,080	0,006	0,006		0,111	3I2	8,342							
3I3	SRS	3,100	TD	8,200	SRD	2,200	SRD	2,200	SRD	2,200	17,900	3I3	0,020	0,237	0,005	0,005	0,005	0,271	3I3	0,019	0,080	0,003	0,003	0,003	0,110	3I3	5,084							
2J3	SRS	3,300	SRD	6,900	SRD	2,600	TD	4,000			16,800	2J3	0,025	0,487	0,010	0,020		0,542	2J3	0,025	0,482	0,007	0,004		0,518	2J3	8,342							
3J3	SRS	3,100	TD	8,200	SRD	2,600	TD	4,000			17,900	3J3	0,020	0,237	0,010	0,020		0,286	3J3	0,019	0,080	0,007	0,004		0,110	3J3	4,593							
3S2S2	SRS	4,600	TD	7,400	TD	5,300	TD	3																										

#### 4.8.2.4 CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS FINAIS - FV

O Quadro nº 95, a seguir, apresenta o cálculo dos fatores de veículos finais, com a tolerância de 7,5% por eixo, adotando-se as metodologias da USACE e da AASHTO, para o trecho em estudo.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº**

**95**

**- CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULO - FV**

**CÓDIGO DO CRITÉRIO ADOTADO: 6**

**RODOVIA: MGC-262**

**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**COORDENADORIA REGIONAL: 01ª CRG (BELO HORIZONTE)**

**CARREGAMENTO: 100% DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEI DA BALANÇA, APLICANDO-SE A TOLERÂNCIA DE 7,50% POR EIXO, OBEDECENDO-SE AO LIMITE DE 5,00% DO "PBT"**

Veículos-tipo	VMDAT <sub>comercial</sub>		FATOR DE VEÍCULO "USACE"		FATOR DE VEÍCULO "AASHTO"	
	Vol.	(%)	FV <sub>i</sub>	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$	FV <sub>i</sub>	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$
Ônibus (2CB)	735	23,19	5,458	1,266	3,612	0,838
Tribus (3CB)			3,818		1,171	
Ônibus (4DB)			13,948		2,960	
2C	2.120	66,87	5,458	3,650	3,612	2,415
3C	155	4,90	12,519	0,613	2,481	0,121
4CD	2	0,08	13,948	0,011	2,960	0,002
2S1			10,047		6,617	
2S2	3	0,10	17,129	0,017	5,350	0,005
2S3	113	3,56	17,820	0,634	5,011	0,178
3S1			17,129		5,350	
3S2			23,737		4,495	
3S3	31	0,98	15,399	0,152	3,154	0,031
2C2			14,577		9,593	
2C3			21,714		8,342	
3C2			21,714		8,342	
3C3			14,560		4,593	
2I2			14,577		9,593	
2I3			16,228		11,267	
3I2			21,714		8,342	
3I3			9,473		5,084	
2J3			21,714		8,342	
3J3			14,560		4,593	
3S2S2	6	0,18	35,108	0,062	6,524	0,012
3S2C4	5	0,15	46,488	0,070	8,555	0,013
3S2S2S2			46,488		8,555	
<b>Total</b>	<b>3.170</b>	<b>100,00</b>	<b>*****</b>	<b>FV<sub>USACE</sub> = 6,474</b>	<b>*****</b>	<b>FV<sub>AASHTO</sub> = 3,616</b>

#### 4.9 PROJEÇÃO DO VMDAT E DO NÚMERO N

A projeção do VMDAT foi obtida aplicando-se a fórmula de crescimento geométrico, a saber:

$$\text{VMDAT}_n = \text{VMDAT}_o (1 + i)^n$$

Onde os parâmetros intervenientes são:

- $\text{VMDAT}_o$  = Volume de tráfego inicial;
- $\text{VMDAT}_n$  = Volume de tráfego final;
- $i$  = Taxa de crescimento geométrico médio anual igual a 3,00%;
- $N$  = Número de anos do período de projeto.

Foram consideradas as seguintes condições para a determinação dos parâmetros intervenientes:

- Ano de abertura da rodovia ao tráfego após a conclusão dos melhoramentos previstos: 2013;
- Período de projeto: 10 anos;
- Ano final de vida útil: 2022.

A projeção do número  $N$  foi efetuada considerando-se a projeção do VMDAT e os fatores intervenientes (FP, FR e FV), conforme descrito no item 1.8.1.

Os valores do número  $N$  obtidos para a pista central são os seguintes:

- número  $N$  acumulado (AASHTO) para o ano de 2022:  $N = 1,92\text{E}+07$ ;
- número  $N$  acumulado (USACE) para o ano de 2022:  $N = 3,44\text{E}+07$ .

O número  $N$  para as vias marginais foi avaliado em 10% do valor obtido para a pista central, a saber:

- número  $N$  acumulado (AASHTO) para o ano de 2022:  $N = 1,92\text{E}+06$ ; e,
- número  $N$  acumulado (USACE) para o ano de 2022:  $N = 3,44\text{E}+06$ .

A projeção do VMDAT e do número  $N$  para a pista central do trecho em estudo está apresentada, a seguir, no Quadro nº 96.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 96 - PROJEÇÃO DO VMDAT E DO NÚMERO N**

**RODOVIA: MGC-262**

**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**COORDENADORIA REGIONAL: 01ª CRG (BELO HORIZONTE)**

**CARREGAMENTO: 100% DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEI DA BALANÇA, APLICANDO-SE A TOLERÂNCIA DE 7,50% POR EIXO, OBEDECENDO-SE AO LIMITE DE 5,00% DO "PBT"**

Ano	Volumes de Tráfego (VMDAT)					Valores do Número N				Observações	
	Veículos-tipo				Total	USACE		AASHTO			
	Moto	Passeio	Coletivo	Carga		Ano a ano	Acumulado	Ano a ano	Acumulado		
2011	-	2.869	12.674	867	2.866	19.276	*****	*****	*****	*****	Pesquisa / Projeto
2012	-	2.955	13.054	893	2.952	19.854	*****	*****	*****	*****	Obra
2013	1º	2.435	10.756	735	2.435	16.362	3,00E+06	3,00E+06	1,67E+06	1,67E+06	Abertura
2014	2º	2.508	11.079	757	2.508	16.852	3,09E+06	6,08E+06	1,72E+06	3,40E+06	-
2015	3º	2.584	11.411	780	2.584	17.358	3,18E+06	9,26E+06	1,78E+06	5,17E+06	-
2016	4º	2.661	11.753	803	2.661	17.879	3,27E+06	1,25E+07	1,83E+06	7,00E+06	-
2017	5º	2.741	12.106	827	2.741	18.415	3,37E+06	1,59E+07	1,88E+06	8,89E+06	-
2018	6º	2.823	12.469	852	2.823	18.968	3,47E+06	1,94E+07	1,94E+06	1,08E+07	-
2019	7º	2.908	12.843	878	2.908	19.537	3,58E+06	2,30E+07	2,00E+06	1,28E+07	-
2020	8º	2.995	13.229	904	2.995	20.123	3,69E+06	2,66E+07	2,06E+06	1,49E+07	-
2021	9º	3.085	13.625	931	3.085	20.726	3,80E+06	3,04E+07	2,12E+06	1,70E+07	-
2022	10º	3.177	14.034	959	3.177	21.348	3,91E+06	3,44E+07	2,18E+06	1,92E+07	10º Ano

**Composição Percentual do Tráfego: 2013**

**Parâmetros Adotados no Cálculo do Número de Operações do Eixo-padrão de 8,2 t - Número N**

Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Fatores de Veículo - FV		Fator Climático	Fator de Pista
14,88	65,74	4,49	14,88	FV <sub>USACE</sub>	FV <sub>AASHTO</sub>	FR	FP
Taxas de Crescimento do Tráfego (%)				6,474	3,616	1,000	0,400
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Ano Inicial para o Cálculo do Número N			2013
3,00	3,00	3,00	3,00	Período de Projeto para o Cálculo do Número N - P (anos)			10

#### 4.10 FLUXOGRAMAS DE TRÁFEGO DAS INTERSEÇÕES

Os fluxogramas de tráfego das interseções foram montados em VMDAT e UCP/h para os anos de 2013 (abertura da rodovia ao tráfego) e 2022 (10º ano após a conclusão dos melhoramentos previstos, considerado como ano final do horizonte de projeto). Os fluxogramas foram simulados e projetados para os anos de 2013 e 2022, considerando a correção do tráfego pesquisado e foram analisados juntamente com a situação física local, topografia, relevo, meio ambiente e aspectos relativos à desapropriação e custos envolvidos, de maneira a permitir a definição da configuração geométrica mais adequada para circulação e atendimento aos volumes de tráfego demandados.

Para a conversão do VMDAT em UCP/h foram adotados os fatores recomendados pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, a saber:

TABELA 9 - FATOR DE EQUIVALÊNCIA EM CARROS DE PASSEIO						
TIPO DE VEÍCULO	VP (PASSEIO)	CO (ÔNIBUS)	SR/RE (SEMI-REBOQUES E REBOQUES)	M (MOTO)	B (BICICLETA)	SI (SEM IDENTIFICAÇÃO)
Fator de Equivalência	1,00	1,50	2,00	1,00	0,50	1,10

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego - DNIT

Não foram considerados os veículos identificados como B-bicicleta e SI-sem identificação. Desta forma, a expressão que permite homogeneizar o tráfego da rodovia é a seguinte:

$$UCP/h = K \times (VP \times VMDAT_{VP} + CO \times VMDAT_{CO} + SR/RE \times VMDAT_{SR/RE} + M \times VMDAT_M) / FHP$$

onde:

- UCP/h = Unidade de carros de passeio por hora;
- K = Fator horário de projeto (K = 0,085);
- FHP = Fator horário de pico (FHP = 0,900);
- VMDAT<sub>VP</sub> = Volume médio diário anual de tráfego de veículos de passeio;
- VMDAT<sub>CO</sub> = Volume médio diário anual de tráfego de coletivo;
- VMDAT<sub>SR/RE</sub> = Volume médio diário anual de tráfego de veículos de carga;
- VMDAT<sub>M</sub> = Volume médio diário anual de tráfego de motos.

A seguir são apresentados os fluxogramas de tráfego projetados e simulados para as seguintes interseções:

- interseção de acesso para aterro sanitário - fluxogramas 1 a 4;
- interseção de acesso para bairro General Carneiro - fluxogramas 5 a 8;
- interseção de acesso para Anel Viário - fluxogramas 9 a 12.

# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 1

**ANO: 2013**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,400**

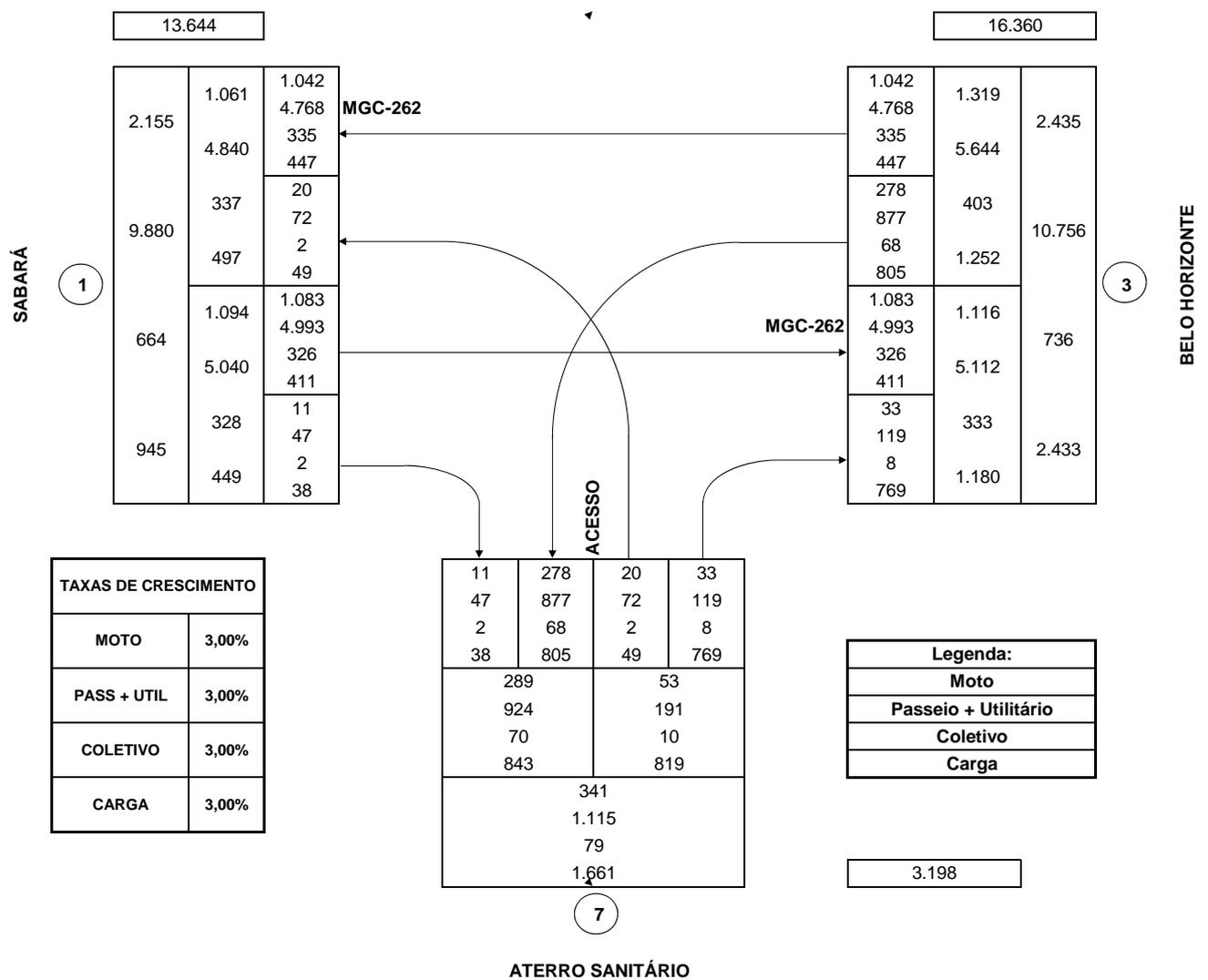
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ ATERRO SANITÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (1º ANO - ABERTURA)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 2

**ANO: 2022**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,400**

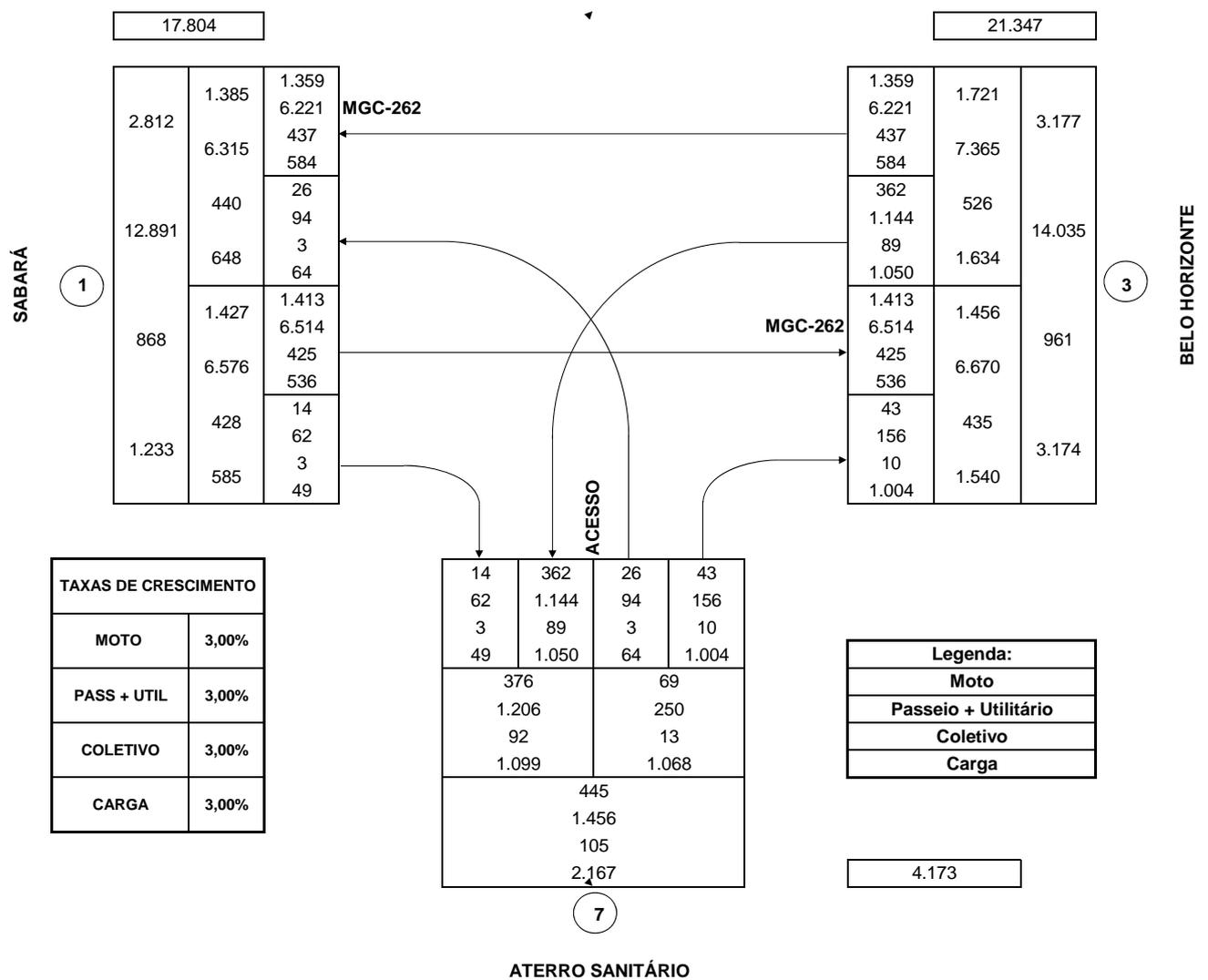
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ ATERRO SANITÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (10º ANO)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 3

**ANO: 2013**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,400**

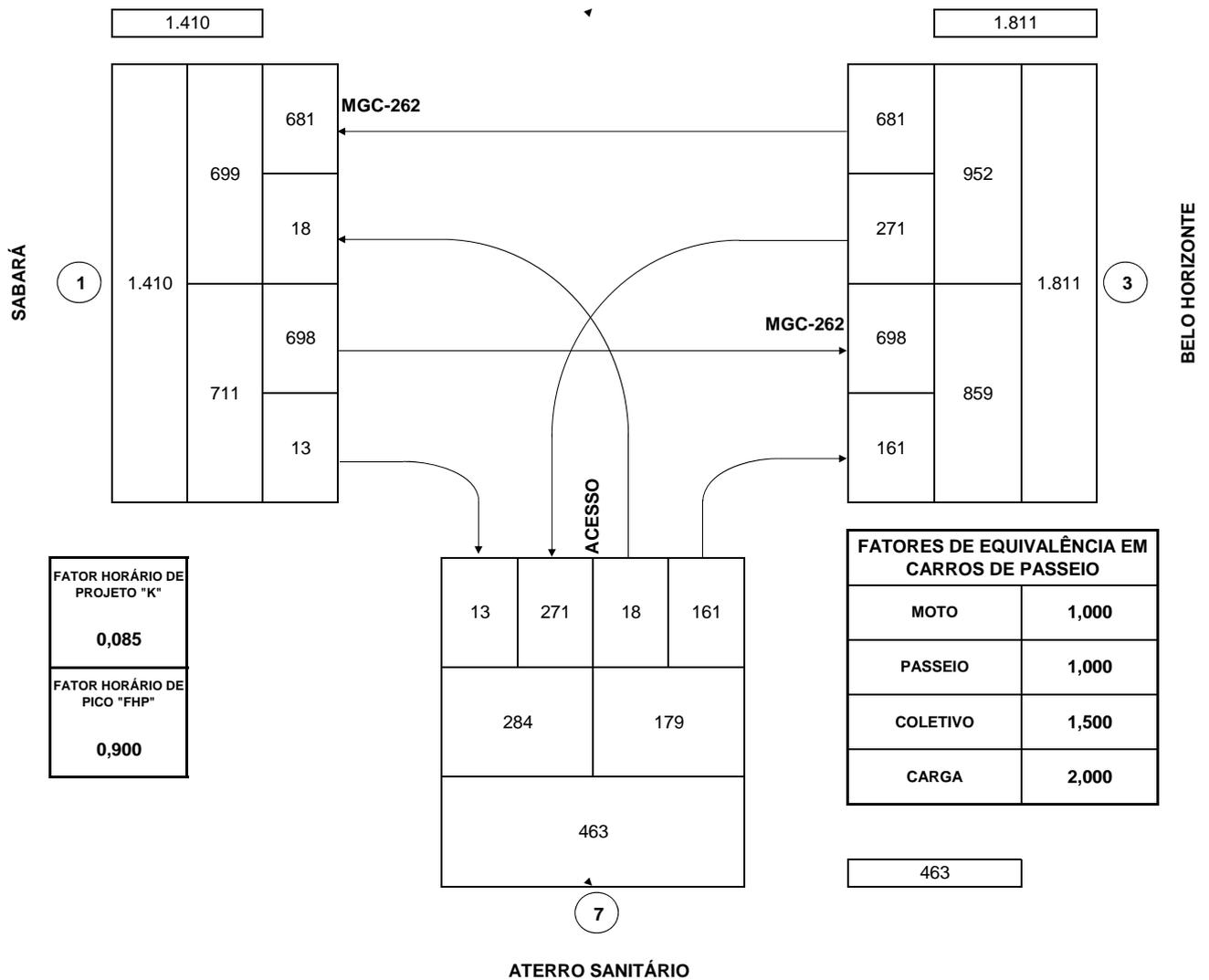
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTR° MGC-262 C/ ACESSO P/ ATERRO SANITÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS SIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (1º ANO - ABERTURA)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 4

**ANO: 2022**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,400**

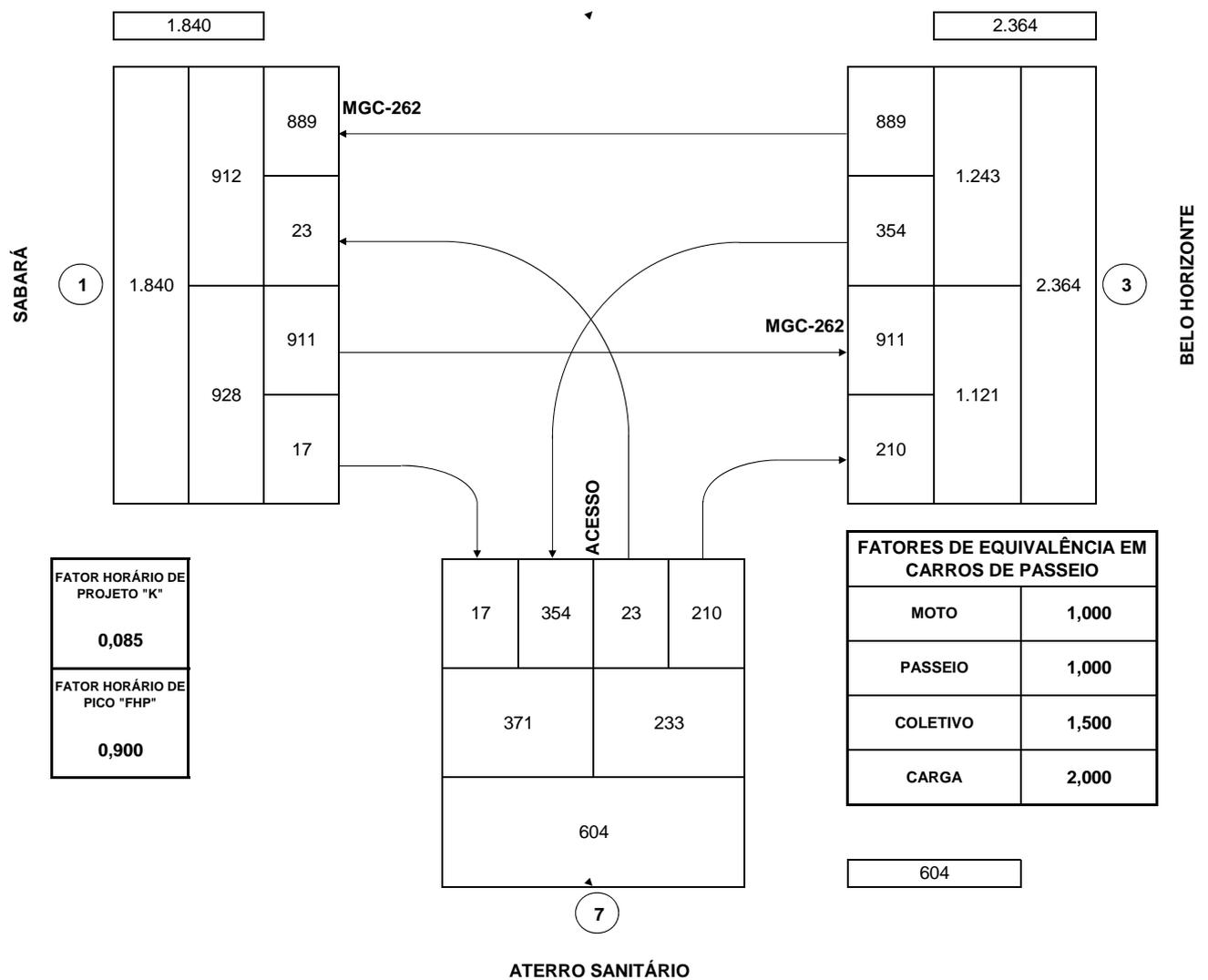
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ ATERRO SANITÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS SIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (10º ANO)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 5

**ANO: 2013**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 304,600**

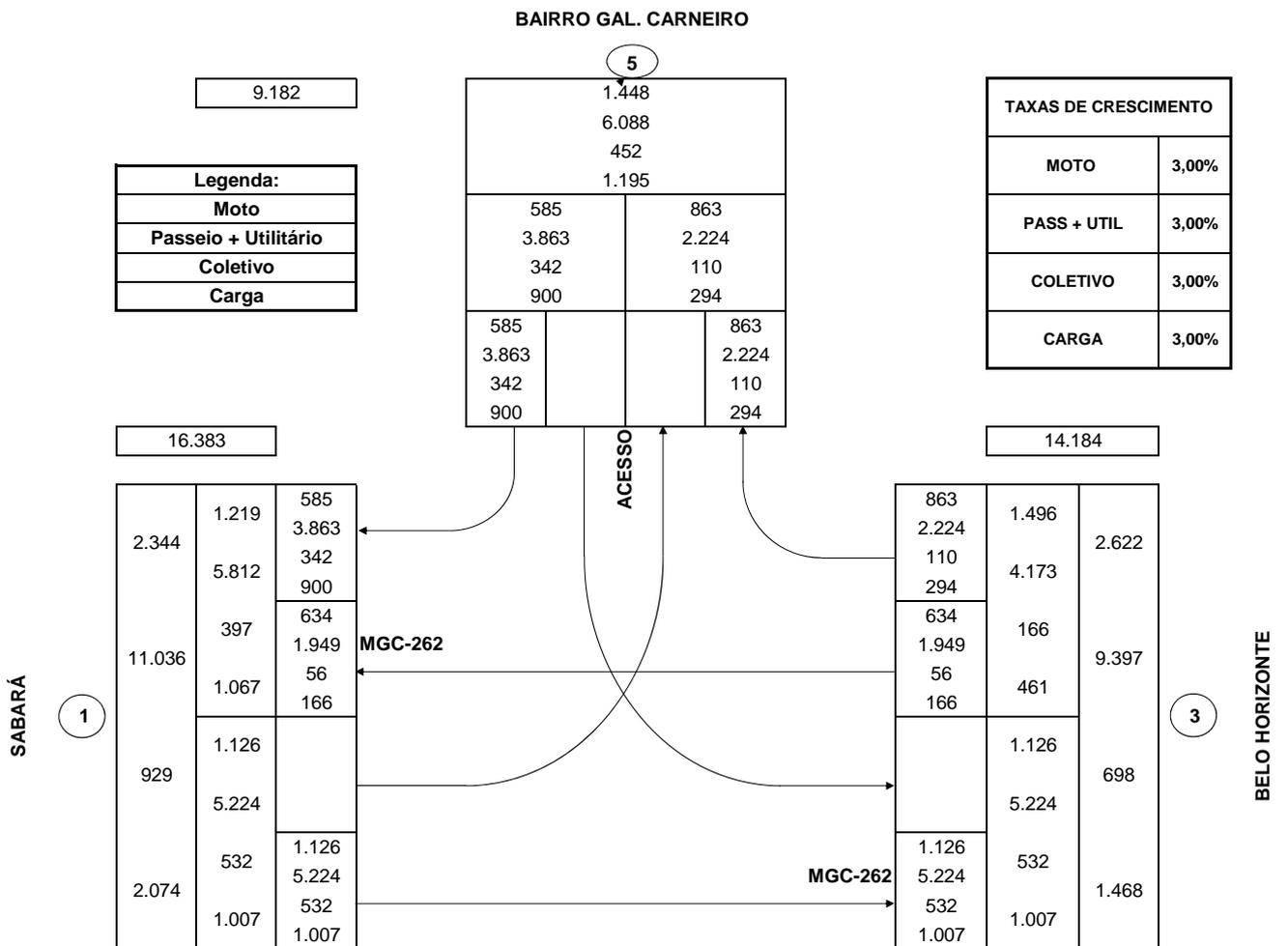
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ BAIRRO GENERAL CARNEIRO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (1º ANO - ABERTURA)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 6

ANO: 2022

RODOVIA MGC-262

POSTO: SIMULADO

LOCALIZAÇÃO: km 304,600

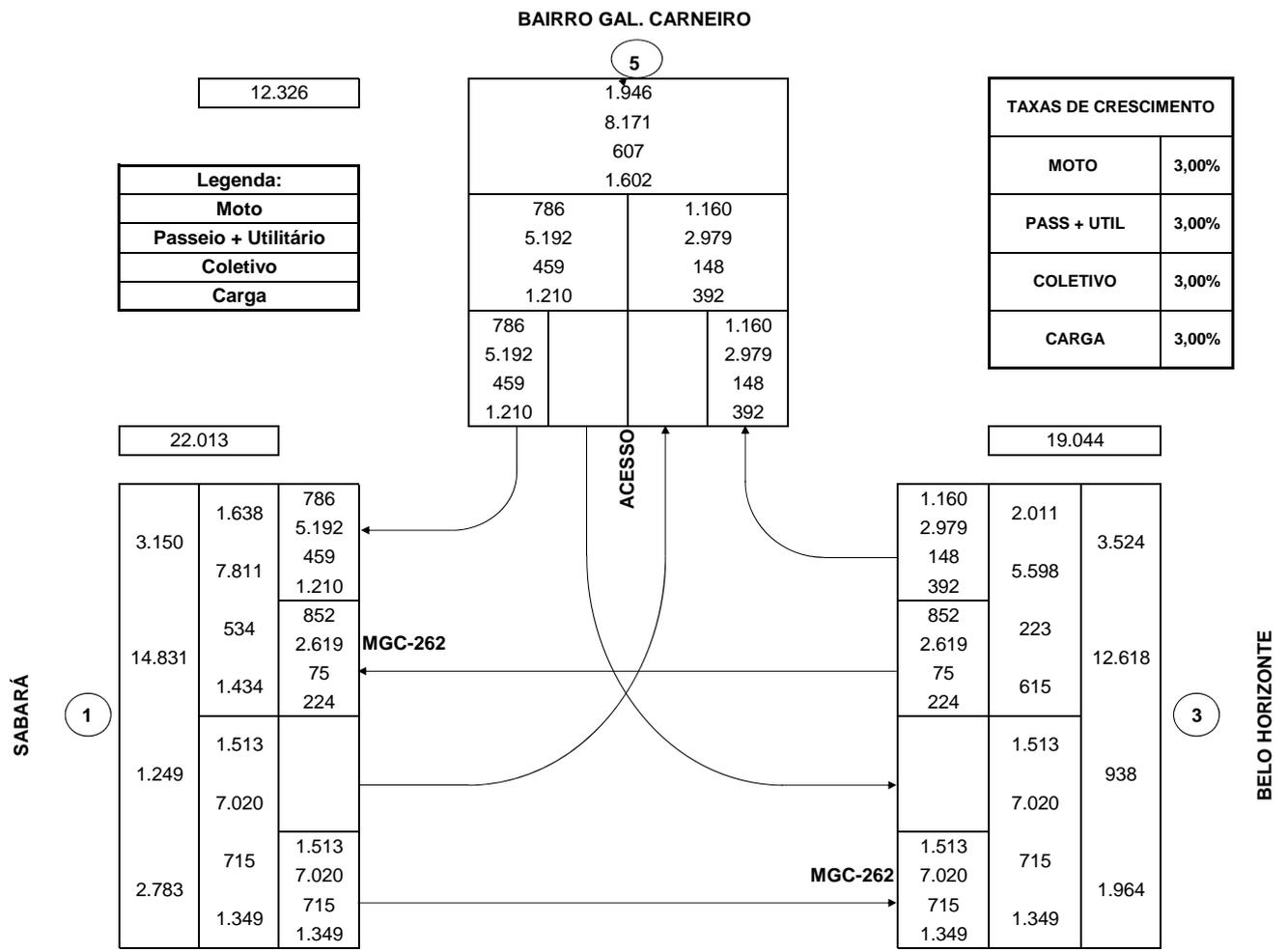
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SUBTRECHO:

SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400

INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ BAIRRO GENERAL CARNEIRO

SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (10º ANO)



**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 7**

**ANO: 2013**

RODOVIA MGC-262

POSTO: SIMULADO

LOCALIZAÇÃO: km 304,600

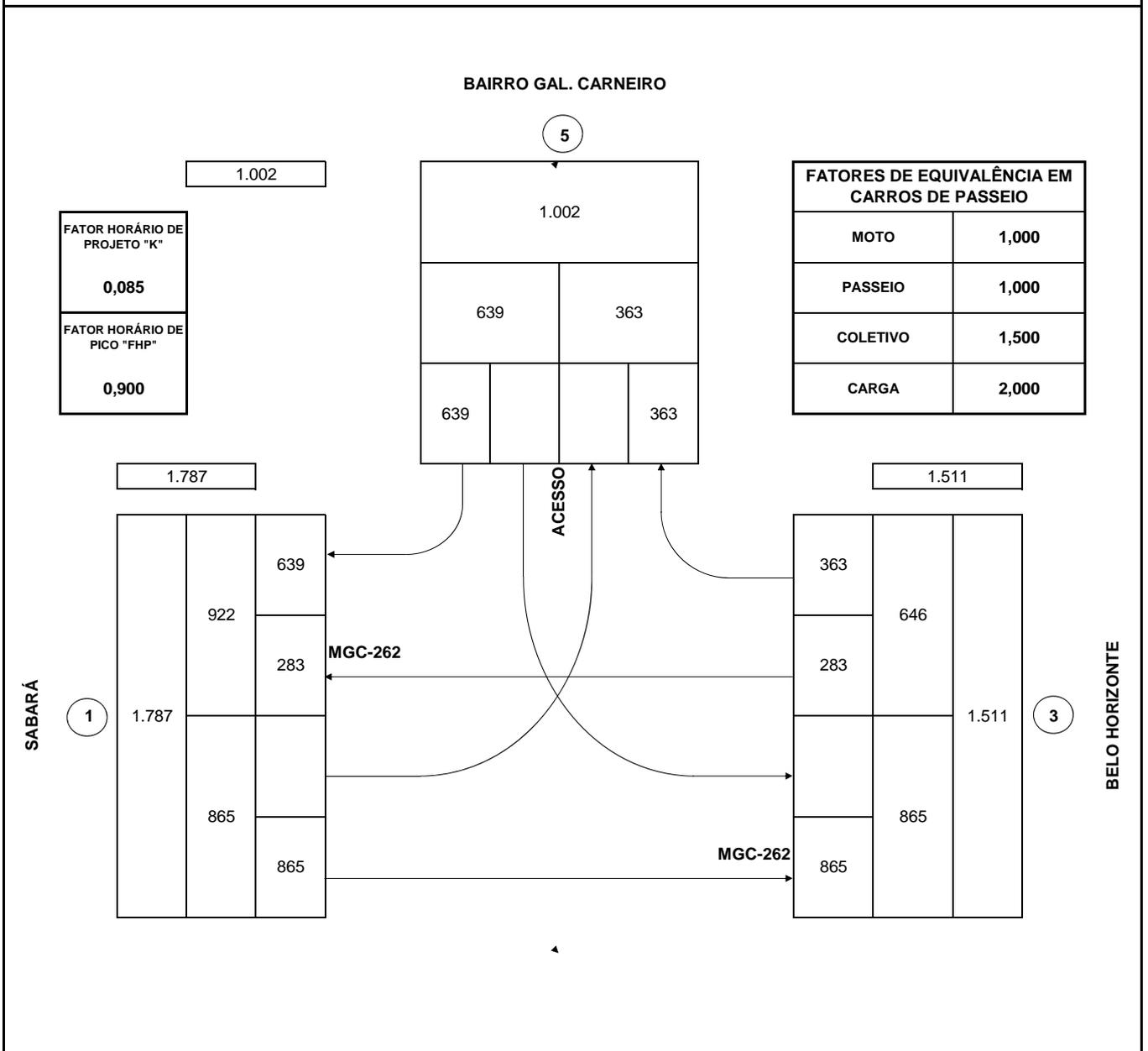
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SUBTRECHO:

SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400

INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ BAIRRO GENERAL CARNEIRO

SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS SIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (1º ANO - ABERTURA)



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 8

**ANO: 2022**

RODOVIA MGC-262

POSTO: SIMULADO

LOCALIZAÇÃO: km 304,600

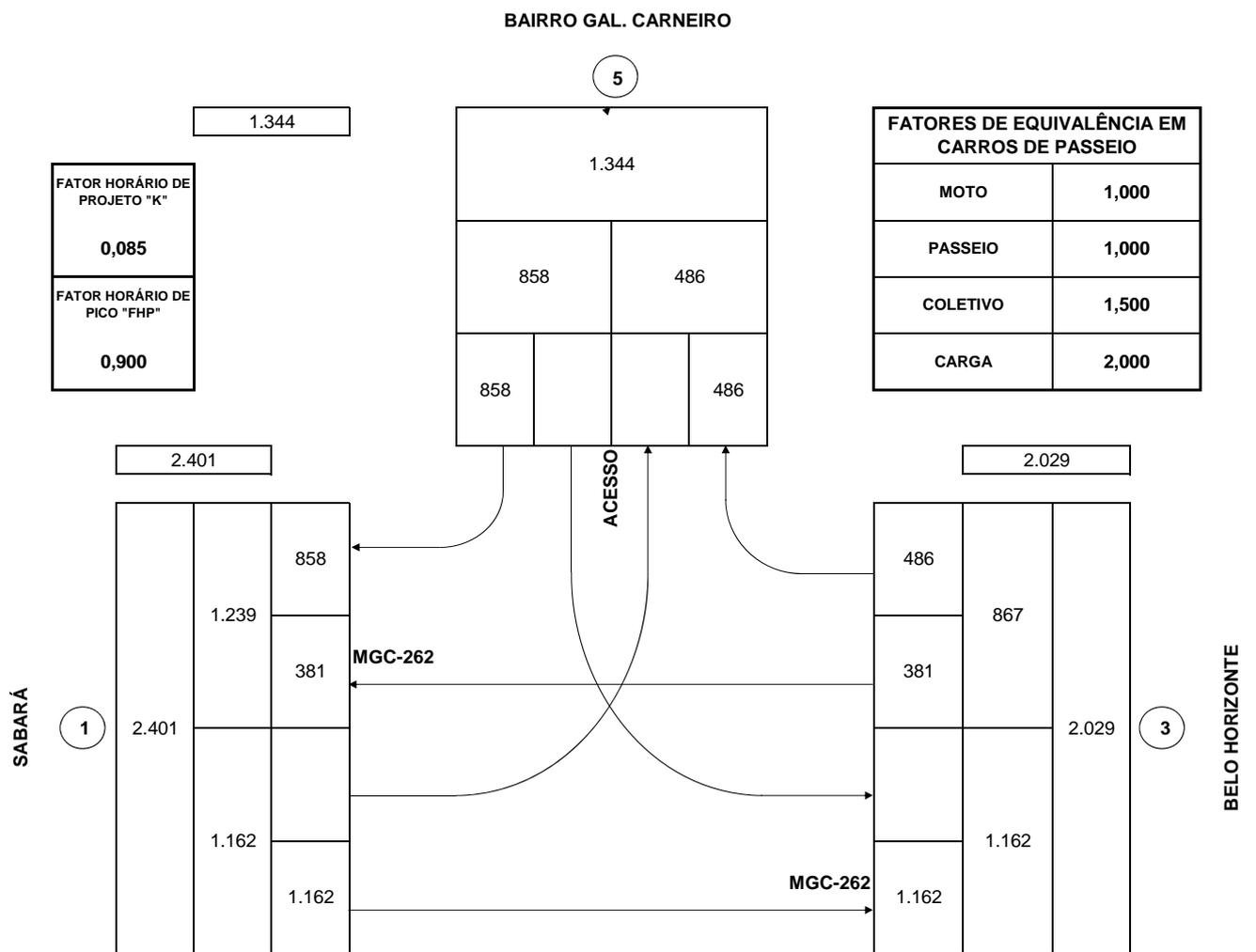
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SUBTRECHO:

SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400

INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ BAIRRO GENERAL CARNEIRO

SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS SIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (10º ANO)



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 9

**ANO: 2013**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 307,800**

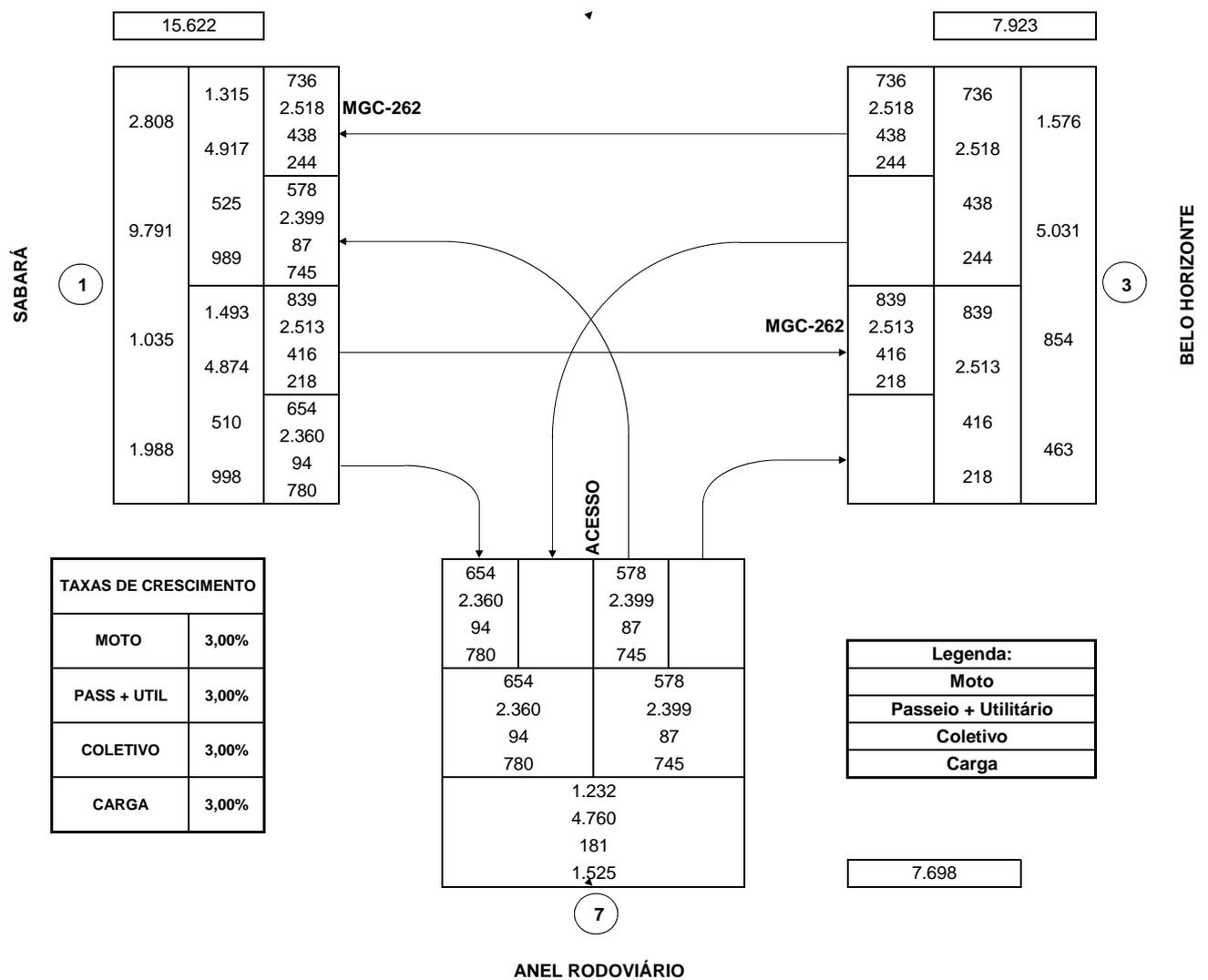
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ AV. JOSÉ CÂNDIDO DA SILVEIRA E ACESSO P/ ANEL RODOVIÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (1º ANO - ABERTURA)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 10

**ANO: 2022**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 307,800**

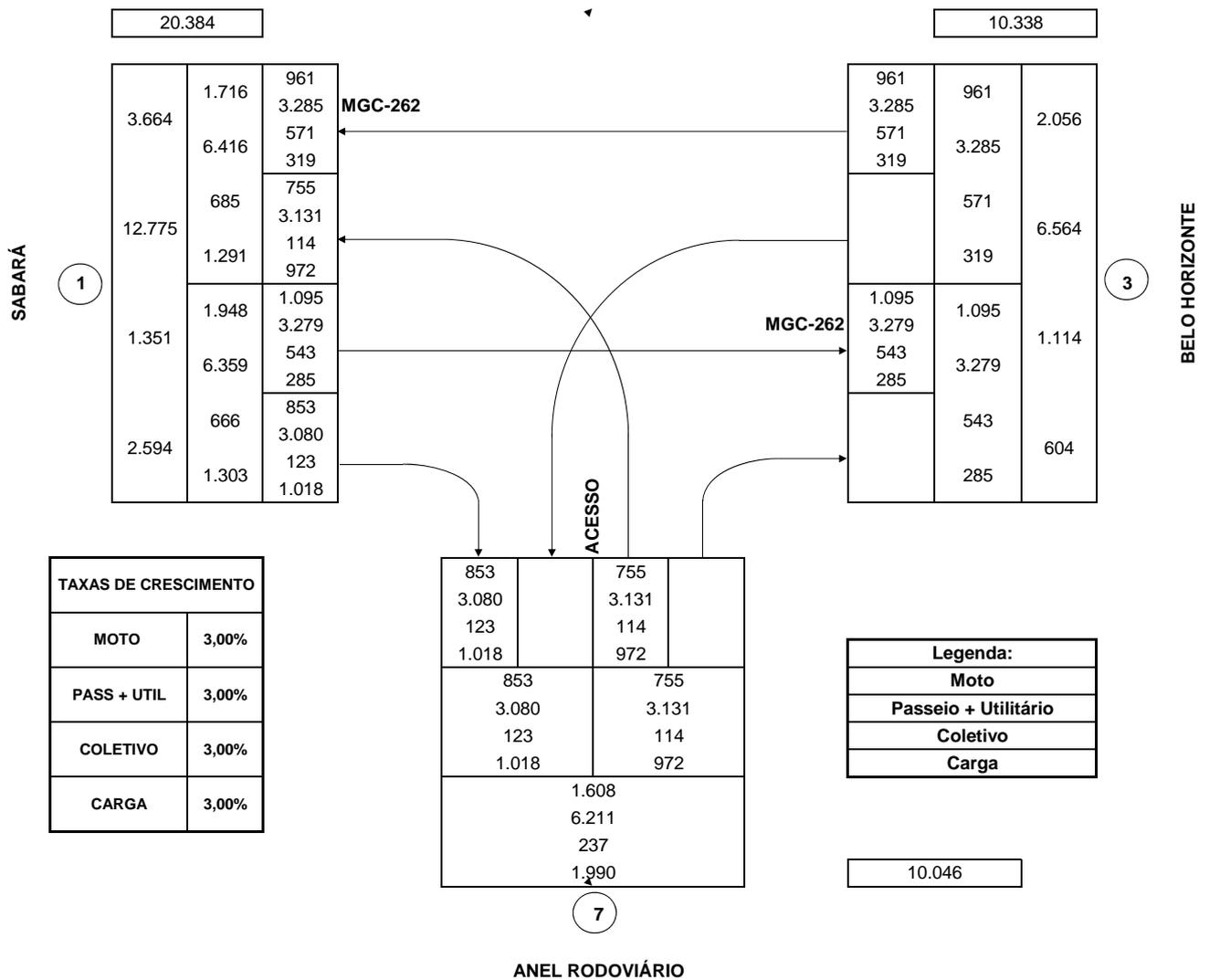
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ AV. JOSÉ CÂNDIDO DA SILVEIRA E ACESSO P/ ANEL RODOVIÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES SIMULADOS E PROJETADOS - VMDAT (10º ANO)**



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 11

ANO: 2013

RODOVIA MGC-262

POSTO: SIMULADO

LOCALIZAÇÃO: km 307,800

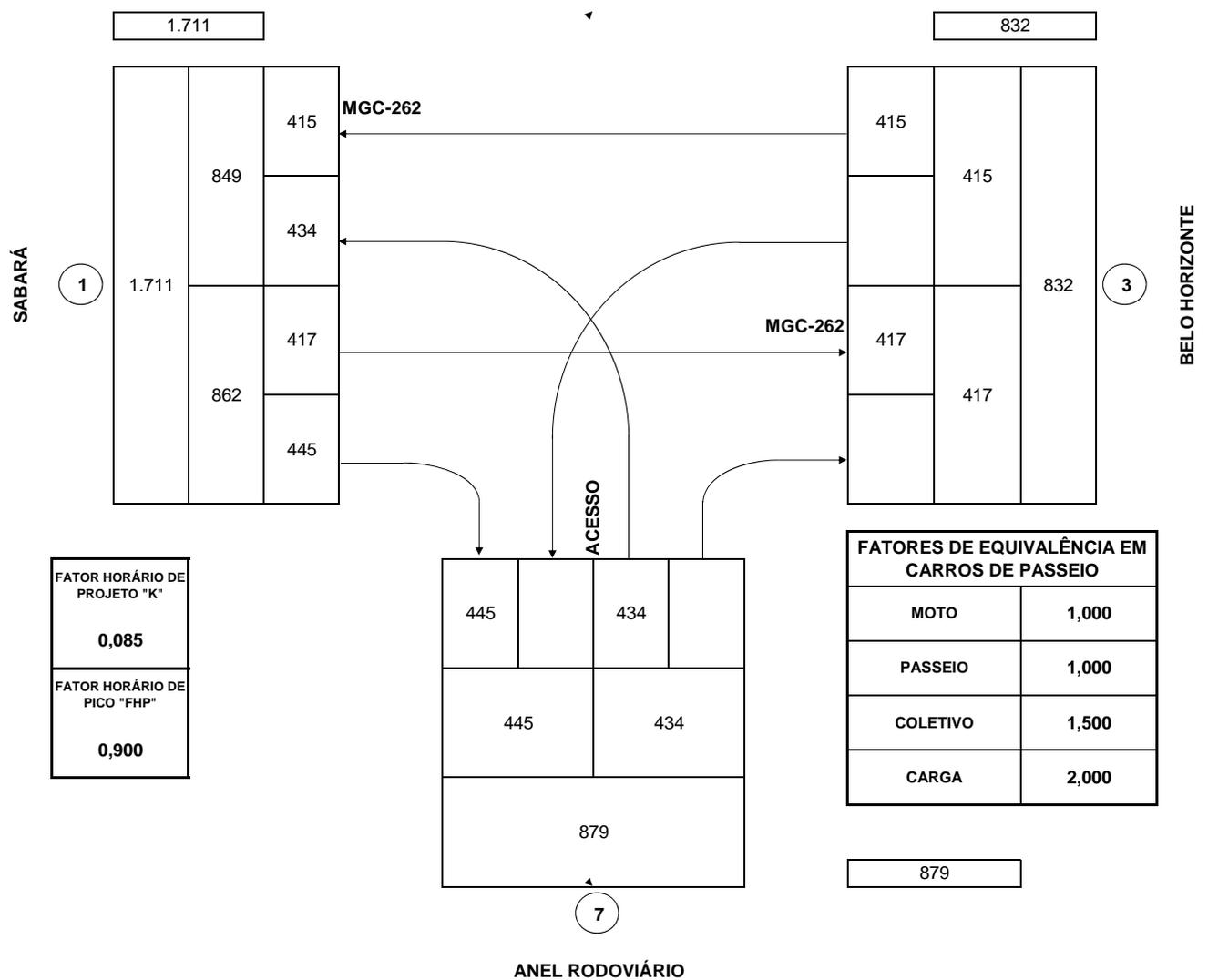
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SUBTRECHO:

SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400

INTERSEÇÃO: ENTR° MGC-262 C/ AV. JOSÉ CÂNDIDO DA SILVEIRA E ACESSO P/ ANEL RODOVIÁRIO

SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOSIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (1º ANO - ABERTURA)



# ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

## FLUXOGRAMA DE TRÁFEGO Nº 12

**ANO: 2022**

**RODOVIA MGC-262**

**POSTO: SIMULADO**

**LOCALIZAÇÃO: km 307,800**

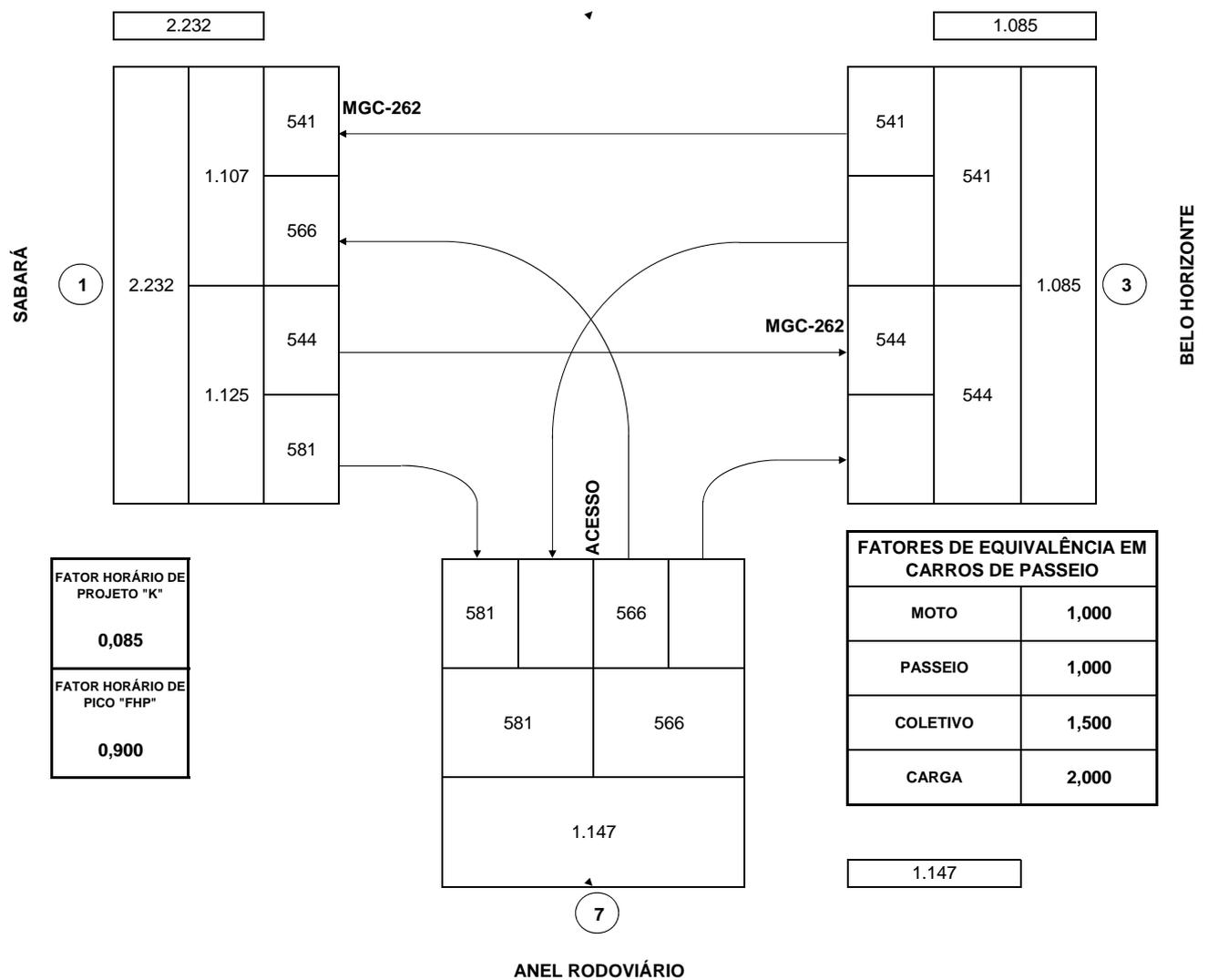
**TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SUBTRECHO:**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

**INTERSEÇÃO: ENTRº MGC-262 C/ AV. JOSÉ CÂNDIDO DA SILVEIRA E ACESSO P/ ANEL RODOVIÁRIO**

**SITUAÇÃO: VOLUMES HORÁRIOS SIMULADOS E PROJETADOS EM UCP/h (10º ANO)**



<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>									
<b>QUADRO N° 97 - DADOS DE TRÁFEGO PARA ESTUDOS DE CAPACIDADE</b>									
<b>RODOVIA: MGC-262</b>									
<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>									
<b>SUBTRECHO:</b>									
<b>SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400</b>									
ANOS	MOTO		PASSEIO + UTILITÁRIOS		ÔNIBUS		CARGA		VMDAT
	VOLUME	%	VOLUME	%	VOLUME	%	VOLUME	%	
2013	***	***	10.756	77,23	735	5,28	2.435	17,49	13.926
	2.435	14,88	10.756	65,74	735	4,49	2.435	14,88	16.362
2022	***	***	14.034	77,23	959	5,28	3.177	17,49	18.171
	3.177	14,88	14.034	65,74	959	4,49	3.177	14,88	21.348

#### 4.11 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO TRECHO

A determinação das características geométricas a serem adotadas para o trecho em estudo foi procedida tomando por base o VMDAT estimado para o 10º ano (2022), não se considerando a parcela referente a motos, a saber:

- $VMDAT_{2022} = 18.171$  veic./dia.

A Consultora indica, de forma preliminar, as seguintes dimensões para os elementos geométricos laterais da seção transversal futura do trecho, em região de traçado em relevo ondulado e velocidade diretriz de 100 km/h de acordo com a Classe 1-A do DNIT (Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais):

- plataforma tipo:
- número de faixas de rolamento por sentido: 2 com canteiro central;
- largura da semi-pista de rolamento: 3,50 m;
- largura do acostamento: 2,50 m;
- largura do dispositivo de drenagem: 1,00 m.

As dimensões dos elementos componentes das seções transversais foram submetidas ao DER/MG para aprovação, e aprovados pela Gerência de Geometria e Terraplenagem conforme desenhos apresentados a seguir.

Serão implantadas vias marginais nos segmentos:

- estaca 0,00 à estaca 112 : via marginal esquerda;
- estaca 0,00 à estaca 54 : via marginal direita.

## 5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

## 5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com a finalidade de se analisar as circunstâncias climáticas, pluviométricas e hídricas da área onde se localiza a rodovia, com a finalidade de fornecer todos os elementos necessários à avaliação da suficiência de vazão dos dispositivos de drenagem existentes e ao dimensionamento de novos dispositivos, sendo desenvolvidos a partir dos seguintes elementos:

Nesses trabalhos foram considerados os seguintes itens:

- coleta de dados;
- clima e pluviometria na área do projeto;
- definição do modelo de chuvas a ser utilizado no projeto;
- determinação das características das bacias hidrográficas;
- estimativa das descargas máximas nas bacias por ocasião das chuvas intensas; e,
- resultados obtidos.

Os parâmetros utilizados para o desenvolvimento do projeto de drenagem na área com características urbanas são apresentados no item Projeto de Drenagem.

### 5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para os estudos hidrológicos foi desenvolvida com a finalidade de permitir a caracterização climática e pluviométrica na área do projeto e o levantamento das condicionantes topográficas e geomorfológicas das bacias interceptadas.

Foram obtidos elementos diversos conforme itens abaixo:

- levantamentos na obra “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais” da COPASA, dos postos dotados de pluviógrafos mais próximos à região onde se localiza o trecho em estudo;
- posto de Belo Horizonte código 01943063, longitude 43°56’ a oeste de Greenwich e latitude 19°56’ sul, para o período de 1983 a 1999, de responsabilidade da COPASA.
- posto de Sabará código 01943006, para o período de 1941 a 2011, de responsabilidade da ANA/CPRM.
- números de dias de chuva para o posto de Sabará;
- caracterização climática, da região para o posto de Belo Horizonte, a partir da obra Normais Climatológicas, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET;
- Cartas do Brasil – folhas de Belo Horizonte, Brumadinho, Contagem, Itabirito, Ouro Preto, Mariana, Rio Acima, Caeté, Aracuruí, Jabuticatubas na escala 1:50.000, editadas pela Fundação IBGE;
- caracterização climática, da vegetação e dos solos da área de interesse a partir da obra Geografia do Brasil - Região Sudeste da Fundação IBGE;
- elementos dos estudos geotécnicos e geológicos levantados para o presente projeto rodoviário.

Observa-se que, após o levantamento dos dados, procedimento de estudos e pré-dimensionamento das obras de drenagem, foi procedida viagem ao campo pelos integrantes da equipe de drenagem, onde muitos dados foram ajustados após se percorrer todo o traçado do

projeto. Assim, aspectos relacionados à vegetação, solos de bacias, subdivisão das mesmas e características dos locais da obra foram ajustados por inspeção *in loco*.

Para os locais com previsão de obra-de-arte especial, foi procedida uma entrevista com moradores antigos do local para a obtenção de informações sobre o comportamento do curso d'água em questão, níveis d'água atingidos e características de sua bacia mais à montante.

Para a definição dos diferentes coeficientes interferentes no cálculo da vazão de dimensionamento das obras de drenagem, consideraram-se os estudos geotécnicos e as inspeções de campo. Assim, foi possível estabelecer, não só as características hidrológicas dos solos da região como, também, o tipo de uso e cobertura predominante na área de influência do trecho rodoviário em questão.

Segundo Edmon Nimer, a região Sudeste brasileira se caracteriza por uma notável diversificação climática, especialmente no que diz respeito à temperatura.

Dentre os fatores estáticos do clima a região Sudeste apresenta dois fatos importantes que devem ser explicitados:

#### 5.1.1 A EVAPORAÇÃO

A posição latitudinal da região fez com que quase todas as terras estejam localizadas na zona tropical, acarretando forte radiação solar (em virtude do ângulo de incidência dos raios solares), resultando absorção significativa de calor e conseqüente evaporação elevada;

Outra característica que acarreta em evaporação e condensação acentuada se relaciona à grande presença de superfícies líquidas nas suas proximidades, uma vez que o litoral está presente ao longo de toda a sua extensão.

Esses e outros fatores acarretam na região a presença de fortes núcleos de condensação nas camadas inferiores da atmosfera, contribuindo para o acréscimo de chuvas fazendo com que a região seja atingida por frentes frias ou outros fenômenos de ascendência dinâmica.

#### 5.1.2 A TOPOGRAFIA

A presença de serras na região Sudeste com altitudes elevadas, enterradas por vales amplos e rebaixados e a existência de planícies litorâneas, caracterizando um relevo de contrastes, favorece as precipitações, pelo aumento da turbulência do ar na ascendência orográfica, especialmente durante as passagens de correntes perturbadas.

No que se refere aos fatores dinâmicos do clima, Edmon Nimer aponta que a região Sudeste se caracteriza por ventos de E e NE oriundos do anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul ou ventos de componente variável de núcleos ocasionais de alta do interior. Diversos outros fatores e as suas relações com o anticiclone subtropical acarretam estabilidade climática, com tempo ensolarado. Essa estabilidade cessa com a chegada de correntes perturbadas, responsáveis por instabilidade e bruscas mudanças de tempo, geralmente acompanhadas de chuvas. Os principais sistemas de correntes perturbadas são:

- sistemas de correntes perturbadas do sul – representadas pela invasão do anticiclone polar;
- sistemas de correntes perturbadas de oeste – de meados da primavera a meados de outono a região é invadida por ventos de W a NW, trazidos por linhas de instabilidades tropicais;
- sistemas de correntes perturbadas de leste – conquanto não se tenha dúvida de que esses fenômenos ocorrem, não existe ainda uma ideia mais exata sobre os mesmos. As áreas atingidas por eles são, entretanto, muito restritas na região Sudeste.

### 5.1.3 RELEVO

O relevo no entorno do trecho é predominantemente montanhoso.

### 5.1.4 PLUVIOMETRIA

De acordo com Edmon Nimer, também em relação a pluviosidade a região Sudeste do Brasil apresenta grande diversificação. As características do seu regime de chuvas advêm da sua posição geográfica em relação à influência marítima e as correntes de circulação perturbada e dos contrastes morfológicos do seu relevo.

Existem duas áreas mais chuvosas. A primeira se localiza próxima à Serra do Mar, no trajeto de invasões de correntes de circulação perturbada de sul, representadas pela frentes polares. A segunda é perpendicular à primeira, de sentido NW-SE, localizada ao Oeste de Minas Gerais ao Rio de Janeiro. Essa segunda frente se caracteriza pela zona onde se dá o equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do anticiclone tropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, além de estar sob a rota preferida das correntes perturbadas de oeste.

### 5.1.5 CLIMA

A rodovia projetada atravessa uma área em que a vegetação predominante é composta de cerrado, florestas estacionais e matas artificiais, que, segundo a classificação de Wladimir Koppen, a região de projeto possui clima do tipo CWa, tropical de altitude com chuvas de verão de inverno seco variando de 4 a 5 meses e precipitação total anual de 1491,3 mm.

### 5.1.6 TEMPERATURA

A influência tropical que predomina a região do trecho em estudo apresenta temperaturas média anual de 21,1°, máxima anual 27,1° e mínima anual 16,7° C, tendo duas estações distintas: o inverno, mais frio e seco, e o verão, morno e chuvoso.

### 5.1.7 VEGETAÇÃO

O trecho está localizado em área de vegetação predominante de cerrado com alguns bolsões de mata Atlântica (floresta estacional). Viajando pelo interior de Minas Gerais, certamente atravessaremos extensos chapadões, cobertos por uma vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas em meio a um tapete de gramíneas – o cerrado. Durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, tudo ali é muito verde.

No inverno, ao contrário, o capim amarelece e seca; quase todas as árvores e arbustos, por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova. Mas não o fazem todos os indivíduos a um só tempo, como nas caatingas nordestinas. Enquanto alguns ainda mantêm suas folhas verdes, outros já as apresentam amarelas ou pardacentas, e outros já se despiram totalmente delas.

Assim, o cerrado não se comporta como uma vegetação caducifólia, embora cada um de seus indivíduos arbóreos e arbustivos o seja, porém independentemente uns dos outros. Mesmo no auge da seca, o cerrado apresenta algum verde no seu estrato arbóreo-arbustivo. Suas espécies lenhosas são caducifólias, mas a vegetação como um todo não. Esta é semicaducifolia.

A seguir, apresenta-se o quadro-resumo das características climáticas.

Estação: Belo Horizonte/MG		Código: 083587		Período de observação: 1961 a 1990										
Operadora: ANA		Latitude: 19°56'					Longitude: 43°56'							
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma	Média anual
Temperatura Máxima (°C)	28,2	28,8	28,6	27,5	26,0	25,0	24,6	26,5	27,2	27,7	27,5	27,3	324,9	27,1
Temperatura Média (°C)	22,8	23,2	23,0	21,1	19,8	18,5	18,1	19,0	21,0	21,9	22,2	22,2	252,8	21,1
Temperatura Mínima (°C)	18,8	19,0	18,8	17,3	15,0	13,4	13,1	14,4	16,2	17,5	18,2	18,4	200,1	16,7
Amplitude Absoluta (°C)	9,4	9,8	9,8	10,2	11,0	11,6	11,5	12,1	11,0	10,2	9,3	8,9	124,8	10,4
Insolação (horas)	189,8	195,5	215,1	228,9	237,1	240,1	256,5	255,6	210,1	190,5	181,7	165,1	2566,0	213,8
Evaporação (mm)	86,7	84,7	95,3	92,4	92,8	92,4	105,7	132,1	137,2	117,7	96,3	84,1	1217,4	101,5
Precipitação média (mm)	296,3	188,4	163,5	61,2	27,8	14,1	15,7	13,7	40,5	123,1	227,6	319,4	1491,3	124,3
Dias de Chuva (número)*	12,7	8,4	8,3	4,9	2,5	1,6	1,2	0,9	3,5	8,7	12,0	15,3	80,0	6,7
Umidade Relativa (%)	79,0	75,1	74,7	73,9	72,5	71,4	68,7	64,5	65,1	69,8	74,1	78,0	866,8	72,2
Índice Pluviométrico Anual (mm)													1491,3	

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - Agência Nacional de águas Posto: SABARÁ 01943006 (1941 a 2011)\*

Altitude da Estação: 852,8 m  
 Clima (Classificação): CWa  
 Início do trecho: Belo Horizonte  
 Fim do trecho: Sabará  
 Vegetação: mata atlântica, cerrado, campos de altitude

### 5.1.8 HIDROGRAFIA

Os cursos d'água que cortam este segmento são: o córrego do Malheiro e o rio das Velhas.

### 5.1.9 POSTOS HIDROGRÁFICOS

Apresentam-se, a seguir, os postos hidrográficos adotados para estes estudos hidrológicos.

#### POSTOS HIDROGRÁFICOS COM DADOS SUFICIENTES PARA O ESTUDO

Posto: <u>Belo Horizonte</u>	Código: 01943063								
T	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA								
(anos)	t (horas)								
	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	124,3	84,1	55,0	35,3	27,1	14,2	9,7	6,8	6,8
10	139,8	94,6	61,9	39,7	30,5	15,9	11,0	7,6	7,6
15	149,7	101,3	66,2	42,5	32,6	17,0	11,7	8,2	8,2
25	163,2	110,4	72,2	46,3	35,6	18,6	12,8	8,9	8,9
50	183,5	124,1	81,2	52,1	40,0	20,9	14,4	10,0	10,0
100	206,3	139,6	91,3	58,6	44,9	23,5	16,2	11,3	11,3

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto: <u>Belo Horizonte</u>		Código: 01943063							
		<u>ALTURA DA PRECIPITAÇÃO</u>							
T	t (horas)								
(anos)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	31,1	28,5	42,8	57,7	70,7	77,0	89,0	94,4	99,1
10	34,9	32,1	48,3	65,1	79,7	86,9	100,4	106,5	111,8
15	37,4	34,5	51,8	69,8	85,6	93,3	107,8	114,3	120,0
25	40,8	37,7	56,7	76,3	93,5	101,9	117,8	124,9	131,1
50	45,9	42,5	63,9	86,1	105,5	115,0	132,9	141,0	147,9
100	51,6	48,0	72,1	97,1	119,0	129,7	149,9	159,0	166,9

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto: <u>Ouro Preto</u>		Código: 02043049							
		<u>INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA</u>							
T	t (horas)								
(anos)	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h
5	133,3	100,0	68,9	41,6	26,1	16,0	9,6	6,4	4,4
15	150,9	118,5	83,1	50,0	31,7	19,6	11,8	7,8	5,3
25	159,7	127,1	89,9	54,3	34,6	21,5	13,0	8,6	5,8
50	172,3	138,8	99,3	60,5	38,9	24,2	14,7	9,7	6,5
100	185,8	150,8	109,1	67,4	43,6	27,3	16,6	10,9	7,4

Fonte: Fonte : Chuvas Intensas no Brasil - Eng<sup>o</sup> Otto Pfafstetter

Posto: <u>Ouro Preto</u>		Código: 02043049							
		<u>ALTURA DA PRECIPITAÇÃO</u>							
T	t (horas)								
(anos)	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h
5	13,3	25,0	34,5	41,6	52,2	64,0	77,0	89,4	104,4
15	15,1	29,6	41,6	50,0	63,4	78,4	94,5	109,5	127,4
25	16,0	31,8	44,9	54,3	69,2	85,9	103,7	120,0	139,3
50	17,2	34,7	49,6	60,5	77,8	97,0	117,3	135,6	156,9
100	18,6	37,7	54,5	67,4	87,2	109,4	132,4	152,9	176,5

Fonte: Fonte : Chuvas Intensas no Brasil - Eng<sup>o</sup> Otto Pfafstetter

Posto : <u>Morro do Pilar</u>		Código: 01943025							
		<u>INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA</u>							
T	t (horas)								
(anos)	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	133,6	108,4	83,6	58,5	37,8	28,5	13,6	8,8	5,7
10	152,2	123,5	95,2	66,7	43,1	32,4	15,5	10,0	6,5
15	164,2	133,3	102,7	71,9	46,5	35,0	16,7	10,8	7,0
25	180,8	146,8	113,1	79,2	51,2	38,5	18,4	11,8	7,7
50	205,9	167,2	128,8	90,2	58,3	43,9	21,0	13,5	8,8
100	234,6	190,5	146,8	102,8	66,4	50,0	23,9	15,4	10,0

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto:	<u>Morro do Pilar</u>								Código:	01943025
T	Altura da Precipitação								(mm)	
( anos )	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00	
5	13,4	27,1	41,8	58,5	75,6	85,4	108,8	122,6	136,5	
10	15,2	30,9	47,6	66,7	86,1	97,3	124,0	139,6	155,5	
15	16,4	33,3	51,4	71,9	92,9	105,0	133,8	150,7	167,8	
25	18,1	36,7	56,5	79,2	102,3	115,6	147,3	165,9	184,7	
50	20,6	41,8	64,4	90,2	116,5	131,7	167,8	189,0	210,4	
100	23,5	47,6	73,4	102,8	132,8	150,0	191,2	215,3	239,7	

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

As chuvas de projeto foram determinadas de acordo com a metodologia contida na publicação Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais (COPASA).

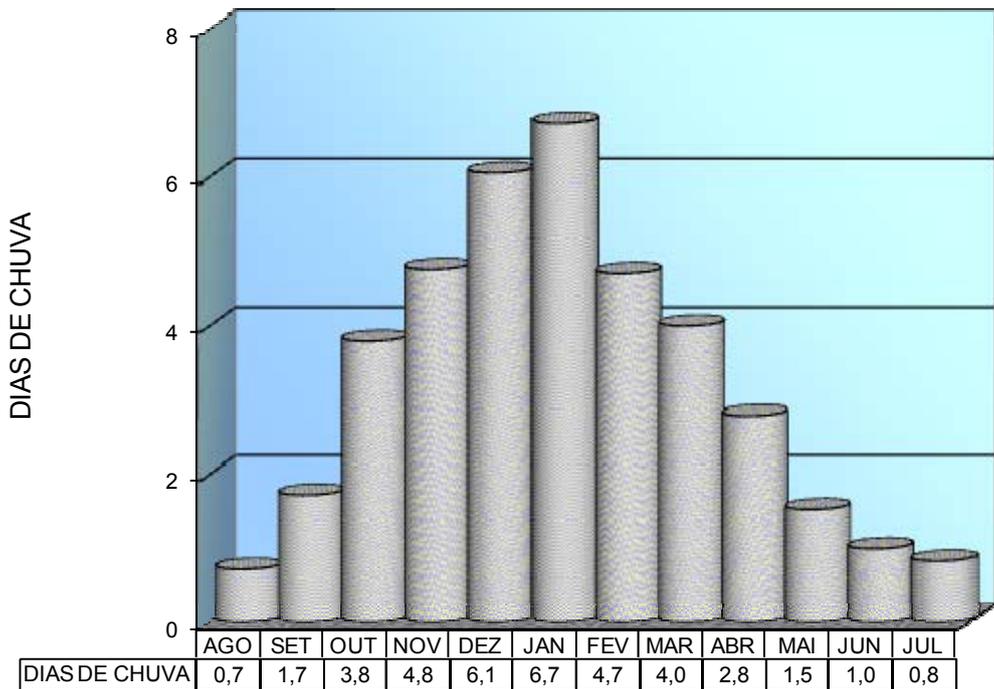
Os postos considerados nessa obra, localizados de forma evolvente à área do projeto são: Belo Horizonte 01943063(41236000), Morro do Pilar 01943025, Ouro Preto 02043049, todos em Minas Gerais.

Os postos na área de projeto que não foram aproveitados são: Sabará 01943006(41200400), Caeté 01943010, Rio Acima 02043016 (41190300), Barão de Cocais 02043063, Taquaraçu de Minas 01943023, Nova União 41310000.



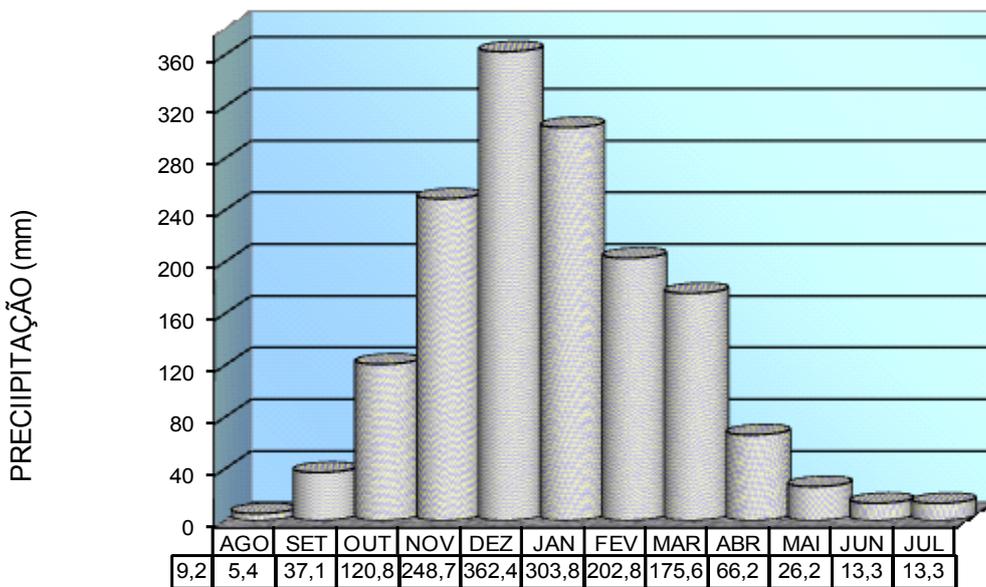
A seguir serão apresentados histogramas de dias de chuvas e precipitação; as curvas de precipitação e intensidade-frequência, determinadas para as estações de Belo Horizonte, Ouro Preto e Morro do Pilar.

POSTO: BELO HORIZONTE



PERÍODO: 1940 A 2011

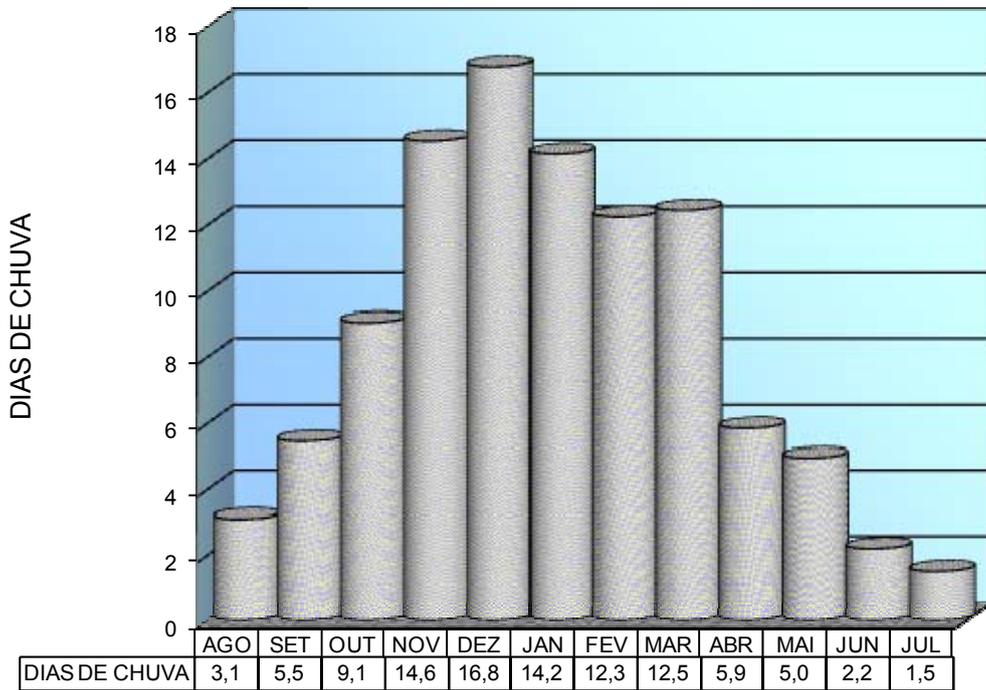
POSTO: BELO HORIZONTE



- MÁXIMA ANUAL = 2887,3  
 - MINIMA ANUAL = 516,7  
 - MEDIA ANUAL = 1679,3

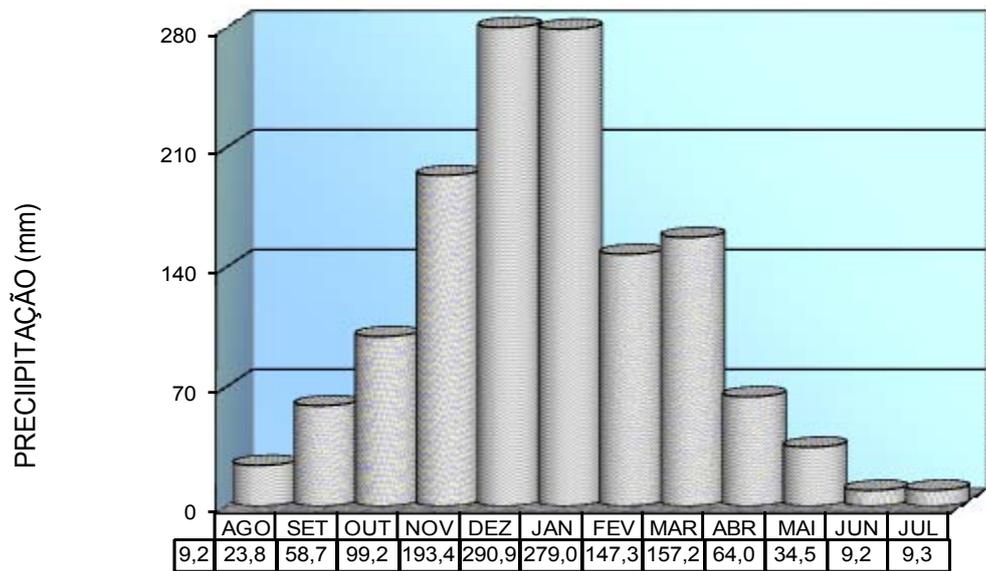
PLUVIOSIDADE:

POSTO: OURO PRETO



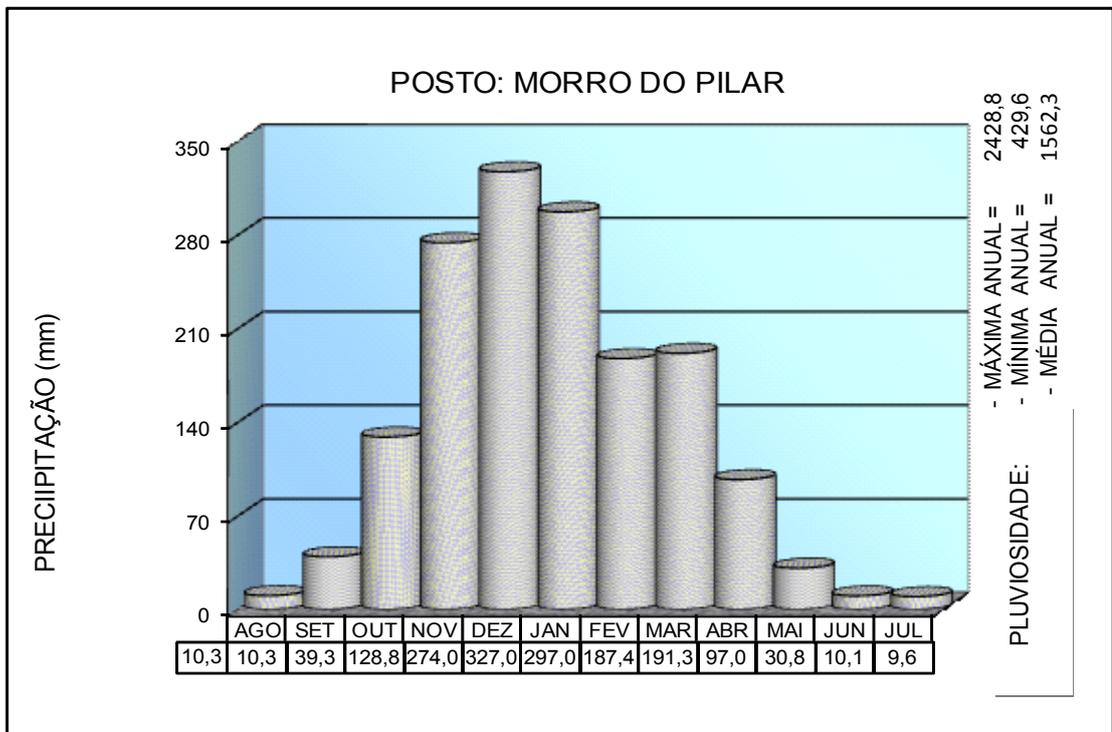
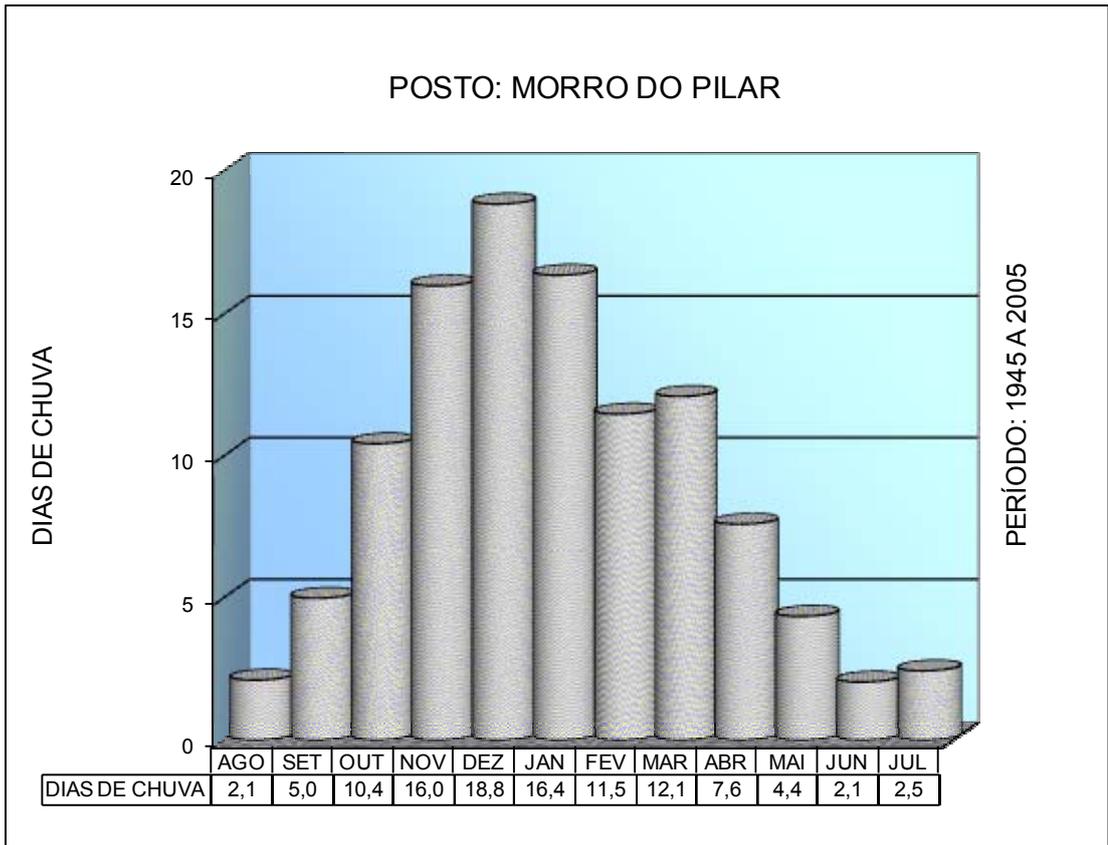
PERÍODO: 1984 A 2004

POSTO: OURO PRETO

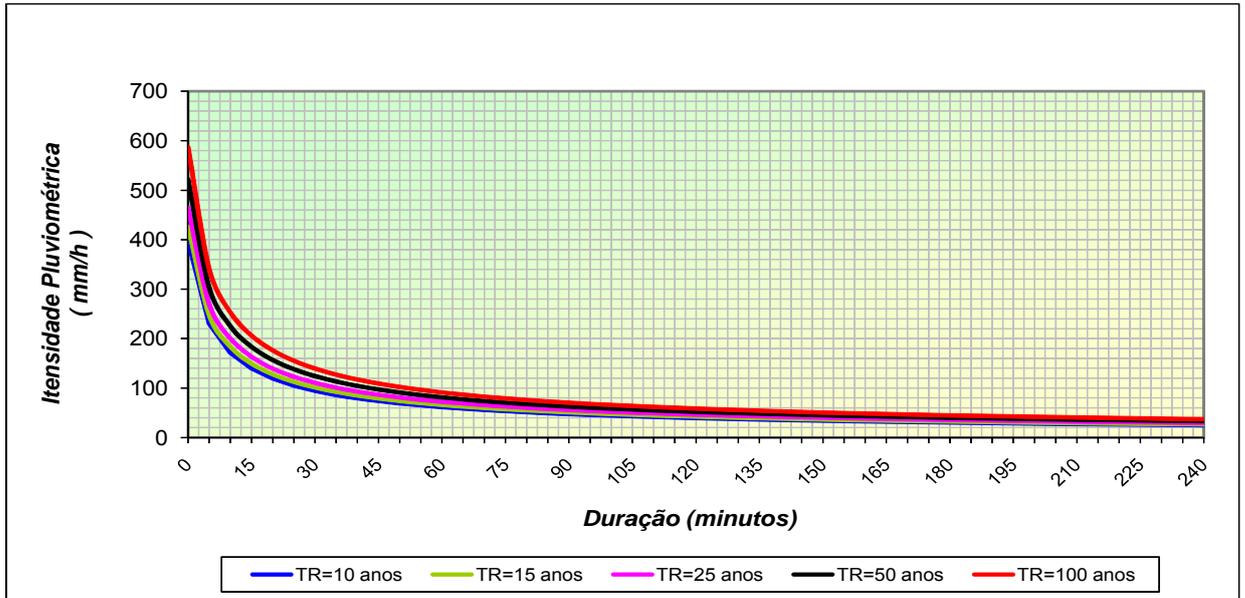


- MÁXIMA ANUAL = 1990,4  
 - MÍNIMA ANUAL = 798,0  
 - MÉDIA ANUAL = 1227,6

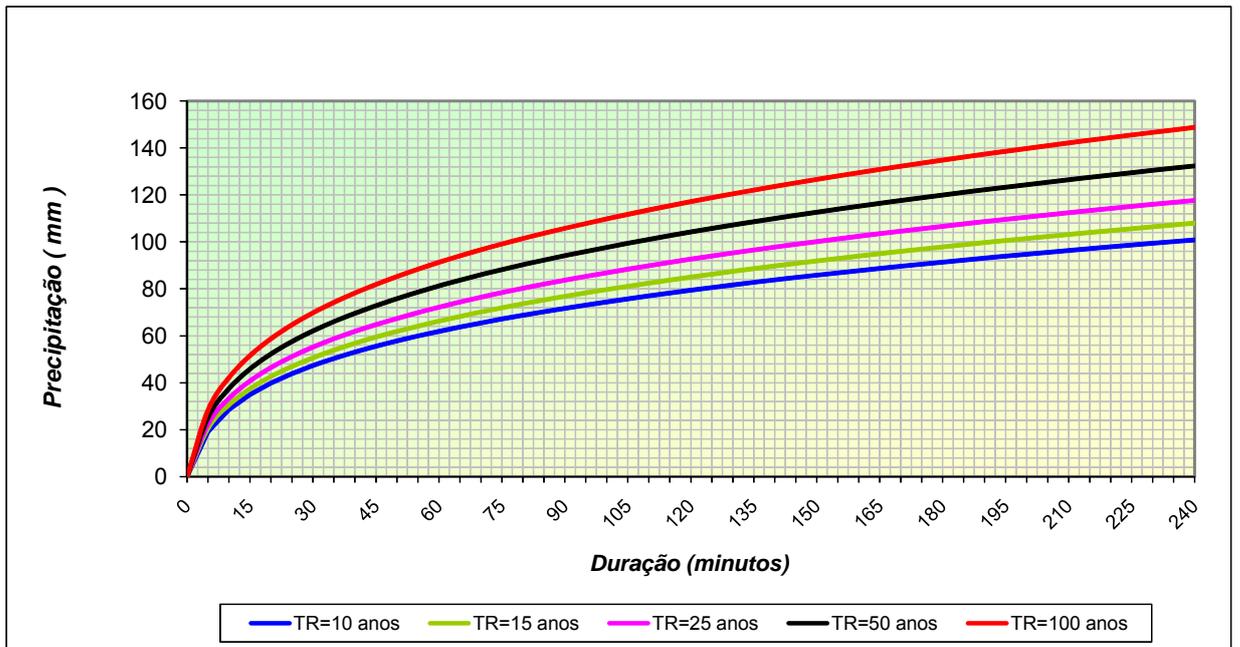
PLUVIOSIDADE:



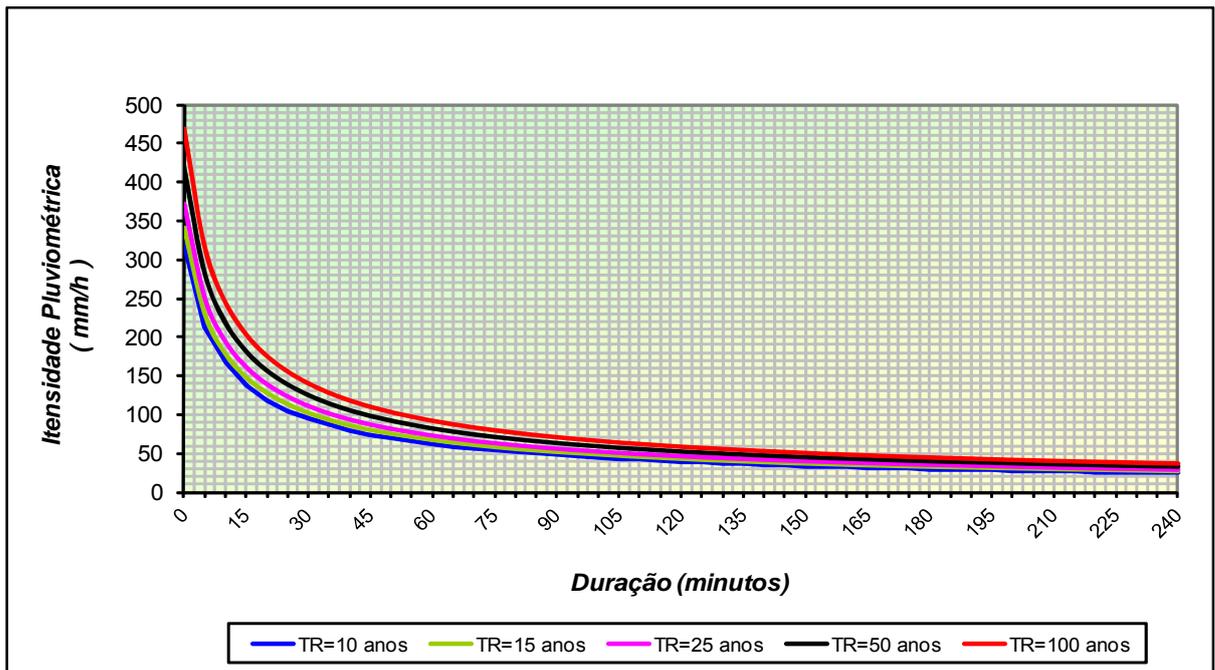
**Curva de intensidade e frequência (Posto Belo Horizonte)**



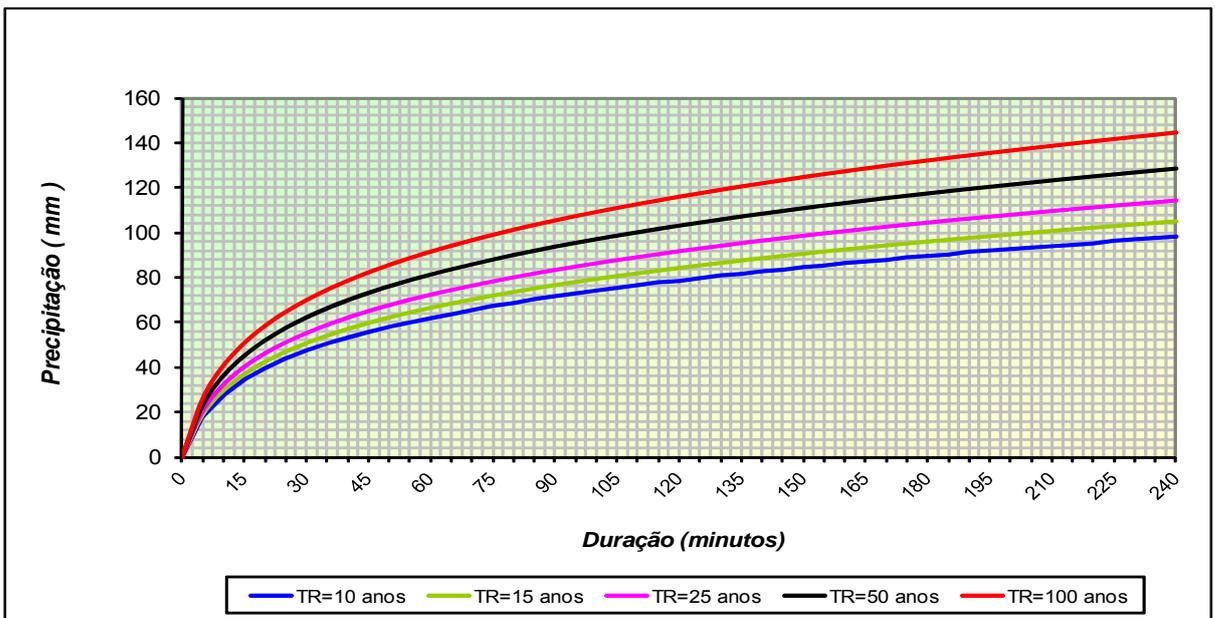
**Curva de precipitação (Posto Belo Horizonte)**



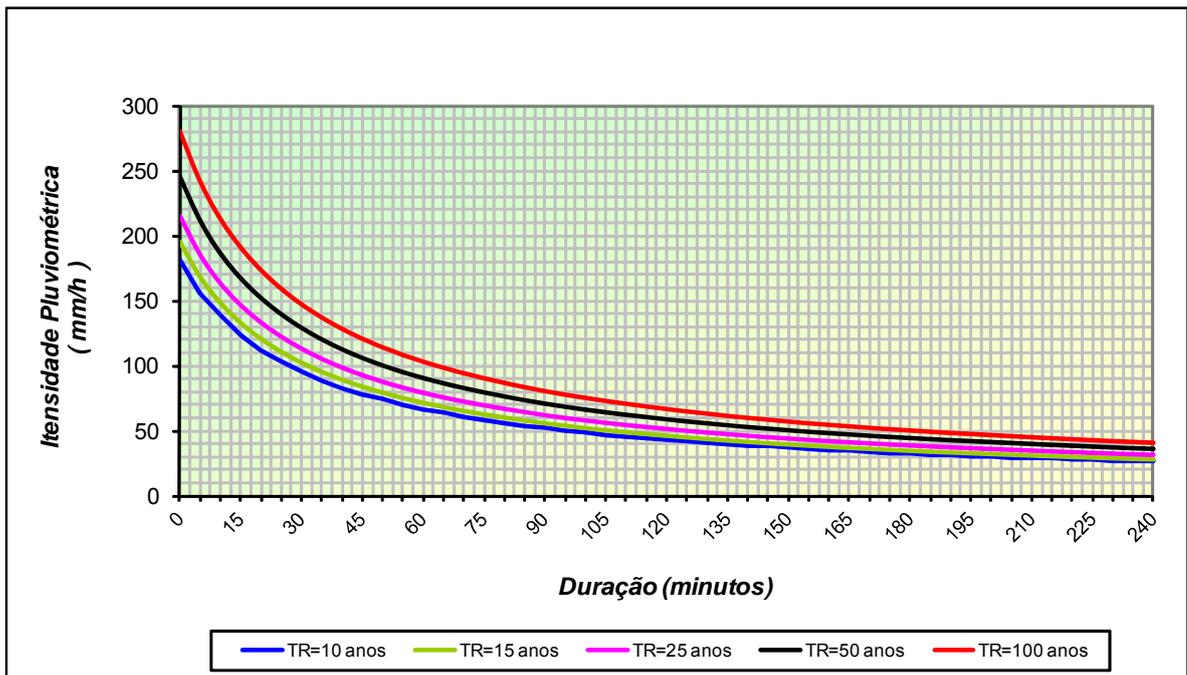
**Curva de intensidade e frequência (Posto Ouro Preto)**



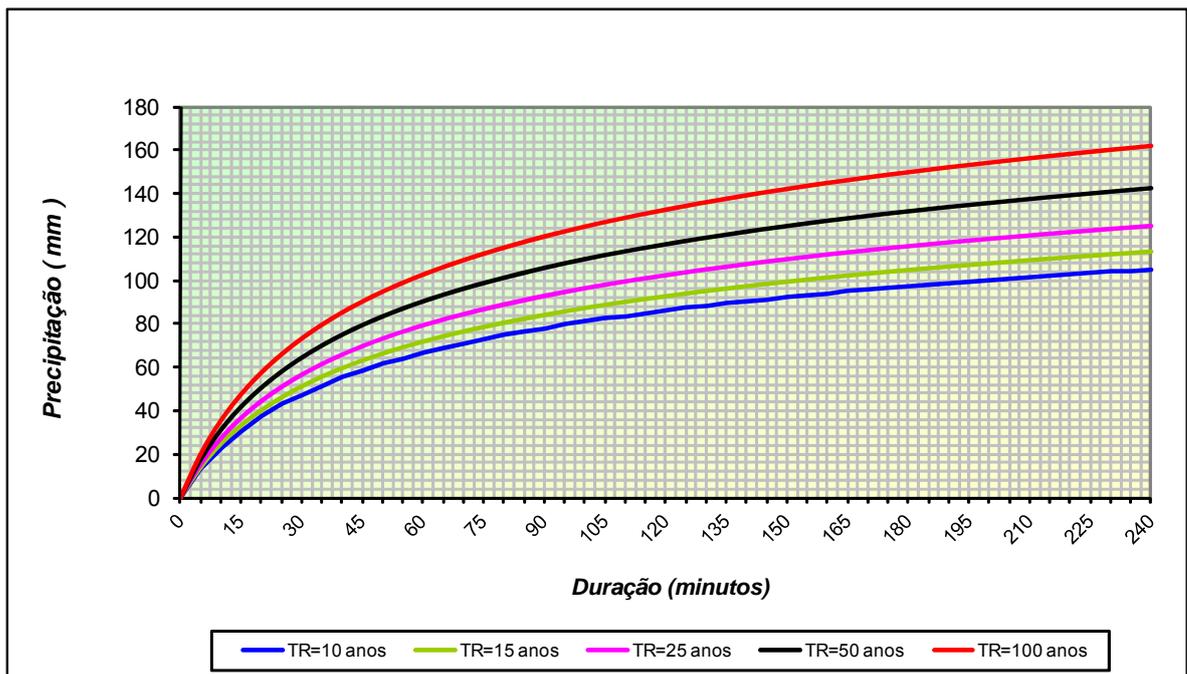
**Curva de precipitação (Posto Ouro Preto)**



### Curva de intensidade e frequência (Posto Morro do Pilar)



### Curva de precipitação (Posto Morro do Pilar)



#### 5.1.10 POSTO ADOTADO

Devido à maior proximidade do trecho, o posto de Belo Horizonte com 17 anos de observação pela (COPASA), mostrou-se bastante representativo para a região, resolveu-se por bem adotá-lo sem riscos de prejuízos para este estudo.

#### 5.2 METODOLOGIA DE CÁLCULOS DAS VAZÕES

Segundo estudos da COPASA, em seu livro Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais, a intensidade de projeto é dada pela relação.

$$I = \frac{A.T^B}{t + C^D}$$

onde:

I = Intensidade máxima média de precipitação, em mm;  
a,b, c,d = constante do posto  
t = duração da chuva em mm;  
T = tempo de recorrência, em anos.

Para o posto de Belo Horizonte, temos:

$$I = \frac{682,8740T^{0,169}}{(t + 3,993)^{0,671}}$$

Foram usados os seguintes períodos de recorrência segundo as recomendações do Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária, Volume VII - Projeto de Drenagem:

Tempo de Recorrência		
Dispositivo de Drenagem	Rodovia Baixo Volume de Tráfego	Rodovia Normal
Drenagem Superficial	10 Anos	10 Anos
Drenagem Profunda	1 Ano	1 Ano
Bueiros Tubulares	15 Anos	25 Anos
Bueiros Celulares	25 Anos	50 Anos como orifício
OAE	50 Anos e verificar para 100 Anos	100 Anos

### 3.2.1 CÁLCULOS DAS VAZÕES

O tempo de concentração das bacias foi determinado pela fórmula de Kirpich:

$$T_c = 3,98 \left( \frac{L}{\sqrt{d}} \right)^{0,77},$$

onde:

Tc = tempo de concentração em minutos;  
L = extensão do talvegue principal em km;  
d = declividade efetiva do talvegue em m/m.

A declividade efetiva é obtida usando a seguinte fórmula:

$$\text{def} = \left( \frac{\sum n}{\sum n / \sqrt{i}} \right)^2$$

onde:

h = equidistância da curva de nível na carta topográfica

n = distância entre as curvas de nível

Desenvolvendo a fórmula fica,

$$i \text{ (h/n)}$$

n/raiz de i,

e finalmente (somatório de n / raiz de i) <sup>2</sup>,

onde será obtida a declividade efetiva.

As obras de grota foram dimensionadas adotando-se um tempo de concentração mínimo igual a 15 min.

Para as obras de drenagem superficial, envolvendo bacias de reduzidas dimensões, o tempo de concentração mínimo adotado foi de 10 min.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

Na execução dos cálculos dos afluxos de projeto, adotaram-se três metodologias distintas, quais sejam:

- bacias com áreas inferiores a 4,0 km<sup>2</sup>;
- bacias com áreas compreendidas entre 4,0 e 10 km<sup>2</sup>;
- bacias com áreas superiores a 10 km<sup>2</sup>.

#### 5.3.1 BACIAS COM ÁREAS SUPERIORES A 10 km<sup>2</sup>

Neste caso foi empregado o método do hidrograma triangular sintético, segundo metodologia desenvolvida por Ven Te Chow.

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich já descrita na alínea *b*.

Segundo Ven Te Chow, a vazão é determinada pelas fórmulas:

$$Q = \frac{0,208 A P_e}{T_p} \quad T_p = \frac{DE}{2} + 0,6t_c \quad P_e = \frac{(P - 5,08 S)^2}{P + 20,32 S} \quad S = \frac{1.000}{CN} - 10$$

onde:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

A = área, em km<sup>2</sup>;

P<sub>e</sub> = precipitação efetiva, função do complexo solo-vegetação, em mm;

T<sub>p</sub> = tempo de ascensão, em horas;

DE = 2 x ( t<sub>c</sub>)<sup>1/2</sup>, sendo DE e t<sub>c</sub> em horas;

P = precipitação máxima diária anual, em função do tempo de recorrência, em anos;

CN = valor obtido na Tabela III, que depende do complexo solo, cobertura-vegetação, função de três fatores:

- grupo de solos;

- condições antecedente-cobertura vegetal, e;
- uso da terra.

Os grupos de solo são:

- A- solo de mais baixo potencial de defluxo: terrenos muito permeáveis, com silte e argila;
- B- capacidade de infiltração abaixo da média: após o completo umedecimento, inclui solos arenosos;
- C- capacidade de infiltração abaixo da média: após a pré-saturação, contem porcentagem de argila e colóide;
- D- mais alto potencial de defluxos, terrenos quase impermeáveis junto a superfície: argilas.

TABELA DE CN (Autor: Eng <sup>o</sup> Marcos Jabor)	
<b>(FCN1) A &lt; 40 Km<sup>2</sup></b>	
<b>d</b>	<b>CN</b>
0,01	70
0,015	72
0,02	74
0,03	76
0,04	78
0,05	80
0,06	82
0,07	84
0,08	85
<b>CN = FCN<sub>1</sub> x FCN<sub>2</sub> x FCN<sub>3</sub></b>	
<b>(FCN1) A &gt; 40 Km<sup>2</sup></b>	
Onde:	
d = declividade efetiva do talvegue em m/m	
A = área da bacia em Km <sup>2</sup>	
<b>d</b>	<b>CN</b>
≥ 0,060	100
0,05	95
0,04	90
0,03	85
0,025	80
0,015	70
0,01	65
0,005	60
<b>Precipitação em mm (FCN<sub>3</sub>)</b>	
>101,6	0,9
101,6	1,0
76,2	1,1
50,8	1,2
25,4	1,3
< 25,4	1,4
<b>(FCN<sub>2</sub>)</b>	
Região Montanhosa = 1,0	
Região Ondulada = 0,8	
Região Plana = 0,9	

## 5.4 BACIAS COM ÁREAS SUPERIORES A 400 km<sup>2</sup>

### 5.4.1 MÉTODO ESTATÍSTICO PARA DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE CHEIA

Apresentamos a seguir a determinação da vazão da bacia do rio das Velhas pelo Método Estatístico para Determinação das Vazões de Cheia (Processo das Séries Anuais).

A partir do processamento estatístico dos dados hidrológicos fornecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), operador responsável (IGAM) através do site Hidroweb, foram determinadas as vazões de cheia para as seguintes estações: Nova Lima, localizada à montante do local em estudo, e Santa Luzia localizado à jusante. Os fatores de frequência K foram obtidos empregando a teoria de Gumbel – Chow:

$$K = \frac{n+1}{m} \quad \text{e} \quad Y = \frac{100.m}{n+1}$$

onde:

K = frequência.

n = nº de anos observados

m = período de retorno para m anos.

Y = tempo de recorrência.

*a) Parâmetros Estatísticos do Município Nova Lima*

- - Vazão média ( $\bar{Q}$ ) 272,88m<sup>3</sup>/s
- - Desvio padrão amostral ( $\sigma-1$ ) =107,20m<sup>3</sup>/s
- - Coeficiente de variação Cv = ( $\sigma-1$ ) / ( $\bar{Q}$ ) = 0,39

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (%)	PERÍODO DE RETORNO Tm (ANOS)	FATORES DE FREQUÊNCIA K (CHOW)	VAZÕES (1+K.Cv).Q (m <sup>3</sup> /s)
50	2	-0,164	255,3
20	5	0,719	350,0
10	10	1,305	412,7
4	25	2,044	492,0
2	50	2,592	550,8
1	100	3,137	609,1
0,5	200	3,679	667,3

Rio das velhas Estação: Honório Bicalho Cod: 41199998 Município: Nova Lima MG  
 Área de drenagem: 1550 Km<sup>2</sup> Responsável: ANA Operadora: CPRM

Vazão Média ( $\bar{Q}$ )	272,88
Desvio-Padrão ( $\sigma$ )	107,20
Coefficiente de Variação (Cv)	0,39
$\Sigma Q$	9005,00
$\Sigma(Q-\bar{Q})^2$	367745,52
N	33,00

Ano de ocorrência	Vazões Q (m <sup>3</sup> /s)	Vazões Ordem Decrescente (m <sup>3</sup> /s)	Nº ordem m	Q- $\bar{Q}$	(Q- $\bar{Q}$ ) <sup>2</sup>	TR=(100.m)/n+1	F=(n+1/(m))
						TEMPO DE RECORRÊNCIA Tm	FREQUÊNCIA
1973	246	575	1	302,12	91277,23	2,94	34,00
1974	271	435	2	162,12	26283,29	5,88	17,00
1975	201	435	3	162,12	26283,29	8,82	11,33
1976	221	431	4	158,12	25002,32	11,76	8,50
1977	234	417	5	144,12	20770,92	14,71	6,80
1978	240	402	6	129,12	16672,29	17,65	5,67
1979	402	351	7	78,12	6102,92	20,59	4,86
1980	269	335	8	62,12	3859,04	23,53	4,25
1981	171	326	9	53,12	2821,86	26,47	3,78
1982	435	312	10	39,12	1530,47	29,41	3,40
1983	297	298	11	25,12	631,08	32,35	3,09
1984	179	297	12	24,12	581,83	35,29	2,83
1985	417	293	13	20,12	404,86	38,24	2,62
1986	139	289	14	16,12	259,89	41,18	2,43
1987	237	271	15	-1,88	3,53	44,12	2,27
1988	293	269	16	-3,88	15,04	47,06	2,13
1989	326	246	17	-26,88	722,47	50,00	2,00
1990	92	240	18	-32,88	1081,01	52,94	1,89
1991	351	240	19	-32,88	1081,01	55,88	1,79
1992	435	237	20	-35,88	1287,29	58,82	1,70
1993	151	236	21	-36,88	1360,04	61,76	1,62
1994	431	234	22	-38,88	1511,56	64,71	1,55
1995	575	223	23	-49,88	2487,89	67,65	1,48
1996	240	221	24	-51,88	2691,41	70,59	1,42
1997	159	201	25	-71,88	5166,56	73,53	1,36
1998	151	179	26	-93,88	8813,23	76,47	1,31
1999	149	171	27	-101,88	10379,29	79,41	1,26
2000	312	159	28	-113,88	12968,38	82,35	1,21
2001	223	151	29	-121,88	14854,44	85,29	1,17
2002	236	151	30	-121,88	14854,44	88,24	1,13
2003	289	149	31	-123,88	15345,95	91,18	1,10
2004	298	139	32	-133,88	17923,53	94,12	1,06
2005	335	92	33	-180,88	32717,14	97,06	1,03

b) *Parâmetros Estatísticos Município Santa Luzia*

- Vazão média ( $\bar{Q}$ ) 513,71m<sup>3</sup>/s
- Desvio padrão amostral ( $\sigma-1$ ) =218,23m<sup>3</sup>/s
- Coeficiente de variação Cv = ( $\sigma-1$ ) / ( $\bar{Q}$ ) = 0,425

Rio das velhas Estação: Pinhões  
 Área de drenagem: 3730 Km<sup>2</sup>

Cod: 41260000  
 Responsável: ANA

Município: Santa Luzia MG  
 Operadora: CPRM

Vazão Média ( $\bar{Q}$ )	513,71
Desvio-Padrão ( $\sigma$ )	218,23
Coefficiente de Variação (Cv)	0,43
$\Sigma Q$	15925,00
$\Sigma(Q-\bar{Q})^2$	1428710,39
N	31,00

$$TR=(100.m)^{n+1}$$

$$F=(n+1/(m))$$

Ano de ocorrência	Vazões Q (m <sup>3</sup> /s)	Vazões Ordem Decrescente (m <sup>3</sup> /s)	Nº ordem m	Q- $\bar{Q}$	(Q- $\bar{Q}$ ) <sup>2</sup>	TEMPO DE RECORRÊNCIA Tm	FREQUÊNCIA
1975	138	882	1	368,29	135637,76	3,13	32,00
1976	292	876	2	362,29	131254,28	6,25	16,00
1977	542	872	3	358,29	128371,96	9,38	10,67
1978	557	802	4	288,29	83111,31	12,50	8,00
1979	0	787	5	273,29	74687,60	15,63	6,40
1980	497	750	6	236,29	55833,12	18,75	5,33
1981	439	680	7	166,29	27652,47	21,88	4,57
1982	872	653	8	139,29	19401,79	25,00	4,00
1983	750	650	9	136,29	18575,05	28,13	3,56
1984	518	583	10	69,29	4801,15	31,25	3,20
1985	549	557	11	43,29	1874,05	34,38	2,91
1986	252	549	12	35,29	1245,41	37,50	2,67
1987	509	544	13	30,29	917,50	40,63	2,46
1988	513	542	14	28,29	800,34	43,75	2,29
1989	787	518	15	4,29	18,41	46,88	2,13
1990	254	513	16	-0,71	0,50	50,00	2,00
1991	653	510	17	-3,71	13,76	53,13	1,88
1992	802	509	18	-4,71	22,18	56,25	1,78
1993	299	509	19	-4,71	22,18	59,38	1,68
1994	509	497	20	-16,71	279,21	62,50	1,60
1995	876	445	21	-68,71	4721,02	65,63	1,52
1996	650	439	22	-74,71	5581,54	68,75	1,45
1997	286	411	23	-102,71	10549,28	71,88	1,39
1998	411	326	24	-187,71	35234,92	75,00	1,33
1999	326	299	25	-214,71	46100,25	78,13	1,28
2000	680	292	26	-221,71	49155,18	81,25	1,23
2001	445	286	27	-227,71	51851,70	84,38	1,19
2002	510	254	28	-259,71	67449,12	87,50	1,14
2003	882	252	29	-261,71	68491,96	90,63	1,10
2004	544	138	30	-375,71	141157,76	93,75	1,07
2005	583	0	31	-513,71	263897,63	96,88	1,03

#### 5.4.2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DO RIO DAS VELHAS

Para determinar a vazão da bacia em estudo, com área de drenagem de 9.933,68 km<sup>2</sup>, utilizou-se dos valores médios calculados para as duas bacias anteriores.

##### a) Determinação da Vazão Média

Adotando-se com parabólica a relação funcional entre a cheia média anual e a área de drenagem:

$$\bar{Q} = C.A^b$$

obtém-se o seguinte sistema de equações:

$$272,88 = C.1550^b$$

$$513,71 = C.3730^b$$

que resolvido, tem – se : b = 0,80 e C = 0,765

Portanto, a vazão média será:

$$\bar{Q} = 0,765 \times 9933,68^{0,80}$$

$$\bar{Q} = 1.206,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

##### b) Determinação do Coeficiente de Variações Médio

Aplicando-se a fórmula:

$$CV_m = \frac{\sum(n.Cv)}{n}$$

onde:

n = número dos anos de registro;

CV = coeficiente de variação das bacias;

Tem-se:

$$CV_m = \frac{(33 \times 0,39) + (31 \times 0,43)}{64}$$
$$CV_m = 0,409.$$

##### c) Cálculo das Vazões de Cheia (Método Gumbel – Chow)

CÁLCULO DAS VAZÕES DE CHEIA (MÉTODO DE GUMBEL-CHOW)				
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (%)	PERÍODO DE RETORNO T <sub>m</sub> (ANOS)	FATORES DE FREQUÊNCIA K (CHOW)	VAZÕES (1+K.Cv).Q (m <sup>3</sup> /s)	
50	2	-0,164	479,2	
20	5	0,719	664,9	
10	10	1,305	787,8	
4	25	2,044	943,1	
2	50	2,592	1.058,4	
1	100	3,137	1.172,8	
0,5	200	3,679	1.286,7	

### 5.4.3 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES FIDUCIAIS

A extrapolação dos valores de Q, com base nos dados disponíveis dos geralmente limitados registros de observações, poderá acarretar um considerável erro de amostragem. Assim, torna-se importante estabelecer uma faixa de confiança com base na análise de frequência.

Os limites da faixa fiduciais serão:

$$QLF = Q \pm I_c,$$

onde:

Ic é o intervalo de confiança obtido pela expressão:

$$I_c = \frac{\sigma - 1 \cdot t}{\sqrt{n}} (1 + 0,5 \cdot K^2)^{1/2}$$

onde:

- $(\sigma - 1)$  = desvio padrão amostral
- t = fator de Student, que para 95% de confiança, t = 1,960.
- n = número de anos de registro.
- K = fator de frequência (Gumbel – Chow)

Para a bacia em estudo, adotando-se o tempo de recorrência igual a 100 anos, tem-se os seguintes dados:

$$Q_{100} = 1172,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

n = 64 registros de observações

$$\sigma - 1 = CV_m \cdot Q$$

$$\sigma - 1 = 0,409 \times 1206,00 = 493,3 \text{ m/s}$$

$$t = 1,960 \text{ (Student)}$$

$$K = 3,137 \text{ (Gumbel – Chow)}$$

Assim:

$$I_c = \frac{493,3 \times 1,960}{\sqrt{64}} (1 + 0,5 \cdot (3,137)^2)^{1/2}$$

$$I_c = 294,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 1.172,8 \pm 294,0$$

Limite superior:  $Q_{100} = 1.466,8 \text{ m/s}$

Limite inferior:  $Q_{100} = 878,8 \text{ m/s}$

- *Vazão de Projeto*

Será adotada com vazão de projeto:

$$Q_P = 1.466,8 \text{ m}^3/\text{s}.$$

## 5.5 DADOS COLETADOS

Em anexo são apresentados os seguintes dados coletados no Hidroweb ANA:

Série													
=====													
Série: 41199998 (Importado, Consistido, Média Diária, 01/1973 - 12/2005)										Responsável: ANA		Operadora: CPRM	
Máximas Mensais			Estação: Honório Bicalho				Município: Nova Lima				Área:1550Km2		
=====													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima Anual
1973	198	118	246	31,8	27	25,1	17,3	19	22	39	50,7	139	246
1974	135	46,7	271	72,6	28,4	29,7	15,1	15,7	16,8	55	37,6	85,1	271
1975	201	116	30,5	49,2	23,9	19	27,1	23,9	15,7	33,3	80,2	95,1	201
1976	37,6	95,1	68,1	26,5	16,8	16,2	20,8	30,5	75,5	80,2	221	102	221
1977	234	111	78,3	58,4	19	16,8	14,6	15,1	21,4	20,8	40,1	44,8	234
1978	240	167	40,1	36,4	40,1	27,4	26,1	17	40,1	83,6	78,8	83,6	240
1979	314	402	173	49,4	37,7	27,2	30,6	29,9	49,4	24	159	184	402
1980	211	70,3?	34,1	90,7	37,7	37,7	29,9	24	22,1	25,9	171	269	269?
1981	123	62,1	57,8	45,3	25,9	25,3	19,7	17,5	15,8	46,1	171	151	171
1982	435	160	179	135	37,7	25,9	24	23,4	19,2	37,7	130	105	435
1983	297	201	142	139	76,9	53,5	37,6	18,5	37,6	42,1	111	234	297
1984	46,8	36,1	55	66,3	27,1	20,2	17,3	32,6	45,2	30,5	57,5	179	179
1985	417	376	234	78,8	40,7	33,3	31,2	31,9	29,2	57,8	80,8	129	417
1986	112	103	100	43,8	76,9	25,9	28,5	39,9	22,7	22,7	62,1	139	139
1987	101	75,9	237	94,1	40,6	20,8	19	16,8	31,9	61,9	42,1	135	237
1988	86	293	75,4	49,9	38,2	26,4	22	20,8	33,2	24,5	32,5	146	293
1989	95	112	79,3	20,2	15,7	34	20,8	27,8	29,1	36,1	67,2	326	326
1990	67,2	72,7	43,7	22,7	92	16,2	16,2	20,2	21,4	43,7	42,1*	51,7	92,0*
1991	351	112	250	125	32,5	22,6	23,2	19,6	33,9	49,1	59,1	60,8	351
1992	435	146	66,2	52,3	36,7	23,8	20,8	21,4	42,7	33,9	105	293	435
1993	151	116	71,6	77,3	33,9	27,7	25,1	24,5	36,7	42,7	57,4	69,8	151
1994	163	44,8	142	102	27,4	26,1	19,3	17,6	18,2	26,8	47,9	431	431
1995	59,6	96,6	85,5	57	31,5	20,5	17,6	18,2	19,9	34,3	32,9	575	575
1996	192	42,2	48,5	56,9	30,6	21,5	22,7	18	31,2	78,8	210	240	240
1997							27,9	25,3	55,2	65,7	75	159	
1998	151	128	56,9	30,6	48,5	20,3	19,7	24,6	17,9	46,8	80,2	78,3	151
1999			94,1	23,9	17,3	20,2	15,7	14,6	34,7	37,6	149	142	
2000	234	181	74,8	28,8	19,7	16,7	14	15,6	28,8	19,7	63,3	312	312
2001	156	27,9	86,7	23,9	19	15,7	14,6	21,4	23,9	30,5	120	223	223
2002	236	165	41,8	25,9	38,6	16,7		16,7	43,5	15,5	76,1	210	
2003	289	57,2	79,1	32,2	23,6	31,3	17	15,8	15,3	14,7	66,5	214	289
2004	234	298	92,3	74,1	36,5	25,8	31,3	21,5	18,2	23,6	44,1	191	298
2005	335	111	315	65,2	61,4	29,6	25,4	22,8	69	56	111	289	335

Média

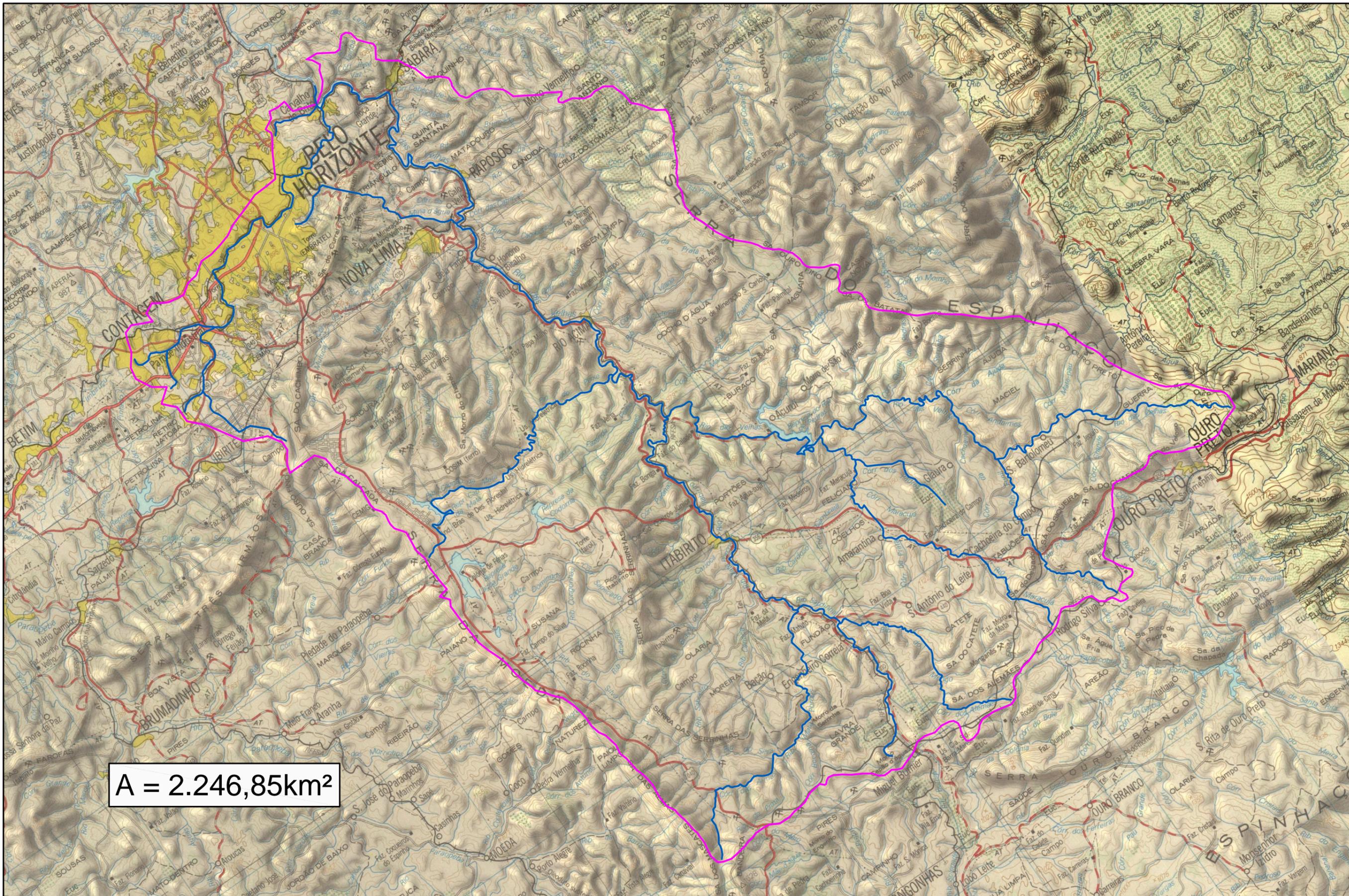
\* - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca

Série	Responsável: ANA						Operadora: CPRM						
=====							Município: Santa Luzia						
Série:	41260000 (Importado, Consistido, Média Diária, 10/1975 - 12/2005)						A=3730						
Máximas Mensais													
=====													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima An
1975											100	138	108
1976	59,2	72,8	90,8	52,7	25	23,7	19,9	26,3	64,2	140	292	120	292
1977	542	206	141	88,8	37,3	30,8	38	27,3	75,1	49,6	65,4	63,8	542
1978	557	667*	177	89	60,7	38,6	43,5	31,9	33,2	89	65,4	31,9?	667?
1979													
1980			71	112?	50,8	52,1	44,1	37,8	37,8	56,3	199	497	
1981	417	103	109	48,1	42,8	48,1	34,1	41,5	29,4	95,1	395	439	439
1982	872	129	494	150	65	131	50,4	45,7	40	53,8	83,4	265	872
1983	750	575	437	177	108	93,1	89,8	46,4	60,8	195	264	578	750
1984	108	66,6	75,6	108	47	37	49,7	53,8	69,5	54,4	254	518	518
1985	894*	489	549	255	108	74,2	60,3	48,1	58,9	91,4	185	262	894*
1986	252	238	202	103	127	46,8	63,1	69,7	34,5	29,4	94,6	204	252
1987	170	96,3	303	138	77,3	67,6	36,8	31,6	70,5	56,2	115	509	509
1988	283	513	208	152	61,8	46,8	36,2	31,6	127	107	95,7	184	513
1989	163	193	216	45,8	39,7	98,6	97,8	81,3	75,3	103	269	787	787
1990	254	243	97,8	68,7	103	35	33,8	100	71,6	103	133	131	254
1991	653	294	416	141	94,1	58,4	46,2	41,9	78,9	59,1	138	288	653
1992	738	485	126	86,4	67,3	47,4	47,4	45,6	90,2	95,7	360	802	802
1993	251	121	139	117	53,1	40,7	37,2	32,2	46,2	73	156	299	299
1994	320	164	345	77,4	52,5	45	36,1	30	25,9	61,1	142	509	509
1995	120	268	266	141	43,1	36,7	29	22,9	48,7	139	189	876	876
1996	441	123	168	95,6	84,3	36,1	34,9	43,1	92,5	82,8	650	419	650
1997		129	265	205	85,9	90,9	50,3	48,4	96,6	98,1	135	286	
1998	411	236	133	57,3	52,2	57,9	34,5	64,5	89,4	76,1	251	143	411
1999	191	108	187	49	32,9	31,6	29,2	25	52,8	64,5	326	238	326
2000	573	358	278	73,3	40,4	34,1	32,5	54,1	107	59,3	198	680	680
2001	216	86,6	355	108	81,6	28,4	48,4	119	127	138	168	445	445
2002	510	259	104	74,1	73,7	39,6	37,6	28,8	59,8	45,6	174	350	510
2003	882	170	141	89,4	87,1	36,1	25,4	20,0*	20,5	27,4	150	267*	882*
2004	544	476	176	191	76,8	68,6	95,2	39,2	31,6	133	144	320	544
2005	310	221	583	82,3	76,8	79,5	41,6	49	226	49	180	458	583
Média													
* - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca													

## 5.6 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são apresentadas as coordenadas geodésicas e UTM, o mapa da bacia do Rio das Velhas escalas 1.250.000, as planilhas com os cálculos de vazão e dimensionamento das obras-de-arte correntes e a planilha de cálculo do Rio das Velhas.

LISTAGEM BACIAS								
Estaca	Localização - Nome	Áreas		Coordenadas UTM		Coordenadas GEODÉSICAS		
		ha	km²	Norte (Y)	Este (X)	Latitude	Longitude	
15	283+10	Rio das Velhas	224.680,0	2.246,8000	7.801.839,40	619.548,70	-19° 52' 33"	-43° 51' 29"



A = 2.246,85km<sup>2</sup>

ESCALAS GRÁFICAS



OBSERVAÇÕES:

- ▭ *Bacias*
- ▬ *Talvegue*



ENG.* COORDENADOR: Dílio Rodriguez	RT: Elzo Jorge Nassoralla
ENG.* PROJETISTA: Carlos E. A. Mendes	DESENHISTA: Ricardo Mauro Torres

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO:	ESCALA: 1 : 250.000	Eng.* Fiscal - CREA/MG
VERIFICADO:	APROVADO:	Eng.* Chefe da GGT
		Eng.* Diretor da DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGT/262 TRECHO: Belo Horizonte - Sabará

PROJETO DE DRENAGEM  
BACIA RIO DAS VELHAS

FOLHA:  
DR-?

## 5.7 OBRA-DE-ARTE ESPECIAL

### ▪ *Verificação e Dimensionamento de Obra-de-Arte Especial do Rio das Velhas*

#### ❖ *Informações do Local da Obra a Projetar*

O leito do rio nesse local apresenta ocorrência de depósito de material carreado e/ou erosão nas margens.

O curso d'água apresenta características de água agressiva tóxica ou destrutiva.

Não foi identificada a existência de dragagem, regularização, retificação, corta-rios, proteção em execução ou planejados para o local da travessia;

A travessia sobre o rio das Velhas atualmente é feita em ponte de concreto com passagem para dois veículos, em bom estado de conservação, tendo 114,87 m de comprimento e 16,50m de altura. Esta ponte possui 4 pares de pilares que provocam represamento a montante.

Esse local é o encontro do ribeirão Arrudas com o rio das Velhas e o leito do rio apresenta acúmulo de areia e cascalho formando pequena ilha, provocando também represamento a montante. A água, em época de cheia, não aproxima da viga da ponte pelo fato da mesma estar bem acima da cota de TR-100 anos. Abaixo da ponte nas margens do rio existe via urbana pavimentada para passagem de veículos.

A bacia de contribuição do rio das Velhas é arredondada e recebe grande contribuição de pequenos cursos d'água. Existem a montante, represas que acumulam bastante água proporcionando o amortecimento da cheia do rio.

### ▪ *Verificação e Dimensionamento*

Os vãos da obra foram verificados a partir dos dados dos estudos hidrológicos, como também dos dados dos levantamentos topográficos efetuados (batimetria, declividade do nível d'água e planimetria) e, após a execução de um minucioso estudo no local.

A cota de máxima cheia de projeto foi determinada por aproximação sucessiva, comparando-se a vazão de projeto com a vazão obtida pela relação:

$$Q = f(h), \quad h = K(i)^{\frac{1}{2}}, \quad k = \frac{AR^{\frac{2}{3}}}{n}$$

onde:

Q = a vazão na elevação h, em m<sup>3</sup>/s;

K = o coeficiente de condução;

i = declividade da linha d'água, em m/m;

A = a área da seção na elevação h, em m<sup>2</sup>;

R = raio hidráulico, e;

n = coeficiente de rugosidade.

### ▪ *Resumo do Estudo Hidrológico/Hidráulico*

Parâmetros hidrológicos estudados para ponte sobre o rio das Velhas conforme Manual de Orientações de Procedimentos para Elaboração e Acompanhamento de Projetos de Drenagem de Dezembro de 2007.

#### ❖ *Verificação Hidráulica*

**PONTE EXISTENTE**

Trecho: Belo Horizonte - Sabará		
Nº da Bacia:	Nome da Travessia:	
QUADRO-RESUMO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS		
Variáveis	Unidade	Valor
Área bacia	km <sup>2</sup>	2246,85
Comprimento Talvegue	km	126,31
Declividade efetiva do talvegue	m/m	0,0007
CN (Runoff)	-	-
Qprojeto TR = 50 Anos (Método Estatístico)	m <sup>3</sup> /s	1058,40
Qprojeto TR = 100 Anos (Método Estatístico)	m <sup>3</sup> /s	1466,00

QUADRO RESUMO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS (PONTE PROJETADA OU EXISTENTE A SER APROVEITADA)					
VARIÁVEIS	UNIDADE	VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA			
		TEMPO DE RECORRÊNCIA		MCV	MCH
		50 ANOS	100 ANOS		
Am (área molhada)	m <sup>2</sup>	569,33	700,50	560,60	1378,38
Pm (Perímetro molhado)	m	182,21	191,66	181,34	237,39
I	m/m	0,002797	0,002797	0,002797	0,002797
η -	-	0,060	0,060	0,060	0,060
RH (Raio Hidráulico)	m	3,12	3,65	3,09	5,81
V (Velocidade)	m/s	1,88	2,09	1,87	2,85
QH (vazão Hidráulica)	m <sup>3</sup> /s	1.072,56	1.465,05	1.048,63	3.924,95
Comprimento da Ponte	m	114,87			
Estacas	-	Inicial: 280+7,61		Final: 286+2,50	
Conclusão	QH ≥ QP		Obra com suficiência hidráulica		
	QH ≤ QP		Obra sem suficiência hidráulica		
Obs.: MCH = Máxima cheia Histórica, I = Declividade do ponto de passagem, η - Coeficiente de rugosidade, MCV - Máxima cheia de Vestígio.					

**PONTE A PROJETAR**

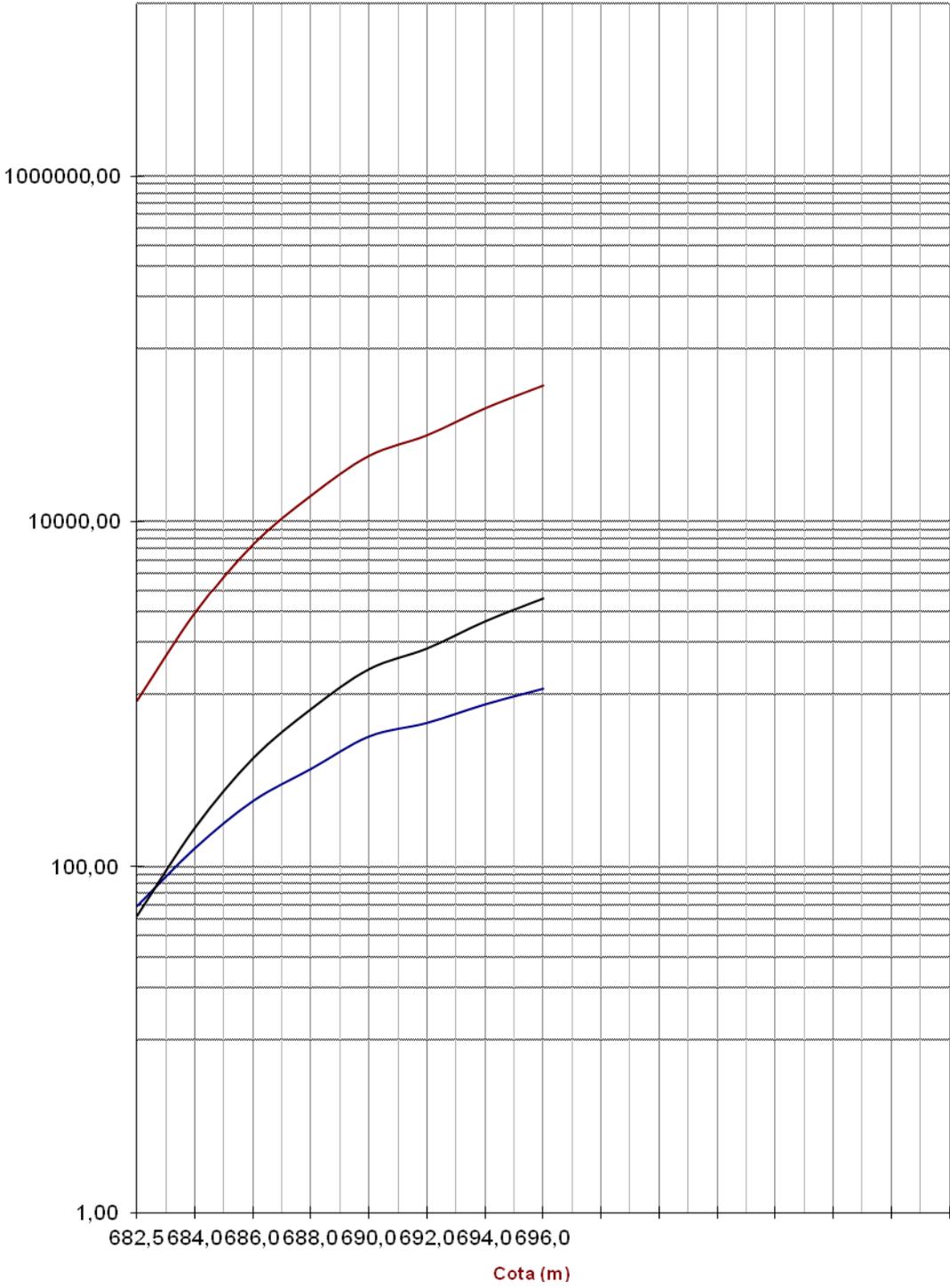
ITEM	UNIDADE	DADOS
Área da bacia	km <sup>2</sup>	2246,85
Comprimento do Talvegue	km	126,31
CN	-	-
Declividade efetiva do Talvegue	m/m	0,0007
Área-seção	m <sup>2</sup>	1378,38
Declividade do ponto de passagem	m/m	0,00279
Perímetro molhado	m	237,39
Raio Hidráulico	m	5,81
Coeficiente de rugosidade	-	0,060
Velocidade de escoamento	m/s	2,85
Vazão de projeto Tr = 50 anos	m <sup>3</sup> /s	1058,40
Vazão de projeto Tr = 100 anos	m <sup>3</sup> /s	1466,05
Vazão da Ponte Projetada	m <sup>3</sup> /s	3.924,95
Vazão máxima cheia vestígio	m <sup>3</sup> /s	1.048,63
*Vazão da capacidade da vazão da ponte	m <sup>3</sup> /s	3.924,95
Qprojeto50 anos = 1048,63m <sup>3</sup> /s	Qponte =	
Comprimento da ponte	m	114,90
Estacas: Inicial e final	280+6,61	286+1,51

❖ *Cálculo do Remanso*

Com base em estudos batimétricos, apresenta-se a seguir o cálculo do remanso da ponte sobre o rio das Velhas.

Análise da calha do curso d'água									
Projeto: PONTE SOBRE RIO DAS VELHAS				Trecho: Belo Horizonte - Sabará					
Curso d'água	Material envolvido (n <sub>0</sub> )	Grau de Irregularidade (n <sub>1</sub> )	Variação da Seção (n <sub>2</sub> )	Efeitos de Obstrução (n <sub>3</sub> )	Vegetação (n <sub>4</sub> )	Grau dos Meandros (m <sub>s</sub> )	Observações		
RIO DAS VELHAS	0,028	0,020	0,000	0,030	0,005	1,300	n = 0,108		
Coeficientes de Manning [ n = (n <sub>0</sub> +n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub> +n <sub>3</sub> +n <sub>4</sub> ) m <sub>s</sub> ]									
Condições do canal			Valores		Condições do canal			Valores	
Material envolvido	Terra	(1)	n 0	0,020	Efeitos relativos da obstrução	Desprezível	(1)	n 3	0,000
	Corte em rocha	(2)		0,025		Pequeno	(2)		0,010 0,015
	Cascalho fino	(3)		0,024		Apreciável	(3)		0,020 0,030
	Cascalho grosso	(4)		0,028		Grande	(4)		0,040 0,060
Grau de Irregularidade	Suave	(1)	n 1	0,000	Vegetação	Baixa	(1)	n 4	0,005 0,010
	Pequeno*	(2)		0,005		Média	(2)		0,010 0,030
	Moderado**	(3)		0,010		Alta	(3)		0,025 0,050
	Grande	(4)		0,020		Muito Alta	(4)		0,050 0,100
Variações da seção transversal	Gradual	(1)	n 2	0,000	Grau de meandrilidade	Pequena	(1)	m 5	1,000
	Alter. ocasionalmente	(2)		0,005		Apreciável	(2)		1,150
	Alter. frequentemente	(3)		0,010 0,015		Grande	(3)		1,300
* Canais bem dragados e levemente erodidos.				** Canais mal dragados com lados erodidos.					
Processo de Ven Te Chow									

Gráfico:Cota x kd x Área x Vazão





### CALCULO DO REMANSO SEGUNDO IZBASH

$Q_{EH100} =$	983,66 m <sup>3</sup> /s
$A1 =$	700,50 m <sup>2</sup>
$A3 =$	528,50 m <sup>2</sup>
$V1 =$	1,40 m/s
$V3 =$	1,86 m/s
$g =$	9,81 m/s <sup>2</sup>

$$m = \frac{A1 - A3}{A1} = \boxed{0,245539}$$

$$a = 0,01 + 0,056 m = \boxed{0,02375}$$

$$h_f = \frac{(V1)^2}{2g} \left\{ \frac{1}{4a} \times \frac{m}{1-m} \times \log \left[ \frac{1}{1-m} + \left( \frac{m}{1-m} \right)^2 \right] \right\} = \boxed{0,054}$$

C. E. (100) -

REMANSO -

M. C. P. (100) -

TIRANTE DE AR -

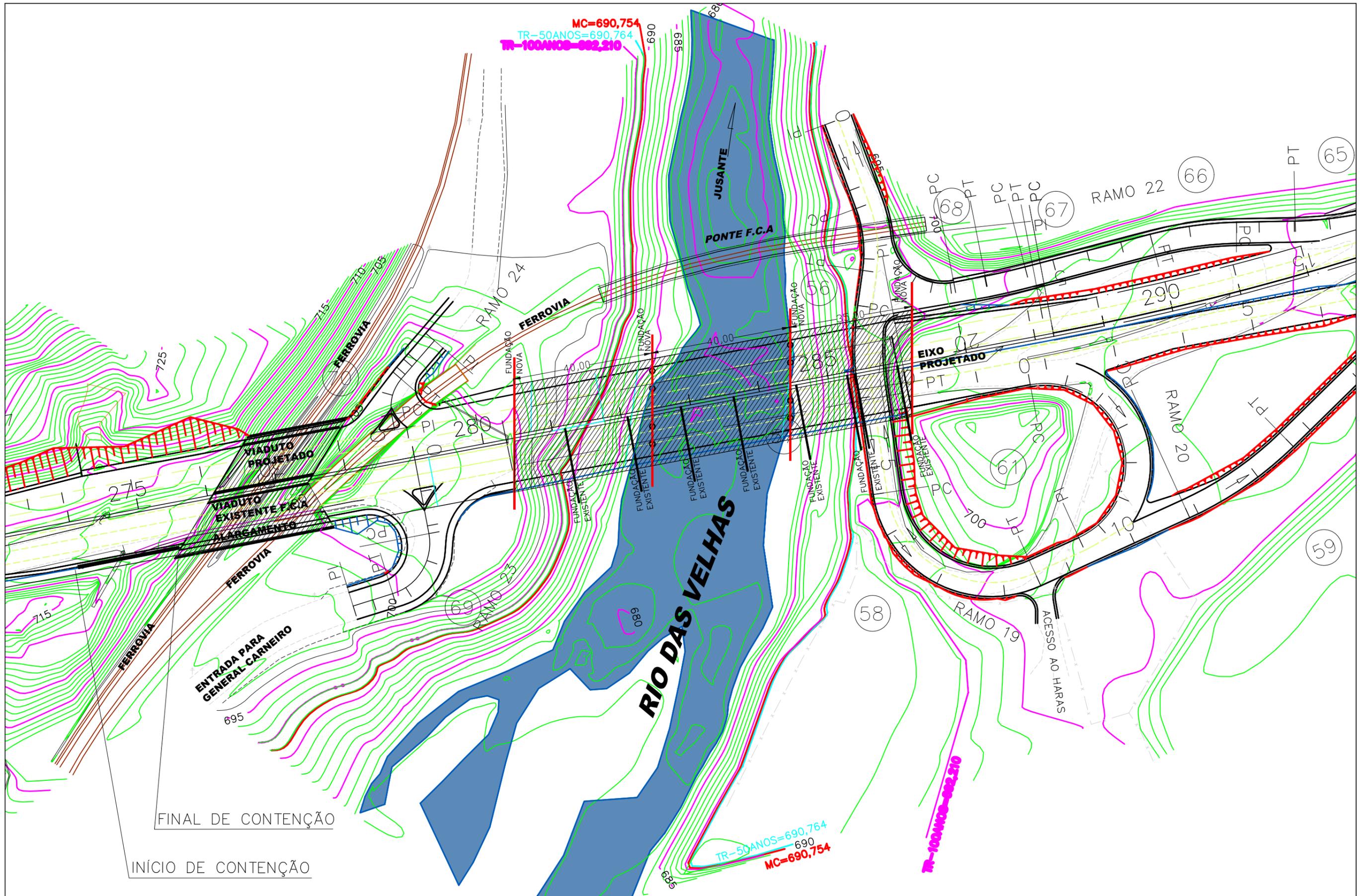
COTA INFERIOR DE SUPER-ESTRUTURA -

COMPRIMENTO DA PONTE -

ESTUDOS HIDRÁULICOS

TRECHO: Belo Horizonte - Sabará

PONTE SOBRE O RIO DAS VELHAS



OBSERVAÇÕES:

- Fundação Nova
- Fundação Existente



ENG.* COORDENADOR: DÍLIO RODRIGUES	RT: ELZO JORGE NASSARALLA
ENG.* PROJETISTA: CARLOS EDUARDO A. MENDES	DESENHISTA: MARCELA DE OLIVEIRA MARTINS

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO:	ESCALA: 1/1000	Eng.* Fiscal - CREA/MG
VERIFICADO:	APROVADO:	Eng.* Chefe da GHD
		Eng.* Diretor da DP



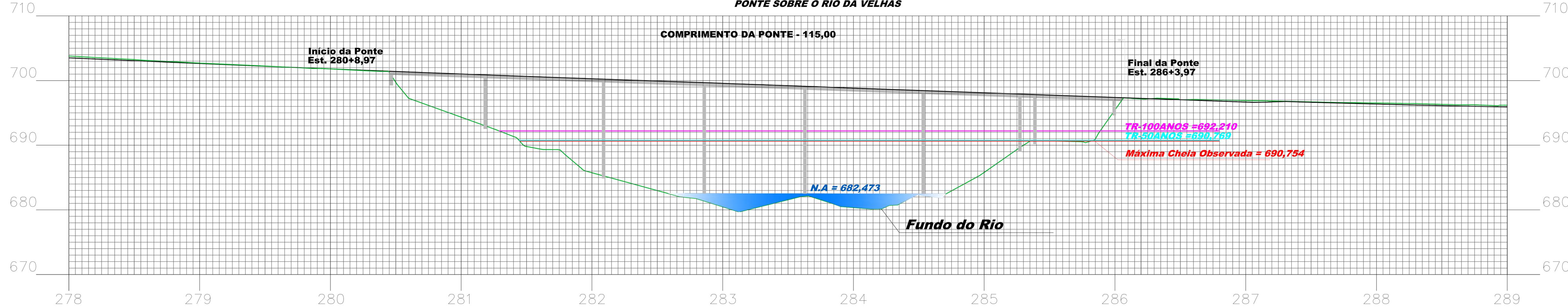
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

ESTUDO HIDROLÓGICO  
PLANTA - PONTE RIO DAS VELHAS

FOLHA:

**PONTE SOBRE O RIO DA VELHAS**



OBSERVAÇÕES:

		DIRETORIA DE PROJETOS			DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
ENG. COORDENADOR: DILIO RODRIGUES	RT: ELZO JORGE NASSARALLA	DESENHO: H: 1/200 V: 1/200	ESCALA: H: 1/200 V: 1/200		RODOVA: MGC-262	TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ
ENG. PROJETISTA: CARLOS EDUARDO A. MENDES	DESENHISTA: MARCELA DE OLIVEIRA MARTINS	VERIFICADO: APROVADO:	APROVADO: Eng.º Cláudio de Sá Eng.º Estelir de Sá	ESTUDO HIDROLÓGICO PERFIL - RIO DAS VELHAS		

**PERFIL DO FUNDO DO RIO DAS VELHAS  
EIXO DE PROJETO**



OBSERVAÇÕES:

		<b>DIRETORIA DE PROJETOS</b>				<b>DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS</b>	
ENG. COORDENADOR: DILIO RODRIGUES	RT: ELZO JORGE NASSARALLA	DESENHO: H. 1/2000 V. 1/2000	ESCALA: H. 1/2000 V. 1/2000	Eng. Fiscal - "ORÇÃO"	RODOVIA: MG-262	TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARA	FOLHA:
ENG. PROJETISTA: CARLOS EDUARDO A. MENDES	DESENHISTA: MARCELA DE OLIVEIRA MARTINS	VERIFICADO: 	APROVADO: 	Eng. Chefe de OBR	ESTUDO HIDROLÓGICO PERFIL DO FUNDO DO RIO		FOLHA:

## 6. ESTUDOS GEOLÓGICOS

## **6. ESTUDOS GEOLÓGICOS**

Os estudos geológicos foram desenvolvidos com a finalidade de subsidiar os estudos ambientais e os projetos de drenagem, de terraplenagem e de pavimentação.

### **6.1 O PROJETO**

Conforme definido em reunião desta Consultora com a Gerência de Geometria e Terraplenagem, o projeto será constituído de duplicação do segmento com início 160m antes do viaduto sobre a linha férrea e termina logo após a ponte do rio das Velhas, totalizando 0,78km de extensão.

A ponte e viaduto existentes, serão alargados para 14,00 m de largura, sendo 11,70 m de pistas, New Jersey e passeio lateral de 1,50m. A ponte e viaduto novos, terão as mesmas medidas.

### **6.2 LOCALIZAÇÃO**

O trecho em estudo está referenciado pelas coordenadas de 19º,8995 e 21º,1876 de latitude sul e 43º,7995 e 43º,9988 de longitude WG.

### **6.3 TOPOGRAFIA**

A presença de serras na região Sudeste com altitudes elevadas, enterradas por vales amplos e rebaixados e a existência de planícies litorâneas, caracterizando um relevo de contrastes, favorece as precipitações, pelo aumento da turbulência do ar na ascendência orográfica, especialmente durante as passagens de correntes perturbadas.

No que se refere aos fatores dinâmicos do clima, Edmon Nimer aponta que a região Sudeste se caracteriza por ventos de E e NE oriundos do anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul ou ventos de componente variável de núcleos ocasionais de alta do interior.

Diversos outros fatores e as suas relações com o anticiclone subtropical acarretam estabilidade climática, com tempo ensolarado. Essa estabilidade cessa com a chegada de correntes perturbadas, responsáveis por instabilidade e bruscas mudanças de tempo, geralmente acompanhadas de chuvas. Os principais sistemas de correntes perturbadas são:

- sistemas de correntes perturbadas do sul – representadas pela invasão do anticiclone polar;
- sistemas de correntes perturbadas de oeste – de meados da primavera a meados de outono a região é invadida por ventos de W a NW, trazidos por linhas de instabilidades tropicais;
- sistemas de correntes perturbadas de leste – conquanto não se tenha dúvida de que esses fenômenos ocorrem, não existe ainda uma ideia mais exata sobre os mesmos. As áreas atingidas por eles são, entretanto, muito restritas na região Sudeste.

### **6.4 O RELEVO**

O relevo no entorno do trecho é predominantemente montanhoso.

## **6.5 O GEOAMBIENTE**

### **6.5.1 PLUVIOMETRIA**

De acordo com Edmon Nimer, também em relação a pluviosidade a região Sudeste do Brasil apresenta grande diversificação. As características do seu regime de chuvas advêm da sua posição geográfica em relação à influência marítima e as correntes de circulação perturbada e dos contrastes morfológicos do seu relevo.

Existem duas áreas mais chuvosas. A primeira se localiza próxima à Serra do Mar, no trajeto de invasões de correntes de circulação perturbada de sul, representadas pela frentes polares. A segunda é perpendicular à primeira, de sentido NW-SE, localizada ao Oeste de Minas Gerais ao Rio de Janeiro.

Essa segunda frente se caracteriza pela zona onde se dá o equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do anticiclone tropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, além de estar sob a rota preferida das correntes perturbadas de oeste.

### **6.5.2 CLIMA**

A rodovia projetada atravessa uma área em que a vegetação predominante é composta de cerrado, florestas estacionais e matas artificiais, que, segundo a classificação de Wladimir Koppen, a região de projeto possui clima do tipo CWa, tropical de altitude com chuvas de verão de inverno seco variando de 4 a 5 meses e precipitação total anual de 1491,3 mm.

### **6.5.3 TEMPERATURA**

A influência tropical que predomina a região do trecho em estudo apresenta temperaturas média anual de 21,1°, máxima anual 27,1° e mínima anual 16,7° C, tendo duas estações distintas: o inverno, mais frio e seco, e o verão, morno e chuvoso.

### **6.5.4 VEGETAÇÃO**

O trecho está localizado em área de vegetação predominante de cerrado com alguns bolsões de mata Atlântica (floresta estacional). Viajando pelo interior de Minas Gerais, certamente atravessaremos extensos chapadões, cobertos por uma vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas em meio a um tapete de gramíneas – o cerrado.

Durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, tudo ali é muito verde.

No inverno, ao contrário, o capim amarelece e seca; quase todas as árvores e arbustos, por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova. Mas não o fazem todos os indivíduos a um só tempo, como nas caatingas nordestinas. Enquanto alguns ainda mantêm suas folhas verdes, outros já as apresentam amarelas ou pardacentas, e outros já se despiram totalmente delas.

Assim, o cerrado não se comporta como uma vegetação caducifólia, embora cada um de seus indivíduos arbóreos e arbustivos o seja, porém independentemente uns dos outros. Mesmo no auge da seca, o cerrado apresenta algum verde no seu estrato arbóreo-arbustivo. Suas espécies lenhosas são caducifólias, mas a vegetação como um todo não. Esta é semicaducifolia.

A seguir, apresenta-se o quadro-resumo das características climáticas.

Estação: Belo Horizonte/MG		Código: 083587		Período de observação: 1961 a 1990										
Operadora: ANA		Latitude:19°56'					Longitude:43°56'							
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma	Média anual
Temperatura Máxima (°C)	28,2	28,8	28,6	27,5	26,0	25,0	24,6	26,5	27,2	27,7	27,5	27,3	324,9	27,1
Temperatura Média (°C)	22,8	23,2	23,0	21,1	19,8	18,5	18,1	19,0	21,0	21,9	22,2	22,2	252,8	21,1
Temperatura Mínima (°C)	18,8	19,0	18,8	17,3	15,0	13,4	13,1	14,4	16,2	17,5	18,2	18,4	200,1	16,7
Amplitude Absoluta (°C)	9,4	9,8	9,8	10,2	11,0	11,6	11,5	12,1	11,0	10,2	9,3	8,9	124,8	10,4
Insolação (horas)	189,8	195,5	215,1	228,9	237,1	240,1	256,5	255,6	210,1	190,5	181,7	165,1	2566,0	213,8
Evaporação (mm)	86,7	84,7	95,3	92,4	92,8	92,4	105,7	132,1	137,2	117,7	96,3	84,1	1217,4	101,5
Precipitação média(mm)	296,3	188,4	163,5	61,2	27,8	14,1	15,7	13,7	40,5	123,1	227,6	319,4	1491,3	124,3
Dias de Chuva (número)*	12,7	8,4	8,3	4,9	2,5	1,6	1,2	0,9	3,5	8,7	12,0	15,3	80,0	6,7
Umidade Relativa (%)	79,0	75,1	74,7	73,9	72,5	71,4	68,7	64,5	65,1	69,8	74,1	78,0	866,8	72,2
Índice Pluviométrico Anual (mm)													1491,3	

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - Agência Nacional de águas Posto: SABARÁ 01943006 (1941 a 2011)\*

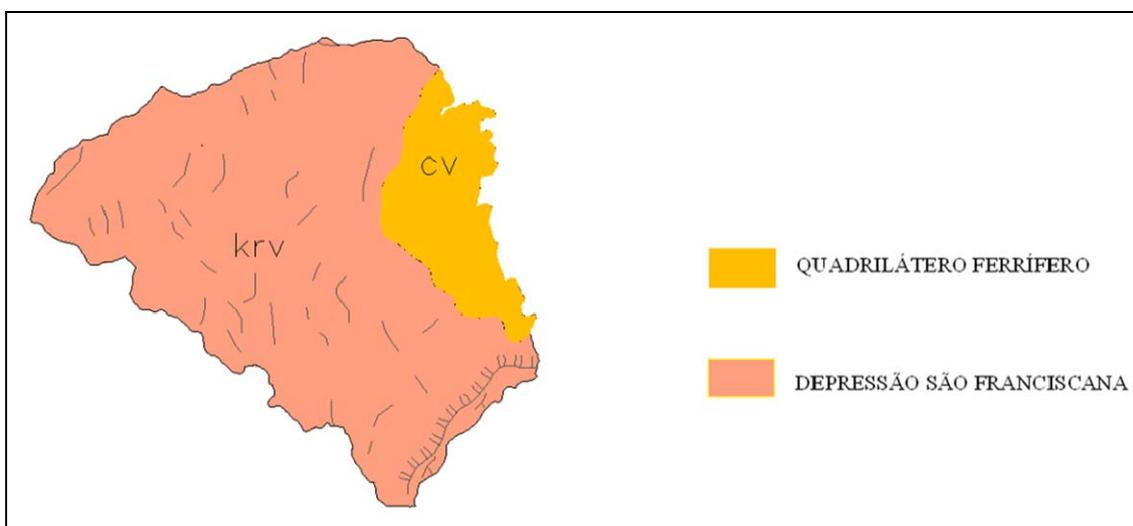
Altitude da Estação: 852,8 m  
 Clima (Classificação): CWa  
 Início do trecho: Belo Horizonte  
 Fim do trecho: Sabará  
 Vegetação: mata atlântica, cerrado, campos de altitude.

### 6.5.5 HIDROGRAFIA

A área pertence a bacia do São Francisco. Os cursos d'água que cortam este segmento são: o córrego do Malheiro e o rio das Velhas.

### 6.5.6 GEOMORFOLOGIA/ESTRATIGRAFIA

Na área estudada podem ser observados dois domínios geomorfológicos, denominados pelo Projeto Radar Minas Gerais (1977), em sua *Carta Geomorfológica*, na escala de 1:500 000, como *Quadrilátero Ferrífero* e *Depressão periférica do São Francisco*.



Na *Depressão periférica do São Francisco* ocorre uma unidade geomorfológica chamada de zonas de colinas, que corresponde às formas de relevo esculpidas em rochas granito-gnáisses, constituindo colinas de topo aplainado ou não, colinas com vales encaixados e cristas esparsas, e, finalmente, colinas com vertentes ravinadas e vales encaixados (CPRM, 1999).

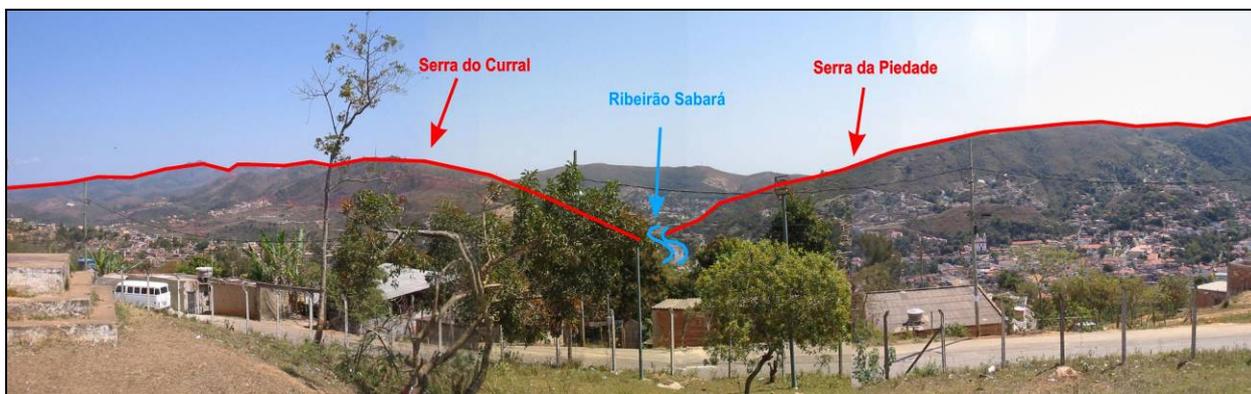
A unidade geomorfológica do *Quadrilátero Ferrífero* corresponde às formas esculpidas nas rochas dos *Supergrupo Minas* e *Rio das Velhas* (CPRM, 1999). O *Quadrilátero Ferrífero* representa um dos conjuntos orográficos mais importantes de Minas Gerais. Ele ocupa uma área de, aproximadamente, 7.000km<sup>2</sup>, onde as altitudes variam entre 800m e 900m e são freqüentemente dominadas por linhas de cristas que ultrapassam, usualmente, a cota 1.200m (*Projeto APA Sul RMBH – CPRM*).

A região do *Quadrilátero Ferrífero* é caracterizada por apresentar formas de relevo apalacheano e de relevo invertido, ambos elaborados em estruturas dobradas e falhadas.

Observa-se a presença de sinclinais alçados e anticlinais escavados. Essa região corresponde a uma área de maciço antigo com extensas ocorrências de crostas ferruginosas, itabiritos, xistos, filitos e quartzitos, predominantemente. As formas são datadas do Terciário / Quaternário e tiveram sua gênese associada à dissecação fluvial de superfícies aplainadas Terciárias e Pré-Terciárias (CETEC, 1983).

A área de influência indireta do trecho está situada em uma região bastante fraturada, devido à formação dos processos tectônicos que deram origem ao cráton São Francisco.

Um fenômeno que é observado na área de estudo é o da orogênese (formação de montanhas ou cadeias montanhosas). Devido à orogênese formou-se um desvio entre a serra do Curral e a serra da Piedade, ambas pertencentes ao *Quadrilátero Ferrífero*, onde o ribeirão Sabará encontrou, entre essas duas serras, facilidade para escoar, conforme foto abaixo.



Fenômeno do processo de orogênese.

Em toda a área em estudo pode ser observada a formação geomorfológica de mares de morros, vales encaixados, vales em U, e anfiteatros.



Anfiteatro com vegetação.



Mares de morros.

Ocorrem também em toda a região formações ferríferas, que apresentam, normalmente, um capeamento de crostas ferruginosas e cangas lateríticas resultantes do intemperismo físico-químico dessas rochas.

### 6.5.7 GEOLOGIA

O trecho abrange terrenos com duas feições geológicas, a saber, o pré-cambriano gnáissico-granítico em Belo Horizonte e as unidades do proterozoico com xistos e quartzitos em Sabará.

Estas litologias estão profundamente alteradas gerando solos argilo arenosos nos gnaisses e solos siltosos nos xistos. O ISC varia de médio a baixo.

A primeira ocorre desde o início até aproximadamente na estaca 280, na travessia do Rio das Velhas. Nesse segmento incidem as seguintes características geotecnológicas:

-predominam solos espessos argilo-arenosos e siltosos, com coesão média e permeabilidade de baixa a média. A 200 m antes do Rio das Velhas ocorre um afloramento rochoso de gnaiss fraturado, numa extensão aproximada de 70 m. Ver foto a seguir:



A unidade Grupo Nova Lima, apresentando xistos e filitos quartzosos, ocorre entre a estaca 280, na travessia do Rio das Velhas, até o final do trecho, apresentando as seguintes características:

- solos estruturados, saprolíticos, revelando os elementos estruturais da rocha como xistosidade, mergulho e fraturas, com coesão média a baixa;
- classificação de terraplenagem: 65% de primeira, 30% de segunda e 5% de terceira;
- taludes de corte na geometria 3V:2H nas primeiras e segundas categorias e 4V:1H na terceira categoria. As bancadas terão alturas variáveis, diferenciando a terceira categoria.

Segundo Edmon Nimer, a região Sudeste brasileira se caracteriza por uma notável diversificação climática, especialmente no que diz respeito à temperatura.

classificação de terraplenagem: 85% de primeira, 10% de segunda e 5% de terceira.

taludes de corte na geometria 3V:2H, com bancadas de 8,00 m.

## **6.6 TALUDES DE CORTE**

Não existe instabilidade em taludes de corte.

## **6.7 ERODIBILIDADE DO SOLO**

Existe uma erosão tipo ravinamento entre as estacas 257+10 a 260+10 lado esquerdo da rodovia. Neste local foi elaborado um projeto de bota-fora dos materiais excedentes da obra. Este local foi denominado bota-fora 02.

## **6.8 FUNDAÇÃO DOS ATERROS**

Dois segmentos foram objeto de projeto de fundação de aterros devido a presença de planícies aluvionares (solo mole):

Entre as estacas 0,00 a 6+00 do Ramo 12;  
Entre as estacas 121+00 a 122+00 da Pista Direita.

## **6.9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS**

Os estudos geotécnicos serão desenvolvidos conforme disposto na IS-206 do DNIT e na RT 01.46d do DER/MG.

Os estudos realizados nos solos do subleito desses segmentos, por ocasião da elaboração do projeto, são mostrados resumidamente no quadro a seguir. De um modo geral, os solos predominantes são argilas siltosas expansivas de baixa resistência e siltes também expansivos de baixa resistência.

Nos segmentos entre as estacas 85 e 90, no corte à esquerda, aflora rocha com altura de 4 m, a partir do nível da pista; entre as estacas 277 e 280, o corte à esquerda é todo em rocha, com 10 m de altura; e entre as estacas 487 e 502, o corte à esquerda é todo constituído de filito com veios de quartzo, com 15 m de altura.

### **a) *Condições Atuais do Pavimento***

A avaliação das condições funcionais do pavimento existente, dos segmentos objeto deste

projeto, foi realizada pela equipe técnica da Consultora, segundo metodologia preconizada na norma DNIT-PRO 006/2003. As áreas inventariadas a cada 100 m foram contidas em um retângulo com dimensões de 6 m no sentido longitudinal da pista e variável no sentido transversal da pista (tomando sempre a largura total da plataforma revestida com CBUQ).

A foto abaixo mostra o estado do pavimento antes de receber a camada de asfalto hoje existente, aplicado através de recapeamento funcional.



Foto 20 – Estaca 36

#### **b) Estudos Geotécnicos Realizados**

Os estudos geotécnicos que essa Consultora realizou para avaliar os pavimentos existentes e os a serem implantados, foram:

##### **- pavimentos existentes:**

- . DNIT 006/2003-PRO – avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígido;
- . DNIT 007/2003-PRO – levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovia de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimento e estudos e projetos;
- . DNER-PRO 182/94 – medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter;
- . DNER-ME 24/94 – determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- . DNER-ME 092/94 – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia;
- . sondagem do pavimento existente e subleito por segmento homogêneo;
- . sondagem nos locais de cortes para verificação do nível d’água (NA).

##### **- pavimentos a serem construídos:**

- . sondagem do subleito, conforme RT 01.46d do DER/MG;
- . sondagem nos locais de cortes para verificação do NA;
- . sondagem nos locais de aterros para avaliação da fundação;

. sondagem para delimitar os locais com rocha.

### c) *Estudos de Empréstimos*

Conforme relatado acima, os solos do subleito são solos expansivos e de baixa resistência; portanto, para os pavimentos a serem construídos serão necessários estudos de solos de boa qualidade para serem usados nas camadas finais de terraplenagem. Nas proximidades da estaca 400 existem solos argilosos que serão utilizados nas camadas finais de terraplenagem.

## 6.10 FONTES DE MATERIAIS

### a) *Materiais Granulares*

Foi localizada uma área de ocorrência de itabirito friável de propriedade da Emipak, localizada a 2,0 km da ponte de acesso a Roça Grande (bairro de Sabará). Seu material é utilizado em pavimentação de ruas na cidade de Sabará e também foi usado na pavimentação das melhorias realizadas na própria MGC-262, entre os anos de 2005 e 2007. Contudo, ainda resta um grande volume de material para ser explorado. As fotos 29 e 30 mostram áreas dessa ocorrência.



Foto 29 – Ocorrência de Itabirito Friável



Foto 30 – Ocorrência de Itabirito Friável

### b) *Materiais Pétreos*

Foi localizada a Pedreira Morro do Sino (P-1), de rocha gnaisse e em exploração comercial, de propriedade da Mineração Morro do Sino, com endereço no mesmo local da pedreira.

Existem dois caminhos para se chegar à pedreira: o primeiro, próximo da estaca 170, segue em direção ao bairro Nazaré, na interseção com o Anel Rodoviário, sentido Vitória; após a passagem do Rio das Velhas, vira-se à direita e, após 2 km, chega-se à pedreira, com um percurso total de 9 km; o outro é feito pela estrada do Aterro Sanitário de Sabará, que vai sair na MGC-262, próximo da estaca 280, perfazendo um total de 4,5 km.

O material dessa pedreira atende às especificações. Os ensaios realizados apresentaram os seguintes resultados:

- abrasão a Los Angeles 22% (faixa B) e
- adesividade ao CAP 50/70 satisfatória, com 0,5% de dope.

As fotos abaixo mostram a instalação e os materiais produzidos.



Foto 31 – Instalações da Pedreira Morro do Sino



Foto 32 – Extração e Depósito da Pedreira Morro do Sino

**c) Arais**

O Areal Flauzino (A-2) é um depósito de areia às margens do Rio Paraopeba, explorado comercialmente, localizado a 51 km da estaca 11, do lado esquerdo, de propriedade da Dragagem Flauzino, com endereço no mesmo local do areal.

O material desse areal atende às especificações. Os ensaios realizados apresentaram os seguintes resultados:

QUADRO Nº 9: ENSAIOS

ENSAIO	% DE MATERIAL QUE PASSA					
	PENEIRA (mm)					
Granulometria	6,30	4,80	2,40	0,60	0,30	0,15
	100	99,2	96,4	58,0	18,9	2,9
Impureza Orgânica	menor que 300 PPM					
Equivalente de Areia	83,6%					

As fotos apresentadas a seguir mostram a extração e o depósito de areia no Areal Flauzino.



– Extração no Areal Flauzino



– Depósito do Areal Flauzino

O Areal Pedro Leopoldo (A-1) é um depósito de areia localizado às margens de lagoa, explorado comercialmente, localizado a 50,0 km da estaca 11, lado esquerdo, de propriedade da Mineração Pedro Leopoldo, com endereço no mesmo local.

O material desse areal atende às especificações. Os ensaios realizados apresentaram os seguintes resultados:

QUADRO Nº 10: ENSAIOS

ENSAIO	% DE MATERIAL QUE PASSA					
	PENEIRA (mm)					
Granulometria	6,30	4,80	2,40	0,60	0,30	0,15
	100	99,6	96,64	57,2	27,8	6,3
Impureza Orgânica	menor que 300 PPM					
Equivalente de Areia	73,9%					

As fotos abaixo mostram a placa com a licença para extração e o depósito de areia do Areal Pedro Leopoldo.

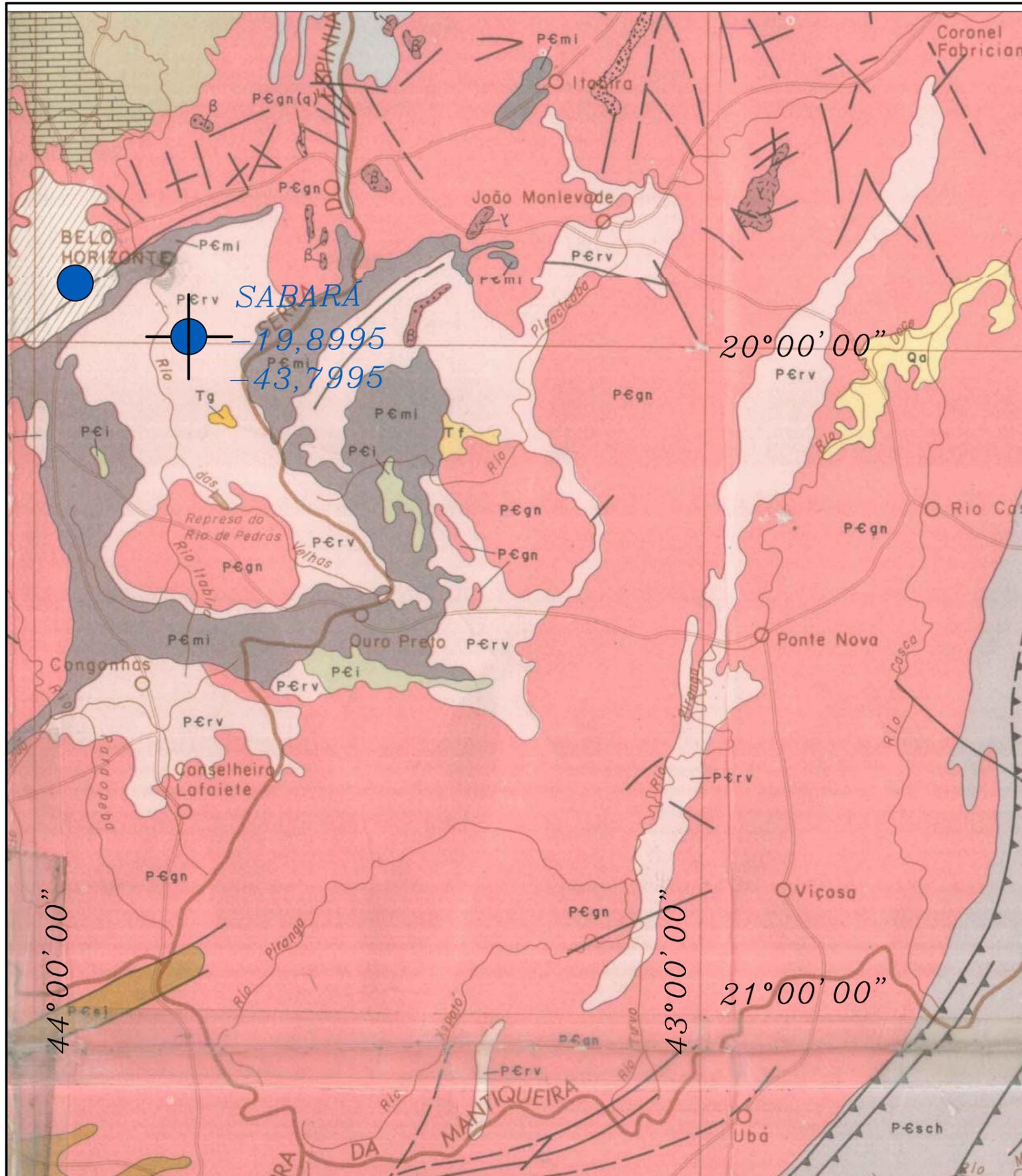


– Licença para Extração no Areal Pedro Leopoldo



Depósito do Areal Pedro Leopoldo

Apresenta-se a seguir o mapa geológico da região.



<b>P&amp;Egn</b>	Grupo Bambuí - Siltitos, ardósias, filitos calcíferos, margas, arcólios, argilitos e quartzitos. (c) = calcários e dolomitos.	<b>Qa</b>	Coberturas Aluvionares - Areias, argilas e cascalhos.
<b>P&amp;Erv</b>	Grupo Macaúbas - Mica-xistos, filitos, diamictitos, metaconglomerados, ricas manganíferas, xistitos e metagrauvascas. (d) = diamictitos.	<b>Qd</b>	Coberturas Detríticas - Areias finas e areias siltíticas localmente tabularizadas, às vezes com seixos, conchas.
<b>P&amp;Ei</b>	Grupo São João del-Rei - Filitos, metasiltitos, xistos, metagrauvascas e calcários. (q) = quartzitos.	<b>Tf</b>	Formação Fonseca - Conglomerado ferruginoso, folhelho argiloso, areias e folhelhos betuminosos.
<b>P&amp;Ech</b>	Grupo Araxá - Andreiândia - Canastra - Muscovita-biotita-xistos, gnaisses, rochas básicas e ultrabásicas, anfíbolitos e calcários. (q) = quartzitos.	<b>Tg</b>	Formação Gandarela - Argilas, linhtos e folhelhos betuminosos.
<b>P&amp;Cgn</b>	Grupo Itacolmi - Quartzitos, filitos, xistos, quartzoxistos, quartzitos conglomeráticos e itabiritos.	<b>Tb</b>	Grupo Barreiras - Arenitos, arenitos conglomeráticos, siltitos e argilitos.
<b>P&amp;Cg</b>	Supergrupo Espinhaço - Ortoquartzitos, mica-xistos, metavulcânicas e conglomerados. (f) = filitos.	<b>Kmc</b>	Formação Mata da Corda - Tufitos, lavas melanocríticas, arenitos cineríticos e lentes de arenito localmente conglomeráticas.
<b>P&amp;Cg(a)</b>	Associação Charnockítica - Charnockitos, granulitos, anfíbolitos, dioritos, gabros, piroxenitos e migmatitos. (q) = quartzitos.	<b>Ku</b>	Formação Uruculua - Arenitos finos, arenitos caulíticos, arenitos ferruginosos e conglomerado basal.
<b>P&amp;Cmi</b>	Supergrupo Minas - Quartzitos, filitos, itabiritos, calcários, xistos, metavulcânicas e metagrauvascas.	<b>Kc</b>	Formação Areado - Arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos e conglomerados com ventifactos.
<b>P&amp;Cvg</b>	Associação Varginha - Guaxupé - Gnaisses, granitos, granulitos, migmatitos com máficis granulíticos.	<b>Kb</b>	Formação Bauru - Arenitos, arenitos cineríticos, conglomerados calcíferos, siltitos e argilitos.
<b>P&amp;Crv</b>	Supergrupo Rio das Velhas - Gnaisses, filitos, xistos, quartzitos, quartzito-carbonato-xistos, anfíbolitos e esteatitos.	<b>Jkg</b>	Formação Serra Geral - Basaltos, diabásio e arenitos não diferenciados.
<b>P&amp;Cgn(a)</b>	Associação de Xistos-Gnaisses e Migmatitos - Xistos, gnaisses melanocríticos, gnaisses kinzigíticos, migmatitos diversos, quartzitos e anfíbolitos. (q) = quartzitos.	<b>Jkb</b>	Formação Butucatu - Arenitos, siltitos, conglomerados e folhelhos.
<b>P&amp;Cgn</b>	Associação de Gnaisses e Granitos Diversos - Gnaisses kinzigíticos, gnaisses charnockíticos, gnaisses facoidais, gnaisses homogêneos leucocríticos, gnaisses bandados, ortognaisses e veios pegmatídeos. (q) = quartzitos.	<b>Gir</b>	Formação Itararé - Arenitos, siltitos, diamictitos, ritlitos e conglomerados.

<b>Rochas Intrusivas</b>	
	Alcalinas - Sienitos nefelínicos, fonolitos, tinguaítos, lujauritos e carbonatitos.
	Básicas e/ou Ultrabásicas - Serpentinóis, gabros, dioritos, dunitos, diabásios, metultrabásitos e xistos verdes.
	Granito Intrusivo - Granodioritos, quartzito monzonitos, tonalitos, dioritos e granitóides porfiríodes.

OBSERVAÇÕES:



ENG.º COORDENADOR:

RT:

DIRETORIA DE ENGENHARIA

DESENHO:

ESCALA:

Eng.º Fiscal - CREA/MG

ENG.º PROJETISTA:

DESENHISTA:

VERIFICADO:

APROVADO:

Eng.º Chefe da GPA

Eng.º Diretor da DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: Berlo Horizonte - Sabará  
SUBTRECHO: -

ESTUDO GEOLÓGICO  
MAPA GEOLÓGICO

FOLHA:  
GEOL-01/01

## 7. ESTUDOS SEGURANÇA NO TRÂNSITO

## 7. ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO

### 7.1 INTRODUÇÃO

Os estudos de segurança de trânsito para o trecho em estudo foram elaborados com base nas recomendações técnicas do DER/MG e dos Termos de Referência do Edital nº 057/2010.

A situação geral do trecho é precária no tocante às condições de segurança viária, onde se verificam:

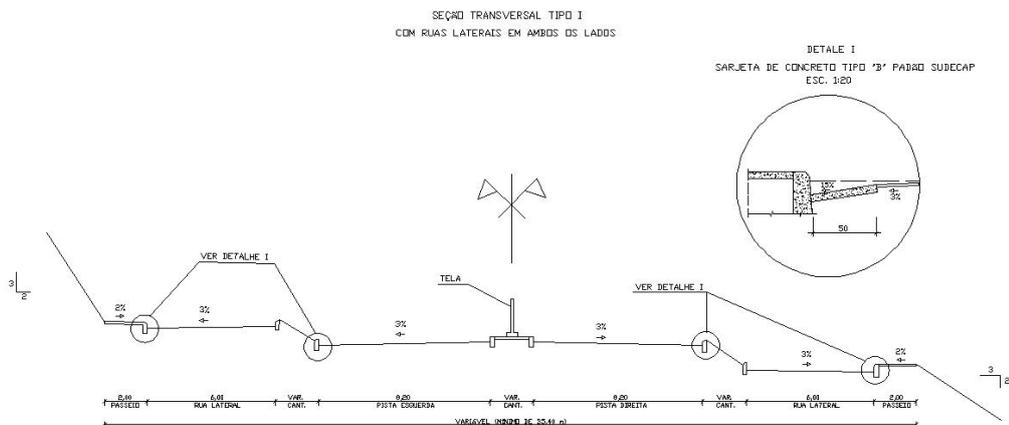
- deficiência de padronização e refletorização dos dispositivos de sinalização vertical e horizontal;
- necessidade de separação dos fluxos de tráfego por meio de vias marginais e coletoras;
- necessidade de restauração de toda a extensão da pista existente;
- complementação da pista esquerda na transposição da ponte do rio das Velhas;
- recuperação e adequação do viaduto existente da FCA (pista direita);
- complementação da superestrutura do viaduto novo (pista esquerda).

### 7.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA DO TRECHO

O trecho em estudo da MGC-262 apresenta 3 segmentos característicos em termos de plataforma, a saber:

- km 304,0 (Sabará) - km 306,0 (posto de fiscalização da Polícia Rodoviária Estadual) - trecho de multivia;
- km 306,0 - km 307,8 (acesso ao Anel Viário) - trecho duplicado com canteiro central/barreira de concreto;
- km 307,8 - km 310,4 (av. José Cândido da Silveira) - trecho em pista simples e elevado grau de urbanização/restrrição lateral.

A MGC-262 entre Belo Horizonte e Sabará, em 1998, foi objeto de um projeto de engenharia que previa sua duplicação e introdução de vias marginais nos segmentos mais urbanizados. Esse projeto de 1998 previa, para seu início mais urbanizado (entre as estacas 11 e 120), a duplicação da pista com 7,0 m de largura, duas faixas de segurança de 0,6 m e canteiro central de 2,0 m com tela, conforme desenho da seção-tipo, apresentado a seguir.



No projeto de 1998 foram previstas ruas laterais em ambos os lados, quando urbanizados, separadas das pistas principais por áreas livres de até 20,0 m de largura.

O início do trecho em estudo é entre as estacas 268 e 290, que compreende o viaduto da FCA e a ponte do rio das Velhas. Essa duplicação de pista será agora indicada no projeto para prosseguir até a estaca 315 (aproximadamente), a fim de proporcionar o acesso à nova ponte e resolver problemas de acesso ao lixão de Sabará, aí existente.

No segmento do rio das Velhas, antes do viaduto da FCA, os cortes apresentam rocha gnáissica. O leito da ferrovia é aberto em corte de rocha pleno. O mesmo ocorre com as fundações do viaduto da FCA e da ponte do rio das Velhas. A seção transversal da rodovia, logo após essa ponte, está condicionada pela plataforma da linha férrea da Vale, já implantada.

### 7.3 CARACTERIZAÇÃO OPERACIONAL DO TRECHO

Com relação ao desempenho, verifica-se que o trecho em estudo da MGC-262 apresenta o segmento compreendido entre o viaduto da FCA - Ferrovia Centro-Atlântica S.A. e a ponte do rio das Velhas (km 307,8 - km 310,4), em pista simples, operando em condições críticas de conforto, fluidez e segurança no nível de serviço E. Os demais segmentos em multivia e pista dupla com separador físico central estão operando de forma satisfatória no nível de serviço "A".

O trecho em estudo apresenta atualmente volumes de tráfego elevados, acima de 16.000 veículos/dia, com volumes horários de pico superiores a 1.500 veículos/hora.

A composição percentual de tráfego média do trecho indica uma incidência de motos de 15%, automóveis e utilitários com 66%, ônibus com 4% e apenas 15% de veículos de carga.

A movimentação de tráfego tem como finalidade básica as viagens de veículos leves (motos + automóveis+ utilitários) e de coletivos para o transporte e deslocamento diário de moradores locais até Belo Horizonte, onde trabalham durante a semana.

Prevê-se um VMDAT de 16.362 veículos/dia em 2013, para o ano de abertura da rodovia ao tráfego, após a conclusão das obras de melhoria e duplicação e de 21.348 veículos/dia em 2022 no ano final do período de projeto.

A velocidade a ser regulamentada para o trecho deverá ser de 100 km/h para os veículos leves com redução para 80 km/h para os veículos pesados, em condições climáticas normais. Nos períodos de chuva intensa deverá haver regulamentação de velocidade de 90 km/h para os veículos leves e de 70 km/h para os veículos pesados. Nas aproximações das interseções e aglomerados lindeiros haverá necessidade de redução da velocidade por questão de segurança, para valores de 60 a 40 km/h. A velocidade regulamentar das vias marginais deverá ser de, no máximo, 60 km/h.

Após a duplicação da pista e implantação das vias marginais, o trecho irá operar satisfatoriamente nos Níveis de Serviço A/B até o final do período de projeto.

### 7.4 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DAS INTERSEÇÕES

As interseções estudadas para o trecho em projeto são as seguintes:

- Interseção de acesso ao aterro sanitário (km 304,400);
- Interseção de acesso ao bairro General Carneiro (km 304,600);

A interseção com o acesso para o aterro sanitário apresenta sérios problemas operacionais e de segurança, necessitando de solução em níveis diferentes de forma conjunta com a interseção para o bairro General Carneiro. Nessa reformulação deverá ser estudada solução em PI para o acesso ao bairro.

## 7.5 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA EXISTENTES

O trecho encontra-se totalmente sinalizado, porém as pinturas horizontais estão desgastadas, com larguras de faixas inferiores às necessárias, com retrorrefletividade em grau inferior aos padrões mínimos exigidos para os fluxos de tráfego incidentes.

As placas de sinalização vertical não apresentam padrão de acordo com as resoluções atuais do CONTRAN, com dimensões, altura de caracteres e grau de retrorrefletividade inadequados.

Os dispositivos de contenção veicular existentes são barreiras de concreto e defensas metálicas singelas, com necessidade de manutenção, complementação e substituição em função de desgaste, deformações por choques ou posicionamento fora dos padrões de norma.

## 7.6 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Para atender os Termos de Referência da Tomada de Preços Nº 057/2010 e com base nas análises procedidas nos estudos de segurança de trânsito, apresentam-se de forma resumida as proposições de melhorias indicadas para o trecho em estudo.

O posicionamento da segunda pista e das vias marginais foi definido a partir de um cadastro topográfico detalhado e abrangente, o que permitiu melhor avaliar, junto com a Fiscalização do DER/MG, as desapropriações a serem realizadas.

Foi estudada solução com passagens inferiores (PIs), destinadas a evitar a segregação dos bairros lindeiros, a princípio avaliadas juntamente com a Fiscalização, embora não constassem do quadro de quantidades e preços unitários do Anexo VIII do Edital.

Uma PI deveria ser implantada entre o viaduto da FCA e a ponte do rio das Velhas, local onde existe um cruzamento em nível e que dá acesso, de um lado, à rua Januária, e do outro, a jusante, acesso à estação Pedreira, da Vale, e ao bairro Nossa Senhora de Fátima. Entretanto, o tráfego mais volumoso, usuário desse cruzamento, tem origem e destino em General Carneiro e parte do bairro das Nações, uma vez que sua utilização elimina o cruzamento em nível da linha ferroviária da FCA (Vale), além de reduzir o percurso em vias urbanas. Por falta de segurança operacional essa interseção foi devidamente reformulada no presente projeto.

A distância entre as cabeceiras dessas duas obras existentes é inferior a 70 m e, para a pista a construir essa distância é inferior a 60 m, de acordo com o projeto da multivia. Essa situação configura-se extremamente perigosa e foi devidamente tratada no projeto.

O projeto da Enecon de 1998 previa a construção de uma PI para a solução dessa interferência de tráfego local, hoje invalidada pela construção da alça ferroviária de ligação dos trilhos da FCA, vindos de Belo Horizonte, com a linha da Vale para Costa Lacerda. Essa ligação, no seu cruzamento com a MGC-262, é bifurcação da linha existente que segue para Sete Lagoas, não deixando espaço para posicionamento da PI que faria unicamente a transposição da rodovia, sem acessá-la.

Sua nova localização na área é praticamente impossível ou com solução extremamente onerosa. Foi examinada no local a viabilidade de indicar um acesso sob as extremidades das pontes rodoviárias, existente e a construir, e da ponte ferroviária; ou, ainda, um viaduto sobre a linha férrea, solução que não apresentou viabilidade econômica justificável.

Por outro lado, na extremidade da ponte do rio das Velhas, na sua margem direita, ocorre interseção de acesso ao aterro sanitário de Sabará, vulgarmente denominado lixão de Sabará,

com características geométricas precárias e que refletem nas condições operacionais perigosas do tráfego predominante com presença destacada de caminhões de lixo e, menos frequente, de caminhões de bota-fora.

Com a duplicação da ponte e das pistas, as alças e retornos existentes foram devidamente reformulados no projeto. Na situação atual, o fluxo no sentido Belo Horizonte é dificultado, sendo forçado a percorrer cerca de 2,00 km, sentido Sabará, para fazer o retorno no distrito industrial de Sobradinho. O projeto de multivia da Prefeitura de Sabará previa um retorno em nível com giro à esquerda, distante 300 m da extremidade da ponte existente, exigindo contenção através de gabião para o aterro não atingir o rio das Velhas. Essa solução apresentou interferência com o galpão da empresa Fóssil Soluções Ambientais – unidade Sabará, construído como invasão da faixa de domínio do DER/MG.

No estudo realizado no presente projeto, o desnível previsto, cerca de 1,50 m, entre o greide do novo viaduto, para a passagem da ligação ferroviária FCA - Vale, exigiria indicação de muros de contenção do talude da pista esquerda a ser construída, dificultando a construção do retorno acima referido.

O principal curso d'água existente no trecho é o rio das Velhas e sua transposição é feita por uma ponte de concreto com 114,00 m de comprimento e 8,40 m de largura, sendo dois passeios nas laterais com 0,50 m de largura e 0,15 m de altura; guarda-corpos com 0,60 m de altura e 0,20 m de espessura; e 7,00 m de plataforma em asfalto. Encontra-se em bom estado de conservação estrutural, tendo o NA registrado cerca de 12,00 m abaixo da face inferior da viga. No projeto atual, com a implantação da nova geometria, será construída uma nova ponte na pista esquerda com 170,00 m de comprimento (aproximadamente) por 12,00 m de largura, atendendo as novas exigências de projeto e tráfego.

#### 7.6.1 GEOMETRIA

O projeto em detalhamento definirá, juntamente com a Fiscalização do DER/MG, o padrão final a ser adotado para o trecho, considerando a necessidade de uniformização de tratamento para situações semelhantes, levando em conta a previsão de desembolso para a realização das obras correspondentes de pavimentação.

Em caráter geral, os estudos foram desenvolvidos de maneira a obter um aproveitamento máximo das infraestruturas da estrada existente, incorporando melhoramentos com relação à plataforma, vias marginais e interseções.

O projeto executivo indicou a duplicação dos segmentos em pista simples, com adoção de solução do tipo multivia, compatível com o padrão existente, com características estabelecidas para a denominada Classe 1-A (pista dupla) do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER/1999.

Como parâmetros básicos de projeto, verificou-se a adequação de características geométricas compatíveis com a velocidade de 100 km/h, em relevo de topografia ondulada, com rampa máxima de 7% e raio mínimo de 250 m. Todavia esse valor de raio mínimo não poderá ser atendido, uma vez que trechos da rodovia foram implantados com concordâncias horizontais com raios inferiores a 100 m.

#### 7.6.2 INTERSEÇÕES

As interseções serão devidamente tratadas no projeto, completando-se as ligações e conexões de ramos para facilitar o acesso aos bairros lindeiros e ao lixão de Sabará, tomando-se os devidos cuidados geométricos com relação aos aspectos de visibilidade, larguras de faixas compatíveis com os veículos de projeto, valores de superelevação, separação dos fluxos conflitantes e minimização de trabalhos de desapropriação e de ataque ao meio ambiente.

### 7.6.3 PONTOS DE DESEMBARQUE E EMBARQUE DE PASSAGEIROS

Verifica-se a necessidade de implantação de pontos de desembarque e embarque de passageiros, com faixas de mudança de velocidade, baia, passeios, abrigos e sinalização adequada para conforto e segurança dos usuários nas proximidades dos diversos aglomerados existentes em ambos os lados do trecho, ao longo de toda a sua extensão.

### 7.6.4 FAIXA DE DOMÍNIO

A faixa de domínio tem largura variável ao longo do trecho e necessita de regularização e demarcação definitiva, caracterizada por cercas com 4 fios de arame, suportes e esticadores de acordo com o padrão do DER/MG.

### 7.6.5 TRAVESSIAS DE ÁREAS DE AGLOMERADOS URBANOS

Ao longo do trecho, em ambas as margens, existem vários aglomerados com moradores que utilizam as facilidades da rodovia para o seu deslocamento ou desenvolvimento de atividades diárias. Para tanto deverão ser estudadas soluções localizadas com indicação de passeios nas laterais, travessias sinalizadas de pedestres e placas de advertência e regulamentação de velocidade reduzida (40 km/h), além de outros dispositivos considerados necessários para a operação segura do tráfego e a não ocorrência de atropelamentos de pedestres. Poderá ser estudada a adoção de pavimento diferenciado nesses locais, notadamente nas passagens de pedestres a mesmo nível.

### 7.6.6 OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

As obras-de-arte especiais de interesse do presente projeto são as seguintes:

- km 304,65: viaduto sobre a FCA, com 24,0 m de comprimento, pista de tráfego com 7,0 m de largura e passeio do lado direito com 1,0 m de largura. A obra deverá ser recuperada e adequada ao fluxo de pedestres hoje existente;
- km 304,65: novo viaduto sobre a FCA, com construção iniciada para os encontros construídos pela Vale, que deverá ter sua superestrutura complementada;
- km 304,5: ponte existente sobre o rio das Velhas, com 114,00 m de comprimento, pista de tráfego com 7,0 m de largura, passeios laterais com 0,5 m de largura e guarda-corpo com 0,2 m de largura;
- km 304,5: nova ponte sobre o rio das Velhas, a ser construída na pista esquerda, com 115,0 m de comprimento, pista de tráfego com 8,5 m de largura, ciclovia com 2,0 m de largura; passeios laterais com 1,2 m de largura e guarda-corpo em tubo de aço carbono Ø 2"; faixa de segurança com 0,5 m de largura e dispositivos de contenção veicular do tipo barreira de concreto modelo New Jersey NJ-S1, com 0,4 m de largura.

As obras-de-arte especiais existentes foram vistoriadas por um engenheiro especialista em estruturas para obtenção de um diagnóstico das suas atuais condições estruturais e operacionais. A vistoria foi realizada com base nos preceitos e metodologia contida na Recomendação Técnica RT-01.46d. Foi também consultado o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, 2ª edição, aprovada em 14/12/2004 pela Diretoria Executiva do DNIT, publicação IPR-709, que leva em consideração a norma ABNT/NBR-9452 - Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto.

A inspeção visual e conclusões sobre o pavimento (sobrelaje), drenagem, juntas, características dimensionais e altitude da máxima cheia foram devidamente relatadas em formulários específicos. Durante a vistoria foi realizado um registro fotográfico multiangular que permitiu a obtenção detalhada das características físicas da obra e, ainda, delimitar e explicitar

defeitos e patologias da estrutura.

Complementando o relatório, foi apresentado um descritivo da concepção estrutural da obra, inclusive suas fundações, características físicas e ocorrências acontecidas no período de obras. As características do funcionamento hidráulico da estrutura foram cuidadosamente analisadas pela equipe técnica responsável pelos estudos hidrológicos e projeto de drenagem e nortearam as definições de soluções.

Os projetos para a solução de nova obra-de-arte especial foram desenvolvidos com base nas instruções contidas na Recomendação Técnica específica constante do Ato Normativo RT-01.46d - Critérios de Projetos para Vias de Ligação com Reduzido Volume de Tráfego do DER/MG. Foram também consultadas as instruções IS-214 - Projeto de Obras-de-arte Especiais e IS-223 - Instrução de Serviço para Avaliação e Redimensionamento de Obras-de-arte Especiais Existentes, integrantes da publicação IPR-717 - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, do DNIT, 2ª edição, aprovada em 29/11/2005 pela Diretoria Colegiada do DNIT

## 7.6.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA

### 7.6.7.1 INTRODUÇÃO

O projeto de sinalização e segurança viária deverá ser desenvolvido de acordo com os Termos de Referência do Edital nº 057/2010, obedecendo ao Código de Trânsito Brasileiro e seu Anexo II (Resolução Nº 160/04, de 11/06/2004), Resoluções 599/82 e 66/87 do CONTRAN e os padrões estabelecidos pelo DER-MG para a sinalização vertical e horizontal, notadamente a RT-01.46.

Deverá ser definido um completo sistema de sinalização horizontal e vertical e dispositivos de segurança, de maneira a garantir a segurança operacional do trecho, das proximidades dos perímetros urbanos de Medeiros e Pratinha e das interseções, eliminar/reduzir a possibilidade de ocorrência de acidentes e sua gravidade, considerando as particularidades de cada caso.

A definição da velocidade de projeto constituirá em fator primordial para o estabelecimento do padrão de segurança a ser adotado, dela derivando a escolha dos demais elementos que irão compor o conjunto de dispositivos a serem detalhados e indicados para implantação nos trechos. As características técnicas da geometria do trecho em estudo permitem a adoção de velocidade de 80 km/h, com indicações de redução para 60 km/h e até 40 km/h nas aproximações de interseções e perímetros urbanos de Medeiros e Pratinha.

Por seu turno, recomenda-se no projeto a eliminação, sempre que possível, de objetos fixos próximos aos bordos da rodovia, de maneira a proporcionar uma redução na necessidade de implantação de barreiras de segurança.

### 7.6.7.2 PROJETO DE SINALIZAÇÃO VERTICAL

O projeto de sinalização vertical deverá definir o tipo, as dimensões, as mensagens e símbolos, os materiais das chapas e películas refletivas, o posicionamento e a localização das placas de regulamentação, advertência e indicação a serem implantadas.

Todas as placas indicativas (ao longo do trecho, nas interseções, dentre outras) deverão ser dimensionadas em função das mensagens com emprego dos padrões alfanuméricos adequados à velocidade de projeto adotada, conforme as normas e padrões técnicos do DER/MG.

### 7.6.7.3 PROJETO DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

O projeto de sinalização horizontal deverá indicar as marcações de linhas, mensagens e símbolos que deverão ser pintados no pavimento, de maneira a definir o eixo e os bordos da rodovia, as condições de ultrapassagem, as variações de larguras de faixas, os pontos de parada de coletivos, as proximidades de obstáculos físicos, tais como canteiros e ilhas das interseções, assim como os materiais a serem utilizados (tinta e micro esferas de vidro).

A sinalização horizontal deverá utilizar as mensagens pintadas no pavimento para reforçar a comunicação e informação com relação à velocidade local e setas horizontais para orientação dos motoristas nas manobras permitidas nas interseções.

Deverão ser indicadas tintas de demarcação rodoviária compatíveis com o volume de tráfego e com a duração necessária. Para garantia da refletorização das pinturas horizontais, deverá ser indicada a adição de microesferas tipo "I" conforme as especificações do DER/MG.

#### 7.6.7.4 DISPOSITIVOS AUXILIARES DE SINALIZAÇÃO

Como dispositivos auxiliares o projeto deverá indicar a utilização de dispositivos de alerta e delineadores de obstáculos.

Os dispositivos de alerta, tais como os marcadores de perigo, nas extremidades de canteiros e ilhas de canalização das interseções, deverão ser indicados, uma vez que chamam a atenção do motorista para situações geradoras de perigo potencial ao tráfego.

Os marcadores de alinhamento deverão ser indicados para os segmentos sinuosos do trecho, de maneira a chamar a atenção dos motoristas para adoção de comportamento cauteloso.

Os delineadores do tipo tachas prismáticas refletivas deverão também ser empregados para a melhoria da visibilidade e para evidenciar os segmentos com proibição de ultrapassagem do trecho, das interseções e proximidades de perímetros urbanos.

A implantação de dispositivos de contenção veicular (barreira simples de concreto do tipo New Jersey "NJ-S1"), assim como as defensas simples metálicas singelas semi-maleáveis de perfil "W-ABNT" e suportes também metálicos do tipo C-150 deverão ser indicados pelo projeto para locais julgados potencialmente perigosos.

Para as travessias de aglomerados urbanos deverão também ser indicados dispositivos para proteção de pedestres e, especificamente, nas proximidades de estabelecimentos educacionais, do tipo gradil de canalização e retenção dos fluxos de estudantes.

## 7.7 ESTUDOS DE CAPACIDADE E NÍVEIS DE SERVIÇO

### 7.7.1 INTRODUÇÃO

Os estudos de capacidade e níveis de serviço para o trecho em estudo foram elaborados com base nos preceitos do *Highway Capacity Manual*, versão *HCM/2000*, considerando-se os dados de tráfego apresentados anteriormente e as características geométricas futuras da via, após a conclusão dos trabalhos de duplicação e melhoramentos. Nos estudos de capacidade, de acordo com as recomendações do *HCM/2000*, não foi considerada a parcela do tráfego referente a motos.

Foram consideradas as seguintes situações:

- situação "sem projeto":

- . pista simples: segmento: km 307,8 - km 310,4;
  - . multivia: segmento: km 304,0 - 306,0;
  - . pista dupla: segmento: km 306,0 - 307,8 (situação mantida na condição “com projeto”).
- situação “com projeto”:
- . multivia: segmento: km 304,0 - 306,0;
  - . multivia: segmento: km 310,4 - 307,8.

## 7.7.2 SITUAÇÃO “SEM PROJETO” (PISTA SIMPLES: SEGMENTO: km 307,8 – km 310,4)

### 7.7.2.1 METODOLOGIA (PISTA SIMPLES)

De acordo com o *HCM/2000*, para o estudo de capacidade e níveis de serviço de rodovias de pista simples, a capacidade-limite é de 1.700 UCP/h (unidades de carro de passeio por hora) para cada sentido de tráfego. A capacidade é praticamente constante para qualquer distribuição direcional de tráfego prevalecente, com um valor máximo de 3.200 UCP/h para ambos os sentidos de tráfego.

Para a aplicação dos critérios de avaliação dos níveis de serviço adotando-se as recomendações do *HCM/2000*, as rodovias rurais de pista simples são classificadas da seguinte forma:

- Classe I: rodovias que necessitam grande mobilidade de tráfego, em razão de sua importância funcional; são vias arteriais primárias ou secundárias de sistema rodoviário estadual ou federal, destinadas basicamente ao tráfego de longa distância, para cuja operação são necessárias altas velocidades de percurso e poucas restrições nas operações de ultrapassagem.
- Classe II: rodovias rurais de acesso, para as quais um valor elevado para a velocidade de percurso, ainda que benéfico, constitui-se em um fator secundário; são vias que atendem tanto às funções turísticas e de lazer (nas quais os usuários desfrutam da observação da paisagem e das sinuosidades do traçado encaixado no relevo), como às funções de acessibilidade a povoados lindeiros às rodovias principais, em geral, com volumes de tráfego muito inferiores ao das vias arteriais.

No presente caso, o trecho em estudo enquadra-se na Classe I, devido à sua função de via arterial secundária integrante da malha viária do DER/MG, com deslocamentos de média distância e requerendo velocidade operacional compatível.

O estudo apresentado a seguir foi desenvolvido a partir da adaptação do *HCM/2000* procedida pelo DNIT e constante do citado Manual de Estudos de Tráfego/2006, aqui denominado *MET*.

Para o estudo da capacidade de rodovias rurais de pista simples, são considerados 2 parâmetros de desempenho: a velocidade de fluxo livre e a restrição à ultrapassagem.

#### 7.7.2.1.1 VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE

A velocidade de fluxo livre reflete a mobilidade da corrente de tráfego nas vias de pista simples e é definida como sendo a relação existente entre a extensão do percurso e o tempo médio gasto por todos os veículos ao longo do segmento, durante um intervalo de tempo previamente determinado (em geral, uma hora).

#### 7.7.2.1.2 RESTRIÇÃO À ULTRAPASSAGEM

A restrição à ultrapassagem reflete a liberdade de manobra e o conforto do usuário durante o tempo de viagem e é definida através da percentagem do tempo de percurso, segundo o qual os veículos são forçados a permanecer em fila, função da falta de oportunidade para ultrapassar os veículos mais lentos. A restrição à ultrapassagem é traduzida como percentual do tempo gasto seguindo (PTSF - percent time-spent-following), medido em percentagem (%).

Para as rodovias de Classe I são considerados ambos os parâmetros no estudo dos níveis de serviço; para as rodovias de Classe II, apenas o parâmetro relativo à restrição à ultrapassagem é levado em consideração.

#### 7.7.2.1.3 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO (RODOVIA EM PISTA SIMPLES)

Inicialmente verifica-se se o fluxo  $v_s$  excede 3.200 ucp/h. Se isto acontecer a rodovia está supersaturada e o nível de serviço é F. O tempo gasto seguindo se aproxima de 100%, e as velocidades variam muito e são de difícil determinação.

Para um trecho de rodovia de Classe I com fluxo  $v_s \leq 3.200$  ucp/h o nível de serviço é determinado em função da velocidade média de viagem e da percentagem de tempo gasto seguindo, com o auxílio da Tabela 57 - Enquadramento em Níveis de Serviço (Rodovias de Classe I), apresentada abaixo.

TABELA 57 NÍVEIS DE SERVIÇO PARA RODOVIAS DE PISTA SIMPLES CLASSIFICADAS COMO CLASSE I		
NÍVEIS DE SERVIÇO	PERCENTAGEM DO TEMPO GASTO SEGUINDO	VELOCIDADE MÉDIA DE VIAGEM (km/h)
A	Inferior ou igual a 35 %	Superior a 90
B	Entre 35% e 50 %	Entre 80 e 90
C	Entre 50% e 65%	Entre 70 e 80
D	Entre 65% e 80%	Entre 60 e 70
E	Superior a 80%	Menor ou igual a 60
Nota: O nível de serviço "F" é atingido quando o fluxo horário máximo excede a Capacidade.		
Fonte: <i>Manual de Estudos de Tráfego- DNIT/2006 - MET.</i>		

Foi procedida a verificação da capacidade e do nível de serviço na condição "sem projeto" do trecho em estudo, para os anos de 2011 (ano de elaboração do projeto), 2013 (ano de abertura da rodovia ao tráfego, após a conclusão dos melhoramentos previstos no projeto) e 2022 (10º ano de projeto).

#### a) *Características Físicas e Geométricas (Pista Simples)*

Foram consideradas as seguintes características geométricas para o trecho em estudo:

- traçado: ondulado;
- velocidade básica de fluxo livre:  $V = 71$  km/h;
- restrição à ultrapassagem: (DVU = 350 m): 60%;
- largura das faixas de tráfego: 3,50 m;
- largura dos acostamentos: 0,50 m.

#### b) *Características Consideradas com Relação ao Tráfego*

Para os estudos de capacidade foram considerados os dados de tráfego apresentados, a seguir, no Quadro nº 97.

ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES									
QUADRO N° 97 - DADOS DE TRÁFEGO PARA ESTUDOS DE CAPACIDADE									
RODOVIA: MGC-262									
TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE									
SUBTRECHO:									
SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400									
ANOS	MOTO		PASSEIO + UTILITÁRIOS		ÔNIBUS		CARGA		VMDAT
	VOLUME	%	VOLUME	%	VOLUME	%	VOLUME	%	
2013	***	***	10.756	77,23	735	5,28	2.435	17,49	13.926
	2.435	14,88	10.756	65,74	735	4,49	2.435	14,88	16.362
2022	***	***	14.034	77,23	959	5,28	3.177	17,49	18.171
	3.177	14,88	14.034	65,74	959	4,49	3.177	14,88	21.348

Os quadros 98 a 100, a seguir, apresentam os parâmetros utilizados nos cálculos realizados para a determinação dos níveis de serviço do trecho em estudo.

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

QUADRO Nº 98 - DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO) ANO: 2011

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SEGMENTO: km 307,800 - km 310,400

RODOVIA DE PISTA SIMPLES ( Metodologia do *Manual de Estudos de Tráfego do DNIT - Publicação IPR-723* )

1- DADOS GEOMÉTRICOS		2- DADOS DE TRÁFEGO			
Valor Básico da Velocidade (km/h)	71	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"		16.407	
Percentual de Não Ultrapassagem(%)	60	Fator Horário de Projeto "K"		0,085	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator de Pico Horário "FHP"		0,900	
Coeficiente de "Rise and Fall"	*****	Volume Horário do Fluxo "V" (Tráfego Misto por hora)		1395	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50	Volume Horário do Fluxo Equivalente de Passeio "Vp"		1.743	
Largura Útil dos Acostamentos (m)	0,50	Distribuição Direcional (%)		50,00	
Número de Acessos em Nível	2	Composição Percentual do Tráfego (%)			
Extensão do Segmento (km)	2,60	Passeio	77,23	Coletivo	5,28
Número de Acessos em Nível/km	0,77	Carga	17,49	Recreação	0,00

### 3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE VIAGEM " VMV "

Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 62)	0,99
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 64)	1,50
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>vp</sub> "	0,898
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )	1.743
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )	872
Velocidade Básica de Fluxo Livre "VBFL" (km/h)	71,00
Ajustamento para Largura de Faixa de Tráfego e Largura do Acostamento "f <sub>la</sub> " (Tabela 59)	0,70
Ajustamento para Pontos de Acessos Existentes a mesmo Nível no Segmento "f <sub>A</sub> " (Tabela 60)	0,51
Velocidade do Fluxo Livre "VFL" (km/h)	69,79
Ajustamento para Segmentos de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 66)	1,157
Velocidade Média de Viagem "VMV" (km/h)	47,00

### 4- DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE TEMPO GASTO SEGUINDO "PTGS"

Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 63)	1,00
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 65)	0,77
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>vp</sub> "	1,055
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )	1.469
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )	735
Percentagem Básica do Tempo Gasto em Fila "BPTGS" ( % )	72,50
Ajustamento para Distribuição Direcional e Percentual de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 67)	5,201
Percentagem do Tempo Gasto Seguindo "PTGS" ( % )	77,70

### 5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Nível de Serviço ( Tabela 57 - Referente à Classe I do *MET - Publicação IPR-723 do DNIT* )

Nível de Serviço	Porcentagem de Tempo Gasto Seguindo (%)	Velocidade Média de Viagem (km/h)
<b>A</b>	<b>≤ 35</b>	<b>&gt; 90</b>
<b>B</b>	<b>35 &lt; PTSF &lt; 50</b>	<b>80 &lt; ATS &lt; 90</b>
<b>C</b>	<b>50 &lt; PTSF &lt; 65</b>	<b>70 &lt; ATS &lt; 80</b>
<b>D</b>	<b>65 &lt; PTSF &lt; 80</b>	<b>60 &lt; ATS &lt; 70</b>
<b>E</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>≤ 60</b>

**Nível de Serviço: "E"**

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>				
<b>QUADRO Nº 99</b>		<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO)</b>		<b>ANO: 2013</b>
RODOVIA: MGC-262		TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE		
SEGMENTO: km 307,800 - km 310,400				
RODOVIA DE PISTA SIMPLES ( Metodologia do <i>Manual de Estudos de Tráfego do DNIT - Publicação IPR-723</i> )				
1- DADOS GEOMÉTRICOS		2- DADOS DE TRÁFEGO		
Valor Básico da Velocidade (km/h)	71	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"		17.406
Percentual de Não Ultrapassagem(%)	60	Fator Horário de Projeto "K"		0,085
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator de Pico Horário "FHP"		0,900
Coeficiente de "Rise and Fall"	*****	Volume Horário do Fluxo "V" (Tráfego Misto por hora)		1.480
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50	Volume Horário do Fluxo Equivalente de Passeio "Vp"		1.850
Largura Útil dos Acostamentos (m)	0,50	Distribuição Direcional (%)		50,00
Número de Acessos em Nível	2	Composição Percentual do Tráfego (%)		
Extensão do Segmento (km)	2,60	Passeio	77,23	Coletivo 5,28
Número de Acessos em Nível/km	0,77	Carga	17,49	Recreação 0,00
3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE VIAGEM " VMV "				
Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 62)				0,99
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 64)				1,50
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>vp</sub> "				0,898
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )				1.850
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )				925
Velocidade Básica de Fluxo Livre "VBFL" (km/h)				71,00
Ajustamento para Largura de Faixa de Tráfego e Largura do Acostamento "f <sub>fa</sub> " (Tabela 59)				0,70
Ajustamento para Pontos de Acessos Existentes a mesmo Nível no Segmento "f <sub>A</sub> " (Tabela 60)				0,51
Velocidade do Fluxo Livre "VFL" (km/h)				69,79
Ajustamento para Segmentos de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 66)				1,550
Velocidade Média de Viagem "VMV" (km/h)				45,00
4- DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE TEMPO GASTO SEGUINDO "PTGS"				
Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 63)				1,00
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 65)				0,77
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>vp</sub> "				1,055
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )				1.559
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )				780
Percentagem Básica do Tempo Gasto em Fila "BPTGS" ( % )				74,60
Ajustamento para Distribuição Direcional e Percentual de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 67)				4,811
Percentagem do Tempo Gasto Seguindo "PTGS" ( % )				79,41
5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO				
Nível de Serviço ( Tabela 57 - Referente à Classe I do <i>MET - Publicação IPR-723 do DNIT</i> )				
Nível de Serviço	Porcentagem de Tempo Gasto Seguindo (%)	Velocidade Média de Viagem (km/h)		
<b>A</b>	<b>≤ 35</b>	<b>&gt; 90</b>		
<b>B</b>	<b>35 &lt; PTSF &lt; 50</b>	<b>80 &lt; ATS &lt; 90</b>		
<b>C</b>	<b>50 &lt; PTSF &lt; 65</b>	<b>70 &lt; ATS &lt; 80</b>		
<b>D</b>	<b>65 &lt; PTSF &lt; 80</b>	<b>60 &lt; ATS &lt; 70</b>		
<b>E</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>≤ 60</b>		
<b>Nível de Serviço: "E"</b>				

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>				
<b>QUADRO Nº</b>	<b>100</b>	<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO</b>	<b>(SEM PROJETO)</b>	<b>ANO: 2022</b>
<b>RODOVIA: MGC-262</b>		<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>		
<b>SEGMENTO: km 307,800 - km 310,400</b>				
<b>RODOVIA DE PISTA SIMPLES ( Metodologia do <i>Manual de Estudos de Tráfego do DNIT - Publicação IPR-723</i> )</b>				
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>		<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>		
Valor Básico da Velocidade (km/h)	71	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"	22.711	
Percentual de Não Ultrapassagem(%)	60	Fator Horário de Projeto "K"	0,085	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator de Pico Horário "FHP"	0,900	
Coeficiente de "Rise and Fall"	*****	Volume Horário do Fluxo "V" (Tráfego Misto por hora)	1.930	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50	Volume Horário do Fluxo Equivalente de Passeio "Vp"	2.412	
Largura Útil dos Acostamentos (m)	0,50	Distribuição Direcional (%)	50,00	50,00
Número de Acessos em Nível	2	Composição Percentual do Tráfego (%)		
Extensão do Segmento (km)	2,60	Passeio	77,23	Coletivo 5,28
Número de Acessos em Nível/km	0,77	Carga	17,49	Recreação 0,00
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE VIAGEM " VMV "</b>				
Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 62)				0,99
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 64)				1,50
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>p</sub> "				0,898
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )				2.412
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )				1.206
Velocidade Básica de Fluxo Livre "VBFL" (km/h)				71,00
Ajustamento para Largura de Faixa de Tráfego e Largura do Acostamento "f <sub>a</sub> " (Tabela 59)				0,70
Ajustamento para Pontos de Acessos Existentes a mesmo Nível no Segmento "f <sub>A</sub> " (Tabela 60)				0,51
Velocidade do Fluxo Livre "VFL" (km/h)				69,79
Ajustamento para Segmentos de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 66)				1,000
Velocidade Média de Viagem "VMV" (km/h)				39,00
<b>4- DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE TEMPO GASTO SEGUINDO "PTGS"</b>				
Fator de Ajustamento de Greide "f <sub>G</sub> " (Tabela 63)				1,00
Equivalente de Caminhões e Ônibus em Carros de Passeio "Ec" ( Tabela 65)				1,00
Fator de Ajustamento em função da presença de Veículos Comerciais (Onibus + Caminhões) "f <sub>p</sub> "				1,00
Fluxo Máximo Total de Tráfego no Pico (ambos os sentidos de tráfego) "v <sub>p</sub> " ( máximo de 3.200 ucp/h )				2.144
Maior Parcela do Fluxo Direcional no Pico ( máximo de 1.700 ucp/h )				1.072
Percentagem Básica do Tempo Gasto em Fila "BPTGS" ( % )				84,80
Ajustamento para Distribuição Direcional e Percentual de Não Ultrapassagem "f <sub>up</sub> " (Tabela 67)				20,500
Percentagem do Tempo Gasto Seguindo "PTGS" ( % )				105,30
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>				
Nível de Serviço ( Tabela 57 - Referente à Classe I do <i>MET - Publicação IPR-723 do DNIT</i> )				
Nível de Serviço	Porcentagem de Tempo Gasto Seguindo (%)	Velocidade Média de Viagem (km/h)		
<b>A</b>	<b>≤ 35</b>	<b>&gt; 90</b>		
<b>B</b>	<b>35 &lt; PTSF &lt; 50</b>	<b>80 &lt; ATS &lt; 90</b>		
<b>C</b>	<b>50 &lt; PTSF &lt; 65</b>	<b>70 &lt; ATS &lt; 80</b>		
<b>D</b>	<b>65 &lt; PTSF &lt; 80</b>	<b>60 &lt; ATS &lt; 70</b>		
<b>E</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>≤ 60</b>		
<b>Nível de Serviço: "E"</b>				

### 7.7.2.2 METODOLOGIA (MULTIVIA)

De acordo com o *HCM/2000*, para o estudo de capacidade e níveis de serviço de rodovias com 4 ou mais faixas, o nível de serviço deve ser determinado com base na velocidade de fluxo livre - VFL e no volume de fluxo máximo por faixa de tráfego -  $V_p$  (UCP/h/faixa).

#### 7.7.2.2.1 VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE - VFL

A velocidade de fluxo livre - VFL é definida como a velocidade média dos carros de passeio para fluxos de até 1.400 UCP/h/faixa, a partir de um valor básico característico do tipo de rodovia em análise. O valor da VFL deve ser ajustado em função da largura das faixas de tráfego, dos espaços laterais livres, do tipo de canteiro central e do número de acessos.

A partir dos valores da velocidade de fluxo livre e do volume de fluxo máximo por faixa é determinada a densidade do fluxo -  $D$  (UCP/h/faixa).

#### 7.7.2.2.2 NÍVEIS DE SERVIÇO PARA OPERAÇÃO EM MULTIVIA

Os níveis de serviço, para a multivia, foram determinados com a utilização da Tabela 77, a seguir reproduzida.

TABELA 77 CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO EM RODOVIAS COM 4 OU MAIS FAIXAS DE TRÁFEGO						
VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE VFL (km/h)	CRITÉRIOS	NÍVEIS DE SERVIÇO				
		A	B	C	D	E
100	Densidade Máxima (UCP/km/faixa)	7	11	16	22	25
	Velocidade Média (km/h)	100,0	100,0	98,4	91,5	88,0
	Relação Máxima Volume/Capacidade	0,32	0,50	0,72	0,92	1,00
	Fluxo Máximo (UCP/h/faixa)	700	1.100	1.575	2.015	2.200
90	Densidade Máxima (UCP/km/faixa)	7	11	16	22	26
	Velocidade Média (km/h)	90,0	90,0	89,8	84,7	80,8
	Relação Máxima Volume/Capacidade	0,30	0,47	0,68	0,89	1,00
	Fluxo Máximo (UCP/h/faixa)	630	990	1.435	1.860	2.100
80	Densidade Máxima (UCP/km/faixa)	7	11	16	22	27
	Velocidade Média (km/h)	80,0	80,0	80,0	77,6	74,1
	Relação Máxima Volume/Capacidade	0,28	0,44	0,64	0,85	1,00
	Fluxo Máximo (UCP/h/faixa)	560	880	1.280	1.705	2.000
70	Densidade Máxima (UCP/km/faixa)	7	11	16	22	28
	Velocidade Média (km/h)	70,0	70,0	70,0	69,6	67,9
	Relação Máxima Volume/Capacidade	0,26	0,41	0,59	0,81	1,00
	Fluxo Máximo (UCP/h/faixa)	490	770	1.120	1.530	1.900

Nota: O Nível de Serviço "F" apresenta tráfego instável, em que os valores das variáveis representativas selecionadas são de difícil apuração.

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego - Publicação IPR-723 (ano de 2006).

#### 7.7.2.2.3 RESULTADOS FINAIS DE VERIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO

Os níveis de serviço para o segmento de multivia compreendido entre os km 304,0 e 306,0 estão apresentados nos quadros 101 a 103, a seguir.

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

<b>QUADRO Nº 101 - DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO) Ano: 2011</b>										
<b>RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>										
<b>SEGMENTO: km 304,000 - km 306,000</b>										
<b>METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (MULTIVIA)</b>										
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>					<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>					
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00				Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"				16.407	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado				Fator Horário de Projeto "K"				0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50				Fator de Pico Horário "FHP"				0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	0,00				Vol. Horário do Fluxo "V <sub>T</sub> " (Tráfego Misto) Veic. / h				1.395	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60				Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h				698	
Canteiro Central	Multivia				Distribuição Direcional (%)			50,00	50,00	
Faixas de Tráfego por Sentido	2				Fator de Comportamento dos Motoristas - f <sub>p</sub>				1,00	
Número de Acessos em Nível	2				Composição Percentual do Tráfego (%)					
Extensão do Segmento (km)	2,00		Passeio		77,23		Coletivo		5,28	
Número de Acessos em Nível/km	1,00		Carga		17,49		Recreação		0,00	
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"</b>										
Velocidade Básica "BFFS" (km/h)										88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>f</sub> " (Tabela 78 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>ei</sub> " (Tabela 79 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)										0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)										0,67
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>f</sub> - f <sub>ei</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>										87,33
<b>4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"</b>										
Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>r</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]										0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>p</sub>										521
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>										
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "										521
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"										87,33
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>										6,00
<b>6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)</b>										
"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28
<b>Nível de Serviço: "A"</b>										

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>										
<b>QUADRO Nº 102</b>		<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO)</b>						<b>Ano: 2013</b>		
<b>RODOVIA: MGC-262</b>				<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>						
<b>SEGMENTO: km 304,000 - km 306,000</b>										
<b>METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (MULTIVIA)</b>										
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>					<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>					
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00				Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"				17.406	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado				Fator Horário de Projeto "K"				0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50				Fator de Pico Horário "FHP"				0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	0,00				Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h				1.480	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60				Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h				740	
Canteiro Central	Multivia				Distribuição Direcional (%)			50,00	50,00	
Faixas de Tráfego por Sentido	2				Fator de Comportamento dos Motoristas - fP				1,00	
Número de Acessos em Nível	2				Composição Percentual do Tráfego (%)					
Extensão do Segmento (km)	2,00		Passeio		77,23		Coletivo		5,28	
Número de Acessos em Nível/km	1,00		Carga		17,49		Recreação		0,00	
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"</b>										
Velocidade Básica "BFFS" (km/h)										88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>f</sub> " (Tabela 78 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>ei</sub> " (Tabela 79 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)										0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)										0,67
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>f</sub> - f <sub>ei</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>										87,33
<b>4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"</b>										
Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>r</sub> " (Tabela 21 - MET)										2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]										0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>p</sub>										552
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>										
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "										552
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"										87,33
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>										6,30
<b>6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)</b>										
"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28
<b>Nível de Serviço: "A"</b>										

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

QUADRO Nº 103 - DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO) Ano: 2022

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SEGMENTO: km 304,000 - km 306,000

METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (MULTIVIA)

1- DADOS GEOMÉTRICOS		2- DADOS DE TRÁFEGO			
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"		22.711	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator Horário de Projeto "K"		0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50	Fator de Pico Horário "FHP"		0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	0,00	Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h		1.930	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60	Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h		965	
Canteiro Central	Multivia	Distribuição Direcional (%)		50,00	50,00
Faixas de Tráfego por Sentido	2	Fator de Comportamento dos Motoristas - fP		1,00	
Número de Acessos em Nível	2	Composição Percentual do Tráfego (%)			
Extensão do Segmento (km)	2,00	Passeio	77,23	Coletivo	5,28
Número de Acessos em Nível/km	1,00	Carga	17,49	Recreação	0,00

### 3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"

Velocidade Básica "BFFS" (km/h)	88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>r</sub> " (Tabela 78 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>el</sub> " (Tabela 79 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)	0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)	0,67
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>r</sub> - f <sub>el</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>	87,33

### 4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"

Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)	2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>vr</sub> " (Tabela 21 - MET)	2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]	0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>P</sub>	720

### 5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "	720
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"	87,33
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>	8,20

### 6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)

"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"								
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28

Nível de Serviço: "B"

### 7.7.2.3 METODOLOGIA (PISTA DUPLA) - SEGMENTO: km 306,0 - 307,8 (SITUAÇÃO MANTIDA NA CONDIÇÃO “COM PROJETO”)

Para os segmentos de pista dupla, a metodologia indicada pelo *HCM/2000* para o estudo de capacidade e níveis de serviço é análoga ao de multivias, sendo também determinado com base na velocidade de fluxo livre - VFL e no volume de fluxo máximo por faixa de tráfego -  $V_p$  (UCP/h/faixa).

### 7.7.2.4 RESULTADOS FINAIS DE VERIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO

Os níveis de serviço para o segmento compreendido entre os km 306,0 e 307,8 operando em pista dupla estão apresentados nos quadros 104 a 106, a seguir.

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>											
<b>QUADRO Nº 104</b>		<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO)</b>						<b>Ano: 2011</b>			
<b>RODOVIA: MGC-262</b>				<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>							
<b>SEGMENTO: km 306,000 - km 307,800</b>											
<b>METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (PISTA DUPLA)</b>											
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>					<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>						
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00				Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"			16.407			
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado				Fator Horário de Projeto "K"			0,085			
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50				Fator de Pico Horário "FHP"			0,900			
Largura do Acostamento Externo (m)	0,60				Vol. Horário do Fluxo "V <sub>T</sub> " (Tráfego Misto) Veic. / h			1.395			
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60				Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h			698			
Canteiro Central	Existente				Distribuição Direcional (%)		50,00		50,00		
Faixas de Tráfego por Sentido	2				Fator de Comportamento dos Motoristas - f <sub>p</sub>			1,00			
Número de Acessos em Nível	1				Composição Percentual do Tráfego (%)						
Extensão do Segmento (km)	1,80				Passeio		77,23		Coletivo		5,28
Número de Acessos em Nível/km	0,56				Carga		17,49		Recreação		0,00
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"</b>											
Velocidade Básica "BFFS" (km/h)										88,00	
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>f</sub> " (Tabela 78 - MET)										0,00	
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>ei</sub> " (Tabela 79 - MET)										0,00	
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)										0,00	
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)										0,37	
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>f</sub> - f <sub>ei</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>										87,63	
<b>4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"</b>											
Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,50	
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>r</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,00	
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]										0,745	
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>p</sub>										521	
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>											
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "										521	
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"										87,63	
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>										5,90	
<b>6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)</b>											
"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25	
80										≤ 26	
90										≤ 27	
70										≤ 28	
<b>Nível de Serviço: "A"</b>											

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>										
<b>QUADRO Nº 105</b>		<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO)</b>						<b>Ano: 2013</b>		
<b>RODOVIA: MGC-262</b>				<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>						
<b>SEGMENTO: km 306,000 - km 307,800</b>										
<b>METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (PISTA DUPLA)</b>										
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>					<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>					
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00				Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"				17.406	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado				Fator Horário de Projeto "K"				0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50				Fator de Pico Horário "FHP"				0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	0,60				Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h				1.480	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60				Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h				740	
Canteiro Central	Existente				Distribuição Direcional (%)			50,00	50,00	
Faixas de Tráfego por Sentido	2				Fator de Comportamento dos Motoristas - fP				1,00	
Número de Acessos em Nível	1				Composição Percentual do Tráfego (%)					
Extensão do Segmento (km)	1,80		Passeio		77,23		Coletivo		5,28	
Número de Acessos em Nível/km	0,56		Carga		17,49		Recreação		0,00	
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"</b>										
Velocidade Básica "BFFS" (km/h)										88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>f</sub> " (Tabela 78 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>ei</sub> " (Tabela 79 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)										0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)										0,37
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>f</sub> - f <sub>ei</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>										87,63
<b>4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"</b>										
Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>r</sub> " (Tabela 21 - MET)										2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]										0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>p</sub>										552
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>										
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "										552
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"										87,63
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>										6,30
<b>6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)</b>										
"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28
<b>Nível de Serviço: "A"</b>										

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

QUADRO Nº 106 - DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (SEM PROJETO) Ano: 2022

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SEGMENTO: km 306,000 - km 307,800

METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (PISTA DUPLA)

1- DADOS GEOMÉTRICOS		2- DADOS DE TRÁFEGO			
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"		22.711	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator Horário de Projeto "K"		0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,50	Fator de Pico Horário "FHP"		0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	0,60	Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h		1.930	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60	Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h		965	
Canteiro Central	Existente	Distribuição Direcional (%)		50,00	50,00
Faixas de Tráfego por Sentido	2	Fator de Comportamento dos Motoristas - fP		1,00	
Número de Acessos em Nível	1	Composição Percentual do Tráfego (%)			
Extensão do Segmento (km)	1,80	Passeio	77,23	Coletivo	5,28
Número de Acessos em Nível/km	0,56	Carga	17,49	Recreação	0,00

### 3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"

Velocidade Básica "BFFS" (km/h)	88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>r</sub> " (Tabela 78 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>el</sub> " (Tabela 79 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)	0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)	0,37
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>r</sub> - f <sub>el</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>	87,63

### 4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"

Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)	2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>vr</sub> " (Tabela 21 - MET)	2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]	0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>P</sub>	720

### 5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "	720
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"	87,63
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>	8,20

### 6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)

"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"								
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28

Nível de Serviço: "B"

### 7.7.3 SITUAÇÃO “COM PROJETO” (MULTIVIA)

#### 7.7.3.1 METODOLOGIA

Conforme exposto anteriormente, para o estudo de capacidade e níveis de serviço de multivias, o *HCM/2000* determina o nível de serviço com base na velocidade de fluxo livre - VFL e no volume de fluxo máximo por faixa de tráfego -  $V_p$  (UCP/h/faixa).

#### 7.7.3.2 RESULTADOS FINAIS DE VERIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO

Os níveis de serviço para os segmentos de multivia compreendidos entre os km 304,0 e 306,8 e 310,4 e 307,8 estão apresentados nos quadros 107 e 108, a seguir.

## ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES

QUADRO Nº 107 - DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (COM PROJETO) Ano: 2013

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400

METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (MULTIVIA)

1- DADOS GEOMÉTRICOS		2- DADOS DE TRÁFEGO			
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00	Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"		13.926	
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado	Fator Horário de Projeto "K"		0,085	
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,60	Fator de Pico Horário "FHP"		0,900	
Largura do Acostamento Externo (m)	2,50	Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h		1.184	
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60	Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h		592	
Canteiro Central	Multivia	Distribuição Direcional (%)		50,00	50,00
Faixas de Tráfego por Sentido	2	Fator de Comportamento dos Motoristas - fP		1,00	
Número de Acessos em Nível	5	Composição Percentual do Tráfego (%)			
Extensão do Segmento (km)	1,80	Passeio	77,23	Coletivo	5,28
Número de Acessos em Nível/km	2,78	Carga	17,49	Recreação	0,00

### 3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"

Velocidade Básica "BFFS" (km/h)	88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>r</sub> " (Tabela 78 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>el</sub> " (Tabela 79 - MET)	0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)	0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)	1,85
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>r</sub> - f <sub>el</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>	86,15

### 4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"

Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)	2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>vr</sub> " (Tabela 21 - MET)	2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]	0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>P</sub>	441

### 5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "	441
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"	86,15
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>	5,10

### 6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)

"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"								
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28

Nível de Serviço: "A"

<b>ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES</b>										
<b>QUADRO Nº</b>		<b>108</b>		<b>- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO (COM PROJETO)</b>				<b>Ano: 2022</b>		
<b>RODOVIA: MGC-262</b>				<b>TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE</b>						
<b>SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400</b>										
<b>METODOLOGIA DO MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO DO DNIT - PUBLICAÇÃO IPR-723 (MULTIVIA)</b>										
<b>1- DADOS GEOMÉTRICOS</b>					<b>2- DADOS DE TRÁFEGO</b>					
Valor Básico da Velocidade (km/h)	88,00		Volume Médio Diário Anual de Tráfego "VMDAT"				18.171			
Condição do Relevo (traçado)	Ondulado		Fator Horário de Projeto "K"				0,085			
Largura das Faixas de Tráfego (m)	3,60		Fator de Pico Horário "FHP"				0,900			
Largura do Acostamento Externo (m)	2,50		Vol. Horário do Fluxo "VT" (Tráfego Misto) Veic. / h				1.545			
Largura do Acostamento Interno (m)	0,60		Volume Horário Máximo Direcional "V" Veic. / h				773			
Canteiro Central	Multivia		Distribuição Direcional (%)			50,00		50,00		
Faixas de Tráfego por Sentido	2		Fator de Comportamento dos Motoristas - fP				1,00			
Número de Acessos em Nível	5		Composição Percentual do Tráfego (%)							
Extensão do Segmento (km)	1,80		Passeio		77,23		Coletivo		5,28	
Número de Acessos em Nível/km	2,78		Carga		17,49		Recreação		0,00	
<b>3- DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO LIVRE "VFL"</b>										
Velocidade Básica "BFFS" (km/h)										88,00
Ajustamento para a Largura da Faixa de Rolamento "f <sub>f</sub> " (Tabela 78 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura dos Acostamentos Interno e Externo "f <sub>ei</sub> " (Tabela 79 - MET)										0,00
Ajustamento para a Largura do Canteiro Central "f <sub>cc</sub> " (Tabela 80 - MET)										0,00
Ajustamento para o Número de Acessos Existentes / km "f <sub>A</sub> " (Tabela 81 - MET)										1,85
Determinação da Velocidade do Fluxo Livre - "VFL" = BVFL - f <sub>f</sub> - f <sub>ei</sub> - f <sub>cc</sub> - f <sub>A</sub>										86,15
<b>4- DETERMINAÇÃO DO VOLUME EQUIVALENTE DE VEÍCULOS DE PASSEIO POR HORA E POR FAIXA "v<sub>p</sub>"</b>										
Fator de Equivalência de Caminhões + Coletivos em Veículos de Passeio "E <sub>c</sub> " (Tabela 82 - MET)										2,50
Fator de Equivalência de Veículos de Recreação em Veículos de Passeio "E <sub>r</sub> " (Tabela 21 - MET)										2,00
Fator de Ajustamento para Veículos Lentos "f <sub>vp</sub> " = 1 / [1 + P <sub>T</sub> (E <sub>T</sub> - 1) + P <sub>R</sub> (E <sub>R</sub> - 1)]										0,745
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa "v <sub>p</sub> " = V / FHP x N x f <sub>vp</sub> x f <sub>p</sub>										576
<b>5- DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO</b>										
Volume Equivalente de Veículos de Passeio por Hora e por Faixa (Carros / Hora / Faixa) - "v <sub>p</sub> "										576
Velocidade Média Operacional dos Veículos de Passeio (km / h) - "S"										86,15
Densidade do Fluxo de Tráfego (Carros / km / Faixa) - "D" = v <sub>p</sub> / v <sub>mp</sub>										6,70
<b>6 -Níveis de Serviço para Pista Dupla (Tabela 77 - MET)</b>										
"FFS" (km/h)	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"	Nível de Serviço	Densidade "D"
100	A	≤ 7	B	≤ 11	C	≤ 16	D	≤ 22	E	≤ 25
80										≤ 26
90										≤ 27
70										≤ 28
<b>Nível de Serviço: "A"</b>										

#### 7.7.4 NECESSIDADE DE INTERSEÇÃO EM NÍVEIS DIFERENTES

Para a verificação da necessidade de interseção em níveis diferentes foi empregada a metodologia proposta pelas normas suecas para o projeto geométrico de rodovias recomendada pelo Manual de Projeto de Interseções - Publicação IPR-718 do DNIT/2005, apresentada no Apêndice D - Etapa D, com a utilização do gráfico constante da página 516 (apresentado em anexo).

Comparando-se o volume do fluxo máximo de tráfego real que gira “à esquerda” com o limite máximo de 160 UCP/hora estabelecido pela Metodologia ou no caso em que esse volume supera a indicação do gráfico em função dos fluxos diretos da via principal e do fluxo da via secundária que os interceptam, é justificada a implantação de interseção em níveis diferentes.

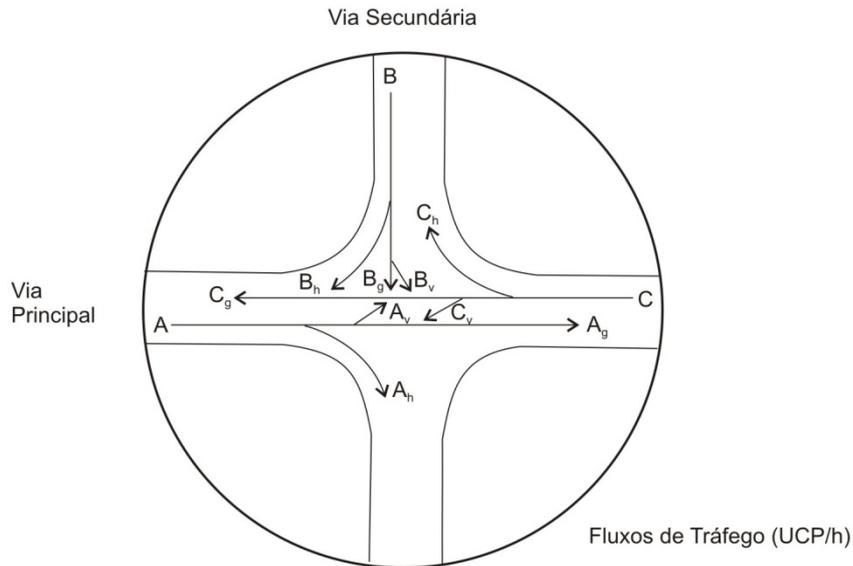
Foi estudada a necessidade de solução em níveis diferentes somente para a interseção de acesso ao aterro sanitário (km 304,4), uma vez que os movimentos necessários para o estudo não existem na interseção para o bairro General Carneiro e a solução no acesso ao Anel Viário já se encontra em níveis diferentes.

Os resultados obtidos indicaram a necessidade de solução em níveis diferentes para a interseção com acesso para o aterro sanitário, km 304,4, conforme apresenta Quadro nº 109, a seguir:

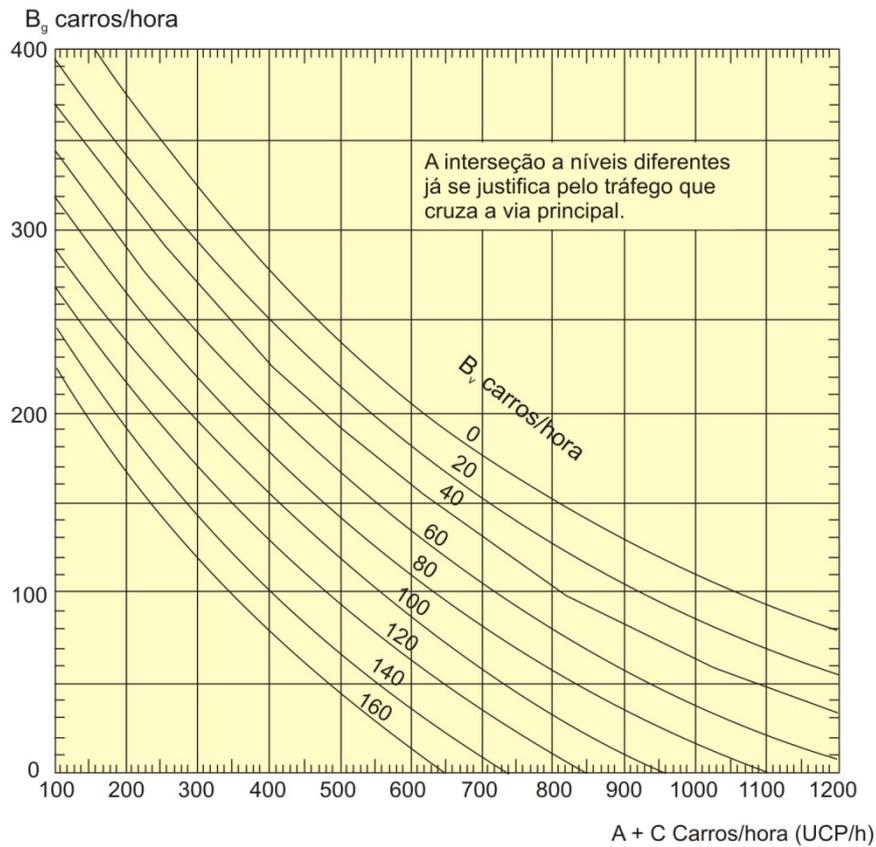
ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES											
QUADRO Nº 109 - VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE INTERSEÇÃO A NÍVEIS DIFERENTES											
INTERSEÇÃO	ANO	Fluxos Horários Máximos Intervenientes (UCP/h)							Giro a Esquerda		NÍVEIS DIFERENTES ?
		A	C	Ah	Ch	(A+C) - (Ah+Ch)	Bg	REAL	GRÁFICO		
ENTRº MGC-262 C/ ACESSO P/ ATERRO SANITÁRIO	2013	888	1.189	16	0	2.061	0	338	< 160	Sim	
	2022	1.159	1.551	21	0	2.689	0	441	< 160	Sim	

# GRÁFICO 241.11

## VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE INTERSEÇÕES A NÍVEIS DIFERENTES



- "A" e "C" = Fluxos de Tráfego da Via Principal;
- "B" = Fluxos de Tráfego da Via Secundária;
- "A<sub>g</sub>", "B<sub>g</sub>" e "C<sub>g</sub>" = Fluxos de Tráfego Diretos;
- "A<sub>h</sub>", "B<sub>h</sub>" e "C<sub>h</sub>" = Fluxos de Giro à Direita;
- "A<sub>v</sub>", "B<sub>v</sub>" e "C<sub>v</sub>" = Fluxos de Giro à Esquerda;
- "A<sub>h</sub>", "A<sub>v</sub>" e "C<sub>h</sub>" = Fluxos de Tráfego Divergentes; e,
- "B<sub>v</sub>" = Fluxo de Tráfego da Via Convergente.



## 7.7.5 ESTUDO DE INTERSEÇÕES

As interseções estudadas para o trecho em projeto são as seguintes:

- interseção de acesso ao aterro sanitário (km 304,4);
- interseção de acesso ao bairro General Carneiro (km 304,6);

De acordo com os estudos de tráfego procedidos, analisando-se a intensidade e constituição dos fluxos de demanda atual e futura envolvidos nessas interseções, verificou-se a necessidade de adoção de soluções geométricas de maior porte.

A interseção com o acesso para o aterro sanitário apresenta sérios problemas operacionais e de segurança, necessitando de solução em níveis diferentes de forma conjunta com a interseção para o bairro General Carneiro. Nessa reformulação deverá ser estudada solução em PI para o acesso ao bairro.

De qualquer forma, evidencia-se a necessidade de estudo conjunto dos aspectos concernentes à topografia, relevo, meio ambiente e custos decorrentes de desapropriações e das obras de terraplenagem e pavimentação correspondentes, para a definição da solução técnica e economicamente mais viável para esse caso.

## 7.8. ESTUDOS DE ACIDENTES

### 7.8.1 INTRODUÇÃO

Os estudos de acidentes foram desenvolvidos de acordo com o Termo de Referência do Edital nº 057/2010 e as recomendações do Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliação Econômica de Segmentos Críticos do DNIT (Portaria nº 1.303 de 21/10/2005).

Esses estudos foram desenvolvidos visando o diagnóstico do trecho, envolvendo a definição dos problemas existentes com relação à segurança de operação e objetivando propor soluções que venham possibilitar a correção das deficiências encontradas e indicar melhorias da sinalização, tomando como referência o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT, edição do ano de 1999.

### 7.8.2 ESCOPO DO TRABALHO

Nos estudos de acidentes foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- coleta de dados;
- cálculo dos índices de acidentes;
- determinação das seções críticas;
- conclusão.

O estudo de acidentes foi elaborado a partir dos dados de acidentes do ano de 2009 fornecidos pela Diretoria de Operação do DER/MG, utilizando-se, também, os resultados e conclusões dos estudos de tráfego, capacidade e níveis de serviço.

Foram buscadas informações sobre os locais com maior número de acidentes, aqueles com maior severidade e outros dados importantes para aprimorar o conhecimento da real situação de segurança do trecho e de suas necessidades em termos de projeto. O objetivo maior da vistoria realizada foi o de identificar os principais pontos críticos da rodovia e a causa mais provável da ocorrência dos acidentes registrados. Com base nestas informações, o projeto teve

condições de desenvolver soluções para minimizar o registro de acidentes causados por problemas eminentemente associados à situação física da rodovia ou aliados ao comportamento típico dos motoristas.

### 7.8.3 COLETA DE DADOS

Foram compilados, analisados e tratados os dados de acidentes de trânsito referentes ao ano de 2009, agregados e manipulados pela Polícia Rodoviária Estadual, consubstanciados na relação dos acidentes por quilômetro de ocorrência.

A severidade dos acidentes foi assim considerada:

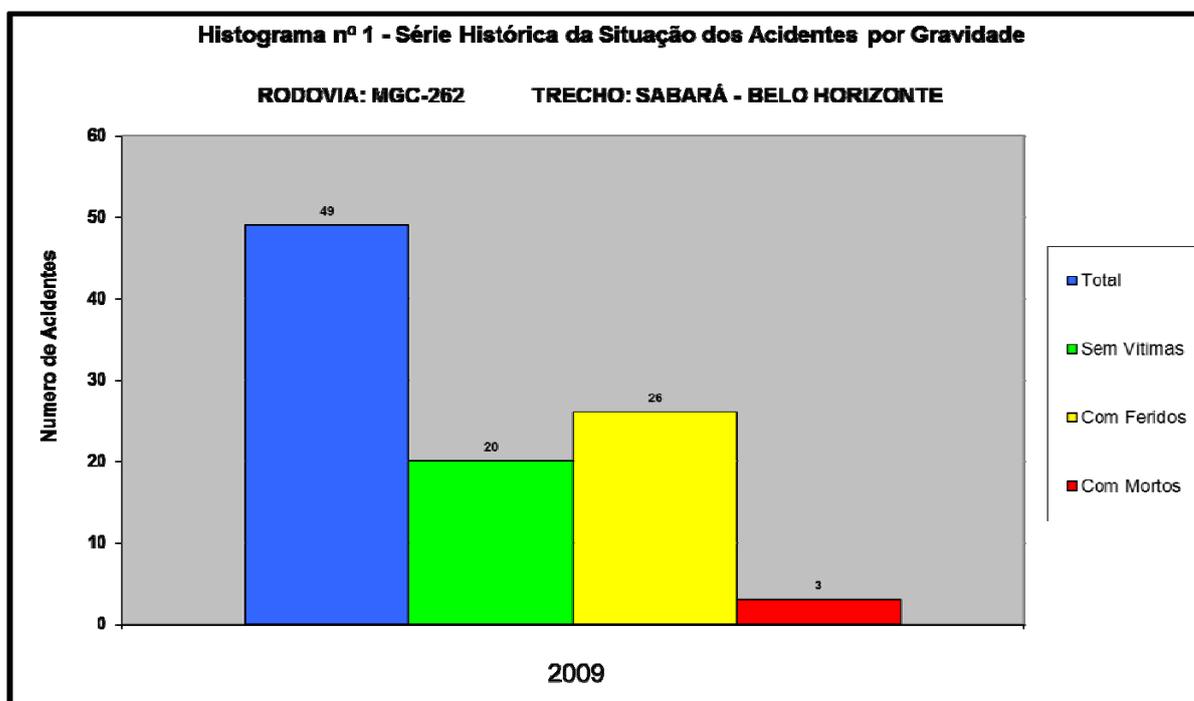
SV = sem vítima

CF = com ferido

CM = com mortos

T = total de registros

A seguir são apresentados quadros e histograma ilustrativos referentes ao ano de 2009.



- Quadro nº 110 - Relação dos Acidentes;
- Quadro nº 111 - Classificação dos Acidentes;
- Quadro nº 112 - Distribuição dos Acidentes.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 110 - RELAÇÃO DE ACIDENTES - ANO DE 2009**

**RODOVIA: MGC-262      TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

<b>OCORR. (km)</b>	<b>TIPO</b>	<b>GRAV.</b>	<b>VMDAT</b>	<b>CM</b>	<b>IM</b>	<b>CF</b>	<b>IV</b>	<b>T</b>	<b>IA</b>
304,400	1	SV	18.119						
304,400	5	SV	18.119						
304,400	1	CF	18.119			1	0,151		
304,400	7	CF	18.119			1	0,151		
304,400	1	SV	18.119						
304,400	5	CF	18.119			1	0,151	6	0,907
305,400	4	SV	18.119						
305,400	1	SV	18.119					2	0,302
306,400	1	SV	18.119						
306,400	8	CF	18.119			1	0,151		
306,400	5	SV	18.119						
306,400	4	CF	18.119			1	0,151		
306,400	7	CF	18.119			1	0,151		
306,400	7	CF	18.119			1	0,151		
306,400	1	CF	18.119			1	0,151		
306,400	5	CF	18.119			1	0,151		
306,400	1	CF	18.119			1	0,151		
306,400	4	SV	18.119						
306,400	1	CF	18.119			1	0,151		
306,400	3	SV	18.119						
306,400	1	SV	18.119					13	1,966
307,400	5	CM	18.119	1	0,151				
307,400	7	CF	18.119			1	0,151		
307,400	4	SV	18.119						
307,400	5	SV	18.119						
307,400	2	CF	18.119			1	0,151		
307,400	7	CF	18.119			1	0,151		
307,400	1	CM	18.119	1	0,151				
307,400	7	CF	18.119			1	0,151		
307,400	7	CF	18.119			1	0,151		
307,400	2	CF	18.119			1	0,151	10	1,512
308,400	5	CF	18.119			1	0,151		
308,400	1	SV	18.119						
308,400	7	CF	18.119			1	0,151		
308,400	5	CF	18.119			1	0,151		
308,400	5	CF	18.119			1	0,151		
308,400	5	CM	18.119	1	0,151			6	0,907
309,400	1	SV	18.119						
307,400	1	CF	18.119			1	0,151		
307,400	2	CF	18.119			1	0,151		
307,400	4	CF	18.119			1	0,151		
308,400	5	SV	18.119						
308,400	1	SV	18.119						
308,400	5	CF	18.119			1	0,151		
308,400	1	SV	18.119						
308,400	1	SV	18.119						
309,400	1	SV	18.119						
309,400	3	CF	18.119			1	0,151	12	1,814
310,400	5	CF	18.119			1	0,151		
310,400	1	CF	18.119			1	0,151		
310,400	5	SF	18.119						
310,400	5	CF	18.119			1	0,151		
310,400	1	CF	18.119			1	0,151		
310,400	1	SF	18.119						
310,400	1	CF	18.119			1	0,151		
310,400	1	SF	18.119						
310,400	5	SF	18.119						
310,400	1	CF	18.119			1	0,151	10	1,512
<b>TOTAL</b>								<b>59</b>	<b>*****</b>

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 112 - DISTRIBUIÇÃO GERAL DOS ACIDENTES POR GRAVIDADE - ANO DE 2009**

**RODOVIA: MGC-262      TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE**

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

CÓDIGO	TIPO	COM VÍTIMAS FATAIS "CM"		COM VÍTIMAS NÃO FATAIS "CF"		SEM VÍTIMAS "SV"		TOTAL
	DE ACIDENTES	LOCAIS DE OCORRÊNCIA (km)	CM	LOCAIS DE OCORRÊNCIA (km)	CF	LOCAIS DE OCORRÊNCIA (km)	SV	
1	ABALROAMENTO	-307,40	1	-304,40-306,40-306,40-307,40-310,40	9	-304,40-304,40-305,40-306,40-306,40-308,40-309,40-308,40-308,40-308,40-308,40-309,40	14	24
2	ATROPELAMENTO DE PEDESTRE			-307,40-307,40-307,40	3			3
3	COLISÃO COM ANIMAL			-309,40	1	-306,40	1	2
4	CHOQUE MECÂNICO			-306,40-307,40	2	-305,40-306,40-307,40	3	5
5	COLISÃO COM VEÍCULO	-307,40-308,40	2	-304,40-306,40-308,40-308,40-308,40-308,40-310,40	8	-304,40-306,40-307,40-308,40	6	16
6	QUEDA EM ABISMO							
7	TOMBAMENTO			-304,40-306,40-306,40-307,40-307,40-307,40-307,40-307,40-308,40	8			8
8	OUTROS			-306,40	1			1
9	NÃO INFORMADO							
<b>TOTAL DE ACIDENTES</b>			<b>3</b>		<b>32</b>		<b>24</b>	<b>59</b>

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES****QUADRO Nº 111 - CLASSIFICAÇÃO DOS ACIDENTES POR GRAVIDADE- ANO DE 2009****RODOVIA: MGC-262      TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE****SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

CÓDIGO	TIPOS DE	COM VÍTIMAS FATAIS "CM"		COM VÍTIMAS NÃO FATAIS "CF"		SEM VÍTIMAS "SV"		TOTAL
	ACIDENTES	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
1	ABALROAMENTO	1	33,33	9	28,13	14	58,33	24
2	ATROPELAMENTO DE PEDESTRE			3	9,38			3
3	COLISÃO COM ANIMAL			1	3,13	1	4,17	2
4	CHOQUE MECÂNICO			2	6,25	3	12,5	5
5	COLISÃO COM VEÍCULO	2	66,67	8	25	6	25	16
6	QUEDA EM ABISMO							
7	TOMBAMENTO			8	25			8
8	OUTROS			1	3,13			1
9	NÃO INFORMADO							
<b>TOTAL DE ACIDENTES</b>		<b>3</b>	<b>100,00</b>	<b>32</b>	<b>100,00</b>	<b>24</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>

#### 7.8.4 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE ACIDENTES

O cálculo dos índices de acidentes foi procedido a partir da determinação dos seguintes parâmetros:

##### a) *Movimento de Tráfego - M*

O movimento de tráfego - M é o resultado do número de viagens realizadas no segmento de extensão "E<sub>i</sub>", durante o período de 1 (um) ano, a saber:

$$M = 365 \times \text{VMDAT}_i \times E_i$$

onde:

- M = movimento anual de tráfego;
- VMDAT<sub>i</sub> = volume médio diário anual de tráfego do ano "i";
- E<sub>i</sub> = extensão do segmento de determinada categoria "i" (em km).

##### b) *Levantamento do Número de Acidentes - N<sub>i</sub>*

O número de acidentes - N<sub>i</sub> é a quantidade de acidentes ocorridos em um determinado segmento "i", num determinado ano de registro e estudo, sendo que, no presente caso, foram estudados os acidentes ocorridos no ano de 2009.

##### c) *Cálculo do Índice Anual de Acidentes - IAI*

O índice anual de acidentes - IAI é a relação existente entre o número de acidentes ocorridos em 1 ano e o movimento de veículos observado em um determinado segmento, representando a probabilidade de ocorrência de um evento a cada milhão de quilômetros percorridos, a saber:

$$IAI = \frac{N_i \times 10^6}{E_i \times \text{VMDAT}_i \times 365}$$

onde:

- IAI = índice anual de acidentes do segmento "i";
- N<sub>i</sub> = número de acidentes ocorridos no segmento "i";
- E<sub>i</sub> = extensão do segmento "i" em km;
- VMDAT<sub>i</sub> = volume médio diário anual de tráfego do segmento "i".

##### d) *Índice Médio de Acidentes - IMI*

O índice médio de acidentes - IMI é estabelecido para cada um dos segmentos de cada categoria homogênea, a saber:

$$Im_i = \frac{N_i \times 10^6}{E_i \times \text{VMDAT}_i \times 365}$$

i = 0

onde:

- $I_{mi}$  = índice médio de acidentes de uma determinada categoria homogênea;
- $N_i$  = número de acidentes ocorridos em determinado ano na categoria homogênea "i";
- $VMDAT_i$  = volume médio diário anual de tráfego do segmento "i", no ano de estudo;
- $E_i$  = extensão do segmento em estudo em (km).

O índice médio de acidentes - IMI é usado como base para o cálculo do índice crítico de acidentes - ICI para os segmentos homogêneos de cada categoria.

#### e) *Índice Crítico de Acidentes - ICI*

O índice crítico de acidentes - ICI é o parâmetro referente a uma determinada amostra de segmento de uma classe homogênea, acima do qual os acidentes observados num trecho desta amostra, no período de 1 ano (365 dias), seriam provavelmente decorrentes de outros fatores, além daqueles associados meramente ao acaso, a saber:

$$I_{Ci} = I_{Mi} + k \sqrt{\frac{I_{AMi}}{m} - \frac{1}{2m}}$$

onde:

- $I_{ci}$  = índice crítico de acidentes;
- $I_{mi}$  = índice médio de acidentes de uma determinada categoria homogênea;
- $M$  = movimento de tráfego (em milhões de veículos/km do segmento durante o período de 365 dias).

### 7.8.5 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS (DETERMINAÇÃO DAS SEÇÕES CRÍTICAS)

A identificação dos pontos críticos é procedida através da determinação das denominadas seções críticas, assim definidas pelos segmentos onde ocorreram 3 ou mais acidentes em 1 ano de análise e onde o índice anual de acidentes superou o índice crítico esperado.

A partir dos dados de acidentes e dos índices de acidentes anuais médios e críticos foram selecionados os segmentos unitários (com extensão de 1,00 km) onde o número de acidentes no ano em estudo foi superior a 3 registros e que apresentaram índice anual de acidentes - IA superior ao índice crítico - IC, calculado com um nível de confiança de 95% ( $k = 1,645$ ).

Estes segmentos constituem as denominadas seções críticas de acidentes, conforme apresentado no Quadro nº 113 - Seções Críticas para o ano de 2009, a seguir.

**ENECON - ENGENHEIROS E ECONOMISTAS CONSULTORES**

**QUADRO Nº 113 DETERMINAÇÃO DAS SEÇÕES CRÍTICAS**

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: SABARÁ - BELO HORIZONTE

**SEGMENTO: km 304,000 - km 310,400**

EXTENSÃO SEGMENTO: 6,400 km

**ANO: 2009**

**NÚMERO TOTAL DE ACIDENTES:**

**59**

**VMDAT = 18.119**

SEÇÕES		EXTENSÃO (km)	TOTAL DE ACIDENTES	COM MORTES	COM FERIDOS	SEM VÍTIMAS	ÍNDICE DE ACIDENTES $I_A$	ÍNDICE CRÍTICO $I_C$	SEÇÃO CRÍTICA ? $I_A \geq I_C$
km	km								
304,000	305,000	1,00	6		3	3	0,907	1,681	NÃO
306,000	307,000	1,00	13		8	5	1,966	1,681	SIM
307,000	308,000	1,00	10	2	6	2	1,512	1,681	NÃO
308,000	309,000	1,00	6	1	4	1	0,907	1,681	NÃO
309,000	310,000	1,00	12		5	7	1,814	1,681	SIM
310,000	310,400	0,40	10		6	4	3,780	1,681	SIM
*****			<b>57</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	*****	*****	*****

## 7.8.6 CONCLUSÃO

O estudo das seções críticas permitiu a identificação dos locais onde a situação de segurança viária é precária, havendo necessidade de implantação de melhoramentos físicos de maior porte (reforço de sinalização, implantação de vias marginais, duplicação de segmentos, reformulação de interseções, etc.).

Os índices de acidentes obtidos (geralmente variando entre 0,907 e 1,966) não estão muito acima dos valores esperados para essa classe de rodovia, onde a plataforma em sua maior extensão é em pista simples, presença de segmentos sinuosos com curvas de raios reduzidos, diversas aglomerações urbanas nas margens, grande número de acessos diretos à rodovia, volume expressivo de tráfego (acima de 16.000 veículos/dia), deficiências de sinalização e condições críticas do revestimento.

A situação de segurança dos segmentos é a seguinte (sentido: Sabará - Belo Horizonte):

- km 304,0 - km 305,0: 6 acidentes, 3 acidentes com feridos e 3 (três) apenas com danos materiais: trata-se do início do trecho, na travessia do bairro Nações Unidas, em segmento de multivia;
- km 305,0 - km 306,0: 2 (dois) acidentes, sem vítimas: trata-se de segmento de multivia;
- km 306,0 - km 307,0: 13 (treze) acidentes, sendo 8 acidentes com feridos e 5 acidentes com danos materiais: trata-se de trecho em pista dupla, com evidências de seção crítica devido à proximidade da interseção com acesso ao Anel Viário, com curva horizontal acentuada, deficiências de sinalização e degradação do pavimento;
- km 307,0 - km 308,0: 10 acidentes, sendo 2 acidentes com vítima fatal, 6 acidentes com feridos e 2 acidentes com danos materiais: trata-se de segmento de transição de pista dupla para pista simples e elevado grau de urbanização, longa rampa descendente com pavimento degradado e com grande número de acessos irregulares à rodovia. Existe registro de atropelamento no km 307,4, com vítima fatal e colisão de veículo, também com vítima fatal;
- km 308,0 - km 309,0: 6 acidentes, sendo 1 acidente com vítima fatal (km 308,4, colisão de veículos), 4 acidentes com feridos e 1 acidente com danos materiais: trata-se de segmento em situação semelhante à anteriormente descrita, com ondulações transversais e várias travessias de pedestres;
- km 309,0 - km 310,0: 12 acidentes, sendo 5 acidentes com feridos e 7 acidentes com danos materiais: trata-se de segmento em situação semelhante à anteriormente descrita, com evidências de seção crítica apresentando ondulações transversais, um redutor eletrônico de velocidade e travessias de pedestres (atropelamento registrado no km 309,4), moradores do bairro Alvorada; e,
- km 310,0 - km 310,4: 10 acidentes, sendo 6 acidentes com feridos e 4 acidentes com danos materiais: trata-se de segmento em situação semelhante à anteriormente descrita, com ondulações transversais e travessias de pedestres e moradores locais, na região dos motéis, na interseção com a av. José Cândido da Silveira.

No trecho em estudo ficou evidenciada a ocorrência de acidentes nas travessias de aglomerados urbanos exigindo tratamento adequado para aumento de segurança dos usuários, com implantação de vias marginais para evitar o excessivo número de acessos irregulares diretamente na pista, e implantação de dispositivos para proteção para os pedestres (travessias sinalizadas, passarelas, etc.).

Os acidentes do tipo “veículo só” (tombamento, com 8 registros) foram registrados ao longo do trecho, denotando o estado precário da rodovia com relação à pista de rolamento, acostamentos sem condição de uso e sinalização deficiente. As interseções existentes

apresentaram registros de acidentes no período analisado, denotando necessidade de melhoramentos para aumento de segurança.

Por fim, cabe salientar que os melhoramentos a serem agregados à rodovia, tais como a duplicação da pista, implantação de vias marginais, recuperação dos acostamentos, reformulação das interseções existentes e implantação de nova, moderna e completa sinalização vertical e horizontal para todo o trecho e para as interseções serão medidas que, certamente, aumentarão a segurança de operação do trânsito e reduzirão sensivelmente o número e a severidade dos acidentes que têm como causa a deficiência física e/ou geométrica da rodovia.

## 8. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

## 8. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

### 8.1 INTRODUÇÃO

Os serviços topográficos da 1ª fase consistiram no levantamento planialtimétrico cadastral da Rodovia: MGC-262, trecho: Belo Horizonte / Sabará), através da implantação de 02 poligonais, fechadas ao longo do segmento para projeto.

Os serviços de campo e escritório foram realizados de acordo as normas e especificações do DNIT, as exigências do cliente e a observância das boas técnicas.

Preliminarmente foi percorrido todo o trecho e identificados os pontos notáveis da rodovia, com a finalidade de posicionar os marcos para a implantação das poligonais de apoio.

Além dos marcos geodésicos implantados aos pares, no início, no meio e no final do trecho foram implantados marcos topográficos de concreto dentro da faixa de domínio da rodovia, a cada 500 metros, em média, de modo a formar uma rede de RNs e poligonais de apoio para os serviços de implantação do projeto.

Todos os marcos contêm no topo uma chapa metálica com inscrições de identificação do cliente (DER/MG), número do marco (Marco XXX) e da empresa responsável (ENECON). Todos estes vértices contêm as referências topográficas Norte, Este e Cota (Elevação ortométrica).

Foram implantados três pares de marcos de concreto com chapa metálica de alumínio, contendo gravação do nome e número do marco, em baixo relevo denominados como M701 e M702(Primeiro par) M707 e M708(Segundo par) e M711 e M712(terceiro par).

Estes marcos foram fixados em lugares adequados no campo levando-se em conta os aspectos de acessibilidade, segurança e intervisibilidade. Os marcos principais foram distribuídos aos pares, a cada 3 km, aproximadamente. Os demais vértices foram distribuídos ao longo do trecho em condições de intervisibilidade, em intervalos que variam de 150 a 660 metros, de modo a garantir suporte topográfico ideal para os levantamentos topográficos.

Os marcos principais foram submetidos a rastreamento de satélites por várias horas, de modo a garantir coleta de informações suficientes para garantia da precisão requerida para este tipo de trabalho.

O marco M708 foi ajustado a Rede Brasileira de Monitoração Contínua (RBMC, do IBGE), após 4 horas e 12 minutos de ocupação. Este marco foi ajustado à Estação de Viçosa (VICO), porque o IBGE não disponibilizou os dados de rastreamento da Estação de Belo Horizonte (MGBH), referentes ao dia 18/08/2011. Os demais marcos foram ajustados ao marco M708, neste mesmo dia.

Para estes serviços foram empregados equipamentos de precisão, de dupla frequência (L1/L2), do tipo GTR-G2, da TechGeo.

Os marcos secundários, que constituem a poligonal de apoio, foram ajustados aos marcos principais através de procedimentos topográficos de precisão.

As coordenadas horizontais (Norte e Este) foram ajustadas através de poligonais eletrônicas, com utilização de estações totais do tipo GTS 102, da Topcon, garantindo-se as precisões solicitadas pelo cliente.

A elevação do M708 (altitude ortométrica) foi determinada através do procedimento de ajuste vetorial, a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE. As cotas de nível dos demais marcos foram estabelecidas através de nivelamento geométrico, a partir do Marco M708, com utilização de equipamentos do tipo Geodetic 32X e miras de encaixe de 5 m e de 7 m, de alumínio.

Garantiu-se, desta forma, a existência de um vértice topográfico de precisão a cada 500 metros, em média, ao longo de todo o segmento implantado.

- O marco número M708, implantado na rotatória da BR-262, em frente ao posto da Polícia Rodoviária Estadual foi ajustado à Estação RBMC de Viçosa e passou a servir de referência para ajustamento dos demais marcos implantados no presente trabalho (M701 ao M712).
- Todos os serviços de rastreamento foram realizados em condições ideais, de modo a se obter precisão de 5 mm + 0,5ppm, sendo que a maioria está situada na faixa de 2 mm + 0,5 ppm (0,5 parte por milhão).

Foi confeccionada a monografia dos 06 marcos georreferenciados implantados no trecho, contendo sua denominação, foto ilustrativa do local, coordenadas UTM, altitude e descrição de sua localização.

1. Na operação de transformação de COORDENADAS UTM x TOPOGRÁFICAS foram empregados os parâmetros adotados pela NBR-13133, adotando-se as seguintes referências:
  - Coordenadas de origem = M701;
  - Rotação = - 0° 22' 21,00";
  - Altitude de Referência = 765,808.
2. As referências de nível que foram implantadas registram valores totalmente compatíveis com especificações do cliente e atendem a todas as exigências técnicas aplicáveis ao caso. Todos os serviços executados atendem aos requisitos de tolerância especificados, sendo que a maioria das variações de fechamento apresentam valores inferiores a 5 mm por km.

O levantamento planialtimétrico cadastral foi totalmente executado a partir das poligonais implantadas, abrangendo uma faixa de domínio que varia de 80 metros até 100 metros.

Foram executados os seguintes levantamentos:

- levantamento cadastral do corpo estradal existente em toda sua extensão numa faixa de 80 m no mínimo, incluindo cercas e outras divisões de áreas, edificações que margeiam a rodovia, caminhos e estradas, limites de plantações, pastagem, bosques, árvores frondosas, benfeitorias e linhas de energia;
- levantamento de seções transversais nos pontos singulares do terreno como depressões e lombadas, declividades fortes ou inflexões da declividade e nos locais de bueiros;
- levantamento de seção transversal ou pontos necessários à definição das cabeceiras dos pontilhões e pontes existentes;
- definição do alinhamento dos pontes existentes;
- levantamento de seções transversais ao longo de talvegues secundários, áreas de erosões e áreas de interseção;

- levantamento de bordas de caminhos rurais existentes que interceptam a rodovia.

Após o lançamento das poligonais, e o nivelamento geométrico das mesmas, os dados colhidos em campo, pela estação total, foram transportados para softwares específicos que permitiram executar o desenho do cadastro topográfico e calcular o eixo definitivo de projeto. O cadastro topográfico e a poligonal foram desenhados com a utilização dos softwares Topograph na versão 3.87 e AutoCad.

### RESULTADOS GEORREFERENCIADOS

#### Coordenadas UTM mc 45° w SAD-69 Altitudes Geométricas

Nome	Norte (m)	Este (m)	Altitude (m)	Observações
M701	7.801.960,46	614.736,79	834,377	MARCO DE CONCRETO
M702	7.801.791,37	615.374,61	825,536	MARCO DE CONCRETO
M703	7.802.009,22	615.760,75	798,075	MARCO DE CONCRETO
M704	7.802.084,18	615.883,15	788,63	MARCO DE CONCRETO
M705	7.802.665,23	615.855,11	756,808	MARCO DE CONCRETO
M706	7.802.373,28	616.655,70	735,209	MARCO DE CONCRETO
M707	7.802.101,09	617.339,00	720,094	MARCO DE CONCRETO
<b>M708</b>	<b>7.801.949,56</b>	<b>617.952,37</b>	<b>708,688</b>	<b>MARCO PRINCIPAL</b>
M709	7.801.787,79	618.492,19	713,332	MARCO DE CONCRETO
M710	7.801.760,86	619.202,21	711,759	MARCO DE CONCRETO
M711	7.801.857,60	619.603,34	697,45	MARCO DE CONCRETO
M712	7.801.964,56	619.917,23	696,474	MARCO DE CONCRETO

### RESULTADOS LOCAIS

#### Coordenadas TOPOGRÁFICAS LOCAIS – Marco base M701 para as coordenadas

Nome	Y (Norte)	X (Este)	Altitude (m)	Convergência
M701	7.801.960,46	614.736,79	834,377	0°00'00,00"
M702	7.801.791,31	615.374,84	825,536	-0°00'07,47"
M703	7.802.009,24	615.761,12	798,075	-0°00'11,96"
M704	7.802.084,22	615.883,56	788,63	-0°00'13,39"
M705	7.802.665,48	615.855,51	756,808	-0°00'13,02"
M706	7.802.373,43	616.656,38	735,209	-0°00'22,40"
M707	7.802.101,14	617.339,92	720,094	-0°00'30,40"
<b>M708</b>	<b>7.801.949,57</b>	<b>617.953,50</b>	<b>708,688</b>	<b>-0°00'37,59"</b>
M709	7.801.787,74	618.493,51	713,332	-0°00'43,91"
M710	7.801.760,80	619.203,78	711,759	-0°00'52,21"
M711	7.801.857,58	619.605,05	697,45	-0°00'56,89"
M712	7.801.964,58	619.919,04	696,474	-0°01'00,55"

Apresenta-se na seqüência o relatório de cada poligonal e a precisão obtida em cada uma delas:

Poligonal: **POLIGONAL 1 (BR-262 BH/SABARÁ)**

	ESTAÇÃO DE PARTIDA	REFERÊNCIA DE PARTIDA
Nome	M702	M701
Norte	7.801.791,31	7.801.960,46
Este	615.374,84	614.736,79
Cota	825,54	834,38
Azimute	284°50'51"	
Distância	660,0907 m	

	ESTAÇÃO DE CHEGADA	REFERÊNCIA DE PARTIDA
Nome	M707	M708
Norte	7.802.101,14	7.801.949,57
Este	617.339,92	617.953,50
Cota	720,09	708,69
Azimute	103°52'34"	
Distância	632,0307 m	

	OBSERVADOS	COMPENSADOS
Perímetro	2.757,3375 m	2.757,2560 m
Área		

	AZIMUTE	TOLERÂNCIAS	FORA
Angular	0°00'21"	0°00'25" (= 0°00'10"×N½)	
Relativo	1:20013	1:20000	
Linear	0,1378 m		
Eixo Norte	0,1329 m		
Eixo Este	0,0364 m		
Altimétrico	0,012 m	0,033 m (= 20mm×K½)	

Estação	AH	DH	Desnível	Azimute	Norte	Este	Cota
M701							
				104°50'51"			
M702	135°43'13"				7.801.791,31	615.374,84	825,536
		443,514	-27,436	60°34'07"			
M703	177°56'58"				7.802.009,24	615.761,12	798,100
		143,575	-9,450	58°31'02"			
M704	118°43'25"				7.802.084,22	615.883,56	788,650
		581,936	-31,848	357°14'16"			
M705	292°47'47"				7.802.665,48	615.855,51	756,802
		852,462	-21,613	110°02'08"			
M706	181°41'07"				7.802.373,43	616.656,38	735,189
		735,770	-15,095	111°43'12"			
M707	172°09'34"				7.802.101,14	617.339,92	720,094
				103°52'34"			
M708					7.801.949,57	617.953,50	708,688

Poligonal: **POLIGONAL 2 (BR-262 BH/SABARÁ)**

	ESTAÇÃO DE PARTIDA	REFERENCIA DE PARTIDA
Nome	M711	M712
Norte	7.801.857,58	7.801.964,58
Este	619.605,05	619.919,04
Cota	697,450	696,474
Azimute	71°10'57"	
Distância	331,7217 m	

	ESTAÇÃO DE CHEGADA	REFERENCIA DE PARTIDA
Nome	M708	M707
Norte	7.801.949,57	7.802.101,14
Este	617.953,50	617.339,92
Cota	708,688	720,094
Azimute	283°52'34"	
Distância	632,0307 m	

	OBSERVADOS	COMPENSADOS
Perímetro	1.687,2425 m	1.687,2868 m
Área		

	ÁZIMUTE	TOLERÂNCIAS	FORA
Angular	0°00'16"	0°00'20" (= 0°00'10"×N½)	
Relativo	1:34101	1:20000	
Linear	0,0495 m		
Eixo Norte	0,0164 m		
Eixo Este	0,0467 m		
Allimétrico	0,007 m	0,026 m (= 20mm×K½)	

Estação	AH	DH	Desnível	Azimute	Norte	Este	Cota
M712							
				251°10'57"			
M711	185°15'35"				7.801.857,58	619.605,05	697,450
		412,772	14,312	256°26'27"			
M710	195°43'55"				7.801.760,80	619.203,78	711,762
		710,779	1,571	272°10'18"			
M709	194°30'45"				7.801.787,74	618.493,51	713,333
		563,736	-4,645	286°40'55"			
M708	177°11'38"				7.801.949,57	617.953,50	708,688
				283°52'34"			
M707					7.802.101,14	617.339,92	720,094

Na sequência, apresentamos a planilha contendo a Monografia dos Marcos Georreferenciados:

<b>MONOGRAFIA DOS MARCOS</b>		
PROJETO: BR/262	DATA: Agosto 2011	
MUNICÍPIO: BH/SABARÁ	ESTADO: Minas Gerais	
<b>PONTO M701-M702</b>	<b>COORDENADAS</b>	
DATUM: SAD 69	MERIDIANO 45°	
UTM	N = 7.801.960,455 N = 7.801.791,367	E = 614.736,790 E = 615.374,613
ALTITUDE = 834,377 / 825,536		
<p><b>DESCRIÇÃO:</b> Marco de concreto de formato tronco piramidal 10 x 18 x 40 cm, contendo no topo uma chapa com as seguintes inscrições: DER/MG; Marco N°_M701 e M702 (ENECON).</p>	<p><b>LOCALIZAÇÃO:</b> M701 - Localizado na rotatória de interseção com a Rodovia MG-5, no final da Avenida José Cândido da Silveira.</p> <p>M702 – Localizado no canteiro urbano, próximo da borda direita da Rodovia BR262, a aproximadamente 660 m do M701.</p>	
<p>FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO M701</p>  <p>FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO INTERVISÍVEL M702</p> 	<p>IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO PANORÂMICA</p> 	

<b>MONOGRAFIA DOS MARCOS</b>		
PROJETO: BR-262		DATA: Agosto 2011
MUNICÍPIO: BH/SABARÁ		ESTADO: Minas Gerais
<b>PONTO M707-M708</b>		<b>COORDENADAS</b>
DATUM: SAD 69		MERIDIANO – 45°
UTM	N = 7.802.101,087 N = 7.801.949,562	E = 617.338,996 E = 617.952,367
ALTITUDE = 720,094 / 708,688		
<p><b>DESCRIÇÃO:</b> Marco de concreto de formato tronco piramidal 10 x 18 x 40 cm, contendo no topo Uma chapa com as seguintes inscrições: DER/MG; Marco N°_M707 e M708 (ENECON).</p>		<p><b>LOCALIZAÇÃO:</b> M708 - Localizado na rotatória, em frente ao posto da polícia rodoviária.</p> <p>M707 – Localizado próximo da borda direita da Rodovia BR-262, a aproximadamente 630 m do M708.</p>
FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO M708		<p>IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO PANORÂMICA</p> 
		
FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO INTERVISÍVEL M707		
		

<b>MONOGRAFIA DOS MARCOS</b>			
PROJETO: BR-262		DATA: Agosto 2011	
MUNICÍPIO: BH/SABARÁ		ESTADO: Minas Gerais	
<b>PONTO M711-M712</b>		<b>COORDENADAS</b>	
DATUM: SAD 69		MERIDIANO – 45°	
UTM	N = 7.801.857,603	E = 619.603,341	
	N = 7.801.964,564	E = 619.917,225	
ALTITUDE = 697,450 / 696,474			
<p><b>DESCRIÇÃO:</b> Marco de concreto de formato tronco piramidal 10 x 18 x 40 cm, contendo no topo uma chapa com as seguintes inscrições: DER/MG; Marco N°_M711 e M712 (ENECON).</p>		<p><b>LOCALIZAÇÃO:</b> M701 - Localizado no canteiro da rotatória de acesso ao Lixão de Sabará, no lado esquerdo da Rodovia BR-262, imediatamente após a travessia do Rio das Velhas.</p> <p>M712 – Localizado próximo da borda direita da Rodovia BR262, a aproximadamente 340 m do M711.</p>	
<p>FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO M711</p> 		<p>IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO PANORÂMICA</p> 	
<p>FOTO DE IDENTIFICAÇÃO: MARCO INTERVISÍVEL M712</p> 			

## 8.2 SEGUNDA FASE

### - *Locação do Eixo de Projeto*

A partir dos pontos de apoio implantados na primeira fase, deu-se início à locação do eixo de projeto, que foi materializado de 20 em 20 m mais os pontos notáveis das curvas horizontais.

Todos os marcos que integram as poligonais foram nivelados e contranivelados geometricamente e servirão como apoio ao nivelamento do eixo da locação ou seja Referências de Nível (RN), estando implantados com distâncias menores que 500 m.

### - *Nivelamento e Contranivelamento Geométrico*

Todas as estacas do eixo de projeto, além da malha de RNs, foram nivelados e contranivelados geometricamente, dentro das tolerâncias exigidas pelo DER/MG, e estão apresentados no Volume 2 – Projeto Executivo, nas plantas do Projeto Geométrico.

### - *Marcação de Off sets*

Foram marcados os off sets em todas as estacas do eixo de projeto.

## 9. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

## 9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

### 9.1 INTRODUÇÃO

Os estudos geotécnicos foram realizados com base nos Termos de Referência para Elaboração de Projeto Final de Engenharia Rodoviária para Restauração e Aumento de Capacidade, contidos no Edital TP N° 057/2010.

Os estudos geotécnicos visam fornecer subsídios aos projetos de terraplenagem, pavimentação e drenagem da rodovia MGC-262, trecho Belo Horizonte - Sabará, e constaram basicamente de:

- sondagem das camadas do pavimento existente;
- sondagem e estudos do subleito para pavimentos novos;
- estudos de materiais para pavimentação;
- determinação das deflexões do pavimento existente;
- inventário do estado de superfície do pavimento existente;
- sondagens com penetrômetro nos terrenos de fundação de obras-de-arte correntes;
- sondagens a percussão nos terrenos de fundação de obras-de-arte correntes;
- sondagens mistas nos terrenos de fundação de obras-de-arte especiais.

Os intervalos das pistas a serem restaurados e/ou duplicados são:

- pista multivia da MGC-262 (estaca 268+0,00 a 307+3,65): restauração e alargamento para duplicação;

Os ramos localizados entre as estacas 268 e 307+3,21 pertencem às interseções projetadas e ou restauradas.

### 9.2 ESTUDOS DO PAVIMENTO EXISTENTE

#### 9.2.1 SONDAGEM DAS CAMADAS DO PAVIMENTO EXISTENTE

As sondagens do pavimento existente contemplaram furos de sondagem com espaçamento máximo de 500 m, nas seguintes vias do trecho:

- *Pista da MGC-262 e Pistas de Acesso ao Anel*

VIA	ENTRE ESTACAS
Pista Multivia	268 a 307+3,65
Pista direita de acesso ao anel	0 a 29+9,521
Pista esquerda de- acesso ao anel	0 a 18+10,015

- *Ramos (Ruas Laterais) Entre Estaca 0 e 115+3,45*

SEGMENTOS DE RAMOS PAVIMENTADOS	
VIA	ENTRE ESTACAS
Ramo 17	0 a 20+10,00
Ramo 19	0 a 7+10,00

Foram executados furos de sondagens nas ruas laterais pavimentadas que terão seus traçados aproveitados como ramos projetados.

Para a caracterização dos materiais constituintes do pavimento e do solo de fundação desses segmentos, foram executados poços de sondagens a pá e picareta nos bordos da pista de rolamento, com profundidade média de 0,60 m abaixo da cota do subleito, onde foram realizados:

- medidas das espessuras das camadas e descrição expedita dos materiais constituintes, compondo o boletim de sondagem;
- ensaios *in situ*, determinando-se as densidades (pelo método do frasco de areia) e as umidades das camadas de base, sub-base e subleito;
- coleta de amostras das camadas de solos da base, sub-base e subleito, que foram embaladas, etiquetadas e enviadas ao laboratório da ENECON.

As amostras de solos coletas foram objeto, em laboratório, dos seguintes ensaios:

- granulometria por peneiramento, dos materiais da base e sub-base;
- granulometria por sedimentação, dos materiais do subleito;
- limites físicos (LL e LP);
- compactação nas seguintes energias – base: Proctor modificado, sub-base: Proctor intermediário e subleito: Proctor normal;
- ISC com três pontos.

#### 9.2.1.1 RESULTADOS OBTIDOS

##### a) Sondagem do Pavimento

##### a.1) Pista da MGC-262 e Pistas de Acesso Ao Anel

VIA	ENTRE ESTACAS	CAMADA					
		CBUQ		BASE		SUB-BASE	
		ESPESSURA		ESPESSURA		ESPESSURA	
		MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Pista multivia	178+1,70 a 307+3,65	9	15	15	27	14	27

(\*) No furo PE-20, da estaca 90+7,00, não foi detectada a camada de sub-base, mas a camada de base apresentou elevada espessura.

##### a.2) Ramos (Ruas Laterais) Entre Estacas 0 e 115+3,45

VIA	ENTRE ESTACAS	CAMADA					
		CBUQ		POLIÉDRICO		BASE	
		ESPESSURA		ESPESSURA		ESPESSURA	
		MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Ramo 17	0 a 20+10,00	8	10	-	-	14	43
Ramo 19	0 a 7+10,00	9	9	-	-	31	31

O furo PE-15 da estaca 70+6,00, executado na pista esquerda projetada, não foi considerado como furo de pavimento, pois o mesmo esta num local que não é ramo, o segmento existente pavimentado apenas corta a pista esquerda. Este furo será considerado nos estudos de pavimentos novos, apresentados neste Capítulo.

b) *Ensaio In Situ*

Foram determinadas as densidades *in situ* por intermédio do frasco de areia das camadas do pavimento e do subleito. No quadro a seguir é apresentado, somente para a pista da MGC-262 e vias de acesso ao anel, o grau de compactação de cada camada e do subleito.

*Pista Multivia da MGC-262 – Entre Estacas 178+1,70 a 307+3,65*

ESTACA	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		
	BASE	SUB-BASE	SUBLEITO
269	95,1	93,1	94,9
GRAU > 100%	0,0	0,0	0,0
GRAU < 100%	100,0	100,0	100,0

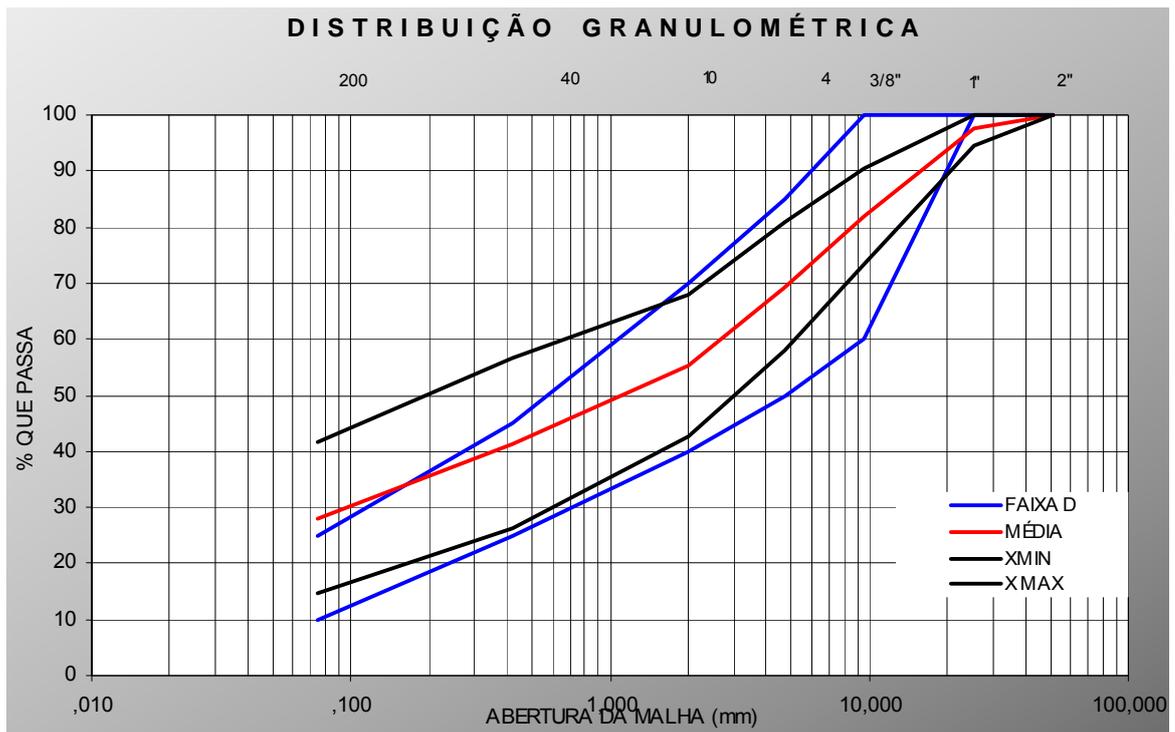
c) *Ensaio das Camadas do Pavimento e do Subleito*

c.1) *Camada de Base*

*- Pista Multivia da MGC-262 – Entre Estacas 268+0,0 e 307+3,65*

O resumo estatístico dos ensaios realizados nos materiais coletados da camada de base mostra que esses materiais não apresentam características de material de base (quanto à granulometria, ISC, expansão, limite de liquidez e índice de plasticidade, e índice de grupo), de acordo com a especificação DNIT 141/2010–ES (Base Estabilizada Granulometricamente).

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X	
				SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	97,7	2,7	98,9	96,5	100,0	94,6
	3/8"	81,9	7,6	85,4	78,5	90,6	73,3
	n° 4	69,4	10,1	74,0	64,8	80,9	58,0
	n° 10	55,3	11,2	60,4	50,2	68,0	42,6
	n° 40	41,4	13,4	47,5	35,2	56,6	26,1
	n° 200	28,1	11,8	33,5	22,7	41,5	14,7
LL		NL					
IP		NP					
IG		0	0,8	1	0	1	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA		8,4	2,3	9,4	7,3	11,0	5,7
D. MÁXIMA		2.403	241	2.512	2.293	2.676	2.129
EXPANSÃO		0,36	0,39	0,53	0,18	0,80	0,00
CBR		90,3	19,7	99,3	81,3	112,7	67,9

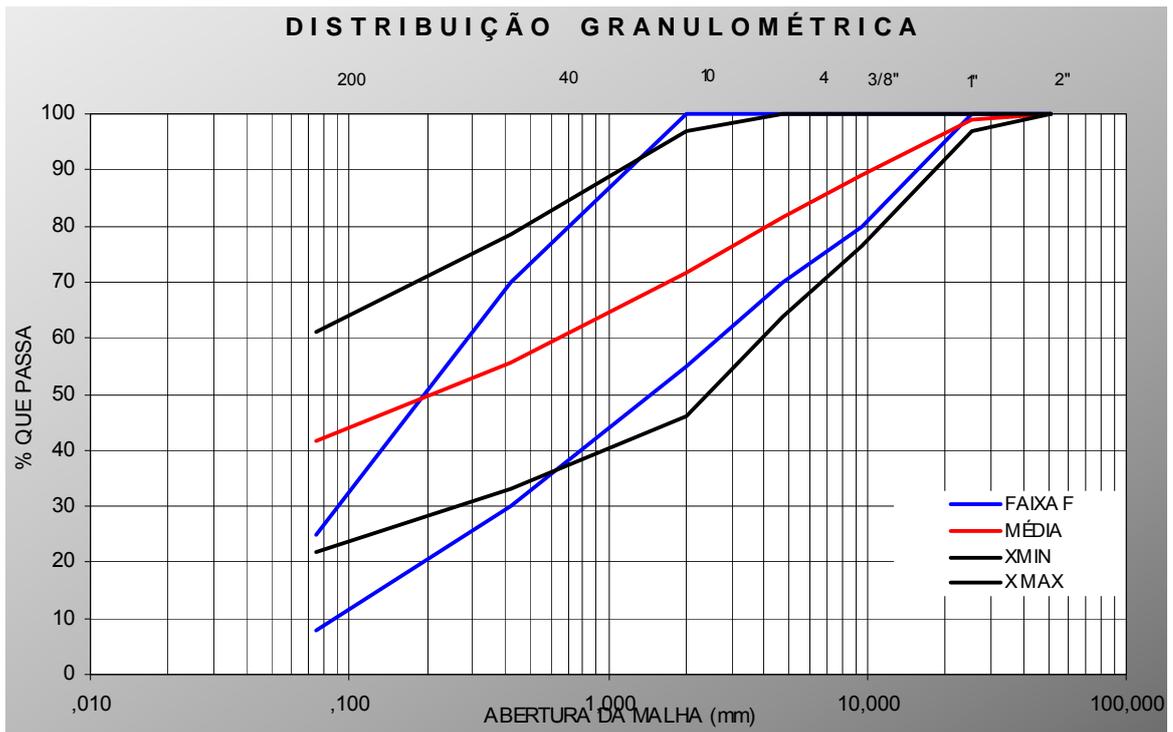


c.2) Camada de Sub-Base

- Pista Multivia da MGC-262 – Entre Estacas 268+0,0 e 307+3,65

O resumo estatístico dos ensaios realizados nos materiais coletados da camada de sub-base mostra que esses materiais não apresentam características de material de sub-base (quanto ao ISC, expansão e índice de grupo), de acordo com a especificação DNIT 139/2010-ES (Sub-base Estabilizada Granulometricamente).

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	99,1	1,8	100,0	98,2	100,0	96,9
	3/8"	89,1	10,8	94,4	83,8	100,0	76,5
	n° 4	81,5	15,3	89,0	74,1	100,0	63,7
	n° 10	71,7	21,9	82,4	61,1	96,9	46,2
	n° 40	55,7	19,4	65,1	46,2	78,3	33,0
	n° 200	41,5	16,9	49,7	33,3	61,2	21,8
LL	35,3	14,0	42,7	27,9	52,2	18,4	
IP	11,1	8,2	15,4	6,8	21,0	1,2	
IG	4	5,8	6	1	10	0	
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR INTERMEDIÁRIO							
H. ÓTIMA	10,1	2,5	11,3	8,9	13,0	7,2	
D. MÁXIMA	2.145	250	2.267	2.024	2.437	1.854	
EXPANSÃO	0,55	0,39	0,74	0,36	1,01	0,10	
CBR	36,6	16,8	44,7	28,4	56,2	17,0	



c.3) *Subleito*

O resumo dos ensaios realizados nos materiais coletados do subleito, da pista pavimentada, mostra a existência de resultados de ISC e expansão que não atendem como camada final de

- Pista Multivia da MGC-262 – Entre Estacas 268+0,0 e 307+3,65

FURO	ESTACA	LIMITE DE LIQUIDEZ	ÍNDICE DE PLASTICIDADE	PENEIRAMENTO Nº 200	DENSIDADE REAL	IG	CLASSIFICAÇÃO TRB	COMPACTAÇÃO			PENETRAÇÃO	
								Nº GOLPES	UMIDADE ÓTIMA	DENSIDADE MÁXIMA	EXP.	ISC

c.3.1) *Definição do ISC para Substituição do Subleito*

A rodovia MGC-262 foi construída na década de 60 e a energia de compactação para solos do subleito era a do Proctor normal (12 golpes por camada). Para as amostras coletadas do subleito, para este projeto de restauração, também foram compactadas nesta energia. Analisando os resultados dos ensaios, observa-se que algumas amostras apresentaram valores de expansão e ISC baixos, necessitando de promover a substituição destes solos por solo de melhor qualidade.

Como os solos do subleito para execução da 2ª pista, foram ensaiados através do estudo de energia, onde definiu-se que a melhor energia de compactação é a do Proctor Internormal (Conforme Item 9.3 - *Sondagem e Estudos do Subleito para Pavimentos Novos*, deste capítulo) e o ISC de projeto foi definido em 9%, ficou a necessidade de estabelecer um critério para definir o valor de ISC para substituições do subleito da pista existente. Sabe-se que, antes do DER/MG estabelecer o estudo de energia, quando os solos eram compactados na energia do Proctor Normal, os dimensionamentos de pavimentos novos eram calculados para solos com ISC com valores que variavam de 9 a 12%, por exemplo.

Tomando com critério dimensionamentos feitos anteriormente, quando se adotava a energia do proctor normal, o valor (do ISC) que permitiu definir os segmentos de substituição do subleito foi considerado  $ISC \geq 9\%$  (valor que permitiu reduzir a quantidade de substituições)

Os solos com  $ISC \leq 8\%$  e expansão  $> 2,00\%$  deveram ser substituídos por solos com  $ISC \geq 9\%$  e expansão  $\leq 2,00\%$  e compactados na energia do proctor internormal, conforme definido no Item 9.3 - *Sondagem e Estudos do Subleito para Pavimentos Novos*, deste capítulo. No quadro abaixo são listados os segmentos onde deverá ocorrer substituição do subleito na pista existente.

Observando os quadros acima, percebe-se que as substituições na pista existente da MGC-262 ocorrem, exclusivamente, em razão dos valores de expansão (2,00%).

### 9.2.2 MEDIDAS DAS DEFLEXÕES REVERSÍVEIS MÁXIMAS

A avaliação estrutural foi executada através de processo não-destrutivo, compreendendo o estudo da deformabilidade elástica ou da deflectometria apresentada pelo conjunto estratificado pavimento – solo de fundação, quando solicitado por carga equivalente à do eixo padrão. O estudo da deformabilidade foi feito auscultando-se o pavimento com deflectômetro, obtendo-se a deflexão reversível máxima.

Foram determinados os seguintes parâmetros relativos à deformabilidade elástica dos pavimentos avaliados:

- deflexões D0 e D25;
- raio de curvatura (R).

Os levantamentos foram realizados de acordo com o Método DNER-ME-24/94 – Determinações das Deflexões pela Viga Benkelman.

Para essas medidas foi empregada viga Benkelman com constante  $K = 2,05$ , aferida pelo método do engenheiro Salomão Pinto (Procedimento DNER-PRO 175/94).

As medidas de deflexão com a viga Benkelman foram feitas apenas na pista da MGC-262 e nas duas vias de acesso ao anel, nos seguintes locais:

- na pista, nos segmentos compreendidos entre estacas 268+0,00 a 307+3,65 (multivia), as medidas de deflexões foram feitas nas faixas mais solicitadas pelo tráfego (ou seja, nas faixas externas), de 20 em 20 m alternando lado direito e lado esquerdo;

### 9.2.3 INVENTÁRIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

As avaliações objetivas do estado da superfície do pavimento (inventário dos defeitos superficiais e geométricos existentes) foram realizadas nos mesmos locais onde foram realizadas as medidas de viga Benkelman, apenas na pista da MGC-262 e nas duas vias de acesso ao anel, segundo metodologia preconizada na norma DNIT-PRO 006/2003.

Neste inventário foram avaliados e quantificados todos os tipos de defeitos superficiais encontrados na superfície do pavimento.

Paralelamente a esse serviço foi feita as medidas das flechas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), utilizando a treliça de alumínio especificada na norma mencionada acima

Foram também efetuados levantamentos da condição da superfície do pavimento, de acordo com a norma DNIT-PRO 007/2003, compreendendo a medição das superfícies geométricas

(retângulos) envoltórios dos tipos de defeitos ocorrentes. Estes levantamentos foram executados nos mesmos locais do inventário.

As avaliações do pavimento foram feitas, abrangendo as seguintes áreas:

– segmento da estaca 268+0,00 a estaca 307+3,65 (Multivia):

- pista direita: largura da pista x 6 m de extensão;
- pista esquerda: largura da pista x 6 m de extensão.

#### 9.2.4 LEVANTAMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

As **condições de conforto** devem ser avaliadas através da medição da **irregularidade** associada à via. A norma estabelecida pelo DNIT define a irregularidade como sendo o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via, e adota, como escala padrão de irregularidade no Brasil, **quociente de irregularidade** - QI, expresso em contagens/km.

A medição da irregularidade ou do quociente de irregularidade é executada com um medidor tipo resposta, instalado em um veículo tipo passeio que, quando desloca-se sobre a via, fornece uma série de leituras que representam o somatório dos deslocamentos verticais retificados (isto é, em valores absolutos) do eixo traseiro do veículo em relação à carroçaria do mesmo. O *Roughness Computer* constitui-se no mais moderno sistema medidor de irregularidade do tipo resposta disponível no mercado. Sendo totalmente informatizado, pode executar, com grande precisão e repetibilidade, o levantamento da irregularidade longitudinal (quociente de irregularidade) de pavimentos rodoviários. Ao contrário dos equipamentos normalmente disponíveis no mercado, o *Roughness Computer* possui um sensor de irregularidade extremamente sensível, o que lhe confere a capacidade de executar medições (leituras) consistentes e com pequena influência da velocidade do veículo-teste. As leituras também independem da posição inicial do sensor de irregularidade, que é completamente simétrico.

O *Roughness Computer* possui ainda um odômetro digital com precisão mínima de 1 para 1000, que lhe permite registrar, além da distância percorrida, as velocidades média e instantânea do veículo teste, contribuindo para que o operador tenha maior controle sobre o levantamento. Há que se ressaltar que os velocímetros encontrados nos veículos de passeio apresentam erros de leitura da ordem de 10%.

#### LOGOTIPO E TELA DO EQUIPAMENTO *ROUGHNESS COMPUTER*



À medida em que o levantamento prossegue, informações como distância percorrida, número do lance, velocidade média, leitura e QI são automaticamente gravadas em um arquivo no disco rígido do *notebook* que controla todo o sistema, sem a interferência do operador.

#### - *Calibração do Equipamento*

Como todo e qualquer sistema medidor de irregularidade do tipo resposta, o *Roughness Computer* deve ser adequadamente calibrado antes que se execute o levantamento propriamente dito, como exige o procedimento DNER-PRO 182/87 (Medição da Irregularidade de Superfície de Rodovias com Medidores Tipo Resposta).

As metodologias de calibração do equipamento encontram-se descritas nos procedimentos DNER-PRO 173/86 (Método de Nível e Mira para Calibração de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta) e DNER-PRO 164/85 (Calibração e Controle de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta).

A norma estabelecida pelo DNER define a irregularidade como sendo o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via, e adota, como escala padrão de irregularidade no Brasil, quociente de irregularidade - QI, expresso em contagens/km, calculado a partir do nivelamento topográfico de um trecho, obtendo-se cotas com espaçamentos de 0,5 m em cada trilha de roda.

O medidor tipo resposta, instalado em um veículo tipo passeio, quando desloca-se sobre a via, fornece leituras correspondentes à irregularidade da mesma. Essas leituras representam o somatório dos deslocamentos verticais retificados (isto é, em valores absolutos) do eixo traseiro do veículo em relação à carroçaria do mesmo.

O procedimento de calibração nada mais é do que a determinação de uma equação matemática que relacione as leituras fornecidas pelo medidor com o Quociente de Irregularidade (a escala padrão adotada no Brasil) do trecho em estudo, para velocidades padronizadas de **30 km/h**, **50 km/h** e **80 km/h**. A equação de calibração pode assumir diversas formas, dentre as quais destacam-se:

- equação linear (reta):

$$QI = b_1 \times L + b_2$$

onde  $b_1$  e  $b_2$  são constantes e  $L$  é a leitura fornecida pelo equipamento.

- equação exponencial (exponencial):

$$QI = a \times e^{b \times L}$$

onde  $a$  e  $b$  são constantes e  $L$  é a leitura fornecida pelo equipamento.

- equação quadrática (parábola):

$$QI = b_0 + b_1 \times L + b_2$$

onde  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  são constantes e  $L$  é a leitura fornecida pelo equipamento.

Para se definirem, portanto, as equações de calibração, basta que sejam determinadas, para cada um dos casos, as constantes retromencionadas. O cálculo dessas constantes é efetuado por um método matemático conhecido por regressão linear, exponencial ou quadrática, dependendo da forma da equação a que se quer chegar.

A aplicação do método de regressão requer um conjunto de pares de valores: no caso, pares [Leitura, QI]. Quanto maior o conjunto a ser utilizado, melhor tende a ser o resultado da regressão. O procedimento DNER-PRO 164/85 exige que sejam utilizados no mínimo **20 trechos de referência**, cada um com 320 m de extensão. Exige-se ainda que os trechos sejam em tangente e em nível, localizados em rodovias de baixo volume de tráfego e que apresentem uma ampla faixa de níveis de irregularidade, representando desde pavimentos em **excelente condição de rolamento** até pavimentos em **avançado grau de deterioração**.

O quociente de irregularidade dos trechos de referência deve ser determinado **pelo método de nível e mira**, definido pelo procedimento DNER-PRO 173/86. Em linhas gerais, o procedimento exige que sejam efetuadas, obrigatoriamente, leituras a cada 50 cm, **nas trilhas de roda interna e externa**. Em seguida, calcula-se o quociente de irregularidade para as duas trilhas de roda. O quociente de irregularidade do trecho de referência é finalmente definido como sendo a média aritmética dos quocientes de irregularidade das trilhas de roda interna e externa.

Para a calibração do *Roughness Computer*, foram utilizados 30 trechos de referência, apresentados no quadro que se segue.

Utilizando-se o veículo-teste em condição operacional (na mesma configuração a ser utilizada durante o levantamento), cada trecho foi percorrido três vezes a velocidades de 30 km/h, 50 km/h e 80 km/h, como prevê a norma, anotando-se em quadros específicos as leituras (L1, L2, L3, L4 e L5) fornecidas pelo equipamento, apresentadas nos quadros que se seguem. A aplicação do método da regressão permitiu então a determinação das constantes e, portanto, das equações de calibração, apresentadas nos mesmos quadros.

A qualidade do resultado é medida através do coeficiente de determinação -  $r^2$ . A norma do DNIT exige que este coeficiente seja maior ou igual a 0,8. Para o *Roughness Computer*, considerando as três velocidades (30 km/h, 50 km/h e 80 km/h) e as três curvas analisadas (reta, exponencial e parábola), o coeficiente de determinação situou-se sempre acima de 0,85, melhor, portanto, do que a imposição da norma.

QUADRO I - TRECHOS DE REFERÊNCIA			
QUOCIENTE DE IRREGULARIDADE - NÍVEL E MIRA			
TRECHO	QUOCIENTE DE IRREGULARIDADE		
	TRI	TRE	MÉDIA
A1	88,9	190,1	139,5
A2	90,7	154,1	122,4
A3	77,9	147,7	112,8
A4	69,6	219,3	144,4
A5	77,6	196,6	137,1
B1	60,1	49,8	54,9
B2	55,4	58,0	56,7
B3	56,6	54,6	55,6
B4	56,2	50,1	53,1
B5	72,3	56,8	64,5
C1	63,6	63,8	63,7
C2	74,5	64,7	69,6
C3	58,2	58,0	58,1
C4	49,0	48,4	48,7
C5	53,8	51,9	52,8
D1	107,1	180,4	143,8
D2	127,5	248,2	187,9

QUADRO I - TRECHOS DE REFERÊNCIA  
QUOCIENTE DE IRREGULARIDADE - NÍVEL E MIRA

TRECHO	QUOCIENTE DE IRREGULARIDADE		
	TRI	TRE	MÉDIA
D3	109,9	159,3	134,6
D4	97,4	206,4	151,9
D5	89,3	255,6	172,4
E1	49,4	28,6	39,0
E2	42,0	31,7	36,9
E3	45,4	32,0	38,7
E4	45,8	29,6	37,7
E5	40,2	28,5	34,3
F1	42,9	27,7	35,3
F2	41,5	33,0	37,2
F3	40,7	29,9	35,3
F4	47,3	31,2	39,3
F5	38,2	28,5	33,3

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO								
ROUGHNESS COMPUTER								
VELOCIDADE	80 km/h							
TRECHO- TESTE	LEITURAS					LEITURA	V	QI
	L1	L2	L3	L4	L5	MÉDIA		
A1	1118	1113	1123	1132	1113	1119,8	19	139,5
A2	1172	1145	1152	1125	1213	1161,4	88	122,4
A3	1492	1468	1541	1587	1494	1516,4	119	112,8
A4	1216	1269	1255	1076	1362	1235,6	286	144,4
A5	1375	1431	1409	1389	1357	1392,2	74	137,1
B1	372	347	367	379	382	369,4	35	54,9
B2	401	426	391	355	408	396,2	71	56,7
B3	448	462	457	457	440	452,8	22	55,6
B4	472	470	467	462	474	469,0	12	53,1
B5	597	602	597	592	597	597,0	10	64,5
C1	536	536	541	567	514	538,8	53	63,7
C2	604	575	589	589	626	596,6	51	69,6
C3	497	514	492	504	462	493,8	52	58,1
C4	406	406	426	452	389	415,8	63	48,7
C5	401	374	430	423	450	415,6	76	52,8
D1	1191	1372	1201	1047	1172	1196,6	325	143,8
D2	1216	1218	1220	1220	1213	1217,4	7	187,9
D3	1507	1524	1487	1468	1497	1496,6	56	134,6
D4	1154	1150	1164	1176	1152	1159,2	26	151,9
D5	1206	1296	1196	1213	1093	1200,8	203	172,4
E1	220	230	210	218	198	215,2	32	39,0
E2	267	281	247	230	259	256,8	51	36,9
E3	235	249	245	240	232	240,2	17	38,7
E4	289	289	279	269	294	284,0	25	37,7
E5	247	232	242	262	240	244,6	30	34,3
F1	254	271	279	249	276	265,8	30	35,3
F2	291	249	271	320	276	281,4	71	37,2
F3	210	245	220	159	242	215,2	86	35,3
F4	242	247	247	237	252	245,0	15	39,3
F5	196	198	196	205	181	195,2	24	33,3
Número de Trechos de Calibração (n)			30		Observação: Os trechos de calibração onde V > LS não foram considerados no cálculo da regressão linear.			
Média dos Valores de V (Vm)			67,6					
Limite Superior (LS = 2,11 x Vm)			142,7					

Resultado da Regressão Linear	
Constante (b0)	15,1123
Coefficiente de x (b1)	0,0937
R <sup>2</sup>	0,8573

Equação de Calibração	
QI = b1 x L + b0	
L	Leitura do Integrador
QI	Valor do QI

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO								
ROUGHNESS COMPUTER								
VELOCIDADE	50 km/h							
TRECHO- TESTE	LEITURAS					LEITURA MÉDIA	V	QI
	L1	L2	L3	L4	L5			
A1	1245	1233	1240	1230	1262	1242,0	32	139,5
A2	1164	1152	1184	1164	1203	1173,4	51	122,4
A3	1543	1595	1534	1529	1490	1538,2	105	112,8
A4	1404	1382	1414	1443	1404	1409,4	61	144,4
A5	1431	1509	1441	1375	1421	1435,4	134	137,1
B1	404	355	384	404	421	393,6	66	54,9
B2	382	384	377	367	389	379,8	22	56,7
B3	435	435	440	428	448	437,2	20	55,6
B4	457	452	462	462	462	459,0	10	53,1
B5	565	567	565	567	558	564,4	9	64,5
C1	555	523	526	526	570	540,0	47	63,7
C2	553	548	558	567	553	555,8	19	69,6
C3	499	470	494	511	509	496,6	41	58,1
C4	401	401	421	399	430	410,4	31	48,7
C5	404	408	443	399	460	422,8	61	52,8
D1	1475	1433	1426	1529	1392	1451,0	137	143,8
D2	1323	1294	1338	1350	1345	1330,0	56	187,9
D3	1683	1678	1693	1727	1656	1687,4	71	134,6
D4	1460	1485	1436	1445	1414	1448,0	71	151,9
D5	1421	1445	1382	1235	1524	1401,4	289	172,4
E1	294	289	289	289	298	291,8	9	39,0
E2	325	340	325	323	313	325,2	27	36,9
E3	286	291	281	271	289	283,6	20	38,7
E4	316	313	316	296	335	315,2	39	37,7
E5	291	298	291	284	291	291,0	14	34,3
F1	262	259	247	267	235	254,0	32	35,3
F2	291	284	291	296	296	291,6	12	37,2
F3	254	269	240	245	225	246,6	44	35,3
F4	213	237	242	208	237	227,4	34	39,3
F5	181	161	171	203	161	175,4	42	33,3
Número de Trechos de Calibração (n)			30		Observação: Os trechos de calibração onde V > LS não foram considerados no cálculo da regressão linear.			
Média dos Valores de V (Vm)			53,5					
Limite Superior (LS = 2,11 x Vm)			113,0					

Resultado da Regressão Linear	
Constante (b0)	15,6893
Coefficiente de x (b1)	0,0881
R <sup>2</sup>	0,8855

Equação de Calibração	
QI = b1 x L + b0	
L	Leitura do Integrador
QI	Valor do QI

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO								
ROUGHNESS COMPUTER								
VELOCIDADE	30 km/h							
TRECHO- TESTE	LEITURAS					LEITURA MÉDIA	V	QI
	L1	L2	L3	L4	L5			
A1	1291	1260	1282	1313	1287	1286,6	53	139,5
A2	1081	1086	1081	1084	1071	1080,6	15	122,4
A3	1218	1186	1223	1294	1179	1220,0	115	112,8
A4	1203	1223	1223	1176	1240	1213,0	64	144,4
A5	1357	1326	1313	1384	1294	1334,8	90	137,1
B1	438	399	448	474	455	442,8	75	54,9
B2	362	369	357	362	350	360,0	19	56,7
B3	438	462	443	452	408	440,6	54	55,6
B4	472	467	467	452	489	469,4	37	53,1
B5	582	580	582	570	597	582,2	27	64,5
C1	511	506	506	526	497	509,2	29	63,7
C2	533	545	514	528	497	523,4	48	69,6
C3	509	494	509	506	528	509,2	34	58,1
C4	330	328	345	323	360	337,2	37	48,7
C5	452	433	428	411	477	440,2	66	52,8
D1	1436	1387	1450	1519	1423	1443,0	132	143,8
D2	1316	1313	1306	1328	1291	1310,8	37	187,9
D3	1519	1514	1514	1521	1516	1516,8	7	134,6
D4	1458	1441	1463	1475	1463	1460,0	34	151,9
D5	1397	1401	1421	1367	1460	1409,2	93	172,4
E1	350	335	355	308	413	352,2	105	39,0
E2	416	416	411	421	406	414,0	15	36,9
E3	382	369	386	396	384	383,4	27	38,7
E4	386	391	377	362	394	382,0	32	37,7
E5	355	311	364	384	386	360,0	75	34,3
F1	347	372	367	362	338	357,2	34	35,3
F2	330	355	316	289	323	322,6	66	37,2
F3	174	142	174	220	161	174,2	78	35,3
F4	171	125	142	191	157	157,2	66	39,3
F5	110	127	105	100	93	107,0	34	33,3
Número de Trechos de Calibração (n)			30		Observação: Os trechos de calibração onde V > LS não foram considerados no cálculo da regressão linear.			
Média dos Valores de V (Vm)			53,3					
Limite Superior (LS = 2,11 x Vm)			112,4					

Resultado da Regressão Linear	
Constante (b0)	8,4722
Coefficiente de x (b1)	0,1041
R <sup>2</sup>	0,9247

Equação de Calibração	
QI = b1 x L + b0	
L	Leitura do Integrador
QI	Valor do QI

Concluído o levantamento de campo, as leituras fornecidas pelo medidor de irregularidade devem ser convertidas para o quociente de irregularidade, utilizando-se as equações de calibração determinadas.

Em primeiro lugar, devem-se escolher as equações a serem utilizadas. No caso presente, para o *Roughness Computer*, selecionaram-se as equações obtidas pela regressão linear. Há que se considerar ainda a velocidade média do veículo-teste quando a leitura foi medida. As equações são, portanto:

- 30 km/h:

$$QI_{30} = 0,1041 \times L + 8,4722$$

onde L é a leitura fornecida pelo equipamento.

- 50 km/h:

$$QI_{50} = 0,0881 \times L + 15,6893$$

onde L é a leitura fornecida pelo equipamento.

- 80 km/h:

$$QI_{80} = 0,0937 \times L + 15,1123$$

onde L é a leitura fornecida pelo equipamento.

Quando a velocidade média fornecida pelo equipamento situar-se aquém, entre, ou além das velocidades padronizadas, o cálculo do quociente de irregularidade deve ser efetuado de acordo com as especificações contidas no quadro apresentado adiante.

QUADRO II CÁLCULO DO QUOCIENTE DE IRREGULARIDADE			
VELOCIDADE MÉDIA DO VEÍCULO-TESTE	EQUAÇÃO A SER UTILIZADA	RESULTADO PARCIAL	RESULTADO FINAL
$v < 30$ km/h	$QI_{30} = 0,1041 \times L + 8,4722$	$QI_{30}$	$QI = QI_{30}$
$v = 30$ km/h	$QI_{30} = 0,1041 \times L + 8,4722$	$QI_{30}$	$QI = QI_{30}$
$30$ km/h $< v < 50$ km/h	$QI_{30} = 0,1041 \times L + 8,4722$ $QI_{50} = 0,0881 \times L + 15,6893$	$QI_{30}$ $QI_{50}$	$QI = \frac{QI_{30} \times (50 - v) + QI_{50} \times (v - 30)}{20}$
$v = 50$ km/h	$QI_{50} = 0,0881 \times L + 15,6893$	$QI_{50}$	$QI = QI_{50}$
$50$ km/h $< v < 80$ km/h	$QI_{50} = 0,0881 \times L + 15,6893$ $QI_{80} = 0,0937 \times L + 15,1123$	$QI_{50}$ $QI_{80}$	$QI = \frac{QI_{50} \times (80 - v) + QI_{80} \times (v - 50)}{30}$
$v = 80$ km/h	$QI_{80} = 0,0937 \times L + 15,1123$	$QI_{80}$	$QI = QI_{80}$
$v > 80$ km/h	$QI_{80} = 0,0937 \times L + 15,1123$	$QI_{80}$	$QI = QI_{80}$

onde  $v$  é a velocidade média do veículo-teste.

Os resultados obtidos para as faixas de tráfego avaliadas foram dispostos em quadros específicos e estão sendo apresentados no Anexo dos Estudos Geotécnicos.

### 9.2.5 CADASTRO DOS ACOSTAMENTOS

Nos pontos médios das mesmas áreas em que foi realizada a avaliação objetiva do estado da superfície do pavimento existente, foram convenientemente inventariadas e anotadas em fichas as condições dos acostamentos, com relação a:

- cadastramento das áreas de acostamento cobertas por vegetação;
- cadastramento dos degraus entre a pista de rolamento e acostamentos;
- cadastramento das áreas de acostamento com erosões ou depressões acentuadas, de forma a determinar a necessidade de reconformação.

Os acostamentos ao longo do trecho em estudo estão pavimentados, sem desnível com a pista de rolamento e apresentando, de um modo geral, boas condições funcionais.

### 9.2.6 CONDIÇÕES ATUAIS DO PAVIMENTO EXISTENTE

Após os serviços de campo, os dados obtidos foram objeto de estudos no escritório. Estes dados foram plotados em gráficos lineares – Inventário de Avaliação de Superfície de Pavimentos, onde constam:

- estação inventariada;
- configuração da terraplenagem (corte, seção mista, raspagem e aterro) na seção/estaca;
- deflexão máxima com viga Benkelman (DNER-ME 24/94);
- Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos (DNIT-PRO 007/2003);
- Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos (DNIT-PRO 006/2003);
- flecha na trilha de roda (TRI, TRE);
- IRI (índice de irregularidade de superfície);
- constituição da estrutura do pavimento (perfil do furo de sondagem com as indicações das espessuras das camadas e natureza dos materiais do revestimento, base e sub-base em convenções diferenciadas).

A definição dos segmentos de comportamento homogêneo foi feito, a partir da análise dos gráficos lineares em que são lançados os valores para os parâmetros definidores do comportamento funcional e estrutural.

Tendo em mãos todos os elementos necessários, o trecho foi dividido em segmentos de características homogêneas, que foram objetos dos seguintes tratamentos:

- cálculos estatísticos dos valores de deflexão (D0);
- cálculos estatísticos da flecha na trilha de roda (TRI e TRE);
- cálculos estatísticos do IRI (índice de irregularidade de superfície);
- frequência dos defeitos e cálculo do IGG (índice de gravidade global);
- porcentagem da área trincada (FC-2 + FC-3 + panelas + remendos);

#### *a) Condições Funcionais do Pavimento*

As condições funcionais e estruturais do pavimento existente são apresentadas resumidamente a seguir.

- Porcentagem de trincamento tipo FC-3 e FC-2 + FC-3 - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

DEFEITOS	TRINCAMENTO
FC-3 < 30% OU FC-2 + FC-3 < 50%	Baixo
FC-3 ≥ 30% ou FC-2 + FC-3 ≥ 50%	Elevado

- IGG - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	LIMITES
Ótimo	0 < IGG ≤ 20
Bom	20 < IGG ≤ 40
Regular	40 < IGG ≤ 80
Ruim	80 < IGG ≤ 160
Péssimo	IGG > 160

As condições do pavimento existente, com referência ao índice de gravidade global (IGG), são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Regular	25,64	0,20 km
Ruim	74,36	0,58 km

- Valores de IRI - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	FAIXA		
Bom		IRI	≤ 3,0
Regular	3,0<	IRI	≤ 4,0
Mau	4,0<	IRI	≤ 5,5
Ruim	5,5<	IRI	

As condições do pavimento existente, com referência ao IRI, são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Regular	38,46	0,30 km
Mau	61,54	0,48 km

- Deflexão característica – enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	FAIXA		
Bom		D <sub>o</sub>	≤ 50
Regular	50<	D <sub>o</sub>	≤ 80
Mau	80<	D <sub>o</sub>	≤ 100
Péssimo	100<		

As condições do pavimento existente, com referência às deflexões (D<sub>o</sub>), considerando a deflexão admissível média do trecho (D<sub>adm</sub>) igual a 48 (PRO 11/79), são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Regular	87,18	0,68 km
Mau	12,82	0,10 km

*b) Análise dos Resultados Obtidos*

- Na pista da MGC-262, comparando os resultados obtidos na avaliação funcional do pavimento através do IGG com os resultados obtidos com as deflexões do pavimento através das deflexões características, podemos notar certa divergência: deflexões com valores altos e pavimento em bom estado, isto se deve às obras de recapeamento realizadas no ano de 2012, antes da execução dos serviços de campo pela Consultora.
- O serviço de recapeamento realizado ocultou os defeitos existentes no pavimento, mas pode-se afirmar que a intervenção realizada não foi suficiente para reduzir os valores de deflexão, que continuaram altos após o recapeamento.
- No levantamento de defeitos do pavimento realizado por esta Consultora, pode-se observar a presença de defeitos no recapeamento novo, mesmo que ainda seja pequena. Mas como este recapeamento ainda é considerado novo, a presença de defeitos é prematura, o que detona na insuficiência da solução de restauração realizada (recapeamento).

### 9.3 SONDAGEM E ESTUDOS DO SUBLEITO PARA PAVIMENTOS NOVOS

Após a aprovação do projeto geométrico, definiram-se os segmentos da pista direita e pista esquerda que foram objeto de sondagens do subleito para implantação das pistas novas.

As sondagens do subleito foram executadas nos segmentos onde o traçado passa pelo terreno natural (pista nova) e nos ramos.

Para execução das sondagens do subleito foi elaborado um plano de sondagem pela Consultora, a partir do perfil e das seções transversais e constou basicamente de:

- nos locais de cortes: execução de furos de sondagem com espaçamento máximo de 80 m, obedecendo a seguinte quantidade de furos por corte:

EXTENSÃO DO CORTE	NÚMERO MÍNIMO DE FUROS DE SONDAJENS
Até 100 m	1
101 a 160 m	2
161 a 240 m	3
241 a 320 m	4
Superior a 320 m	5

- nos segmentos de aterros com altura inferior a 1 m, ou ainda em segmentos cujos perfis longitudinais acompanham o terreno natural ou o greide da rodovia implantada, o espaçamento máximo entre furos foi de 160 m.
- a profundidade do furo de sondagem para fins de coleta de amostras foi de 1,00 m abaixo do greide de projeto.
- nos furos de sondagens do subleito e dos cortes para verificação do lençol freático, em que foram observados materiais com excesso de umidade, ou presença de água e/ou presença de rocha, foram feitas anotações desses furos de sondagens e passadas para os setores de drenagem e de terraplenagem.
- elaboração do boletim de sondagem para cada furo realizado, onde constam: o número do furo, o número da etiqueta, a posição do furo em relação ao eixo e a classificação expedita dos materiais quanto à textura e cor.

As amostras coletadas foram submetidas aos seguintes ensaios de laboratório:

- limite de liquidez;
- limite de plasticidade;
- granulometria por peneiramento;
- compactação e ISC.

Para a escolha da energia de compactação que melhor se adéqua aos solos do subleito, foram feitos estudos de energia com amostras coletadas de cada grupo de solos, num total de 19 grupos encontrados ao longo do trecho (argila arenosa amarela, argila arenosa cinza, argila siltosa amarela, argila siltosa vermelha, argila siltosa cinza, argila siltosa marrom, silte argiloso rosa, silte argiloso marrom, silte argiloso vermelho, silte arenoso rosa, silte arenoso amarelo, silte arenoso variegado, silte argiloso variegado, saibro argiloso variegado, saibro siltoso marrom, saibro siltoso cinza, saibro siltoso amarelo, saibro siltoso e saibro siltoso variegado). Desses grupos foram realizados ensaios de compactação em cinco pontos, com três energias diferentes (Proctor normal, internormal e intermediário) e ensaios de determinação do ISC e da expansão, em três pontos.

De posse dos ensaios dos estudos de energia, foi definido que a melhor energia de compactação que se adequou aos solos do subleito foi a energia do Proctor internormal. Sendo assim, no restante das amostras foram realizados ensaios de compactação em 5 pontos com a energia do Proctor internormal, ensaios de determinação do CBR e da expansão em 3 pontos, ensaios de compactação em 1 ponto com a energia do Proctor intermediário e ensaios de determinação do CBR e da expansão, em 1 ponto.

Para uma melhor visualização das características geotécnicas dos materiais do subleito, foram elaborados gráficos lineares de todos os segmentos que tiveram sondagem do subleito, contendo os resultados de ensaios de granulometria, limite de liquidez, índice de plasticidade, índice de grupo e expansão e CBR, com a energia do Proctor internormal. Estes gráficos lineares estão sendo apresentados no final deste capítulo.

SEGMENTOS	ISC DE PROJETO
Pista nova da MGC-262, pistas de acesso ao anel e ramos das interseções (localizados entre estacas 268+0,00 e 307+3,65)	9%

Esses valores, juntamente com o número "N", definirão estruturas econômicas de pavimento.

Para os locais onde ocorrem solos com expansão > 2%, está sendo prevista a substituição por solos com espessura de 60 cm abaixo do greide de terraplenagem.

Para a pista da MGC-262, pistas de acesso ao anel e ramos das interseções (localizadas entre estacas 268+0,00 a 307+3,65), nos locais onde ocorrem solos com ISC < 8% está sendo prevista a substituição por solos com ISC  $\geq$  9%, com espessuras dimensionadas em função do ISC de projeto e do ISC do solo local.

A indicação dos solos a serem empregados na terraplenagem foi feita com base nos resultados dos ensaios realizados nas amostras coletadas ao longo do trecho, conforme mostrado no quadro a seguir.

PISTA NOVA DA MGC-262, PISTAS DE ACESSO AO ANEL E RAMOS DAS INTERSEÇÕES DA ESTACA 268+0,00 A 307+3,65		
ENSAIOS		INDICAÇÃO
ISC	EXPANSÃO	
ISC < 8%	EXP ≤ 4%	Corpo de aterro
ISC < 2%	EXP > 4%	Bota-fora
ISC ≥ 9%	EXP ≤ 2%	Camada final
RAMOS		
ENSAIOS		INDICAÇÃO
ISC	EXPANSÃO	
ISC < 9%	EXP < 4%	Corpo de aterro
ISC < 2%	EXP > 4%	Bota-fora
ISC ≥ 10%	EXP < 2%	Camada final

Nos quadros apresentados a seguir são mostradas as estacas iniciais e finais dos locais onde serão feitos os rebaixos, o ISC do solo local, a expansão, a espessura do rebaixo. Estão inseridas, também, as substituições do subleito na pista existente, onde o ISC e expansão não foram satisfatórios.

RAMO 17 (ESTACA 0 A 40+9,187)						
ESTACA		FURO		EXPANSÃO (%)	ISC (%)	ESPESSURA DO REBAIXO
INICIAL	FINAL	Nº	Estaca			
6	10	R17-3	8	2,18	7,7	60

RAMO 18 (ESTACA 0 A 19+18,963)						
ESTACA		FURO		EXPANSÃO (%)	ISC (%)	ESPESSURA DO REBAIXO
INICIAL	FINAL	Nº	Estaca			
17	19	R18-3	17	3,17	6,5	60

Em todos os segmentos de rocha foi realizado o balizamento da superfície rochosa. As sondagens apresentaram impenetráveis a pá e picareta ou a trado. Estes segmentos em rocha foram repassados para o setor de terraplenagem calcular as remoções em material rochoso e para o setor de drenagem para indicar colchões drenantes e drenos profundos em rocha.

Nos quadros a seguir são apresentados os cortes em rocha com a profundidade do impenetrável.

RAMO 17 (ESTACA 0 A 40+9,187)				
ESTACA	POSIÇÃO	PROFUNDIDADE (m)		PROFUNDIDADE (m)
		DE	DE	
18	2m LE	0,00	3,00	Solo
19	2m LE	0,00	1,40	Solo
		1,40	-	Impenetrável
20	4m LE	0,00	0,68	Solo
		0,68	-	Impenetrável
34	8m LD	0,00	0,20	Solo
		0,20	-	Impenetrável
35	8m LD	0,00	4,50	Solo

		4,50	-	Impenetrável
36	8m LD	0,00	0,60	Solo
		0,60	-	Impenetrável
37	8m LD	0,00	-	Impenetrável
38	8m LD	0,00	-	Impenetrável
39	8m LD	0,00	-	Impenetrável
40	8m LD	0,00	-	Impenetrável
40+9,00	8m LD	0,00	8,50	Impenetrável

RAMO 18 (ESTACA 0 A 19+18,963)				
ESTACA	POSIÇÃO	PROFUNDIDADE (m)		PROFUNDIDADE (m)
		DE	DE	
1	EX	0,00	0,75	Solo
		0,75	-	Impenetrável
2	EX	0,00	0,97	Solo
		0,97	-	Impenetrável
3	EX	0,00	0,82	Solo
		0,82	-	Impenetrável
4	2m LE	0,00	2,00	Solo

RAMO 19 (ESTACA 0 A 16+12,333)				
ESTACA	POSIÇÃO	PROFUNDIDADE (m)		PROFUNDIDADE (m)
		DE	DE	
2	EX	0,00	0,97	Solo
3	EX	0,00	0,82	Solo
		0,82	-	Impenetrável
4	2m LE	0,00	2,00	Solo
5	10m LE	0,00	0,60	Solo
		0,60	-	Impenetrável

## 9.4 ESTUDOS DE MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO

### 9.4.1 JAZIDAS DE SOLOS

A região em que se situa o trecho mostrou-se extremamente pobre em termos de materiais granulares passíveis de serem utilizados nas camadas de base e sub-base de pavimentos novos.

Durante os serviços de campo foram realizadas diversas pesquisas de campo, inclusive entrevistas com moradores locais e fazendeiros da região. As possíveis áreas com materiais granulares já se encontram completamente esgotadas.

Áreas com materiais passíveis de serem utilizadas nas camadas do pavimento só poderão ser encontradas a uma distância superior a 60 km do trecho, na direção da BR-356 (saída para o Rio de Janeiro), o que torna inviável economicamente, tendo em vista a existência de pedreiras comerciais localizadas próximas ao trecho.

Em 5 de junho de 2013 foi solicitado à Enecon pelo DER/MG, através da Gerência de Estudos de Materiais, conforme CE:039/2013 que: “Na proposta técnica apresentada pela consultora, a

mesma informa a existência de uma jazida de itabirito friável de propriedade da Emipak, localizada a 2,0 km da ponte de acesso a Roça Grande (bairro de Sabará), cujos estudos não foram apresentados. Assim, solicitamos que a consultora apresente os estudos da mesma de forma a verificar a possibilidade de sua indicação”.

Diante da solicitação do DER/MG através da Gerência de Estudos de Materiais, a ENECON vem a informar:

- Realmente foi citada, na proposta técnica, a existência de uma área de ocorrência de itabirito friável de propriedade da Emipak e, segundo informações de moradores (na época da proposta), seu material é utilizado em pavimentação de ruas na cidade de Sabará e também foi usado na pavimentação das melhorias na própria MGC-262.
- Esta área encontra-se localizada a 2,0 km da ponte de acesso ao bairro Santo Antônio das Roças Grandes – Sabará/MG e a 6,7 km da estaca 307+3,65 (final do trecho), com as coordenadas geográficas de localização: 19° 53' 59,26” S e 43° 49' 33,27” W. Em uma visita ao local, pela equipe de sondagem da ENECON foi constatado que nesta área o itabirito friável encontra-se praticamente esgotado, devido a alta exploração para fornecimento de material granular para obras de pavimentação, principalmente na região de Sabará. Foi constatado, também, que a área está servindo de bota-fora e, segundo informações de moradores, o mesmo é clandestino.



Área da Jazida servindo com bota-fora clandestino



Área da Jazida servindo com bota-fora clandestino

#### 9.4.2 PEDREIRAS

Para fornecimento de agregados graúdos para as obras projetadas, foram estudadas duas pedreiras localizadas próximas ao trecho em estudo, e que são descritas a seguir.

##### a) *Pedreira P-1 (Morro do Sino)*

Pedreira de gnaiss, em exploração comercial pela Pedreira Morro do Sino, com telefone para contato (31) 3649-4103 / 8889-0460. Está localizada no km 10,5 da BR-381, bairro Borges – Sabará/MG, distante 8,2 km da estaca 150 (estaqueamento de referência: pista direita), lado esquerdo. O acesso é feito todo em estrada pavimentada, em bom estado de conservação. Possui licença de Operação Corretiva (LOC) nº 230/2011 – Supram CM, processo nº 00284/1990/004/2009, válida até 29/08/2017.



Os ensaios realizados são apresentados no quadro a seguir.

ENSAIOS	RESULTADOS
Adesividade a Emulsão RR-2C	Satisfatória
Adesividade ao CAP 50/70	Satisfatória com 0,5% de Dope
Abrasão Los Angeles – Faixa “A”	24,0%
Índice de Forma (MT 01-49 DER/MG)	25,3%

*b) Pedreira P-2 (Santiago)*

Pedreira de gnaiss, em exploração comercial pela pedreira Santiago, com telefone para contato (31) 3691-1000. Está localizada no km 15 da BR-381, bairro Bom Destino, em Santa Luzia/MG, distante 12,0 km da estaca 150 (estaqueamento de referência: pista direita), lado esquerdo. O acesso é feito todo em estrada pavimentada, em bom estado de conservação. Possui licença de Operação Revalidada (REVLO) pelo processo Supram nº 00175/1997/006/2007. Não foi permitido à equipe de sondagem tirar fotos da pedreira.

Os ensaios realizados são apresentados no quadro a seguir.

ENSAIOS	RESULTADOS
Adesividade a Emulsão RR-2C	Satisfatória
Adesividade ao CAP 50/70	Satisfatória com 0,5% de Dope
Abrasão Los Angeles – Faixa “A”	18,0%
Índice de Forma (MT 01-49 DER/MG)	32,3%

Para as obras projetadas será utilizada a pedreira P-1 (Morro do Sino) que tem a menor distância de transporte. Somente para fornecimento de bica corrida para mistura para base será indicada a pedreira P-2 (Santiago), conforme estudo de misturas para base.

#### 9.4.3 AREAIS

Não foram localizados areais, durante as pesquisas de campo, próximos ao trecho em estudo. Areias de boa qualidade para serem utilizadas nas obras são encontradas apenas em areais localizados nos municípios de Pedro Leopoldo e Mário Campos.

Para fornecimento de agregado miúdo para as obras foram estudados dois areais, descritos a seguir.

*a) Areal A-1 (Mineração Pedro Leopoldo)*

Depósito de areia de várzea, no município de Vera Cruz de Minas, em exploração comercial pela Mineração Pedro Leopoldo, com telefone para contato (31) 3662-0391 / 9745-3538. O endereço do escritório é rua do Rosário, nº 795, bairro Alvorada, Pedro Leopoldo/MG. Está distante 51,2 km da estaca 0 (sentido estaca 0 – areal), lado esquerdo, sendo o trajeto com 50,2 km em trecho pavimentado e 1,0 km em trecho de terra; e a 48,2 km da estaca 0 (sentido areal – estaca 0), sendo o trajeto com 47,2 km em trecho pavimentado e 1,0 km em trecho de terra, ambos em bom estado de conservação no dia da sondagem. Com uma produção diária de 400 m<sup>3</sup>. Este areal é utilizado para obras rodoviárias e da construção civil.



Os resultados dos ensaios realizados são sintetizados no quadro apresentado a seguir.

OCORRÊNCIAS		GROSSA	MÉDIA	FINA	
ENSAIOS	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)	# N° 3/4"	100,0		
		# N° 1/2"	99,4	100,0	
		# N° 3/8"	98,6	99,2	100,0
		# N° 1/4"	97,2	98,6	99,7
		# N° 4"	95,9	97,4	99,7
		# N° 8"	91,4	92,9	98,4
		# N° 10"	90,0	91,3	97,7
		# N° 20"	75,8	74,2	87,6
		# N° 30"	64,6	63,0	75,1
		# N° 40"	48,7	48,6	54,2
		# N° 50"	32,4	33,4	32,9
		# N° 60"	27,2	28,3	27,6
		# N° 80"	11,5	14,4	13,0
		# N° 100"	10,4	11,7	11,2
		# N° 200"	3,1	3,2	2,9
	Impureza orgânica	< 300 PPM	< 300 PPM	< 300 PPM	
	Equivalente de areia	74,5%	74,9%	68,3%	

Este areal foi indicado no projeto de restauração da MG-424 (MG-010 – Sete Lagoas), elaborado em 2005 por esta Consultora. Quando, em 2012, tiveram início as obras de restauração, devido a problemas ambientais, como ampliação da área de exploração de areia, o proprietário não teve condições de fornecer areia. Com isto para fornecimento de areia para as obras de restauração da MG-424, a empreiteira está buscando areia proveniente de Caetanópolis/MG.

*b) Areal A-2 (Flausino)*

Localizado no leito do rio Paraopeba, no município de Mário Campos, em exploração comercial

pelo areal Flausino, com telefone para contato (31) 3577-2298 / 99736198. O endereço do escritório é avenida Governador Magalhães Pinto, nº 1360, Centro – Mário Campos/MG. Está distante 54,1 km da estaca 0 (sentido areal – estaca 0), sendo o trajeto com 53,9 km em trecho pavimentado e 0,2 km em trecho de terra e a 57,1 km da estaca 0 (sentido estaca 0 – areal), sendo o trajeto com 56,9 km em trecho pavimentado e 0,2 km em trecho de terra, ambos em bom estado de conservação no dia da sondagem. Com uma produção diária de 300 m<sup>3</sup>. Possui Autorização Ambiental de Funcionamento nº 04642/2011 - Supram CM, processo nº 07777/2006/002/2011, válida até 09/11/2015. Este areal é utilizado para obras rodoviárias e da construção civil.



Os resultados dos ensaios realizados são sintetizados no quadro apresentado a seguir.

OCORRÊNCIAS		MÉDIA	FINA
ENSAIOS	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)	# N° 3/4"	
		# N° 1/2"	100,0
		# N° 3/8"	100,0
		# N° 1/4"	99,6
		# N° 4"	99,4
		# N° 8"	97,9
		# N° 10"	97,1
		# N° 20"	81,9
		# N° 30"	61,6
		# N° 40"	26,8
		# N° 50"	9,5
		# N° 60"	6,2
		# N° 80"	3,0
		# N° 100"	2,4
# N° 200"	0,9		
	Impureza orgânica	< 300 PPM	< 300 PPM
	Equivalente de areia	97,4%	92,9%

Apesar de ter a menor distância de transporte, o areal A-1 (Mineração Pedro Leopoldo) não será indicado devido aos problemas ambientais (conforme informado na alínea a – deste item 3.4.3). Com isto esta sendo indicado para as obras projetadas o areal A-2 (Flausino).

O areal A-2 possui distâncias de transportes diferentes (distância areal – pista ≠ distância pista – areal), em função do trajeto, será adotado nos quantitativos e croqui a distância média de 55,6 km  $((54,1 \text{ km} + 57,1 \text{ km}) / 2)$  até a estaca 0.

**Na visita de portaria, realizada no mês de abril de 2013, o DER/MG solicitou à Enecon que**

**acrescentasse a distância do Areal A-2, apresentada em projeto, o valor de 15 km, visto que em conversa com o dono do areal, o mesmo possui vários pontos de dragagem e o visitado não é o maior produtor. Atendendo a solicitação do DER/MG, a distância de transporte de areia a ser utilizada no projeto passará de 55,6 km para 70,6 km.**

## 9.5 ESTUDOS DE MISTURAS PARA CAMADAS NOVAS DE BASE E SUB-BASE

### 9.5.1 ESTUDOS DE MATERIAIS PARA COMPOR AS MISTURAS

Como não foram encontradas áreas de materiais granulares, com características geotécnicas satisfatórias para utilização em camadas de base e sub-base do pavimento, a Consultora partiu para estudos de mistura de materiais, do tipo solo-brita.

Para isso foi identificada e estudada uma área de empréstimo de argila, para compor misturas com bica corrida, para as camadas de sub-base e base.

A seguir são apresentados os resultados de ensaios de laboratório do material argiloso do empréstimo e da bica corrida. Estes resultados de laboratório permitiram a definição das composições das misturas do tipo solo-brita estudadas.

- *Área de Empréstimo Concentrado – E-1 (COHAB)*

Áreas para empréstimos de solos argilosos também são difíceis de encontrar ao longo do trecho. Para a composição das misturas foi localizada e sondada apenas uma área de empréstimo de solo argiloso.

Trata-se de uma área de empréstimo concentrado de argila siltosa amarela, com volume estimado em 22.780 m<sup>3</sup>, de propriedade da COHAB. Está localizada a 1,2 km da estaca 203, lado esquerdo, sendo todo o trajeto pavimentado. A cobertura vegetal é cerrado.



Como esta foi a única área de material argiloso encontrado ao longo do trecho, a mesma será reservada apenas para atender as misturas para base e sub-base dos pavimentos novos.

Foram coletadas amostras em cada furo de sondagem para conhecimento das características geotécnicas do material e estudo de mistura, sendo realizado os seguintes ensaios de laboratório:

- análise granulométrica por peneiramento;
- limite de plasticidade de solos;
- limite de liquidez de solos;

- compactação e índice de suporte de solos, com corpos de prova moldados com a energia de compactação do Proctor internormal.
- índice suporte Califórnia e expansão;

No quadro estatístico abaixo são apresentadas as características do material argiloso do empréstimo.

ESTUDO ESTATÍSTICO							
DISCRIMINAÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO	ESTATÍSTICA		X		
	ARITMÉTICA	PADRÃO	SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
Peneiras	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	99,9	0,4	100,0	99,7	100,0	99,4
	n° 4	99,1	1,3	99,7	98,5	100,0	97,7
	n° 10	97,7	1,8	98,6	96,9	99,8	95,6
	n° 40	82,5	3,2	84,0	81,0	86,1	78,9
	n° 200	66,7	5,9	69,4	64,0	73,4	59,9
	LL	43,1	3,7	44,8	41,4	47,3	38,9
	IP	18,9	3,9	20,7	17,1	23,3	14,5
	IG	10	2,3	11	9	13	8
ENSAIOS MECÂNICOS							
N° DE GOLPES	18 (PROCTOR INTERNORMAL)						
HÓTIMA	15,8	1,2	16,5	15,1	17,3	14,3	
D. MÁXIMA	1.647	36	1.667	1.626	1.691	1.602	
EXPANSÃO	0,68	0,20	0,80	0,57	0,93	0,44	
CBR	14,4	1,6	15,3	13,5	16,4	12,4	

- *Bica Corrida*

Para composição das misturas para camadas de base e sub-base do pavimento, foi realizado um ensaio de caracterização (granulometria, LL e LP) de cada bica corrida produzidas pelas pedreiras P-1 e P-2, cujos resultados são apresentados a seguir.

- *Bica Corrida da Pedreira P-1 (Morro do Sino)*

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS											
AMOSTRA N°	LL	IP	GRANULOMETRIA - % QUE PASSA							IG	Classif T.R.B.
			2"	1"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N°200		
Ensaio com amostra coletada em 31/08/2012											
AM-1	NL	NP	100,0	75,1	55,7	48,4	35,9	19,2	4,6	0	A-1-B
Ensaio com amostra coletada em 26/02/2014											

AM-3	NL	NP	100,0	93,0	70,7	63,0	53,6	30,6	16,8	0	A-1-B
AM-6	NL	NP	100,0	95,7	71,4	63,2	54,0	29,3	16,0	0	A-1-B
AM-10	NL	NP	100,0	97,1	71,7	64,0	55,2	34,1	19,4	0	A-1-B

*Bica Corrida da Pedreira P-2 (Santiago)*

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS											
AMOSTRA Nº	LL	IP	GRANULOMETRIA - % QUE PASSA						IG	Classif. T.R.B.	
			2"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40			Nº200
AM-1	NL	NP	100,0	88,1	64,2	49,0	34,7	18,7	4,1	0	A-1-B

### 9.5.2 ESTUDOS DAS MISTURAS

As composições das misturas para base e sub-base são:

- mistura MSB-01 – mistura de 70% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) com 30% de solo argiloso do empréstimo E-1 (COHAB), para camada de sub-base;
- mistura MSB-02 – mistura de 90% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) com 10% de solo argiloso do empréstimo E-1 (COHAB), para camada de base;
- mistura MSB-03 – mistura de 90% de bica corrida da pedreira P-2 (Santiago) com 10% de solo argiloso do empréstimo E-1 (COHAB), para camada de base.
- Mistura MSB-04 (proporção de 1 x 1) – mistura de 50% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) + 50% de argila do empréstimo E-1 (COHAB), para sub-base;
- Mistura MSB-05 (proporção de 3 x 2) – mistura de 60% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) + 50% de argila do empréstimo E-1 (COHAB), para sub-base;
- Mistura MSBC-01: 87% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) + 10% de argila do empréstimo EC-1 (Cohab) + 3% de cimento (CP-VI), para base;
- Mistura MSBC-02: 86% de bica corrida da pedreira P-1 (Morro do Sino) + 10% de argila do empréstimo EC-1 (Cohab) + 4% de cimento (CP-VI), para base;
- Mistura BGTC-01: Mistura de brita graduada tratada com 3% de cimento;
- Mistura BGTC-02: Mistura de brita graduada tratada com 4% de cimento.

O ensaio preliminar da MSB-02 apresentou resultados de LL >25% e IP igual a NP e a mistura MSB-03 apresentou LL igual a NL e IP igual a NP, definindo-se que a mistura a ser ensaiada será a MSB-03.

A pedido do DER/MG, através da análise da Minuta revisada (CE 027/2014 de janeiro de 2014) foi realizado ensaios de granulometria após compactação da mistura MSB-02 para verificar se os valores de LL reduziram (a valores < 25%), mas como pode ser observado, os resultados de ensaios continuaram a apresentar LL >25%, confirmando que a mistura MSB-03 será a mistura a ser estudada.

As misturas MSB-04, MSB-05, MSBC-01, MSBC-02, BGTC-01 e BGTC-02, foram realizadas para atender ao DER/MG, que as solicitou através da Análise da Minuta revisada (CE 027/2014

de janeiro de 2014).

Foram realizados os seguintes ensaios de laboratório para as misturas de sub-base e base:

- granulometria por peneiramento;
- limite de liquidez;
- limite de plasticidade;
- compactação nas seguintes energias – para sub-base: Proctor intermediário para sub-base e Proctor modificado para base;
- ISC com três pontos;
- Expansão;
- Resistência a compressão simples para as mistura com adição de cimento.
- Resistência a tração por compressão diametral para as mistura com adição de cimento.

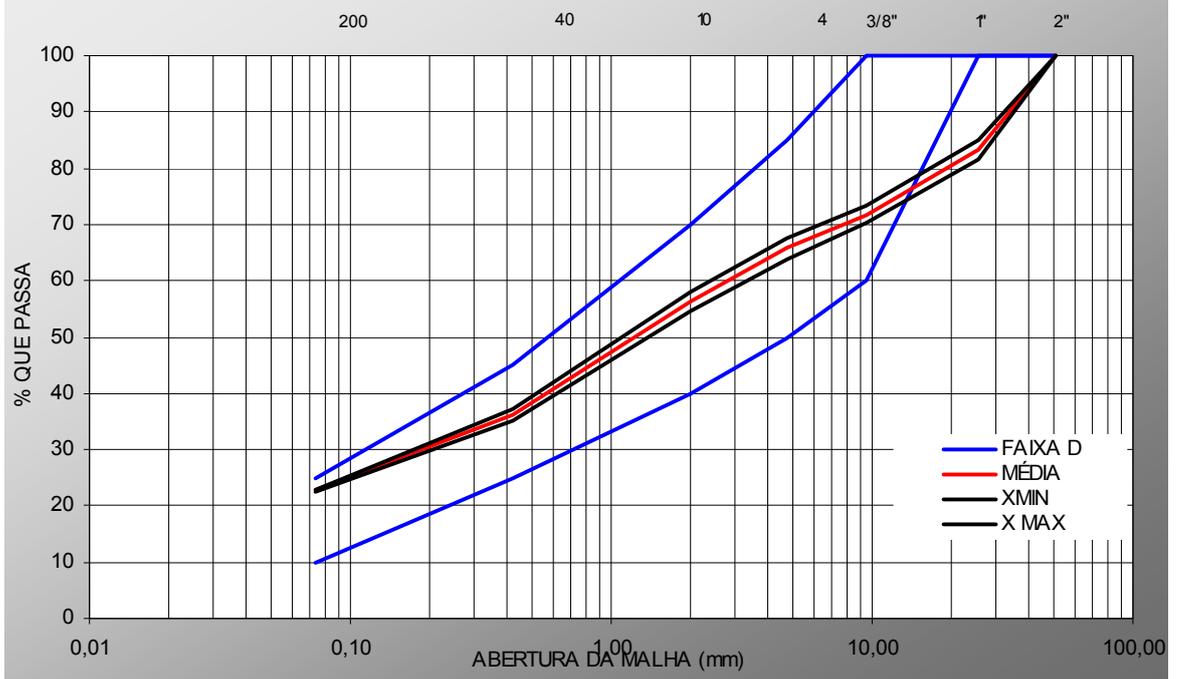
A seguir são apresentados com maiores detalhes os estudos realizados em cada mistura.

a) *Misturas para Sub-base*

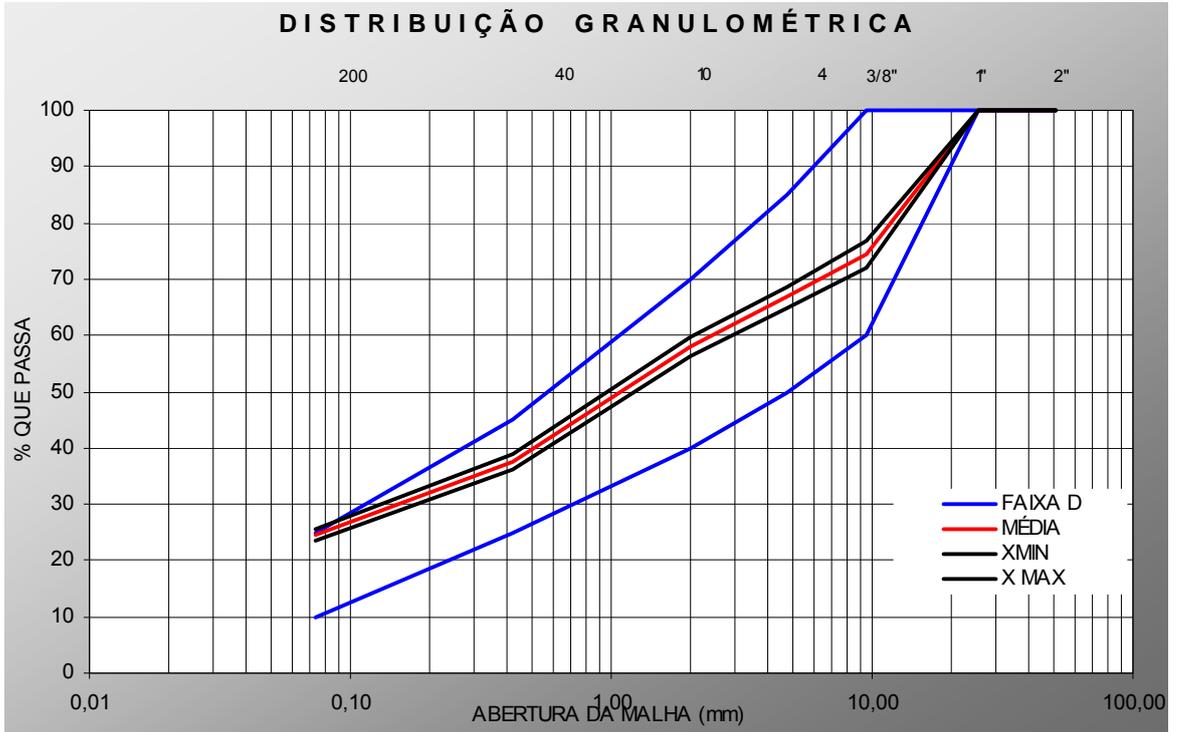
a.1) *Mistura MSB-01: 70% de Bica Corrida da Pedreira P-1 (Morro do Sino) + 30% de Argila do Empréstimo E-1 (COHAB), em Volume*

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	83,3	1,5	84,1	82,4	85,1	81,4
	3/8"	71,8	1,3	72,6	71,1	73,4	70,2
	n° 4	65,8	1,5	66,7	64,9	67,7	63,9
	n° 10	56,3	1,4	57,0	55,5	58,0	54,6
	n° 40	36,1	0,8	36,5	35,7	37,0	35,2
	n° 200	22,7	0,2	22,9	22,6	23,0	22,5
LL	27,8	1,0	28,3	27,2	29,0	26,5	
IP	9,6	1,4	10,4	8,8	11,4	7,9	
IG	0	0,0	0	0	0	0	
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR INTERMEDIÁRIO							
H. ÓTIMA	6,9	0,0	6,9	6,9	6,9	6,9	
D. MÁXIMA	2.087	11	2.093	2.080	2.100	2.073	
EXPANSÃO	0,04	0,01	0,05	0,04	0,05	0,03	
CBR	46,1	3,0	47,8	44,4	49,8	42,3	

# DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

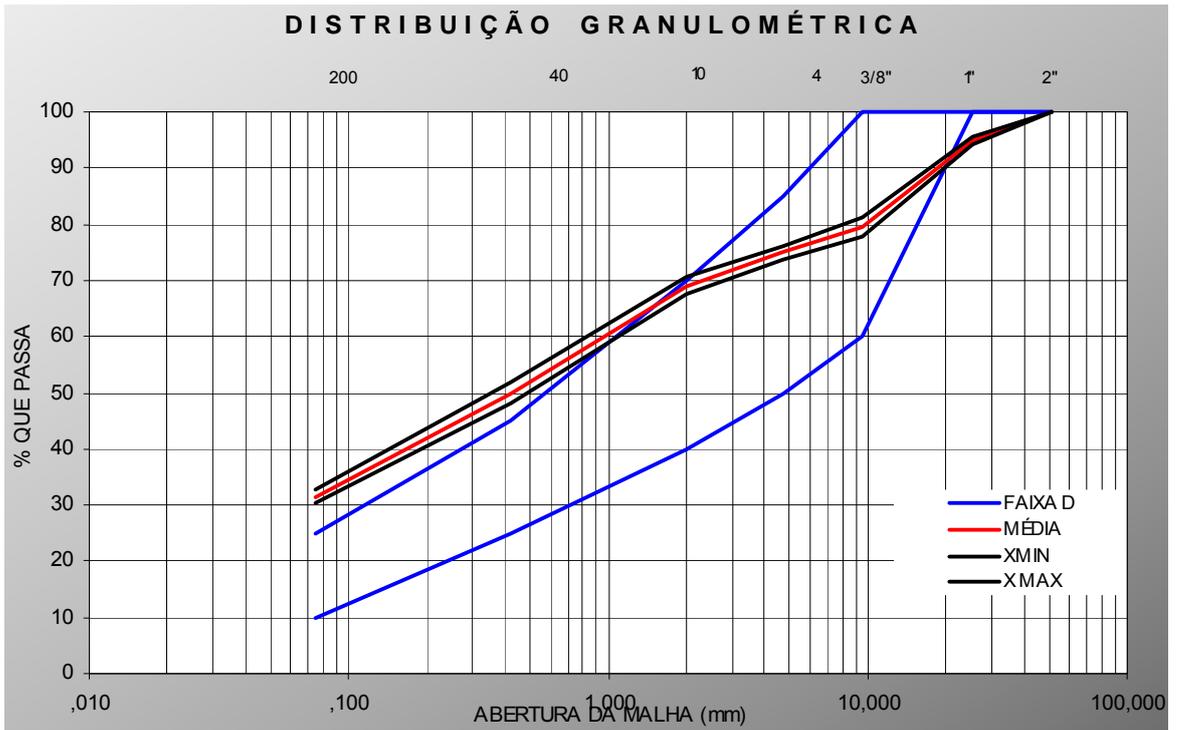


GRANULOMETRIA APÓS COMPACTAÇÃO							
DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	74,3	1,9	75,4	73,2	76,6	72,0
	n° 4	66,7	1,6	67,7	65,8	68,7	64,7
	n° 10	58,1	1,4	58,9	57,3	59,9	56,3
	n° 40	37,5	1,2	38,2	36,9	39,0	36,1
	n° 200	24,6	0,7	25,0	24,2	25,4	23,7
LL	26,3	0,4	26,5	26,0	26,8	25,7	
IP	8,1	0,6	8,4	7,7	8,9	7,3	
IG	0	0	0	0	0	0	

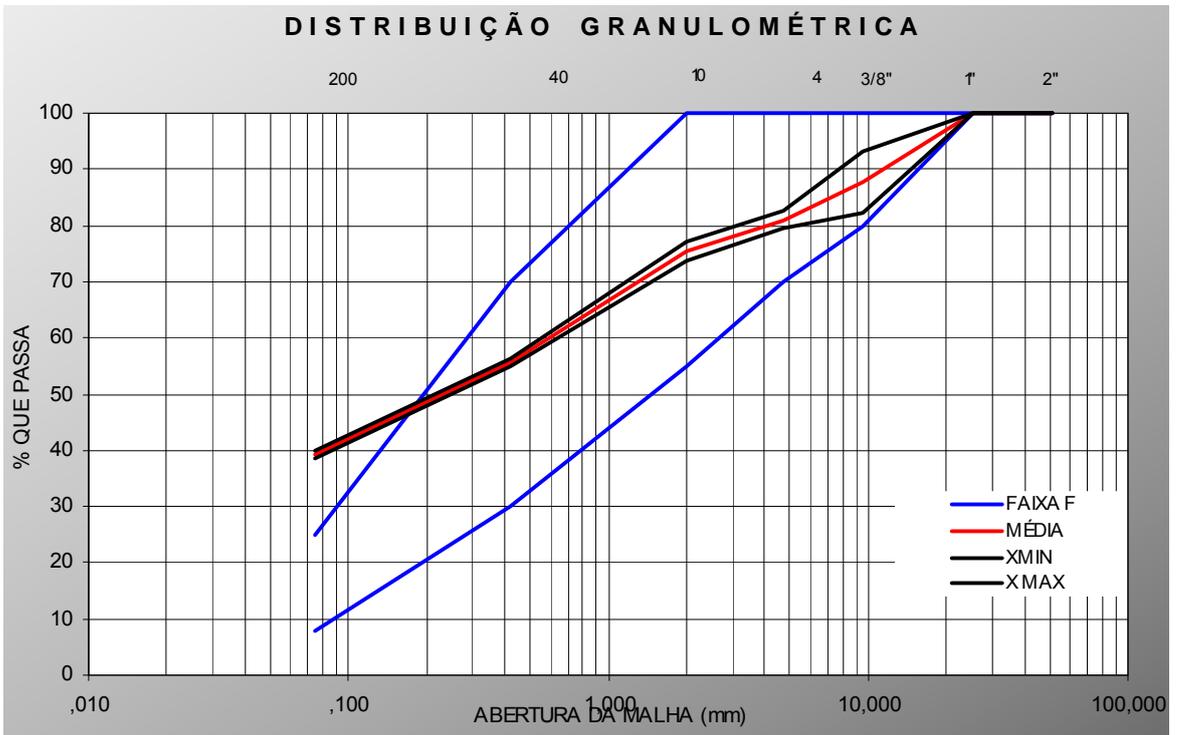


a.2) Mistura MSB-04 (proporção de 1 x 1): 50% de Bica Corrida da Pedreira P-1 (Morro do Sino) + 50% de Argila do Empréstimo E-1 (COHAB), em Volume

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	94,8	0,5	95,1	94,6	95,4	94,3
	3/8"	79,6	1,5	80,4	78,9	81,4	77,9
	n° 4	75,1	1,0	75,6	74,5	76,3	73,9
	n° 10	69,1	1,3	69,7	68,4	70,6	67,5
	n° 40	49,9	1,5	50,7	49,1	51,7	48,1
	n° 200	31,5	0,9	32,0	31,1	32,6	30,5
LL	32,2	0,5	32,5	31,9	32,8	31,6	
IP	14,3	0,4	14,5	14,1	14,8	13,8	
IG	1	0,0	1	1	1	1	
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR INTERMEDIÁRIO							
H. ÓTIMA	8,7	0,6	9,0	8,4	9,4	8,0	
D. MÁXIMA	2.009	16	2.017	2.000	2.027	1.990	
EXPANSÃO	0,32	0,13	0,38	0,25	0,47	0,16	
CBR	27,6	1,8	28,5	26,6	29,7	25,5	

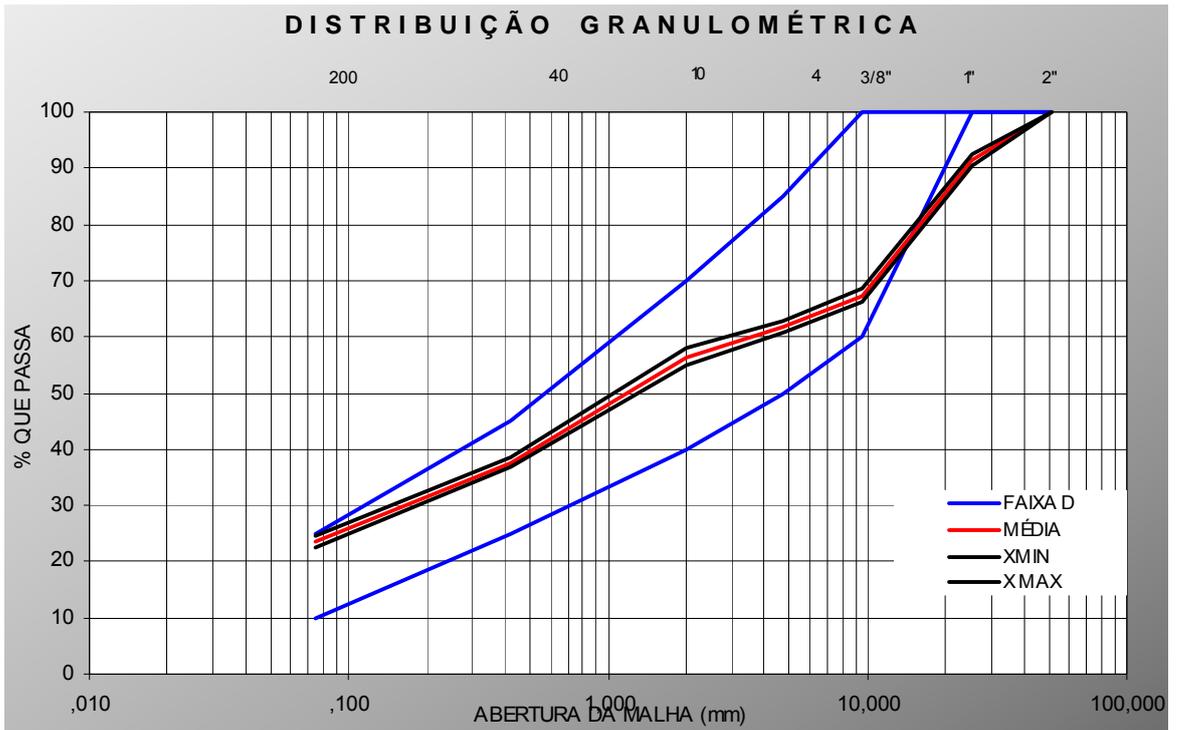


GRANULOMETRIA APÓS COMPACTAÇÃO							
DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	87,8	4,6	90,2	85,4	93,3	82,3
	n° 4	81,0	1,2	81,6	80,4	82,4	79,6
	n° 10	75,3	1,4	76,0	74,5	77,0	73,6
	n° 40	55,8	0,6	56,1	55,5	56,5	55,1
	n° 200	39,3	0,6	39,6	39,0	40,1	38,5
LL	33,8	0,5	34,0	33,5	34,4	33,2	
IP	16,6	1,0	17,1	16,1	17,8	15,4	
IG	2	0,2	3	2	3	2	

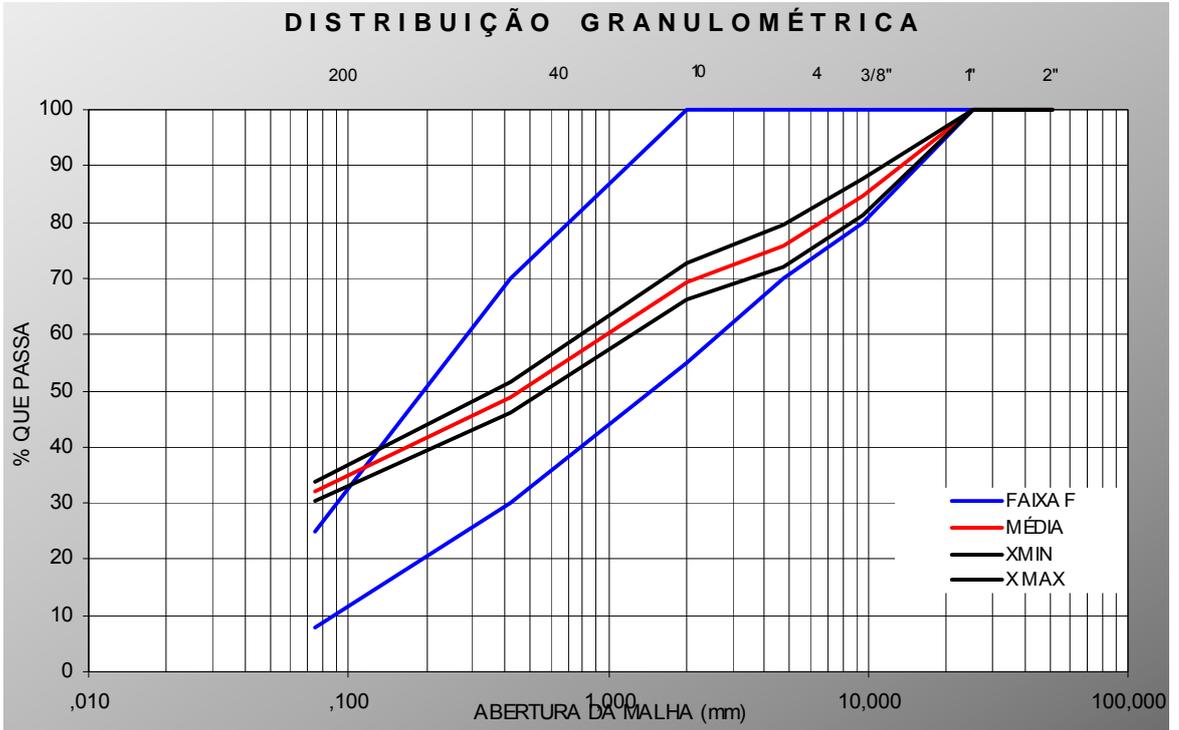


a.3) Mistura MSB-05 (proporção de 3 x 2): 60% de Bica Corrida da Pedreira P-1 (Morro do Sino) + 40% de Argila do Empréstimo E-1 (COHAB), em Volume

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	91,5	0,8	91,9	91,0	92,4	90,5
	3/8"	67,3	1,0	67,9	66,8	68,5	66,1
	n° 4	61,8	0,9	62,3	61,3	62,9	60,7
	n° 10	56,4	1,3	57,1	55,7	58,0	54,8
	n° 40	37,7	0,7	38,0	37,3	38,5	36,8
	n° 200	23,5	0,8	23,9	23,1	24,4	22,6
LL	32,0	0,6	32,3	31,6	32,7	31,2	
IP	12,9	0,5	13,1	12,7	13,5	12,3	
IG	0	0,1	0	0	0	0	
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR INTERMEDIÁRIO							
H. ÓTIMA	7,5	0,4	7,7	7,3	8,0	7,0	
D. MÁXIMA	2.098	29	2.113	2.083	2.133	2.064	
EXPANSÃO	0,08	0,03	0,09	0,06	0,11	0,04	
CBR	46,7	5,5	49,6	43,8	53,4	40,0	



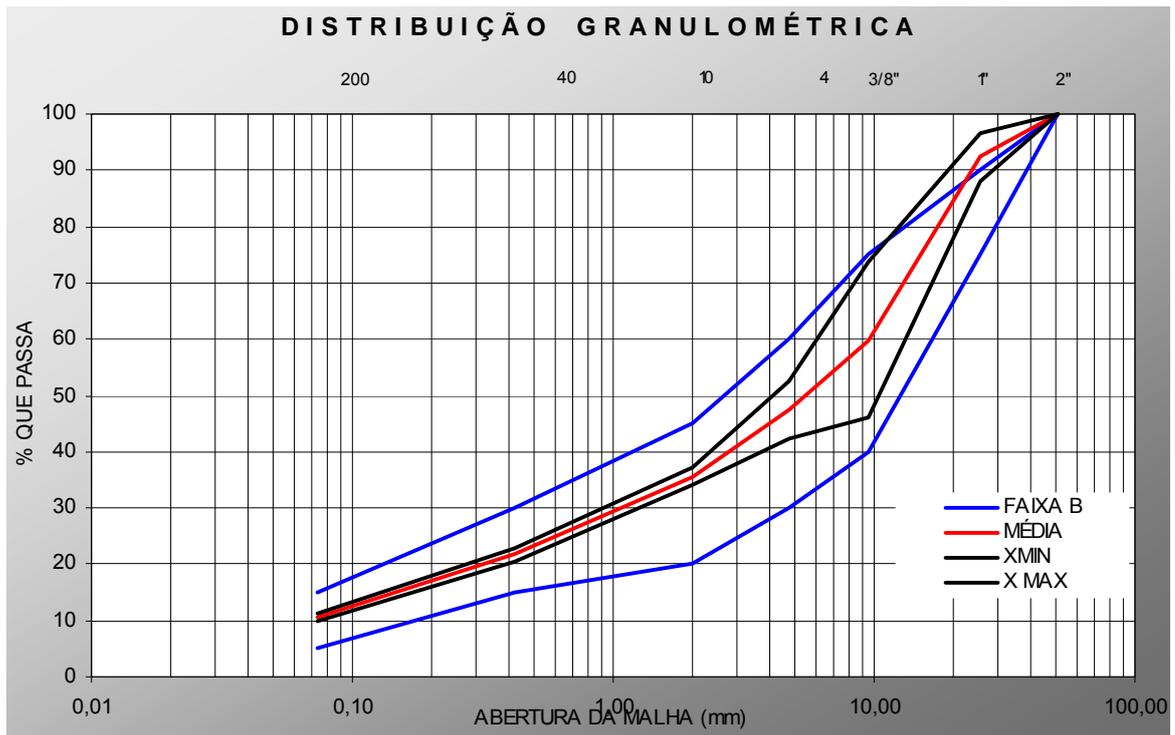
GRANULOMETRIA APÓS COMPACTAÇÃO							
DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	84,5	2,7	85,9	83,1	87,8	81,3
	n° 4	75,9	3,1	77,5	74,3	79,6	72,2
	n° 10	69,4	2,6	70,8	68,0	72,6	66,3
	n° 40	48,7	2,3	49,9	47,5	51,5	46,0
	n° 200	32,0	1,4	32,8	31,3	33,8	30,3
LL	30,1	0,6	30,4	29,8	30,8	29,4	
IP	12,7	0,5	12,9	12,4	13,2	12,1	
IG	0	0,3	0	0	1	0	



b) *Misturas para Base*

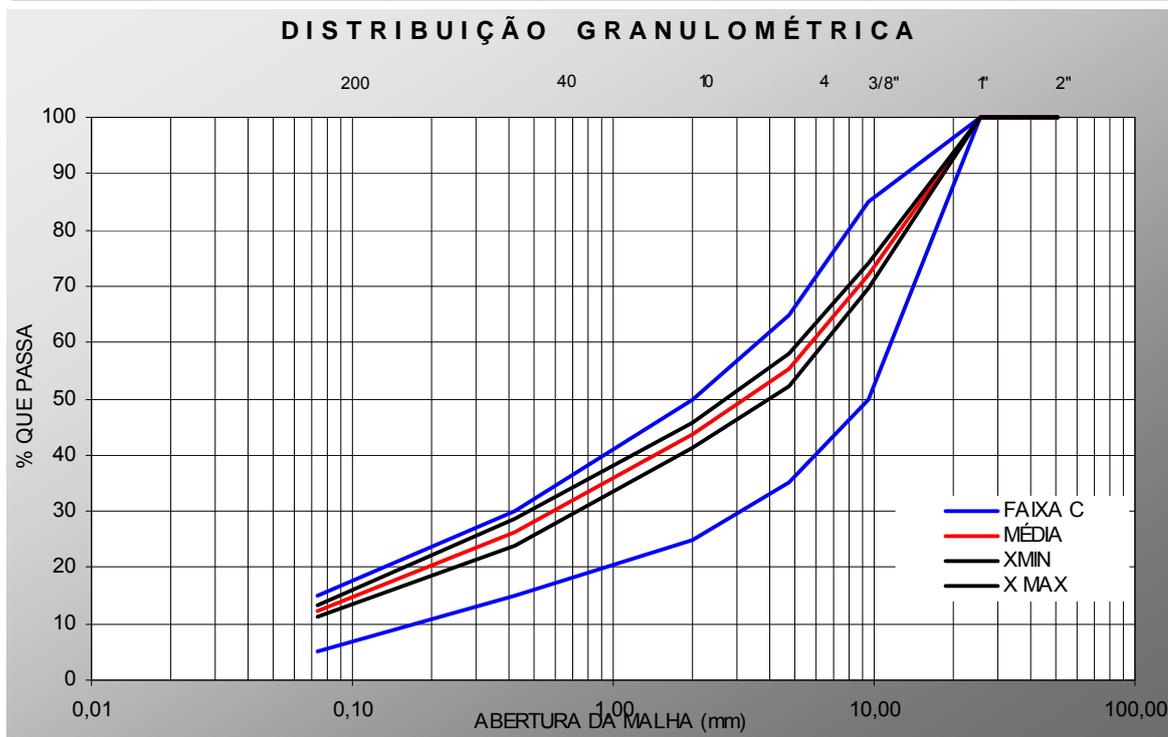
b.1) *Mistura MSB-03 (para Base): 90% de Bica Corrida da Pedreira P-2 (Santiago) + 10% de Argila do Empréstimo E-1 (COHAB), em Volume*

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X	
				SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	92,4	3,4	94,4	90,5	96,7	88,1
	3/8"	59,8	11,0	66,1	53,5	73,6	46,0
	n° 4	47,3	4,1	49,7	45,0	52,4	42,2
	n° 10	35,6	1,2	36,3	34,9	37,2	34,1
	n° 40	21,7	1,0	22,3	21,2	23,0	20,5
	n° 200	10,6	0,5	10,9	10,3	11,2	9,9
LL	NL						
IP	NP						
IG	0	0,0	0	0	0	0	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA	4,7	0,0	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6
D. MÁXIMA	2.198	26	2.212	2.183	2.230	2.165	2.165
EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CBR	119,2	6,1	122,7	115,7	126,9	111,5	111,5



Como a mistura MSB-03, para base, no ensaio de granulometria, teve na peneira de 1" valores de  $X_{máx}$  e  $X_{mín}$  fora da faixa granulométrica da especificação, foi realizado o ensaio de granulometria após compactação, cujos resultados são apresentados a seguir.

GRANULOMETRIA APÓS COMPACTAÇÃO							
DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	71,9	1,7	72,9	70,9	74,1	69,7
	n° 4	55,2	2,3	56,6	53,9	58,1	52,4
	n° 10	43,5	1,8	44,5	42,5	45,7	41,3
	n° 40	26,4	1,9	27,5	25,3	28,7	24,0
	n° 200	12,2	0,7	12,7	11,8	13,2	11,3
LL	NL						
IP	NP						
IG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



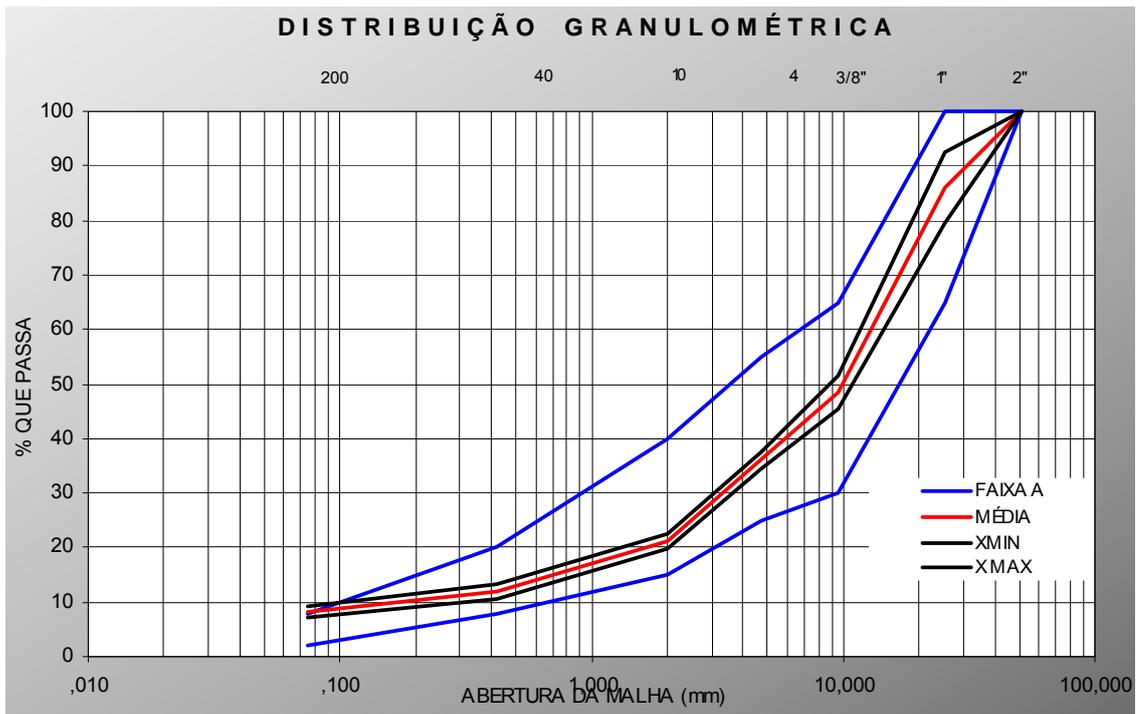
*b.2) Mistura de Bica Corrida com Argila e Cimento, em Volume*

Em função das composições teóricas pré-definidas, foram realizados ensaios de granulometria, compactação na energia do proctor modificado e resistência a compressão simples, com 3% e 4% de cimento, em volume, incorporados a brita graduada.

Os ensaios de laboratório apresentaram os seguintes resultados:

- Mistura MSBC-01: 87% de bica corrida da pedra P-1 (Morro do Sino) + 10% de argila do empréstimo EC-1 (Cohab) + 3% de cimento (CP-VI)

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	86,0	5,5	88,9	83,2	92,6	79,5
	3/8"	48,5	2,6	49,8	47,1	51,5	45,4
	n° 4	36,1	1,3	36,8	35,4	37,7	34,5
	n° 10	21,2	1,0	21,7	20,6	22,4	19,9
	n° 40	12,0	1,0	12,5	11,4	13,2	10,7
	n° 200	8,2	0,8	8,6	7,8	9,2	7,2
LL	NP	-	-	-	-	-	-
IP	NL	-	-	-	-	-	-
IG	0	0	0	0	0	0	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA	5,9	0,4	6,1	5,7	6,3	5,4	
D. MÁXIMA	2.197	22	2.208	2.185	2.224	2.169	
EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CBR	281,6	18,7	291,5	271,8	304,2	259,1	

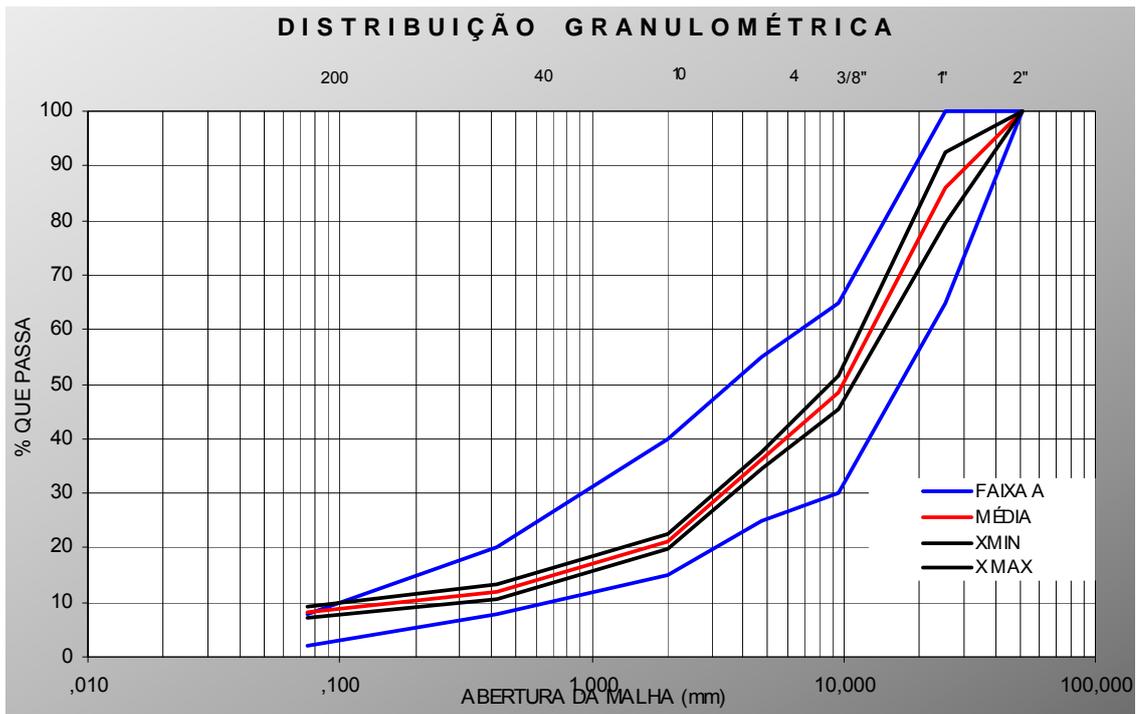


RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES	
Amostra	Resultado
C	3,3 MPa
D	3,1 MPa
F	2,8 MPa
MÉDIA	3,1 MPa

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL SIMPLES	
Amostra	Resultado
1	0,22 MPa
2	0,22 MPa
MÉDIA	0,22 MPa

- Mistura MSBC-02: 86% de bica corrida da pedra P-1 (Morro do Sino) + 10% de argila do empréstimo EC-1 (Cohab) + 4% de cimento (CP-VI)

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	86,0	5,5	88,9	83,2	92,6	79,5
	3/8"	48,5	2,6	49,8	47,1	51,5	45,4
	n° 4	36,1	1,3	36,8	35,4	37,7	34,5
	n° 10	21,2	1,0	21,7	20,6	22,4	19,9
	n° 40	12,0	1,0	12,5	11,4	13,2	10,7
	n° 200	8,2	0,8	8,6	7,8	9,2	7,2
LL	NP	-	-	-	-	-	-
IP	NL	-	-	-	-	-	-
IG	0	0	0	0	0	0	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA	5,9	0,4	6,1	5,7	6,3	5,4	
D. MÁXIMA	2.197	22	2.208	2.185	2.224	2.169	
EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CBR	281,6	18,7	291,5	271,8	304,2	259,1	



RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES	
Amostra	Resultado
A	4,3 MPa
B	3,7 MPa
MÉDIA	4,0 MPa

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL SIMPLES	
Amostra	Resultado
1	0,27 MPa
2	0,28 MPa
MÉDIA	0,28 MPa

*b.3) Mistura de Brita Graduada Tratada com cimento, em Volume*

Para composição da BGTC foram definidos os percentuais a serem utilizados de cada material produzido na pedreira P-1 (Brita 0, 1, 2 e pó-de-pedra) e cimento, através de uma composição teórica. O ensaio de granulometria das britas foi realizado com o material lavado e a do cimento sem lavar, devido à finura do material. A percentagem de cada material utilizado na composição granulométrica da BGTC é a seguinte:

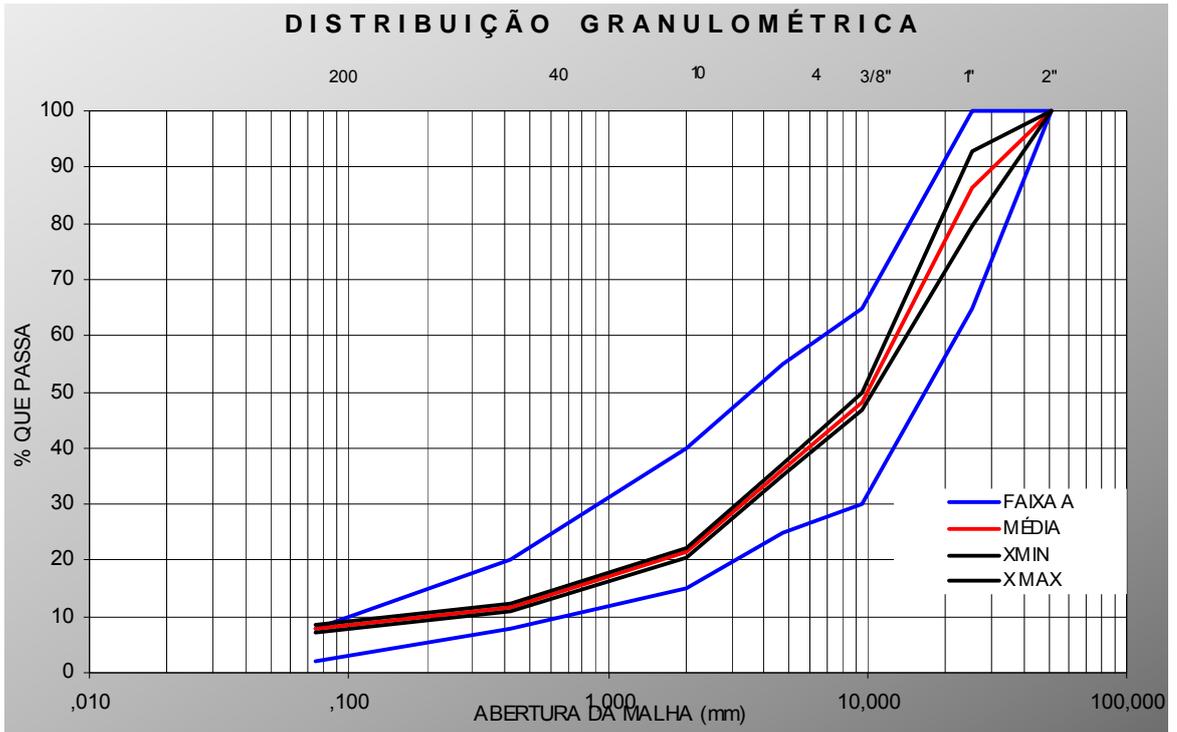
COMPOSIÇÃO 1 BGTC com 3% de cimento		COMPOSIÇÃO 2 BGTC com 4% de cimento	
MATERIAL	%	MATERIAL	%
Pó de Pedra	30	Pó de Pedra	30
Brita "0"	20,0	Brita "0"	20
Brita "1"	22,0	Brita "1"	21
Brita "2"	25,0	Brita "2"	25
Cimento (CP-VI)	3	Cimento (CP-VI)	4

Em função das composições teóricas pré-definidas, foram realizados ensaios de granulometria, compactação na energia do proctor modificado e resistência a compressão simples, com 3% e 4% de cimento, em volume, incorporados a brita graduada.

Os ensaios de laboratório apresentaram os seguintes resultados:

- Mistura BGTC-01: brita graduada tratada com 3% de cimento, em volume

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	86,2	5,6	89,1	83,3	92,9	79,5
	3/8"	48,3	1,4	49,0	47,6	49,9	46,6
	n° 4	36,1	0,8	36,5	35,6	37,1	35,1
	n° 10	21,4	0,7	21,7	21,0	22,1	20,6
	n° 40	11,7	0,6	12,0	11,4	12,5	10,9
	n° 200	7,8	0,5	8,1	7,6	8,4	7,3
LL	NP	-	-	-	-	-	-
IP	NL	-	-	-	-	-	-
IG	0	0,0	0	0	0	0	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA	4,3	0,3	4,4	4,1	4,6	3,9	
D. MÁXIMA	2.125	17	2.134	2.116	2.146	2.105	
EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CBR	269,9	33,4	287,5	252,3	310,2	229,6	

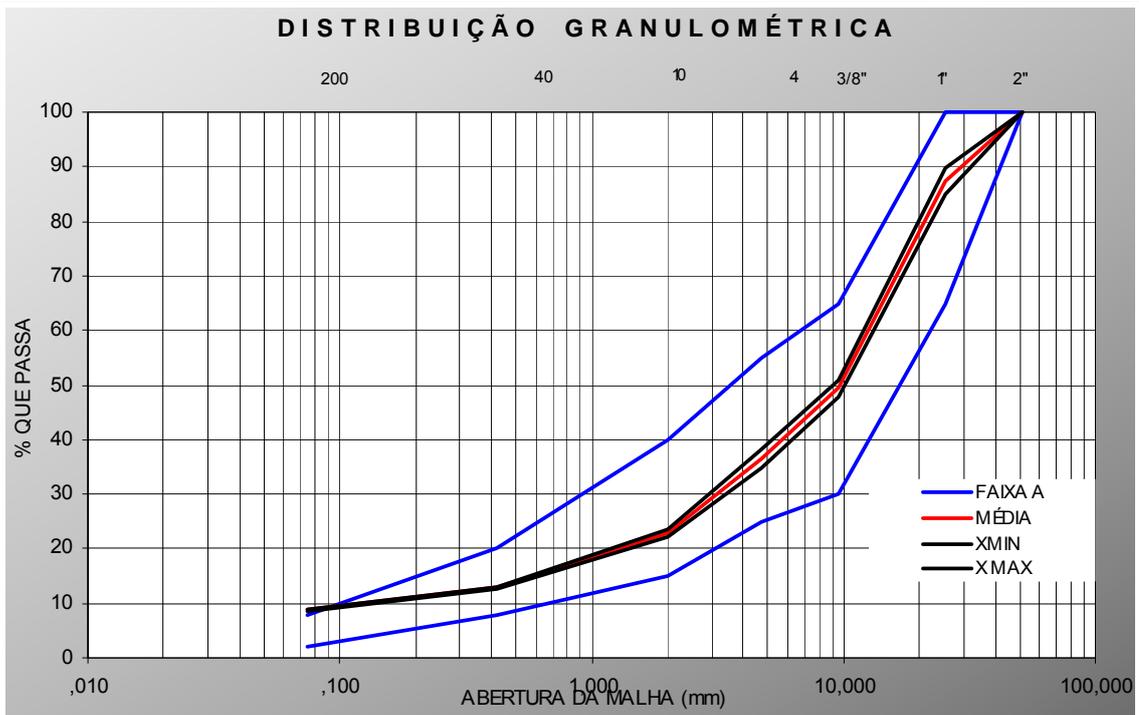


RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES	
Amostra	Resultado
A	3,55 MPa
B	3,86 MPa
C	4,02 MPa
MÉDIA	3,81 MPa

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL SIMPLES	
Amostra	Resultado
1	0,21 MPa
2	0,21 MPa
3	0,23 MPa
MÉDIA	0,22 MPa

- Mistura BGTC-02: brita graduada tratada com 4% de cimento

DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA		X		
			SUPERIOR	INFERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO							
PENEIRAS	2"	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	87,4	1,9	88,4	86,4	89,7	85,1
	3/8"	49,4	1,3	50,1	48,7	51,0	47,8
	n° 4	36,5	1,3	37,2	35,7	38,1	34,8
	n° 10	22,8	0,5	23,0	22,5	23,4	22,1
	n° 40	12,8	0,2	12,9	12,7	13,1	12,5
	n° 200	8,7	0,2	8,8	8,6	8,9	8,5
LL	NP	-	-	-	-	-	-
IP	NL	-	-	-	-	-	-
IG	0	0,0	0	0	0	0	0
ENSAIOS MECÂNICOS							
PROCTOR MODIFICADO							
H. ÓTIMA	4,3	0,2	4,3	4,2	4,4	4,1	
D. MÁXIMA	2.161	23	2.173	2.149	2.189	2.134	
EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CBR	317,3	15,0	325,2	309,4	335,4	299,2	



RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES	
Amostra	Resultado
A	4,22 MPa
B	4,55 MPa
C	3,77 MPa
MÉDIA	4,18 MPa

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL SIMPLES	
Amostra	Resultado
1	0,25 MPa
2	0,28 MPa
3	0,27 MPa
MÉDIA	0,27 MPa

Como o DNIT não tem, ainda, especificação própria para BGTC, a Enecon adotou no projeto as seguintes normas da ABNT: NBR 12262 (NB 1345) - Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC) e NBR 12261 (NB 1344) - Dosagem de brita graduada tratada com cimento.

A norma da ABNT NBR 12261 (NB 1344) - Dosagem de brita graduada tratada com cimento especifica o valor de resistência média a compressão simples, ao sete dias, entre 3,5 MPa e 8,0 MPa, mesmo intervalo adotado pelos órgãos rodoviários DER/PR e DER/BA. A energia de compactação utilizada nos ensaios foi a do proctor modificado. Conforme resultados obtidos, as composições apresentaram resultados satisfatórios nos dois teores de cimento.

Analisando os resultados obtidos em cada mistura, conclui-se que:

- A mistura estudada para sub-base MSB-01 (mistura de 70% de bica corrida da pedra P-1 com 30% de solo argiloso do empréstimo E-1), atende integralmente a especificação DNIT 139/2010-ES – Sub-base Estabilizada Granulometricamente;
- A mistura estudada para base MSB-03 (mistura de 90% de bica corrida da pedra P-2 com 10% de solo argiloso do empréstimo E-1), atende integralmente a especificação DNIT 141/2010-ES – Base Estabilizada Granulometricamente;
- A mistura estudada para sub-base MSB-04 (proporção de 1 x 1 – mistura de 50% de bica corrida da pedra P-1 + 50% de argila do empréstimo E-1), não atende integralmente a especificação DNIT 139/2010-ES – Sub-base Estabilizada Granulometricamente, quanto ao índice de grupo;
- A mistura estudada para sub-base MSB-05 (proporção de 3 x 2 – mistura de 60% de bica corrida da pedra P-1 + 50% de argila do empréstimo E-1), atende integralmente a especificação DNIT 139/2010-ES – Sub-base Estabilizada Granulometricamente;
- a mistura estudada para base MSBC-01 (87% de bica corrida da pedra P-1 + 10% de argila do empréstimo EC-1 + 3% de cimento), atende para utilização em camada de base;
- a mistura estudada para base MSBC-02 (86% de bica corrida da pedra P-1 + 10% de argila do empréstimo EC-1 + 4% de cimento), atende para utilização em camada de base;
- a mistura estudada para base BGTC-01 (mistura de brita graduada tratada com 3% de cimento), atende integralmente a NBR 12262 (NB 1345) - Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC);
- a mistura estudada para base BGTC-02 (mistura de brita graduada tratada com 4% de cimento), atende integralmente a NBR 12262 (NB 1345) - Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC).

c) *Materiais Indicados Para Compor as Camadas de Sub-base e Base de Pavimentos Novos*

c.1) Camada de Sub-base

Apesar dos estudos de misturas realizados pela Consultora, inclusive misturas para atender às solicitações do DER/MG, o material a ser indicado para compor a camada de sub-base será a mistura de 7 (sete) partes de material granular do depósito e 3 (três) partes de material fresado proveniente do depósito, em volume.

O reaproveitamento destes materiais, na execução de sub-base nova evitará a perda de materiais nobre e a utilização de bota-fora.

A área do depósito onde serão colocados os materiais provenientes da reconstrução da pista existente da rodovia MGC-262 será dividida em duas, uma área para depósito do material granular proveniente da base e sub-base da pista existente e a outra área para depósito do material fresado do revestimento da pista existente da rodovia MGC-262.

A área do depósito esta localizada a 1,7 km da estaca 203, lado esquerdo, ao lado do canteiro de obras

#### c.2) Camada de Base

No que diz respeito ao material de base, a Enecon continuará indicando a solução já adotada no projeto de 90% de bica corrida da pedra P-2 + 10% de argila do empréstimo EC-1, compactada na energia do proctor modificado, que considerada a solução economicamente mais viável. Adotar uma das soluções de mistura solicitadas pelo DER (bica corrida + argila + cimento e BGTC) acarretaria na necessidade da instalação de usina misturadora, o que oneraria bem o custo da execução da base, tendo ainda a aquisição do cimento. O tráfego mais representativo que utiliza a rodovia são na sua maioria carros de passeio, coletivos e veículos de carga (caminhões de lixo, e caminhões de mercadoria-tipo 2C para abastecer o comércio de Sabará), não havendo portando muito tráfego das chamadas carretas, viabilizando a indicação da proposta já indicada no projeto.

### 9.6 SONDAgens MISTAS NO TERRENO DE FUNDAÇÃO DAS OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Para verificação do terreno de fundação onde serão executadas as obras-de-arte especiais foram realizadas sondagens mistas, cujos locais são relacionados no quadro a seguir.

OBRA	ENTRE ESTACAS	SONDAGEM Nº	PROFUNDIDADE SONDADA (m)
Viaduto FCA	276+1,57 a 277+10,32	SM-E1	10,75
		SM-E2	0,00
		SM-E3	16,70
		SME-4	11,08
Ponte rio das Velhas	280+6,61 a 286+1,61	SM-E1	20,35
		SM-E2	17,10
		SM-P1	13,60
		SM-P2	8,63
		SM-P3	8,80
		SM-P4	8,60
		SM-P5	15,12
		SM-P6	15,30

Os resultados das sondagens foram passados ao setor de projetos de obras-de-arte especiais.

### 9.7 SONDAgens MISTAS NO TERRENO DE FUNDAÇÃO DA PONTE EXISTENTE SOBRE O RIO DAS VELHAS

Foram repassadas pelo DER/MG sondagens mistas realizadas na ponte existente sobre o rio das Velhas no ano de 2009, a saber.

OBRA	ENTRE ESTACAS	SONDAGEM Nº	PROFUNDIDADE SONDADA (m)
Ponte Existente	280+6,61 a 286+1,61	SRM-01	11,70

Sobre o Rio das Velhas		SRM-02	17,42
		SRM-03	15,25
		SRM-04	16,00
		SRM-05	11,50

Os resultados das sondagens foram passados ao setor de projetos de obras-de-arte especiais.

## 9.8 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE TODOS OS ESTUDOS REALIZADOS

Os resultados de todos os estudos geotécnicos apresentam-se no volume ANEXO 3B – ESTUDOS GEOTÉCNICOS.

## 10. PROJETO GEOMÉTRICO

### 3. PROJETO GEOMÉTRICO

#### 3.1 NORMAS ADOTADAS

Para o desenvolvimento do projeto da rodovia MGC-262, trecho Belo Horizonte-Sabará, as normas adotadas foram as constantes do Quadro 1 - Rodovias de Classe 1A - integrantes do Manual para Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT, edição de 1999 e orientação da Fiscalização do DER-MG.

Através de estudos e projetos já desenvolvidos anteriormente ( Anteprojeto ou Plano Funcional elaborado pela ENECON em 1998), as ocupações das áreas lindeiras à rodovia, além do aumento considerável do trânsito nesta ligação, optou-se pela duplicação da rodovia, a implantação ou ampliação de ruas laterais nos segmentos já urbanizados na tentativa de separar o tráfego local do de longa distância.

Das ruas ou avenidas transversais que chegam na rodovia, as principais foram contempladas com projeto de obras-de-arte especiais (trincheiras) que permitam o cruzamento da rodovia sem a interferência com o tráfego da mesma.

As seções transversais-tipo foram desenvolvidas atendendo-se as características da região e a ocupação nas margens da rodovia tendo-se definido que nos segmentos urbanizados a seção projetada contm passeios laterais na rodovia duplicada, ruas laterais e passeios no final dessas ruas. Fora dos segmentos urbanizados, a seção duplicada é completada por acostamentos nas laterais de 2,50 m cada e espaço de 1,00 m para a colocação de dispositivos de drenagem.

Em face às características topográficas da região, no projeto foram adotados, para as principais características técnicas de projeto da rodovia duplicada, os seguintes parâmetros:

Velocidade diretriz	60 km/h
Largura do Canteiro Central	2,00m
Largura das Faixas de Segurança	0,60m
Largura da pista de rolamento	7,00 m
Largura dos acostamentos	2,50 m
Largura dos dispositivos de drenagem	1,00 m
Faixa de domínio	80,00 m
Raio mínimo	100,00

Para o segmento urbanizado, a seção-tipo apresenta os seguintes parâmetros:

Velocidade diretriz	60 km/h
Largura do Canteiro Central	2,00m
Largura das Faixas de Segurança	0,60m
Largura da pista de rolamento	7,00 m
Largura dos Passeios Laterais na rodovia	2,00 m
Largura das Ruas Laterais	6,00 m
Largura dos Passeios no final da Rua Lateral	2,00m
Raio mínimo	100,00
Faixa de domínio	80,00 m

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

### 3.2.1 PLANIMETRIA

O projeto geométrico para duplicação da rodovia balizou-se no traçado da rodovia existente com pequenas retificações e ajustes nos raios de curvatura horizontais. Na elaboração do projeto citamos os principais pontos de melhoria na rodovia:

-estaca 275 a 305: projetado um novo viaduto paralelo ao existente sobre a ferrovia e ponte dupla sobre o rio das Velhas, além de melhoramentos nas alças para circulação de veículos, principalmente de caminhões de lixo que acessam ao aterro sanitário.

O trecho a ser duplicado, numa extensão de 783,21m, é praticamente todo urbanizado e as principais características técnicas de projeto são:

- extensão em tangente de 418,57 ou 53,44%.
- extensão em curva de 364,64 ou 46,56%.

Foram utilizadas 1 curva no alinhamento total, perfazendo 1,28 curvas por quilômetro.

### 3.2.2 ALTIMETRIA

No projeto altimétrico procurou-se adaptar o greide de projeto ao existente, sendo alterado apenas nos locais onde não se enquadra a norma e para melhoria no projeto de drenagem.

Utilizaram-se rampas máximas e mínimas dentro das solicitações das normas, obtendo-se a rampa máxima de 5,09% em 130,00 m e mínima de 0,22% em 63,21 m.

## 3.3 SEÇÃO TRANSVERSAL

A seção transversal aprovada proporciona uma pista de rolamento com 7,00 m de largura em cada sentido, acostamentos pavimentados com 2,50 m de largura cada, e ainda espaço para dispositivo de drenagem, com 1,00 m de cada lado em cortes e aterros.

## 3.4 NOTAS DE SERVIÇO

As notas de serviço, preparadas com utilização de computador, referem-se ao pavimento acabado.

A superelevação máxima preconizada pela norma é de 8,0% e a sua variação é feita pelo giro em torno do eixo.

Nas curvas com transição a variação é feita toda dentro da espiral, distribuindo a superelevação calculada em função do raio, no comprimento do Lc. Nas curvas circulares simples, a distribuição da superelevação é feita ao longo de um comprimento fictício de transição, admitindo-se uma variação de até 5,3% para cada 20,0 m.

A distribuição dessa variação de superelevação é feita 60% na tangente e 40% na curva.

## 3.5 INTERFERÊNCIA COM A REDE DA GASMIG

-estacas 0+0 a 20+0: interferência com o gasoduto da Gasmig, enterrado na borda da via existente, e saindo pela borda da Rua Elias Galeppe Farah. Esta rede está detalhada em planta e perfil do projeto. Apresenta-se a seguir a correspondência da Gasmig.

### 3.6 FAIXA DE DOMÍNIO

Previu-se uma faixa de domínio com largura igual a 40 m para cada lado do eixo, conforme orientação da fiscalização.

## 11. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

### 3. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O projeto de terraplenagem da rodovia MGC-262, no trecho entre Belo Horizonte e Sabará, foi desenvolvido tendo-se como referência, o anteprojeto (Plano Funcional) elaborado pela ENECON no ano de 1998, que direcionou os estudos para o detalhamento do novo projeto, estando ainda em conformidade com as recomendações contidas no Manual para Projeto de Rodovias Rurais do DNIT, cujo objetivo principal é a apresentação dos resultados obtidos e das prescrições a serem seguidas para a execução da terraplenagem.

Por se tratar de uma rodovia em toda a sua extensão urbanizada, o projeto foi desenvolvido para aumento de capacidade, contemplando a duplicação do corredor central e a criação ou ampliação de ruas laterais, objetivando que o tráfego local se desenvolva sem interferir na pista principal ou corredor central.

O presente projeto fundamenta-se nas informações obtidas dos estudos geológicos, ambientais, geotécnicos e topográficos, bem como nos dados fornecidos pelo projeto geométrico.

#### 3.2 CÁLCULO DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

Os volumes de terraplenagem foram obtidos a partir dos elementos fornecidos pelo projeto geométrico, partindo do greide de terraplenagem, através do método das áreas e semidistâncias entre as seções transversais com a utilização de aplicativo específico para computação gráfica.

Os volumes resultantes dos cortes são volumes geométricos. Os volumes necessários para a execução dos aterros foram multiplicados pelo fator de adensamento = 1,30. Para o cálculo de volumes, foi acrescentada à plataforma, uma sobrelargura de 0,20 m para cada lado em cortes e aterros como tolerância para os quantitativos da terraplenagem.

#### 3.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Os parâmetros básicos definidores das características geométricas no projeto de terraplenagem são:

- pista dupla com ruas laterais
  - canteiro central: 2,00 m;
  - faixas de segurança: 0,60 m (02);
  - pistas de rolamento: 7,00 m ( 02);
  - dispositivos de drenagem: 1,00 m (02);
  - passeios laterais: 2,00 m (02);
  - canteiros apos pista principal: largura variável (02);
  - ruas laterais: 6,00 m (02);
  - passeios laterais: 2,00 m (02).
  
- pista dupla sem ruas laterais
  - canteiro central: 2,00 m;
  - faixas de segurança: 0,60 m (02);
  - pistas de rolamento: 7,00 m (02);
  - acostamentos: 2,50 m (02);
  - dispositivos de drenagem: 1,00 m (02)

- largura da seção transversal da plataforma com o pavimento acabado, incluindo os dispositivos de drenagem: 24,20 m;
- espessuras do pavimento consideradas após a conclusão dos estudos geotécnicos:

SEGMENTO	Espessura
PISTA PRINCIPAL e RAMOS	38 cm
RUAS LATERAIS	34 cm

- inclinações dos taludes de cortes e aterros são:

cortes: solo: 3(V) : 2(H)

rocha: 8(V) : 1(H)

aterros: 2(V) : 3(H)

*Nota: para cortes em solo e aterros, fazer bancadas a cada 8 m de altura com largura de 4 m. Cortes em rocha as bancadas serão a cada 15 m de altura com largura de 2 m.*

### 3.4 ACABAMENTO DE TERRAPLENAGEM

O acabamento da terraplenagem é indicado no caso dos últimos 60 cm de coroamento de aterros com solos selecionados, prevendo-se, para a confecção dessas camadas, que o material atenda às características geotécnicas mínimas:

SEGMENTO	ISC	EXPANSÃO
Pista principal e Ramos	≥ 9%	≤ 2%
Ruas laterais	≥ 10%	≤ 2%

### 3.5 EMPRÉSTIMOS

Devido ao volume de escavação ter sido suficiente para a distribuição da terraplenagem, não foram indicados empréstimos ou alargamentos de cortes no trecho.

### 3.6 SUBSTITUIÇÃO DO MATERIAL DO SUBLEITO

Nos segmentos onde o subleito, na altura do greide de terraplenagem, pelos estudos geotécnicos, não obteve os limites mínimos de CBR de projeto e expansão, foi indicada a sua remoção e substituição por material selecionado e grau de compactação de 100% do Proctor internormal. Relacionam-se a seguir, os segmentos onde foram realizadas estas remoções do subleito (RS):

REMOÇÃO DO MATERIAL DO SUBLEITO ( RS )						
ESTACAS		ESPESSURA DO REBAIXO	VOLUMES m <sup>3</sup>		TIPO DE REMOÇÃO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL		ESCAVAÇÃO	REATERRO		
<b>PISTA PRINCIPAL + RAMOS E RUAS – LADO ESQUERDO</b>						
301+5=6+0	10	0,60	324	421	RS-01R17	BF-02 LE
Volume Total de Remoção de Subleito = <b>16.941 m<sup>3</sup></b>						

### 3.7 REBAIXAMENTO DE ROCHA

Nas escavações onde as sondagens detectaram a presença de rocha, foi indicado o rebaixamento na largura da plataforma em caixão, na profundidade de 1,00 m abaixo do greide de terraplenagem, considerando que os 40 cm finais serão preenchidos por material britado formando o colchão drenante e os 60 cm restantes por material selecionado, perfazendo as camadas finais da terraplenagem. Os segmentos com rebaixamento em rocha, verificados no trecho, estão relacionados como RR na planilha de distribuição de terraplenagem apresentada no VOLUME 2 - PROJETO EXECUTIVO e são relacionados a seguir:

REBAIXAMENTO NOS CORTES EM ROCHA						
ESTACAS		ESPESSURA DO REBAIXO	VOLUMES m <sup>3</sup>		TIPO DE REMOÇÃO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL		ESCAVAÇÃO	REATERRO		
<b>REBAIXAMENTO NOS CORTES EM ROCHA</b>						
ESTACAS		ESPESSURA DO REBAIXO	VOLUMES m <sup>3</sup>		TIPO DE REMOÇÃO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL		ESCAVAÇÃO	REATERRO		
289=18+6	20+4	1,00	151	118	RR-01R17	BF-02 LE
276+5=31+0	40+5	1,00	700	546	RR-02R17	BF-02 LE
VOLUME TOTAL DE REBAIXAMENTO DE CORTES EM ROCHA = <b>7.798 m<sup>3</sup></b>						

### 3.8 BOTA-FORA

Foram estudados e indicados como locais destinados a depositar os materiais de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categorias, um segmento margeando a rodovia no lado direito, entre as estacas 73+0,00 a 81+0,00 e outro segmento no lado esquerdo entre as estacas 258+0,00 a 260+0,00 também às margens da rodovia atual e, dentro dos limites da faixa de domínio.

Está previsto o adensamento desses materiais, na mesma energia de compactação do corpo de aterro. Na sequência apresentamos os volumes e locais de materiais destinados a bota-foras.

ORIGEM	ESTACAS	VOLUMES	CATEGORIA	DESTINO
<b>LADO ESQUERDO</b>				
C-01R17	307+5=0+0,00 a 20+0,00	41	2 <sup>a</sup> CAT	BF-02 LE
C-01R17	307+5=0+0,00 a 20+0,00	41	3 <sup>a</sup> CAT	BF-02 LE
RS-01R17	301+5=6+0,00 a 10+0,00	324	1 <sup>a</sup> CAT	BF-02 LE
RR-01R17	289=18+6,00 a 20+4,00	151	3 <sup>a</sup> CAT	BF-02 LE
C-02R17	276+5=31+0,00 a 40+9,18	4916	1 <sup>a</sup> CAT	BF-01 LD
C-02R17	276+5=31+0,00 a 40+9,18	1401	2 <sup>a</sup> CAT	BF-01 LD
C-02R17	276+5=31+0,00 a 40+9,18	4763	3 <sup>a</sup> CAT	BF-01 LD
RR-02R17	276+5=31+0,00 a 40+5,00	700	3 <sup>a</sup> CAT	BF-02 LE
<b>LADO DIREITO</b>				
RS-01PP	127+10,00 a 129+10,00	173	1 <sup>a</sup> CAT	BF-01 LD
RS-02PP	130+10,00 a 132+10,00	198	3 <sup>a</sup> CAT	BF-01 LD
<b>TOTAL</b>		<b>12.708m<sup>3</sup></b>		

VOLUMES TOTAIS POR BOTA-FORA						
ESTACAS		VOLUMES POR CATEGORIA (M³)			VOLUMES TOTAIS	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL	1ª CAT	2ª CAT	3ª CAT		
73+0	81+0	5.089	1.401	4.961	<b>11.451</b>	BF-01 LD
258+0	260+0	324	41	892	<b>1.257</b>	BF-02 LE

### 3.9 DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS

A distribuição dos materiais escavados foi realizada de maneira a se atender às características geotécnicas discriminadas nos itens anteriores e referentes às diversas fases ou operações da terraplenagem.

A execução da terraplenagem deverá, portanto, ser criteriosamente conduzida, de maneira que a utilização dos melhores materiais seja orientada como especificado no projeto.

As distâncias de transportes para compensação foram calculadas com base nas posições dos centros de gravidade dos maciços, medidas no perfil.

A execução das obras deverá ser bem conduzida de maneira a não interromper o tráfego durante este período. O tráfego deverá ser desviado para um lado da rodovia, enquanto se constrói o outro. Em virtude desse fato, utilizou-se retornos nas extremidades da rodovia projetada para o transporte dos materiais durante a fase de terraplenagem.

### 3.10 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Com base nos estudos geológicos e nas sondagens do subleito foi feita a classificação dos cortes a escavar, de acordo com as especificações gerais do DNER-ES T 03-07. Na planilha de distribuição de materiais são apresentados os segmentos e os volumes de escavação de 2ª e 3ª categorias. Apresentamos na sequência os volumes totais finais para essas duas categorias citadas:

- volume total de cortes em 2ª categoria ..... 2.206 m³
- volume total de cortes em 3ª categoria ..... 23.066 m³

### 3.11 COMPACTAÇÃO DE ATERROS

Nos quantitativos de compactação, o fator de adensamento utilizado foi de 30% para os materiais de 1ª e 2ª categorias. Os graus de compactação utilizados foram os seguintes:

- 80% PN (Proctor normal) para bota-fora;
- 100% PN (Proctor normal) para corpo de aterros;
- 100% PIN (Proctor Internormal) para camadas finais ou acabamento de terraplenagem.

OBS: O Proctor Internormal representa 1,5PN (uma vez e meia da energia do Proctor Normal) ou o cilindro de compactação moldado com 18 golpes.

Para materiais de 3ª categoria, a definição do empolamento foi estabelecida através de consulta junto a diferentes órgãos e empresas que já possuem experiência no uso de material rochoso para a confecção de aterros. As experiências mostram que na detonação de um

maciço rochoso, o volume de rocha fragmentada, aumenta na proporção de 40 a 50% do volume original. Desta relação resulta a adoção de fator de homogeneização de Fh = 0,70.

### 3.13 RESUMO DOS QUANTITATIVOS DE TERRAPLENAGEM

RESUMO DOS VOLUMES			
ESCAVAÇÃO ( $m^3$ )		DESTINO ( $m^3$ )	
1ª Categoria - Cortes	20.928	CORPO DE ATERRO	8.069
Empréstimos	-	ACABAMENTO DE TERRAPLENAGEM	7.824
Rebaixamento mat. rochoso do subleito	851	BOTA-FORA	12.456
Substituição material do subleito	324	<i>COMPACTAÇÃO DE ATERROS</i>	
2ª Categoria - Cortes	1.442	95%PIN (corpo aterro + bota-fora ) = 5.232 $m^3$	
3ª Categoria - Cortes	4.804	Construção Bota-Fora em Rocha = 8.079 $m^3$	
Volume Total Escavado	28.349	100% PIN (camadas finais) =6.018 $m^3$	

- Extensão total do trecho: 0,78 km;
- Escavação média por km: 36.344  $m^3/km$ .

## 12. PROJETO DE DRENAGEM

## 4. Projeto de Drenagem

### 4.1 DRENAGEM RODOVIÁRIA

#### 4.1.1 INTRODUÇÃO

Os diversos dispositivos de drenagem projetados vão possibilitar uma adequada proteção da rodovia.

A vazão correspondente ao deflúvio proveniente das precipitações pluviométricas foi determinada pelos métodos expostos nos Estudos Hidrológicos. A partir da referida vazão, procedeu-se à verificação da capacidade das obras existentes ou ao dimensionamento hidráulico de novas obras para a complementação do sistema de drenagem.

Tratando-se do aproveitamento da diretriz básica de uma ligação rodoviária existente, o projeto ora proposto procurou aproveitar as obras de drenagem existentes.

A proteção ambiental, principalmente no aspecto de proteção contra erosão, foi considerada em todas as etapas do projeto, procurando-se dotar o sistema de medidas preventivas tais como:

- Emprego de dissipadores de energia;
- Redução da declividade das obras;
- Revestimento adequado;
- Correto posicionamento dos dispositivos.

#### 4.2.1 OBRAS-DE-ARTE CORRENTES

Os bueiros tubulares existentes, em geral, se encontram em bom estado de conservação, sendo que alguns são insuficientes.

Estes são constituídos de tubos pré-moldados de concreto armado, nos diâmetros de 0,60 empregados em bueiros simples.

Nas planilhas, apresentadas no Volume 2 – Projeto de Execução, constam a localização, tipo, dimensão, lado de montante e cota, declividade, esconsidade, comprimento de todas as obras e serviços a serem executados.

A verificação hidráulica das obras existentes e o dimensionamento das obras novas constam do quadro apresentado no item - Estudos Hidrológicos.

#### 4.2.2 DRENAGEM SUPERFICIAL

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial foi feito através da determinação da seção de vazão, calculada mediante a fórmula de Manning e associada à equação da continuidade, sendo determinado da forma abaixo descrita.

- *Vazão contribuinte*: calculada pelo método racional para uma precipitação pluviométrica com tempo de recorrência de 10 anos e tempo de concentração de 10 minutos. Os coeficientes de escoamento adotados foram:

- . plataforma:  $C = 0,90$ ;
- . taludes gramados:  $C = 0,65$ ;
- . terreno natural entre off-set e as valetas de proteção:  $C = 0,55$ ;
- *Capacidade de vazão*: estabelecida pela fórmula de Manning associada à equação da continuidade, considerando um coeficiente de rugosidade:
  - n = 0,015 – elementos de concreto
  - n = 0,025 – revestimento em grama

O comprimento crítico é atingido quando a vazão contribuinte se equipara à capacidade de escoamento do dispositivo em estudo. Os resultados obtidos são apresentados no final deste capítulo.

Os elementos que compõem o sistema de drenagem proposto são relatados, resumidamente, a seguir, constando os respectivos desenhos do álbum de projetos tipo de drenagem do DNER.

#### ❖ *Valetas de Proteção de Cortes E Aterro*

Prevê-se o emprego de valetas de proteção com objetivo de interceptar as águas que escoam pelo terreno à montante, impedindo-as de alcançar o corpo estradal, ou mesmo as águas que escoam pelas encostas naturais de montante que tenderiam a atingir o pé dos taludes de aterro. Foram utilizadas as valetas VP-02 e VP-03.

#### ❖ *Sarjetas*

As sarjetas serão de concreto e foram indicadas nos pontos baixos nos dois lados do trecho em tangente ou unilateralmente, trecho em curva, quando a superelevação do projeto dispensar proteção adicional. Foram utilizados os seguintes tipos de sarjeta:

- Em Aterro: SCA 60/15 e SCA 60/20.
- Em Corte: SCC 70/15, SCC 70/20, SCC 80/20 e SCC 90/25.

#### ❖ *Sarjeta de Canteiro Central*

Esta sarjeta foi indicada na drenagem do canteiro central apresentado no projeto de sinalização viária, constando de barreira New Jersey em ambos os lados do canteiro. Terá a finalidade de captar as águas provenientes da pista, será revestida em concreto do tipo Especial – SCC-E.

O detalhe da drenagem junto a barreira central é apresentado no final deste ítem.

#### ❖ *Entradas d'Água*

Foram indicados os tipos SDA01 e SDA02 nas extremidades a jusante das sarjetas e nos pontos baixos existentes no greide, de forma a conduzir, de maneira segura, o fluxo d'água para o terreno natural ou para as descidas d'água.

#### ❖ *Descidas d'Água em corte*

As descidas d'água em cortes são dispositivos utilizados nos taludes de corte, com a finalidade de interceptar talvegues secundários e conduzir estas águas para uma caixa coletora de bueiro de greide, levando-as para fora do corpo estradal. No trecho em estudo será utilizada a do tipo DSC01.

#### ❖ *Descidas d'água em Aterro em Degraus*

Prevê-se a construção deste elemento de drenagem nos taludes de aterro, nos locais em que a extremidade de jusante do dispositivo estiver acima do terreno natural, isto é, sobre a saia do aterro. Essa obra também poderá ser empregada em locais onde o lançamento do fluxo drenado se fizer em terrenos naturais de forte declividade e propensos à erosão. Serão executadas em concreto armado. Será utilizada a do tipo DSA03A.

#### ❖ *Dissipadores de Energia*

São destinados a evitar erosões nas extremidades das saídas de sarjetas, valetas, descidas d'água e bueiros. Foram projetados dissipadores de energia dos tipos DEB-03.

### 4.2.3 DRENAGEM PROFUNDA

Os dispositivos de drenagem foram indicados com base nas sondagens e resultados dos ensaios e observações de campo.

Em função da presença de umidade, posições relativas das camadas de permeabilidades diferentes, presença de camadas impermeáveis, surgência de minas d'água nas proximidades, etc., foram projetados os seguintes dispositivos:

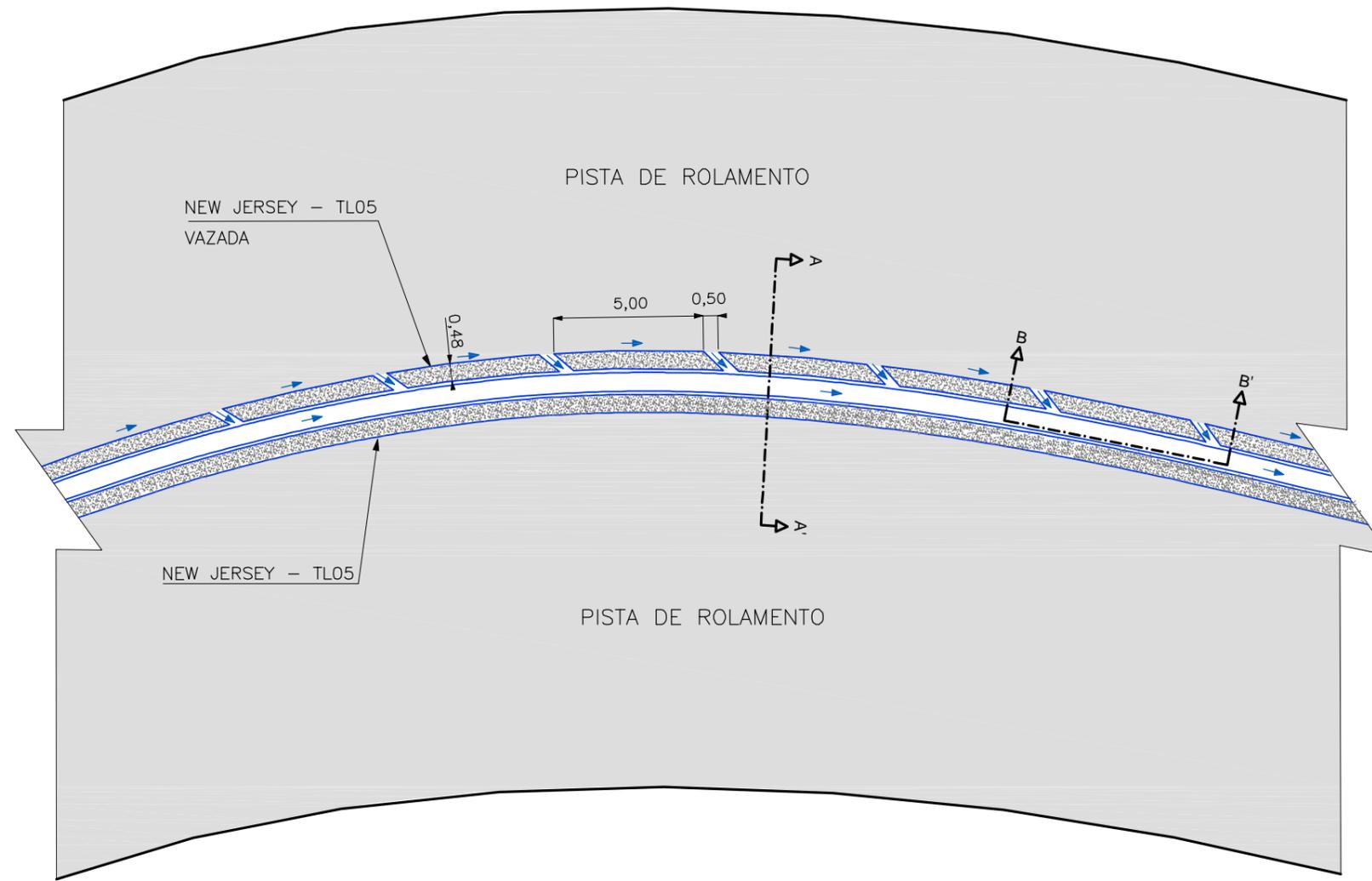
- Dreno profundo longitudinal para solo tipo DPS02-B;
- Camada drenante para rocha, com espessura mínima de 30 cm e máxima de 40 cm, em função das irregularidades da superfície cortada;

### 4.3 ANEXOS

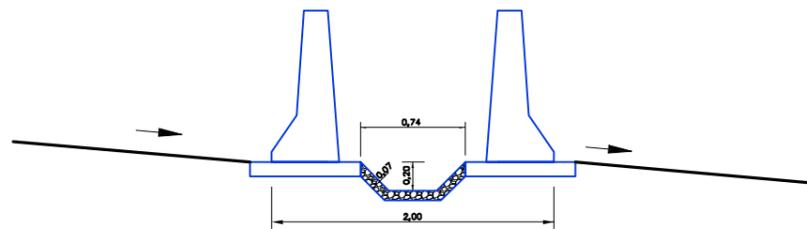
Na seqüência apresentam-se:

- Detalhe da Drenagem do Canteiro Central;
- Comprimento Crítico dos Dispositivos de Drenagem Superficial;
- Fichas de Cadastro dos Bueiros Existentes;
- Cálculo da fundação dos bueiros tubulares e celulares novos e prolongados;

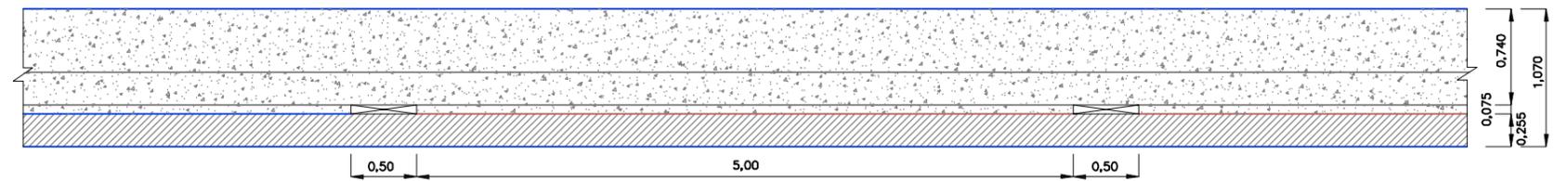
**Planta**  
 ESCALA - 1:200



**Corte AA'**  
 ESCALA - 1:50



**Corte BB'**  
 ESCALA - 1:50



OBSERVAÇÕES:  
 DIMENSÕES EM METROS

DETALHE DA DRENAGEM DO CANTEIRO CENTRAL



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

COMPRIMENTO CRÍTICO DE VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE

**TIPO: DR.VP - 02 ( 75 x 50 )**

( REVESTIMENTO : Grama )

Fórmula de Manning

Am = 0,315 m<sup>2</sup>

Pm = 1,540 m

Rh = 0,205 m

n = 0,030

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Faixa de Contribuição ( m )	Declividades ( % )									
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
10,0	1.914	2.706	3.315	3.827	4.279	4.688	5.063	5.413	5.741	6.052
20,0	957	1.353	1.657	1.914	2.140	2.344	2.532	2.706	2.871	3.026
30,0	638	902	1.105	1.276	1.426	1.563	1.688	1.804	1.914	2.017
40,0	478	677	829	957	1.070	1.172	1.266	1.353	1.435	1.513
50,0	383	541	663	765	856	938	1.013	1.083	1.148	1.210
60,0	319	451	552	638	713	781	844	902	957	1.009
70,0	273	387	474	547	611	670	723	773	820	865
80,0	239	338	414	478	535	586	633	677	718	756
90,0	213	301	368	425	475	521	563	601	638	672
100,0	191	271	331	383	428	469	506	541	574	605

$$L = 7.654,9 \times \sqrt{i} / (C \times L_v)$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da valeta ( % )

L<sub>v</sub> = Faixa de contribuição ( m )

C = Coeficiente de escoamento ( terreno natural )

Variável

0,40



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE

**TIPO: DR.VP - 03 ( 75 x 50 )**

( REVESTIMENTO : Concreto )

Fórmula de Manning

Am = 0,315 m<sup>2</sup>

Pm = 1,540 m

Rh = 0,205 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Faixa de Contribuição ( m )	Declividades ( % )									
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
10,0	3.827	5.413	6.629	7.655	8.558	9.375	10.126	10.826	11.482	12.103
20,0	1.914	2.706	3.315	3.827	4.279	4.688	5.063	5.413	5.741	6.052
30,0	1.276	1.804	2.210	2.552	2.853	3.125	3.375	3.609	3.827	4.034
40,0	957	1.353	1.657	1.914	2.140	2.344	2.532	2.706	2.871	3.026
50,0	765	1.083	1.326	1.531	1.712	1.875	2.025	2.165	2.296	2.421
60,0	638	902	1.105	1.276	1.426	1.563	1.688	1.804	1.914	2.017
70,0	547	773	947	1.094	1.223	1.339	1.447	1.547	1.640	1.729
80,0	478	677	829	957	1.070	1.172	1.266	1.353	1.435	1.513
90,0	425	601	737	851	951	1.042	1.125	1.203	1.276	1.345
100,0	383	541	663	765	856	938	1.013	1.083	1.148	1.210

$$L = 15.309,7 \times \sqrt{i} / (C \times L_v)$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da valeta ( % )

L<sub>v</sub> = Faixa de contribuição ( m )

C = Coeficiente de escoamento ( terreno natural )

Variável

0,40



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE CORTE

**TIPO: DR. SCC - 70/15**

Fórmula de Manning

Am = 0,053 m<sup>2</sup>

Pm = 0,782 m

Rh = 0,067 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Altura do Corte ( m )	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
1,0	72	102	125	145	162	177	191	205	217	229	251	271
2,0	69	97	119	137	153	168	181	194	206	217	238	257
2,5	67	95	116	134	150	164	177	189	201	211	232	250
3,0	65	92	113	130	146	160	173	184	196	206	226	244
3,5	64	90	110	127	142	156	168	180	191	201	220	238
4,0	62	88	108	124	139	152	164	176	186	196	215	232
5,0	59	84	103	119	133	145	157	168	178	188	206	222
6,0	57	80	98	114	127	139	150	161	170	180	197	212
7,0	54	77	94	109	122	133	144	154	163	172	189	204
8,0	52	74	91	105	117	128	138	148	157	165	181	196

$$L = 1.211,7 \times \sqrt{i} / ( 0,90 \times Lp + 0,65 \times Lt + 0,55 \times Lv )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista ( m )

10,60

Lt = Largura do talude ( m )

Variável

Lv = Distância do off-set a valeta de proteção ( m )

3,0



PROJETO DE DRENAGEM  
RODOVIA : MGC-262  
Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE CORTE

**TIPO: DR. SCC - 70/20**

Fórmula de Manning

Am = 0,070 m<sup>2</sup>

Pm = 0,821 m

Rh = 0,085 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Altura do Corte ( m )	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
1,0	113	160	196	226	253	277	299	320	339	358	392	423
2,0	107	152	186	215	240	263	284	303	322	339	372	401
2,5	105	148	181	209	234	256	277	296	314	331	362	391
3,0	102	144	177	204	228	250	270	288	306	322	353	381
3,5	99	141	172	199	222	244	263	281	298	315	345	372
4,0	97	137	168	194	217	238	257	275	291	307	337	363
5,0	93	131	161	186	207	227	245	262	278	293	321	347
6,0	89	126	154	178	199	217	235	251	266	281	308	332
7,0	85	120	147	170	190	208	225	241	255	269	295	318
8,0	82	116	142	163	183	200	216	231	245	258	283	306

$$L = 1.894,5 \times \sqrt{i} / ( 0,90 \times Lp + 0,65 \times Lt + 0,55 \times Lv )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista ( m )

10,60

Lt = Largura do talude ( m )

Variável

Lv = Distância do off-set a valeta de proteção ( m )

3,0



PROJETO DE DRENAGEM  
RODOVIA : MGC-262  
Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE CORTE

**TIPO: DR.SCC - 80/20**

Fórmula de Manning

Am = 0,080 m<sup>2</sup>

Pm = 0,915 m

Rh = 0,087 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Altura do Corte ( m )	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
1,0	131	186	228	263	294	322	348	372	394	416	456	492
2,0	125	176	216	249	279	305	330	353	374	394	432	466
2,5	121	172	210	243	272	298	321	344	364	384	421	455
3,0	118	168	205	237	265	290	313	335	355	375	410	443
3,5	116	164	200	231	259	283	306	327	347	366	401	433
4,0	113	160	196	226	252	277	299	319	339	357	391	422
5,0	108	152	187	216	241	264	285	305	323	341	374	403
6,0	103	146	179	206	231	253	273	292	310	326	357	386
7,0	99	140	171	198	221	242	262	280	297	313	343	370
8,0	95	134	165	190	212	233	251	269	285	300	329	355

$$L = 2.201,9 \quad \times \quad \sqrt{i} \quad / \quad ( 0,90 \times Lp + 0,65 \times Lt + 0,55 \times Lv )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista ( m )

10,60

Lt = Largura do talude ( m )

Variável

Lv = Distância do off-set a valeta de proteção ( m )

3,0



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

## COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE CORTE

**TIPO: DR.SCC - 90/25**

Fórmula de Manning

Am = 0,113 m<sup>2</sup>

Pm = 1,050 m

Rh = 0,107 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Altura do Corte ( m )	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
1,0	212	300	367	424	474	519	560	599	635	670	734	793
2,0	201	284	348	402	449	492	531	568	602	635	696	751
2,5	196	277	339	391	438	479	518	554	587	619	678	732
3,0	191	270	331	382	427	467	505	540	573	604	661	714
3,5	186	263	323	372	416	456	493	527	559	589	645	697
4,0	182	257	315	364	407	445	481	514	546	575	630	680
5,0	174	246	301	347	388	425	459	491	521	549	602	650
6,0	166	235	288	332	372	407	440	470	499	526	576	622
7,0	159	225	276	319	356	390	422	451	478	504	552	596
8,0	153	216	265	306	342	375	405	433	459	484	530	573

$$L = 3.546,6 \times \sqrt{i} / ( 0,90 \times Lp + 0,65 \times Lt + 0,55 \times Lv )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista ( m )

10,60

Lt = Largura do talude ( m )

Variável

Lv = Distância do off-set a valeta de proteção ( m )

3,0



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE CANTEIRO CENTRAL ESPECIAL

**TIPO: SCC - E**

Fórmula de Manning

Am = 0,104 m<sup>2</sup>

Pm = 0,895 m

Rh = 0,116 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,6 mm/h

Geometria	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
Curva	234	330	405	467	522	572	618	661	701	739	809	874
Tangente	2.615	3.698	4.529	5.229	5.846	6.404	6.917	7.395	7.844	8.268	9.057	9.783

$$L = 3.460,9 \times \sqrt{i} / (0,90 \times Lp + 0,90 \times Lc)$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista ( m ) - curva 10,60

Lp = Largura da pista ( m ) - tangente 0,00

Lc = Largura do canteiro ( m ) 2,00



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGC-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE ATERRO

TIPO: DR.SCA - 60/15

Fórmula de Manning

Am = 0,045 m<sup>2</sup>

Pm = 0,732 m

Rh = 0,062 m

n = 0,015

POSTO: Belo Horizonte

Tr = 10 anos

Tc = 10 minutos

I = 171,60 mm/h

Geometria	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
Tangente	73	103	126	145	162	178	192	205	218	230	252	272

$$L = 980,0 \times \sqrt{i} / ( 0,90 \times Lp )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista - em tangente ( m )

10,60



PROJETO DE DRENAGEM

RODOVIA : MGT-262

Trecho: Belo Horizonte - Sabará

### COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA DE ATERRO

TIPO: DR.SCA - 60/20

Fórmula de Manning

$A_m = 0,060 \text{ m}^2$

$P_m = 0,785 \text{ m}$

$R_h = 0,076 \text{ m}$

$n = 0,015$

POSTO: Belo Horizonte

$T_r = 10 \text{ anos}$

$T_c = 10 \text{ minutos}$

$I = 171,60 \text{ mm/h}$

Geometria	Declividades ( % )											
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
Tangente	112	158	194	224	250	274	296	317	336	354	388	419

$$L = 1.510,6 \times \sqrt{i} / ( 0,90 \times L_p )$$

L = Comprimento crítico ( m )

i = Declividade da sarjeta ( % )

Lp = Largura da pista - em tangente ( m )

10,60







## 13. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

## 13. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO DA PISTA NOVA E RESTAURAÇÃO DA PISTA EXISTENTE

### 13.1 Introdução

O projeto de restauração da pista existente e o projeto de pavimentação da pista nova do trecho Belo Horizonte – Sabará, da rodovia MGC-262, com extensão aproximada de 6,14 km, foi desenvolvido com base no Termo de Referência para Elaboração de Projeto Final de Engenharia Rodoviária para Restauração e Aumento de Capacidade (Duplicação), contidos no Edital TP Nº 057/2010, a partir dos parâmetros levantados nos estudos geotécnicos e nos estudos de tráfego.

Neste projeto para melhor entendimento dos serviços a serem executados na pista, ramos e interseções, iremos nos referenciar às seguintes denominações:

- ramos das interseções localizadas entre estacas 268+0 e 307+3,65.

### 13.2 Projeto de Restauração do Pavimento existente

O projeto de restauração contemplou as seguintes pistas existentes:

- ramos das interseções localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65.

O presente projeto foi elaborado com o objetivo de definir soluções de restauração do pavimento existente, de maneira que possa suportar a repetição das cargas do tráfego, em condições de conforto e segurança para os usuários, pelo período de 10 anos.

O projeto compreendeu a avaliação das características funcionais e estruturais do pavimento existente, a partir do que foi possível estabelecer as intervenções restauradoras, com adequado dimensionamento.

Para o projeto de restauração foram consideradas, ainda as seguintes premissas:

- Para o dimensionamento dos reforços do pavimento existente, foi considerado a princípio que todo o pavimento poderia ser aproveitado, independentemente das alterações ocorridas no projeto geométrico;
- Para a solução de restauração final, aí sim, foi levado em consideração as alterações ocorridas no traçado da rodovia pelo projeto geométrico.

#### 13.2.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS HISTÓRICOS DO PAVIMENTO EXISTENTE

Os dados históricos aqui citados referem-se somente a pista da rodovia MGC-262. Não foram encontradas informações dos ramos.

A pavimentação desse trecho foi concluída em 1960, com estrutura granular constituída de base e sub-base de canga de minério de ferro com espessura total de 30 cm, sendo revestida em CBUQ somente a pista de rolamento. Em 1979, a pista de rolamento foi revestida com CBUQ e os acostamentos, enchidos com canga de minério de ferro e revestidos com CBUQ somente em alguns segmentos.

Entre 1982 e 1990 foram feitas várias melhorias, principalmente no segmento (entre estaca 11+10,00 a estaca 65+10,00), onde houve uma maior concentração populacional, neste segmento foram executados alargamento da pista e construção de ruas laterais.

Em 2002 a Enecon elaborou um projeto do segmento entre o viaduto Borba Gato e o posto da Polícia Estadual, e, nesse mesmo ano, a Construtora Aterpa fez a construção desse segmento. O pavimento foi feito com a seguinte estrutura: revestimento em CBUQ com 10 cm, base de 15 cm, com canga de minério de ferro e sub-base de 18 cm, também com canga de minério de ferro.

Entre 2005 e 2007 foram feitas várias melhorias no segmento entre o posto da Polícia Estadual e Sabará. Em quase toda extensão desse segmento foram implantadas multivias e duplicação da pista, pela Construtora Melo Azevedo. O pavimento nos locais de alargamento para implantação da multivia e da pista nova nos locais de duplicação foi feito com a seguinte estrutura: revestimento em CBUQ com 7,5 cm, base de 15 cm e sub-base de 15 cm, ambas com canga de minério de ferro. O pavimento existente foi restaurado com 7,5 cm de CBUQ.

No ano de 2012 o trecho recebeu um recapeamento, em CBUQ, com espessura média de 5 cm somente na pista da rodovia MGC-262. Este recapeamento foi realizado antes da execução dos serviços de campo pela Consultora. As pistas de acesso ao anel rodoviário não foram contempladas com o recapeamento.

### 13.2.2 Caracterização Funcional e Estrutural do Pavimento Existente

Foi realizada avaliação de campo das características funcionais e estruturais do pavimento existente, compreendendo:

#### a) Avaliação das Características Funcionais

- Avaliação objetiva do pavimento (DNIT 006/2003 – PRO), cadastrando-se os defeitos ocorrentes, e definindo o IGG – Índice de Gravidade Global;
- Levantamento da condição de superfície do pavimento (DNIT 007/2003 – PRO);
- Medição da irregularidade transversal, das flechas nas trilhas de roda;
- Irregularidade longitudinal (QI ou IRI);

#### b) Avaliação das Características Estruturais

- Medição de deflexões máximas com o emprego da Viga Benkelman.
- Sondagem do pavimento existente.

### 13.2.3 Definição de Segmentos de comportamento Homogêneo

Para auxiliar na divisão do trecho em segmentos de comportamento homogêneo, a Projetista tomou como referência o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos - 2006, página 123 – Item: Definição de Segmentos Homogêneos, parágrafos 1, 2 e 4, cujos teores são transcritos a seguir.

*A análise poderá ser efetivada de forma mais consistente se for desenvolvida sobre um gráfico que contenha o maior número possível de informações e capaz de permitir o vislumbre espectral e a integração sintética de todos os elementos obtidos.*

*Os parâmetros que serão considerados para a divisão em termos de homogeneidade, serão aqueles que mais interessam para o desempenho do pavimento existente e para a eficácia de medidas de Restauração (e/ou reabilitação), entre as quais: estaqueamento ou quilometragem,*

*perfil de deflexões e raios de curvatura, flechas nas trilhas de rodas, constituição do pavimento existente, defeitos ocorrentes, irregularidade longitudinal e tráfego solicitante.*

*A definição dos segmentos homogêneos pode ser feita normalmente em bases subjetivas, valendo muito a experiência e o bom senso do projetista. Os valores individuais dos parâmetros de avaliação são plotados nos gráficos e, a partir de suas integrações gráficas, se estabelece o desenvolvimento longitudinal de cada parâmetro.*

Para divisão do trecho foram elaborados em microcomputador, diagramas lineares do pavimento, onde foram lançados:

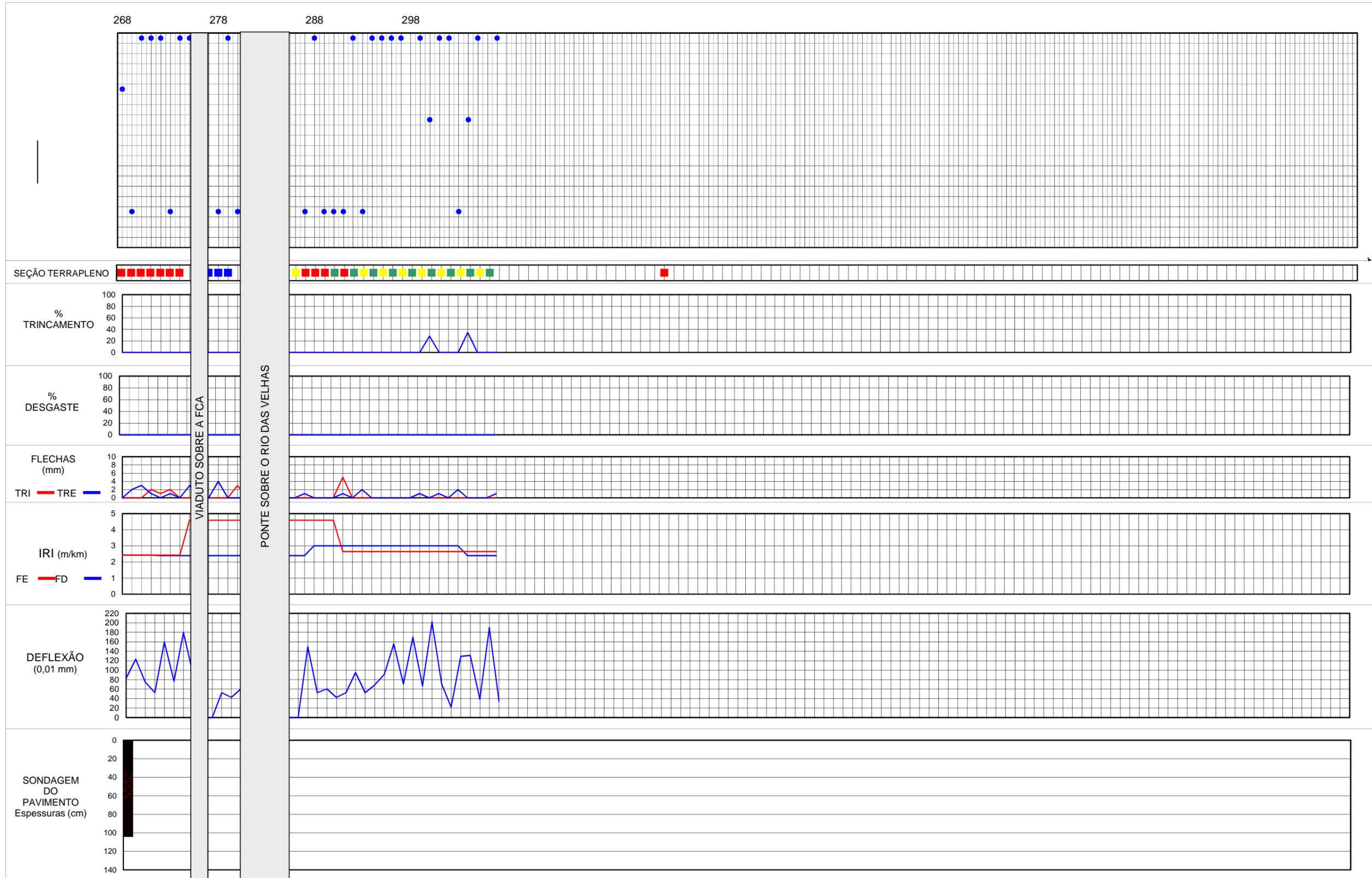
- Poligonal representativa das deflexões reversíveis máximas;
- Poligonais representativas das percentagens de trincas de classes 2 e 3;
- Representação das degradações superficiais ocorrentes;
- Flechas nas trilhas de roda (Irregularidade Transversal);
- Irregularidade longitudinal (IRI);
- Esquema da estrutura atual do pavimento, com espessuras e constituição das camadas;

Analisando-se as variações destes parâmetros ao longo do trecho, foram identificados dezenove segmentos de comportamento homogêneo.

Ressalta-se aqui que, como houve recapeamento da rodovia antes da realização dos levantamentos de campo (avaliações funcionais e estruturais), a divisão do trecho em segmentos de comportamento homogêneo ficou quase que totalmente restrito à análise das deflexões.

Os diagramas lineares do pavimento existente são apresentados a seguir.

# INVENTÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS



RODOVIA: MGC-262  
 TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ  
 SEGMENTO: PISTA PRINCIPAL  
 (Estaca 178+1,70 a Estaca 307+3,65)

<b>LEGENDA:</b> Revestimento - CBUQ Base de Canga de Minério Base de Saibro Base de Cascalho de Quartzo	Base de Solo-brita-cimento Base de Solo-brita Sub-base de Canga de Minério Sub-base de Saibro	Sub-base de Cascalho de Quartzo Sub-base de Solo-brita	<b>SEÇÕES DE TERRAPLENAGEM</b> Corte Aterro Seção Mista - Corte Seção Mista - Aterro Corte em Rocha
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 13.2.4 Avaliação das Características Funcionais e Estruturais do Pavimento Existente

A avaliação das características do pavimento atual compreendeu a definição para cada segmento de comportamento homogêneo, dos seguintes parâmetros:

- Trincamento (TR %), ou percentagem da área do pavimento que apresenta trincas de classes 2 e 3;
- Índice de Gravidade Global (IGG), calculado de acordo com o procedimento DNIT 006/2003 - PRO, a partir dos dados da Avaliação Objetiva (inventário dos defeitos).

Para cada segmento foram feitas análises estatísticas, empregando metodologia preconizada pelo DNIT, obtendo-se os parâmetros representativos dos segmentos, para futura avaliação funcional e estrutural do pavimento, quanto a:

- Flechas nas trilhas de roda, definindo a irregularidade transversal de cada segmento homogêneo;
- Irregularidade longitudinal (IRI);
- Deflexões recuperáveis;
- Raio de Curvatura (R).

As planilhas contendo os segmentos homogêneos, parâmetros funcionais e estruturais são apresentadas a seguir, juntamente com o cálculo do IGG obtido para cada segmento.











**PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I. G. G.)**

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ  PISTA PRINCIPAL (ESTACA268+0 A ESTACA 307+3,65)						DATA:	FOLHA:	
						SEGMENTO - N <sup>o</sup>		1
						EST / km	EST / km	
						268	286	
						EXT. (km)	0,54	
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	N I	FREQUÊNCIA RELATIVA	COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL	OBSERVAÇÕES		
1	(FC - 1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1	5,3	0,2	1,1			
2	(FC - 2) J, TB	0	0,0	0,5	0,0			
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0,0	0,8	0,0			
4	ALP, ATP	0	0,0	0,9	0,0			
5	O e P	0	0,0	1,0	0,0			
6	Ex	4	21,1	0,5	10,5			
7	D	0	0,0	0,3	0,0			
8	R	0	0,0	0,6	0,0			
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidos em mm nas TRI e TRE.	1,0		4/3 <sup>(1)</sup>	1,3			
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	1,7		1,0 <sup>(2)</sup>	1,7			
N <sup>o</sup> TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		19	SOMA IND. GRAVID. IND. = I. G. G.		15	Conceito: <b>ÓTIMO</b>		
1	IGI = F x 4/3 quando F <= 30	2	IGI = FV quando <= 50			OPERADOR		
	IGI = 40 quando F > 30		IGI = 50 quando FV > 50			CÁLCULO		
						VISTO		

RODOVIA: MGC-262 TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ  PISTA PRINCIPAL (ESTACA 268+0 A ESTACA 307+3,65)						DATA:	FOLHA:	
						SEGMENTO - N <sup>o</sup>		2
						EST / km	EST / km	
						286	307	
						EXT. (km)	0,42	
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	N I	FREQUÊNCIA RELATIVA	COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL	OBSERVAÇÕES		
1	(FC - 1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0,0	0,2	0,0			
2	(FC - 2) J, TB	2	10,0	0,5	5,0			
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0,0	0,8	0,0			
4	ALP, ATP	0	0,0	0,9	0,0			
5	O e P	0	0,0	1,0	0,0			
6	Ex	5	25,0	0,5	12,5			
7	D	0	0,0	0,3	0,0			
8	R	0	0,0	0,6	0,0			
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidos em mm nas TRI e TRE.	0,4		4/3 <sup>(1)</sup>	0,5			
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	0,8		1,0 <sup>(2)</sup>	0,8			
N <sup>o</sup> TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		20	SOMA IND. GRAVID. IND. = I. G. G.		19	Conceito: <b>ÓTIMO</b>		
1	IGI = F x 4/3 quando F <= 30	2	IGI = FV quando <= 50			OPERADOR		
	IGI = 40 quando F > 30		IGI = 50 quando FV > 50			CÁLCULO		
						VISTO		

**RESUMO DOS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE**

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

SEGMENTO HOMOGÊNEO			SOLICITAÇÃO TRÁFEGO Np	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO PAVIMENTO																					
				TIPO DE REVESTIMENTO	Dc Benkelman (0,01 mm)	FREQUÊNCIA RELATIVA DE DEFEITOS (%) DNIT 006/2003 - PRO										FLECHA (mm)	IRI (mm/km)		IGG		PERCENTAGEM DE ÁREA TRINCADA DNIT 007/2003 - PRO				
Nº	ESTACA		EXTENSÃO (m)			FC-2	FC-3	FC-2+ FC-3	AFUNDAMENTOS ALP/ATP	ONDULAÇÃO E PANELA	EXSUDAÇÃO	DESGASTE	REMENDO	VALOR	CONCEITO		VALOR	CONCEITO	FC-2	FC-3	FC-2+ FC-3	PANELA	REMENDO	TRINCAMENTO	
	INICIAL	FINAL		VALOR	CONCEITO											VALOR									CONCEITO
16	268 + 0,00	286 + 1,61	362	3,44,E+07	CBUQ	111	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,7	4,1	0,0	2	3,08	REGULAR	20	BOM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	286 + 1,61	307 + 3,65	422	3,44,E+07	CBUQ	147	9,5	0,0	9,5	0,0	0,0	28,6	0,0	0,0	1	2,65	BOM	20	BOM	3,2	0,0	3,2	0,0	0,0	3,2

### 13.2.5 Resultados dos Estudos Realizados

As condições funcionais e estruturais do pavimento existente são apresentadas resumidamente a seguir.

- Porcentagem de trincamento tipo FC-3 e FC-2 + FC-3 - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

DEFEITOS	TRINCAMENTO
FC-3 < 30% OU FC-2 + FC-3 < 50%	Baixo
FC-3 ≥ 30% ou FC-2 + FC-3 ≥ 50%	Elevado

As condições do pavimento existente, com referência ao trincamento são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Baixo	93,06	7,78 km
Elevado	6,94	0,58 km

- IGG - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	LIMITES
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

As condições do pavimento existente, com referência ao índice de gravidade global (IGG), são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Ótimo	33,01	2,76 km
Bom	57,66	4,82 km
Regular	2,39	0,20 km
Ruim	6,94	0,58 km
Péssimo	0,00	0,00 km

- Valores de IRI - enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	FAIXA		
Bom		IRI	≤ 3,0
Regular	3,0<	IRI	≤ 4,0
Mau	4,0<	IRI	≤ 5,5
Ruim	5,5<	IRI	

As condições do pavimento existente, com referência ao IRI, são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Bom	69,86	5,84 km
Regular	15,55	1,30 km
Mau	14,59	1,22 km
Péssimo	0,00	0,00 km

- Deflexão característica – enquadramento em intervalos de valores correspondentes aos conceitos:

CONCEITO	FAIXA		
Bom		$D_0$	$\leq 50$
Regular	$50 <$	$D_0$	$\leq 80$
Mau	$80 <$	$D_0$	$\leq 100$
Péssimo	$100 <$		

As condições do pavimento existente, com referência às deflexões ( $D_0$ ), considerando a deflexão admissível média do trecho ( $D_{adm}$ ) igual a 48 (PRO 11/79), são as seguintes:

CONCEITO	% DO TRECHO	EXTENSÃO CORRESPONDENTE
Bom	3,35	0,28 km
Regular	8,13	0,68 km
Mau	18,18	1,52 km
Péssimo	70,34	5,88 km

### 13.2.6 Restauração da Pista Existente

#### a) Generalidades

Para a restauração da pista de rolamento foram calculados os reforços do pavimento pelos procedimentos: PRO-10/79, PRO 11/79 e PRO- 264/94 (Tecnapav).

Os estudos foram individualizados para cada segmento homogêneo, conforme descrito a seguir, com base nas avaliações feitas em campo.

#### b) Aplicação do TECNAPAV (DNER-PRO 269/94)

Este método foi desenvolvido pelos eng<sup>os</sup> Ernesto Simões Preussler e Salomão Pinto, considerando a resiliência dos materiais, tendo sido normalizado como Procedimento PRO-269/94.

O dimensionamento foi efetuado na seguinte sequência:

- Definição da estrutura:
  - Camada 1 = Revestimento (CBUQ), espessura  $h_e$ ;
  - Camada 2 = Granulares (base + sub-base), espessura  $h_{cg}$ ;
  - Camada 3 = Subleito, tipo I, II ou III, em função do ISC e da percentagem de silte;

- Classificação do Solo da 3ª Camada

O solo da 3ª camada deverá ser classificado de acordo com a tabela abaixo, em solo tipo I ou tipo II ou tipo III

TABELA I – GRUPO DE SOLOS			
CBR (%)	S%		
	≤ 35	35 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

- Cálculo da espessura efetiva do revestimento existente (hef):

$$hef = -5,737 + (807,961/Dc) + 0,972 I_1 + 4,101 I_2$$

Onde:

hef = espessura efetiva, em cm;

Dc = deflexão do pavimento existente;

$I_1$  e  $I_2$  – Constantes relacionadas às características resilientes da 3ª camada da estrutura de referência.

Caso 1 – Espessura da camada granular (Hcg) é menor ou igual a 45 cm:

3ª Camada Tipo I:  $I_1 = 0$      $I_2 = 0$

3ª Camada Tipo II:  $I_1 = 1$      $I_2 = 0$

3ª Camada Tipo III:  $I_1 = 0$      $I_2 = 1$

Caso 2 – Espessura da da camada graular (Hcg) é maior do que 45 cm, adotar:  $I_1 = 0$  e  $I_2 = 1$

Caso 3 – O hef calculado deve estar compreendido entre os intervalos:

$$0 \leq hef \leq he \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } hef < 0, \text{ adotar } hef = 0 \\ \text{Se } hef > he, \text{ adotar } hef = he \end{array} \right.$$

Caso 4 – Quando o grau de trincamento do revestimento existente for superior a 50% ou somatório de FC-2+FC-3 > 80% e FC-3 > 30% pode ser conveniente adotar o limite inferior do hef, bem como considerar a solução de recapeamento em camadas integradas de CBUQ e PMQ, com a finalidade de minimizar o fenômeno de reflexão de trincas no revestimento projetado.

hef adotado é aquele obtido pelo próprio Tecnapav e sempre  $Hef \leq he$ .

A espessura efetiva a ser adotada para  $Dc > Dadm$ , será a que der espessura de reforço > 0, pois não se admite  $Dc > Dadm$  sem reforço estrutural.

Cálculo da Deflexão Admissível pelo Critério de Fadiga (Dadm):

$$\text{Log Dadm} = 3,148 - 0,188 \log N_p$$

Cálculo da Espessura Efetiva de Reforço em CBUQ (HR):

$$\text{HR} = -19,015 + (238,14 / \sqrt{D_c}) - 1,357 \text{ hef} + 1,016 I_1 + 3,893 I_2$$

*c) Aplicação do Procedimento DNER-PRO 10-79*

Este procedimento se origina de estudos do Prof. Armando Martins Pereira, a partir do "Test Method California 356-A".

Inicialmente foi estimada a vida útil do pavimento existente, tendo-se concluído que todos os segmentos encontram-se na fase de FADIGA, com deflexão superior à admissível.

Os parâmetros do pavimento existente foram comparados com os "Critérios para o Estabelecimento das Diretrizes do Projeto", definindo a hipótese e as intervenções necessárias.

Em seguida foi efetuado o dimensionamento do reforço, pelas expressões do procedimento.

*d) Aplicação do Procedimento DNER-PRO 11-79*

Este procedimento tem origem em estudos do argentino Adolfo Celestino Ruiz.

A aplicação deste procedimento aos segmentos homogêneos se iniciou com a avaliação estrutural, pelos critérios da tabela III.

Tabela III – Critérios para Avaliação Estrutural					
Hipótese	Dados Deflectométricos Obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério Para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	Boa	Não	-	Apenas Correções de Superfície
II	$D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$	Se $D_p \leq 3 D_{adm}$ Regular	Não	Deflectométrico	Reforço
		Se $D_p > 3 D_{adm}$ Má	Sim	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$	Regular para Má	Sim	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$	Má	Sim	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	-	Má O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas ( $IGG > 180$ )	Sim	Resistência	Reconstrução

*e) Apresentação dos Resultados Obtidos pelos Métodos de Dimensionamento*

Os resultados obtidos nos dimensionamentos de reforços pelo procedimento PRO 10/79, PRO 11/79 e Tecnapav são apresentados nas planilhas a seguir.

É apresentado também uma planilha com o resumo das soluções obtidas pelos métodos de dimensionamento e as soluções de reforço adotadas analisando os resultados obtidos pelos três métodos de dimensionamento, sem levar em consideração, ainda, as alterações ocorridas no projeto geométrico, tanto no traçado horizontal, quanto no traçado vertical.

A Consultora esta indicando a redução de 20% na espessura de reforço com o uso do asfalto-borracha, porque esta redução foi solicitada pelo DER/MG para o Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária para Melhoramentos e Pavimentação da Rodovia MG/353 – Goianá (Aeroporto) – Juiz de Fora (Localidade de João Ferreira), realizado por esta Consultora no ano de 2012 e início de 2013.











## CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DO SUBLEITO QUANTO AS CARACTERÍSTICAS RESILIENTES

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

Segmentos Homogêneos		% de Silte Que Passa na Peneira nº 200 (0,075 mm) (Subleito - 3ª Camada)				Hcg (cm)	ISC do Subleito (%)	Tipo de Solo	Valores das Constantes	
Nº	Estaca		P1	P2	S				I1	I2
	Inicial	Final	(% Diâmetro inferior a 0,005 mm)	(% Diâmetro inferior a 0,075 mm)	(% Silte)					
Pista Principal (Estaca 0 a Estaca 115+3,45)										
1	0 + 0,00	32 + 0,00	24,2	60,4	59,9	31	8,2	II	1	0
2	32 + 0,00	51 + 0,00	12,0	39,3	69,5	32	9,6	III	0	1
3	51 + 0,00	81 + 0,00	11,8	42,7	72,4	51	13,1	III	0	1
4	81 + 0,00	103 + 0,00	42,8	65,1	34,3	45	11,5	I	0	0
5	103 + 0,00	115 + 3,45	32,6	57,9	43,7	54	12,6	II	0	1
Pista Simples - Direita (Estaca 115+3,45 a Estaca 178+1,70)										
6PD	115 + 3,45	140 + 0,00	26,6	54,9	51,5	22	6,9	II	1	0
7PD	140 + 0,00	157 + 0,00	26,6	54,9	51,5	37	10,6	II	1	0
8PD	157 + 0,00	178 + 1,70	23,3	54,6	57,3	35	9,9	II	1	0
Pista Simples - Esquerda (Estaca 65+1,09 a Estaca 0)										
Igualdade: Estaca 115+3,45 (Pista Principal) = Estaca 65+1,09 (Pista Simples - Esquerda)										
9PE	65 + 1,09	51 + 0,00	16,8	46,7	64,0	45	10,5	II	1	0
10PE	51 + 0,00	29 + 0,00	33,1	57,5	42,4	38	10,6	II	1	0
11PE	29 + 0,00	10 + 0,00	13,9	51,8	73,2	31	6,1	III	0	1
12PE	10 + 0,00	0 + 0,00	23,0	55,5	58,6	30	10,8	II	1	0
Igualdade: Estaca 0 (Pista Simples - Esquerda) = Estaca 178+1,70 (Pista Principal)										
Pista Dupla - Multivia (Estaca 178+1,70 a Estaca 307+3,65)										
13	178 + 1,70	205 + 0,00	21,1	56,7	62,8	35	11,8	II	1	0
14	205 + 0,00	217 + 0,00	16,8	46,5	63,9	49	6,8	II	1	0
15	217 + 0,00	238 + 0,00	11,8	49,1	76,0	38	14,1	III	0	1
16	238 + 0,00	286 + 1,61	13,8	51,1	73,0	52	23,3	III	0	1
17	286 + 1,61	307 + 3,65	13,8	51,1	73,0	52	23,3	III	0	1
Acesso ao Anel (Pista Direita)										
18	0 + 0,00	29 + 0,00	15,6	41,4	62,3	53	11,2	II	0	1
Acesso ao Anel (Pista Esquerda)										
19	0 + 0,00	17 + 0,00	21,1	49,9	57,7	45	8,9	II	1	0
<b>CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS DE SOLOS</b>			% de Silte Que Passa na Peneira nº 200 (0,075 mm) (Subleito - 3ª Camada)							
O solo da 3ª camada (Subleito) deverá ser classificado de acordo com a tabela abaixo, em solo tipo I ou tipo II ou tipo III			$S = 100 \frac{P1}{P2} \times 100$							
Tabela I – Grupo de Solos			Valores das Constantes I1 e I2 a Serem Adotadas							
CBR (%)	S%			<b>Caso 1:</b> Espessura da Camada Granular (Hcg) é menor ou igual a 45 cm						
	≤ 35	35 a 65	> 65	3ª camada Tipo I:			I1 = 0	I2 = 0		
≥ 10	I	II	III	3ª camada Tipo II:			I1 = 1	I2 = 0		
6 a 9	II	II	III	3ª camada Tipo III:			I1 = 0	I2 = 1		
2 a 5	III	III	III	<b>Caso 2:</b> Espessura da Camada Granular (Hcg) é maior do que 45 cm						
							I1 = 0	I2 = 1		



### 13.2.7 Restauração dos Ramos Pavimentados

Para definição da solução de restauração dos ramos pavimentados estão coincidindo com os ramos projetados, localizados entre as estacas 0 e 115+3,65 da rodovia MGC-262, levou-se em consideração a falta de uma estrutura definida. Sabe-se que normalmente as ruas de bairros, principalmente as de menor importância, são pavimentadas sem critérios técnicos, sem projeto específico de pavimentação, isto pode ser observado nas sondagens do pavimento existente, em que o revestimento foi lançado diretamente, em alguns segmentos, sobre o subleito. Com isto, propõem-se a reconstrução total para estes ramos pavimentados através da execução de pavimento novo.

Estes ramos serão incorporados ao projeto de pavimentação e tratados como pavimentos novos, cujo dimensionamento e detalhamento das soluções estão sendo apresentado no item 13.3 – Projeto de Pavimentação, deste capítulo.

No quadro abaixo são listados os segmentos de ramos pavimentados que serão reconstruídos e executados pavimentos novos.

RAMOS	LOCALIZAÇÃO DO SEGMENTO A SER RECONSTRUÍDO, NO RAMO ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	LADO DO RAMO EM RELAÇÃO AO EIXO PROJETADO
	INICIAL	FINAL		
Ramo 19	0	9	180	Lado Direito/ Lado Esquerdo
Ramo 23	0	2+15,877	55,877	Lado Direito
Ramo 24	0	1+9,704	29,704	Lado Esquerdo

### 13.2.9 Considerações Sobre o Estado Atual da Pista Existente

Como já foi mencionado, a pista da rodovia MGC-262 / trecho Belo Horizonte – Sabará, recebeu um recapeamento em 2012 (ano do término da obra de recapeamento) antes da realização dos serviços de campo, comprometendo os levantamentos das condições funcionais e estruturais.

Segundo informações obtidas, foi executado apenas o recapeamento do revestimento antigo, não ocorrendo nenhuma operação de tapa-buraco, fresagens, execução de CBUQ massa fina e etc, que evitasse uma propagação dos defeitos ocorrentes no pavimento antigo.

Mesmo após o recapeamento, a avaliação estrutural realizada pela viga Benkelman (medidas das deflexões) apresentou na maior parte do trecho valores elevados, já a avaliação funcional ficou comprometida devido a eliminação quase que total dos defeitos que porventura existiam no pavimento existente.

No levantamento funcional, o revestimento novo já apresentava sinais de que o recapeamento por si só não foi suficiente para eliminar ou retardar por mais tempo a reflexão dos defeitos no revestimento antigo.

Em 27/11/2013, a Enecon, através do seu setor de Pavimentação, retornou ao trecho para verificação da situação do pavimento, tendo em vista que após o recapeamento em 2012, o revestimento novo já estava apresentando problemas funcionais.

Esta visita ao trecho foi simplesmente para mostrar que, após  $\pm$  2anos, o recapeamento executado foi insuficiente e que as condições funcionais da rodovia sofreram bruscas

alterações. Estas alterações funcionais ocorridas não foram objetos de estudo por parte da Enecon.

As fotos abaixo mostram as condições atuais do pavimento existente.



Estaca 20 + 10,00 – Faixa Direita



Estaca 40 – Faixa Direita



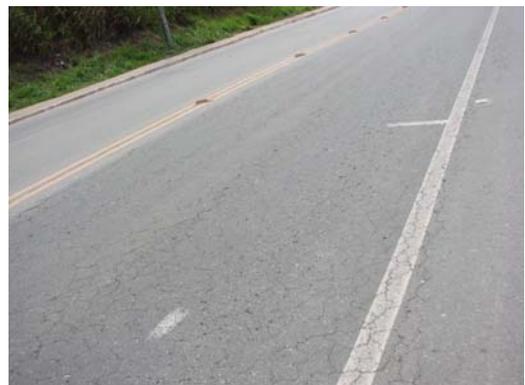
Estaca 60 – Faixa Direita



Estaca 70 – Faixa Esquerda



Estaca 75 – Faixa Esquerda



Estaca 107 – Faixa Direita



Entre Estaca 120 e 130 – Pista Direita



Estaca 190 – Faixa Direita



Estaca 195 – Pista Direita



Estaca 238 – Faixa Direita



Estaca 298+10,00 – Pista Direita



Estaca 300 – Faixa Direita

### 13.3 Projeto de Pavimentação

O projeto de pavimentos novos esta sendo indicado para as seguintes situações:

- na 2ª pista a ser construída;

- Nos segmentos onde houve alteração de traçado devido a passagens inferiores e mudanças no layout de interseções;
- Nos ramos das interseções localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65;

Para os segmentos de reconstrução do pavimento existente, da MGC-262, as soluções de pavimento novo estão sendo apresentadas no item 13.2.7- Soluções de Restauração Adotadas Para o Pavimento Existente, alínea “c” - Reconstrução do Pavimento Existente, deste capítulo.

Este projeto de pavimentação visa à concepção de uma estrutura que possa economicamente e tecnicamente suportar as solicitações impostas pelo tráfego, em condições de conforto e segurança para os usuários, por um período de 10 anos.

Foi desenvolvido com base no Termo de Referência para Elaboração de Projeto Final de Engenharia Rodoviária para Restauração e Aumento de Capacidade (Duplicação), contidos no edital TP Nº 057/2010.

O dimensionamento de pavimento novo foi desenvolvido, também, em função dos Estudos de tráfego, que definiu dois números “N” para o trecho, sendo um para a rodovia MGC-262, pistas de acesso ao anel e ramos das interseções (compreendidos entre estacas 115+3,45 e 307+3,65) e outro para os ramos ou ruas laterais (compreendidos entre estacas 0 e 115+3,45 (sendo definidas como ramos no projeto geométrico)) e nos valores de ISC de projeto definido pelos Estudos Geotécnicos.

O projeto de pavimentação contemplará os seguintes segmentos:

- Para número “N” igual a  $3,44 \times 10^7$

#### a) Pistas da Rodovia MGC-262

Os segmentos da rodovia MGC-262 que terão pavimentos em função da construção da 2ª pista e de reconstruções do pavimento existente são listados no quadro abaixo.

ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	SOLUÇÃO - PISTA	
INICIAL	FINAL		ESQUERDA	DIREITA
268	280+6,61	227	Pavimento Novo	-
286+1,61	307+3,65	422	Pavimento Novo	-

#### b) Avenida e Ramos

No quadro abaixo são listados os ramos e a avenida que terão a mesma estrutura da pista nova da MGC-262, tendo em vista que, apesar de serem chamados de ramos são na verdade alças de interseções e retornos. Normalmente em um dimensionamento de pavimento de rodovia, as interseções recebem a mesma estrutura da pista de rolamento.

SEGMENTO	ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	LOCALIZAÇÃO DO RAMO
	INICIAL	FINAL		
Ramo 19	0	16+12,33	332,33	Alça de saída – interseção do aterro sanitário
Ramo 20	0	3+6,69	66,69	Alça de acesso – interseção do aterro sanitário
Ramo 21	0	3+1,74	61,74	Alça de retorno – Interseção do aterro sanitário

Ramo 22	0	7+13,86	153,86	Alça de acesso – interseção do aterro sanitário
Ramo 23	0	2+15,88	55,88	Alça de entrada e saída – interseção ao bairro General Carneiro

Neste quadro, também estão inseridos os ramos pavimentados (ou que possuem parte de sua extensão pavimentada) que serão reconstruídos.

- Para número “N” igual a  $3,44 \times 10^6$

Para este número “N” de  $3,44 \times 10^6$  o dimensionamento de pavimentos novos contemplará os ramos (ruas laterais), que estão localizados do lado direito ou do lado esquerdo da rodovia MGC-262, entre as estacas 0 e 115 + 3,45.

No quadro a seguir são mostrados quais são estes ramos.

SEGMENTO	ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)
	INICIAL	FINAL	
Ramo 24	0	1+9,704	29,70

Neste quadro, também estão inseridos os ramos pavimentados (ou que possuem parte de sua extensão pavimentada) que serão reconstruídos.

Apesar do ramo 24 estar localizado entre estacas 115+3,45 a 307+3,65, a estrutura do mesmo será igual a dos ramos localizados no segmento entre estacas 0 a 115+3,45, pois o ramo 24 é um acesso secundário, sem expressão.

### 13.3.1 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NOVOS

#### 13.3.1.1 METODOLOGIA ADOTADA

O projeto de pavimentação foi elaborado utilizando-se o Método do DNER (Pavimentos Flexíveis), apresentado no Manual de Pavimentação do DNIT, edição 2006, sendo feito uma verificação do dimensionamento pelo Método da Resiliência, para um período de 10 (dez) anos.

#### 13.3.1.2 PARÂMETROS DE PROJETO

Os parâmetros intervenientes no método são descritos a seguir.

##### a) Número N

Os valores dos números equivalentes de operações do eixo padrão de 8,2 tf, para o período de 10 anos, foram obtidos dos estudos de tráfego, utilizando-se os fatores de equivalência do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e seus valores estão sendo apresentados no quadro a seguir.

SEGMENTO	NÚMERO “N”
ramos das Interseções (localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65)	$3,44 \times 10^7$

##### b) Índice Suporte do Subleito

Os valores de ISC do subleito foram definidos no âmbito dos estudos geotécnicos, a partir das

análises dos valores obtidos em laboratório e apresentados no Volume Anexo 3B – Estudos Geotécnicos, sendo apresentados no quadro abaixo:

SEGMENTO	ISC
ramos das Interseções (localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65)	9%

c) Espessura do Revestimento (R)

Para a obtenção das espessuras de revestimento pelo método do DNER foi utilizada a tabela 32, do Manual de Pavimentação, transcrita a seguir.

TABELA 32 – ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO	
N	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^6$	Tratamentos Superficiais Betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos Betuminosos com 5,0 cm de Espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto Betuminoso com 7,5 cm de Espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso com 10,0 cm de Espessura
$n > 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso com 12,5 cm de Espessura

As espessuras de revestimento obtidas pelos dois métodos são apresentadas nos quadros a seguir:

c.1) Método Tecnapav

SEGMENTO	NÚMERO “N”	DEFLEXÃO ADMISSÍVEL	TIPO DE SOLO	ESPESSURA DE REVESTIMENTO (cm)
ramos das Interseções (localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65)	$3,44 \times 10^7$	54	II	10,2

\* Os cálculos das espessuras de revestimento são apresentados no Item “Verificação do Pavimento Dimensionado Através do Método da Resiliência”, através da fórmula:

$$H_{CB} = -5,737 + \frac{807,961}{D_p} + 0,972I_1 + 4,101I_2$$

c.2) Método DNER

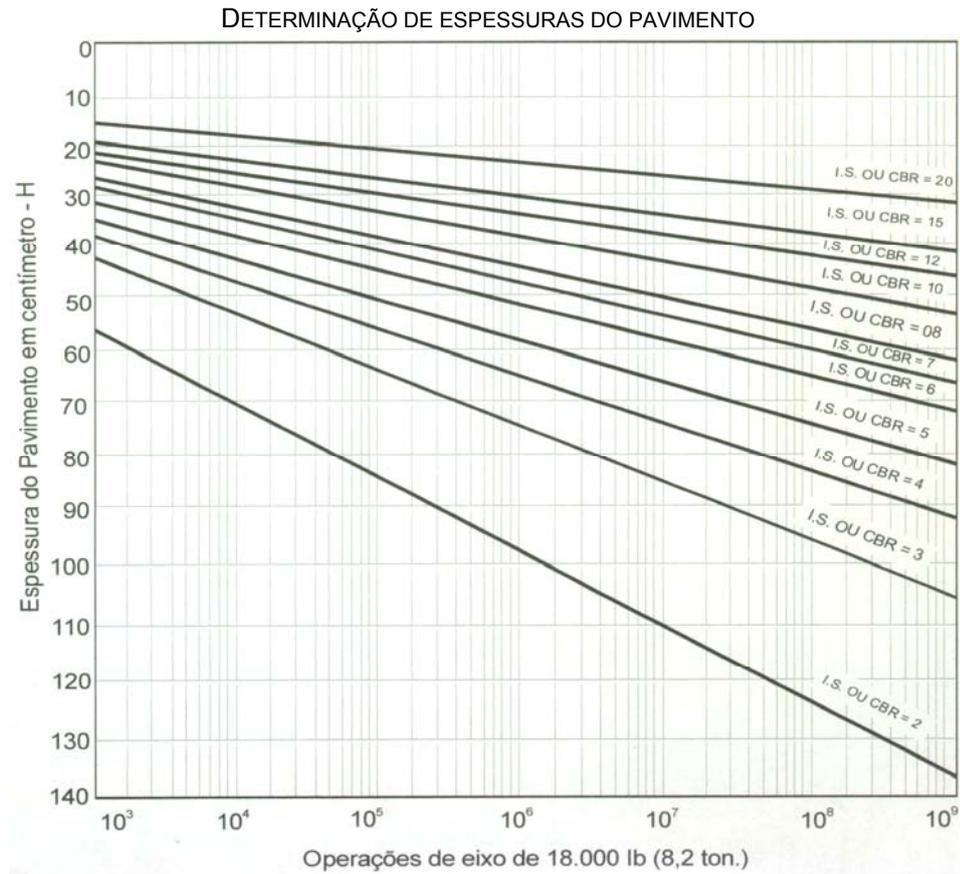
SEGMENTO	NÚMERO “N”	ESPESSURA DE REVESTIMENTO (cm)
ramos das Interseções (localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65)	$9,74 \times 10^6$	10,0

Analisando os resultados obtidos nas duas metodologias, a Consultora está indicando as seguintes espessuras de revestimento para os segmentos:

INDICAÇÃO DA CONSULTORA		
SEGMENTO	NÚMERO “N”	ESPESSURA DE REVESTIMENTO (cm)
ramos das Interseções (localizadas entre estacas 268+0 a 307+3,65)	$3,44 \times 10^7$	10

d) Ábaco para Determinação das Espessuras de Revestimento + Base ( $H_{20}$ ) e Espessura Total do Pavimento ( $H_T$ )

Para determinação das espessuras de  $H_{20}$  e  $H_T$ , foi utilizado o ábaco contido no Manual de Pavimentação do DNIT - página 149, sendo reproduzido abaixo.



### 13.3.1.3 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO - MÉTODO DO DNIT

#### a) Espessura Total do Pavimento ( $H_T$ )

Com o valor de  $N = 3,44 \times 10^7$  e ISC do subleito igual a 9%, obtêm-se no ábaco a espessura total do pavimento ( $H_T$ ), igual a 49 cm, com coeficiente de equivalência estrutural ( $K_{HT}$ ), igual a 1,00.

#### b) Espessura da Camada de base (B)

A espessura da camada de base (B) com coeficiente de equivalência estrutural ( $K_B$ ), igual a 1,00 é obtida pela resolução da inequação:  $R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$ , sendo:

$R$  = espessura do revestimento igual a 10,0 cm (espessura adotada para projeto);

$K_R$  = coeficiente de equivalência estrutural do revestimento, igual a 2,00;

$B$  = espessura da camada de base a ser calculada;

$K_B$  = coeficiente de equivalência estrutural da base, igual a 1,00;

$H_{20}$  = 27,0 cm (espessura obtida no ábaco com o valor de  $N = 3,44 \times 10^7$  e ISC= 20%).

Resolvendo a inequação: tem-se  $B \geq 7,0$  cm, sendo adotada a espessura de 15,0 cm para a camada de base.

c) Espessura da Camada de Sub-Base ( $h_{20}$ )

A espessura da camada de sub-base ( $h_{20}$ ) com coeficiente de equivalência estrutural ( $K_s$ ) igual a 1,00 é obtida, pela resolução da inequação:  $R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_s \geq H_T$ , sendo:

$R$  = espessura do revestimento igual a 10,0 cm (espessura adotada para projeto);

$K_R$  = coeficiente de equivalência estrutural do revestimento, igual a 2,00;

$B$  = espessura da camada de base igual a 15,0 cm;

$K_B$  = coeficiente de equivalência estrutural da base, igual a 1,00;

$h_{20}$  = espessura da camada de sub-base a ser calculada;

$K_s$  = coeficiente de equivalência estrutural da sub-base, igual a 1,00;

$H_T$  = 49,0 cm (espessura obtida no ábaco com o valor de  $N = 3,44 \times 10^7$  e  $ISC = 9\%$ ).

Resolvendo a inequação: tem-se  $h_{20} \geq 14,0$  cm, sendo adotada a espessura de 15,0 cm para a camada de sub-base.

d) Estrutura Obtida pelo Método do DNER

*d.1) Pistas da Rodovia MGC-262, Pistas de Acesso ao Anel, Ramos das Interseções*

- camada de rolamento (CBUQ - Faixa C) = 5,0cm;
- camada intermediária (CBUQ - Faixa B) = 5,0cm;
- base = 15,0 cm;
- sub-base = 15,0 cm.

### 13.3.2 VERIFICAÇÃO DO PAVIMENTO DIMENSIONADO ATRAVÉS DO MÉTODO DA RESILIÊNCIA

Procedeu-se a verificação dos pavimentos dimensionados pelo Método do DNER, utilizando-se o “Método da Resiliência”, proposto pelos engenheiros Ernesto Simões Preussler e Salomão Pinto, também conhecido como TECNAPAV.

Para obtenção da espessura de revestimento pelo método Tecnapav foi utilizada a expressão:

$$H_{CB} = -5,737 + \frac{807,961}{D_p} + 0,972I_1 + 4,101I_2$$

Sendo a deflexão admissível ( $\bar{D}$ ), calculada pela fórmula:

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \log N$$

Deflexão admissível para  $N = 3,44 \times 10^7 \rightarrow \bar{D} = (10)^{3,148 - 0,188 \log 34.400.000} \rightarrow \bar{D} = 54 \times 10^{-2}$  mm

Deflexão admissível para  $N = 3,44 \times 10^6 \rightarrow \bar{D} = (10)^{3,148 - 0,188 \log 3.440.000} \rightarrow \bar{D} = 83 \times 10^{-2}$  mm

Fazendo  $\bar{D} = D_p$ , onde  $D_p$  é igual a deflexão de projeto, tem-se as seguintes espessuras de revestimento:

a) Pistas da Rodovia MGC-262, Pistas de Acesso ao Anel, Ramos das Interseções (115+3,45 a 307+3,65) e Av. Josefino Gonçalves da Silva

$$H_{CB} = -5,737 + (807,961 / 54) + 0,972 \times 1 + 4,101 \times 0 \approx 10,2 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

b) Ramos (Ruas Laterais) localizados entre estacas 0 a 115+3,45

$$H_{CB} = -5,737 + (807,961 / 83) + 0,972 \times 1 + 4,101 \times 0 = 5 \text{ cm}$$

- Pistas da Rodovia MGC-262, Pistas de Acesso ao Anel, Ramos das Interseções (entre estacas 115+3,45 a 307+3,65) e Av. Josefino Gonçalves da Silva (Antiga Av. Josefino Gonçalves da Silva)

$$h_{cg} \leq 35 \text{ cm} \Rightarrow h_{cg} = h_b + h_{sb} + h_{ref} \Rightarrow 15 + 15 + 0 \leq 35 \text{ (OK)}$$

$$h_{cb} \times V.E. + h_{cg} \geq H_t \Rightarrow 10 \times 2,8 + 30 \geq 49 \Rightarrow 58 \geq 49 \text{ (OK)}$$

$$(H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \Rightarrow H_t = 49 \text{ cm})$$

- Ramos (Ruas Laterais) localizados entre estacas 0 a 115+3,45

$$h_{cg} \leq 35 \text{ cm} \Rightarrow h_{cg} = h_b + h_{sb} + h_{ref} \Rightarrow 15 + 16 + 0 \leq 35 \text{ (OK)}$$

$$h_{cb} \times V.E. + h_{cg} \geq H_t \Rightarrow 5 \times 3,0 + 31 \geq 41 \Rightarrow 46 \geq 41 \text{ (OK)}$$

$$(H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \Rightarrow H_t = 41 \text{ cm})$$

Onde V.E. (Coeficiente Estrutural do Revestimento Betuminoso)

COEFICIENTE ESTRUTURAL PARA CAMADAS BETUMINOSAS (V.E.)

TIPO DE SUBLEITO	NÚMERO N				
	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
I	4,0	4,0	3,4	2,8	2,8
II	3,0	3,0	3,0	2,8	2,8
III	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

### 13.3.3 ESTRUTURA ADOTADA PARA OS PAVIMENTOS NOVOS

A Consultora indica o asfalto borracha para composição do CBUQ, o que permite uma redução de 20% na espessura do CBUQ com asfalto convencional. Com isto, o revestimento terá as seguintes espessuras.

- Revestimento com 10 cm (CAP Convencional) / 1,20 = 8 cm com asfalto-borracha - faixa C.

- Revestimento com 5 cm (CAP Convencional) / 1,20 = 4 cm com asfalto-borracha - faixa C.

A Consultora está indicando a redução de 20% na espessura de revestimento com o uso do asfalto-borracha, porque esta redução foi solicitada pelo DER/MG para o Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária para Melhoramentos e Pavimentação da Rodovia MG/353 – Goianá

(Aeroporto) – Juiz de Fora (Localidade de João Ferreira), realizado por esta Consultora no ano de 2012 e início de 2013.

Com isto, as estruturas a serem adotadas para pavimentos novos:

- Camada de rolamento (CBUQ com asfalto-borracha - faixa C) = 4,0 cm;
- Camada intermediária (CBUQ com asfalto-borracha - faixa B) = 4,0 cm;
- Base = 15,0 cm;
- Sub-base = 15,0 cm.

Seqüência Construtiva:

- Fresagem e remoção total, em 100% da área, do revestimento existente da rodovia MGC-262, onde deverá ser executado pavimento novo em função das passagens inferiores e alterações nas interseções, e transporte para área de depósito de material fresado, localizada próxima ao canteiro de obras, para posterior utilização na sub-base nova (com mistura);
- Remoção de toda a camada granular (base e sub-base existentes), em 100% da área, da rodovia MGC-262, onde deverá ser executado pavimento novo em função das passagens inferiores e alterações nas interseções, numa espessura média de 30 cm e transporte para área de depósito localizada próxima ao canteiro de obras, para posterior aproveitamento como sub-base nova (com mistura);
- Regularização e compactação do subleito com a energia do Proctor internormal;
- Execução da camada de sub-base nova, através da mistura na pista, de 7 (sete) partes do material granular estocado no depósito (de material granular) com 3 (três) partes de material fresado proveniente do depósito (de material fresado), em volume, compactada na energia do proctor intermediário, com espessura constante de 15 cm;
- Execução da camada de base nova, através da mistura na pista, de 1 (uma) parte de solo argiloso do empréstimo E-1 com 9 (nove) partes de bica corrida proveniente da pedra P-2 (Santiago), em volume, compactada na energia do proctor modificado, com espessura constante de 15 cm.
- Execução de imprimação;
- Execução de pintura de ligação;
- Execução de CBUQ com asfalto-borracha - faixa "B", espessura 4 cm;
- Execução de pintura de ligação;
- Execução de CBUQ com asfalto-borracha - Faixa C, espessura 4 cm.

#### 13.4 Pavimentação dos Pontos de Ônibus

Os locais de ponto de ônibus terão a mesma estrutura definida para o pavimento novo da rodovia, ou seja, a seguinte estrutura:

- Camada de rolamento (CBUQ com asfalto-borracha - faixa C) = 4,0 cm;

- Camada intermediária (CBUQ com asfalto-borracha - faixa B) = 4,0 cm;
- Base = 15,0 cm;
- Sub-base = 15,0 cm.

Seqüência Construtiva:

- Regularização e compactação do subleito com a energia do Proctor internormal;
- Execução da camada de sub-base nova, através da mistura na pista, de 7 (sete) partes do material granular estocado no depósito (de material granular) com 3 (três) partes de material fresado proveniente do depósito (de material fresado), em volume, compactada na energia do proctor intermediário, com espessura constante de 15 cm;
- Execução da camada de base nova, através da mistura na pista, de 1 (uma) parte de solo argiloso do empréstimo E-1 com 9 (nove) partes de bica corrida proveniente da pedreira P-2 (Santiago), em volume, compactada na energia do proctor modificado, com espessura constante de 15 cm.
- Execução de imprimação;
- Execução de pintura de ligação;
- Execução de CBUQ com asfalto-borracha - faixa "B", espessura 4 cm;
- Execução de pintura de ligação;
- Execução de CBUQ com asfalto-borracha - Faixa C, espessura 4 cm.

No quadro abaixo são listadas os locais de ponto de ônibus:

LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	PISTA	LADO
272	Pista Direita	Lado Direito
Est. 10 – Ramo 17 (= Est. 297 da Pista Esquerda)	Pista Esquerda	Lado Direito

### 13.5 Pavimentação das Vias Locais

Para melhor adequação dos encontros das vias locais com os ramos (vias laterais), esta previsto a pavimentação das vias locais (nos encontros com os ramos), numa extensão de 10 m e na largura da via, com a seguinte estrutura:

- Camada de rolamento (CBUQ com asfalto-borracha - faixa C) = 3,0 cm;
- base = 15,0 cm (90% de bica corrida da pedreira P-2 com 10% de solos argilosos do empréstimo E-1).

Seqüência Construtiva:

- Remoção do revestimento existente e transporte para bota-fora;

- Regularização e compactação do subleito com a energia do Proctor internormal;
- Execução da camada de base nova, através da mistura na pista, de 1 (uma) parte de solo argiloso do empréstimo E-1 com 9 (nove) partes de bica corrida proveniente da pedra P-2 (Santiago), em volume, compactada na energia do proctor modificado, com espessura constante de 15 cm.
- Execução de imprimação;
- Execução de pintura de ligação;
- Execução de CBUQ com asfalto-borracha - faixa C, espessura 3 cm.

### 13.6 Especificações Básicas de Materiais e Serviços

#### *a) Remoção das Camadas de Revestimento em CBUQ*

##### *a.1) Pista Existente da Rodovia MGC-262*

A remoção de toda a camada de revestimento existente será executada através da fresagem contínua.

Será executada na largura total do pavimento existente da rodovia MGC-262, onde esta sendo indicado reconstrução do pavimento ou pavimentos novos, para posterior aproveitamento como sub-base nova, com adição de material granular.

Para os segmentos onde serão executados pavimentos novos para alterações de traçado (conforme projeto geométrico), a remoção do revestimento existente se dará sempre antes da execução de qualquer serviço de terraplenagem.

O material fresado deverá ser transportado para o depósito (de material fresado), localizado a 1,7 km da estaca 203, lado direito, ao lado do canteiro de obras, para posterior utilização em mistura para camada de sub-base.

No quadro abaixo são listados os segmentos de remoção do revestimento existente.

SEGMENTO	ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	SOLUÇÃO DA PISTA EXISTENTE
	INICIAL	FINAL		
16	268	280+8,97	248,97	Reconstrução
17	286+3,97	307+3,65	419,68	Pavimento Novo

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação DNIT 159/2011-ES – Pavimentos asfálticos - Fresagem a frio.

##### *a.2) Vias Locais*

A remoção de todo o revestimento existente, espessura média de 5 cm, será executada numa extensão de 10 m e na largura total das vias locais.

Este material removido deverá ser transportado para área do bota-fora BF-1, localizado na faixa de domínio do DER/MG, às margens da rodovia MGC-262, entre estacas 73 e 82 – lado direito.

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação Complementar EC-P-01 – Remoção de Camadas Betuminosas.

*b) Remoção das Camadas de Base e Sub-base Granulares da Pista Existente da MGC-262*

A remoção das camadas granulares será executada na largura total do pavimento existente da pista da rodovia MGC-262, onde esta sendo indicado reconstrução do pavimento ou pavimentos novos, para posterior aproveitamento como sub-base nova, com adição de material granular.

Para os segmentos onde serão executados pavimentos novos para alterações de traçado (conforme projeto geométrico), a remoção das camadas granulares se dará sempre antes da execução de qualquer serviço de terraplenagem.

As camadas granulares do pavimento existente a serem removidas serão a base e sub-base, numa espessura total de 30 cm e deverão ser transportadas para o depósito localizado a 1,7 km da estaca 203, lado esquerdo, ao lado do canteiro de obras.

No quadro abaixo são listados os segmentos de remoção da camada granular.

SEGMENTO	ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	SOLUÇÃO DA PISTA EXISTENTE
	INICIAL	FINAL		
16	268	280+8,97	248,97	Reconstrução
17	286+3,97	307+3,65	419,68	Pavimento Novo
PISTA DIREITA DE ACESSO AO ANEL - ESTACA 178+1,70 A ESTACA 307+3,65				
18	0	29+9,52	589,52	Reconstrução

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação Complementar EC-P-03 – Remoção de Camadas Granulares.

Este material removido deverá ser transportado para área do bota-fora BF-1, localizado na faixa de domínio do DER/MG, às margens da rodovia MGC-262, entre estacas 73 e 82 – lado direito.

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação Complementar EC-P-02 – Remoção do Pavimento Existente.

*c) Regularização do Subleito*

Nos trechos de pista nova e segmentos de reconstrução do pavimento, o subleito deverá ser regularizado e compactado com a energia do Proctor internormal, devendo apresentar ISC não inferior aos adotados no dimensionamento do pavimento, ou seja:

- ramos das interseções (localizados entre estacas 268+0 e 307+3,65):  $ISC \geq 9\%$ ;

A expansão deverá apresentar valores inferiores a 2%.

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação DNIT 137/2010-ES – Regularização do Subleito.

*e) Sub-base*

A camada de sub-base, para os trechos de pista nova e segmentos de reconstrução do pavimento, será constituída pela mistura, na pista, de 7 (sete) partes de material granular do depósito e 3 (três) partes de material fresado do depósito (de material fresado), em volume, com as seguintes espessuras:

- ramos das interseções (localizados entre estacas 268+0 e 307+3,65) = 15 cm;

O depósito de material granular e de material fresado esta situado a 1,7 km da estaca 203, lado esquerdo, ao lado do canteiro de obras.

A compactação desse material deverá ser feita pelo Método DNER-ME 129/94, utilizando-se a energia do Proctor intermediário.

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação DNIT 139/2010-ES – Sub-base Estabilizada Granulometricamente.

#### *f) Base*

A camada de base, para os trechos de pista nova e segmentos de reconstrução do pavimento, será constituída pela mistura, na pista, de 9 (nove) partes de bica corrida proveniente da pedreira P-2 (Santiago) e 1 (uma) parte de solo argiloso proveniente do empréstimo E-1 (COHAB), em volume, com as seguintes espessuras:

- ramos das interseções (localizados entre estacas 268+0 e 307+3,65) = 15 cm;

A compactação dessa mistura deverá ser feita pelo Método DNER-ME 129/94, utilizando-se a energia do Proctor modificado.

Esse serviço deverá ser executado de acordo com a Especificação DNIT 141/2010-ES – Base Estabilizada Granulometricamente.

#### *g) Tratamento Superficial Duplo com Emulsão Modificada por Polímero*

O tratamento superficial duplo com emulsão Modificada por polímero esta sendo indicado para os segmentos onde esta previsto reforço do pavimento existente, para impedir a reflexão de trinca do pavimento existente para o reforço em CBUQ.

A execução do tratamento superficial duplo com emulsão modificada por polímero deverá seguir a especificação DNER-ES 392/99, empregando-se:

- Emulsão asfáltica RR-2C modificada por polímeros, proveniente de Betim/MG, distante cerca de 36,86 km dos tanques de estocagem de materiais betuminosos, localizados no canteiro de obras;
- agregado graúdo proveniente da Pedreira P-1 (Morro do Sino), distante cerca de 8,2 km da estaca 150, lado esquerdo.

#### *h) Imprimação*

Nos trechos de pista nova e segmentos de reconstrução do pavimento, a camada de base deverá ser imprimada com CM-30, prevendo-se uma taxa de aplicação de 1,2 l/m<sup>2</sup>, que deverá ser ajustada por ocasião da obra. Esse serviço será executado de acordo com a Especificação DNIT 144/2014 – Imprimação com Ligante Asfáltico Convencional.

O asfalto diluído CM-30 pode ser adquirido em Betim/MG, distante cerca de 36,86 km dos tanques de estocagem de materiais betuminosos, localizados próximos à usina de asfalto.

*i) Pintura de Ligação*

Sobre a camada da base imprimada e sobre a camada inferior do concreto betuminoso usinado a quente, na faixa “B”, deverá ser aplicada uma pintura de ligação com emulsão asfáltica tipo RR-1C a uma taxa de 0,5 l/m<sup>2</sup> de ligante betuminoso residual (por aplicação). A taxa de aplicação da emulsão diluída em água deverá ser cerca de 1,0 l/m<sup>2</sup>, executada de acordo com a Especificação DNIT 145/2012 – Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico Convencional.

A emulsão asfáltica RR-1C pode ser adquirida em Betim/MG, distante cerca de 36,86 km dos tanques de estocagem de materiais betuminosos, localizados próximos à usina de asfalto.

*j) Revestimento*

Será utilizado concreto betuminoso usinado a quente com asfalto-borracha, nas faixas B e C, conforme Especificação DNIT 112/2009 – ES - Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending”, nas espessuras definidas no projeto.

Para confecção das massas asfálticas serão empregados os seguintes materiais:

- asfalto-borracha proveniente de Betim/MG, distante cerca de 36,86 km dos tanques de estocagem de materiais betuminosos, localizados próximos à usina de asfalto;
- agregado miúdo proveniente do Areal A-2 (Flausino), distante cerca de 76,16 da usina de asfalto, localizada no canteiro de obras;
- agregado graúdo proveniente da Pedreira P-1 (Morro do Sino), distante cerca de 10,76 km da usina de asfalto, localizada no canteiro de obras;
- cal CH-1 como filler (somente para o CBUQ-faixa C), proveniente de fabrica localizada em São José da Lapa, distante cerca de 30,06 km da usina de asfalto, localizada no canteiro de obras.

*k) Fresagem Descontinua do Revestimento nos Segmentos de Reforço do Pavimento Existente*

A fresagem descontinua do revestimento existente deverá ser executada, nos segmentos e nas espessuras constantes do quadro abaixo, onde esta sendo indicado reforço do pavimento existente.

SEGMENTO	ENTRE ESTACAS		EXTENSÃO (M)	ESPESSURA DE FRESAGEM E REPOSIÇÃO EM CBUQ (CM)
	INICIAL	FINAL		
PISTA ESTACA 178+1,70 A ESTACA 307+3,65				
16	268	269	180	8 (30%)

O material resultante da fresagem deverá ser estocado no depósito (de material fresado) localizado a 1,7 km da estaca 203, lado esquerdo, ao lado do canteiro de obras.

A fresagem do revestimento existente será executada de acordo com a Especificação DNIT 159/2011-ES – Fresagem a Frio.

### 13.7 Canteiro de Obras

Recomenda-se a instalação do canteiro de obras a 1,5 km da estaca 203, lado esquerdo, em área próxima ao empréstimo E-1, no bairro Jardim Industrial.

### 13.8 Área de Depósito de Material

Recomenda-se para depósito do material granular removido das camadas de base e sub-base da pista da MGC-262 e para depósito do material fresado proveniente da rodovia MGC-262, uma área localizada a 1,7 km da estada 203, lado esquerdo. Esta área é localizada ao lado do canteiro de obras.

Ressalta-se que os materiais granulares e fresados devem ser depositados em áreas separadas.

### 13.9 Quantitativos

Os cálculos dos quantitativos, consumos de materiais e as distâncias de transporte dos materiais são apresentados no final deste capítulo.

Não foram considerados nos cálculos dos quantitativos os seguintes intervalos:

- viaduto FCA = estaca 275+8,07 a estaca 278+3,19;
- ponte rio das Velhas = estaca 280+8,97 a estaca 286+3,97;

Nos cálculos dos quantitativos foram considerados:

- na área da interseção de acesso ao aterro sanitário estão computadas as áreas de pista da MGC-262 e ramos da estaca 278+3,19 a 307+3,65;
- para os materiais destinados a bota-fora, removidos do pavimento existente (CBUQ e calçamento poliédrico) serão utilizadas duas áreas localizadas na faixa de domínio do DER-MG, a saber:

BOTA-FORA	LOCALIZAÇÃO	ESTACA DE REFERÊNCIA	UTILIZAÇÃO
BF-1	Faixa de Domínio do DER/MG Entre estacas 73 e 82 (lado Direito)	78	Materiais removidos da estaca 0 a estaca 178+1,70
BF-2	Faixa de Domínio do DER/MG Entre estaca 258 e 260 (Lado Esquerdo)	259	Materiais removidos da estaca 178+1,70 a estaca 307+3,65

- Para efeito de quantitativos a remoção do revestimento existente em CBUQ ou calçamento poliédrico (sob o CBUQ existente) foram considerados nos quantitativos de pavimentação.



**DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

Item Nº	Serviço	Material		Estaca de Acesso	Estaca				Extensão (m)	Largura Total (m)	Espessura (m)	Taxa de Aplicação (l/m <sup>2</sup> ou kg/m <sup>2</sup> )	Área de Aplicação (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)	DMT (km)	Momento de Transporte		Unidade	Quantidade	
		Origem	Destino		Inicial		Final											(m <sup>3</sup> x km)	(t x km)			
					Int.	Frac.	Int.	Frac.														
			Ramo 23		0 + 0,000	2 + 15,877	55,88	6,930				387,23										
			Ramo 24		0 + 0,000	1 + 9,704	29,70	6,930				205,85										
			Faixa de Desaceleração (Pista Direita)		271 + 0,000	275 + 8,070	88,07					250,00										
			Ponto de Ônibus (Lado Direito)		272 + 0,000	272 + 0,000						210,00										
			Ponto de Ônibus (Pista Esquerda)		297 + 0,000	297 + 0,000						210,00										
			Total de Regularização do Subleito										23.386,72								m <sup>2</sup>	23.386,72
8	Sub-base estabilizada granulometricamente com mistura na pista de 70% de material granular do depósito e 30% de bica corrida da Pedreira P-1 compactada na energia do proctor intermediário (DNIT 139/2010-ES)	Material Fresado (Depósito)	Pista Direita	203	265 + 0,000	275 + 8,070	208,07	11,775	0,15			2.450,02	110,25			2,60	286,21					
		Material Granular (Depósito)	Pista Direita	203	265 + 0,000	275 + 8,070	208,07	11,775	0,15			2.450,02	257,25			2,42	621,51					
		Material Fresado (Depósito)	Interseção de Acesso ao Aterro Sanitário	203	278 + 3,190	307 + 3,650	580,46		0,15			16.900,00	760,50			1,79	1.361,47					
		Material Granular (Depósito)	Interseção de Acesso ao Aterro Sanitário	203	278 + 3,190	307 + 3,650	580,46		0,15			16.900,00	1.774,50			2,13	3.780,09					
		Material Fresado (Depósito)	Ramo 17 (Faixa de Aceleração)	203	30 + 10,000	35 + 10,000	100,00		0,15			250,00	11,25			2,25	25,31					
		Material Granular (Depósito)	Ramo 17 (Faixa de Aceleração)	203	30 + 10,000	35 + 10,000	100,00		0,15			250,00	26,25			2,31	60,64					
		Material Fresado (Depósito)	Ramo 23	203	0 + 0,000	2 + 15,877	55,88	6,690	0,15			373,82	16,82			4,17	70,11					
		Material Granular (Depósito)	Ramo 23	203	0 + 0,000	2 + 15,877	55,88	6,690	0,15			373,82	39,25			3,19	125,13					
		Material Fresado (Depósito)	Ramo 24	203	0 + 0,000	1 + 9,704	29,70	6,690	0,16			198,72	9,54			3,03	28,95					
		Material Granular (Depósito)	Ramo 24	203	0 + 0,000	1 + 9,704	29,70	6,690	0,16			198,72	22,26			3,03	67,55					
		Material Fresado (Depósito)	Faixa de Desaceleração (Pista Direita)	203	271 + 0,000	275 + 8,070	88,07		0,15			250,00	11,25			3,10	34,92					
		Material Granular (Depósito)	Faixa de Desaceleração (Pista Direita)	203	271 + 0,000	275 + 8,070	88,07		0,15			250,00	26,25			3,10	81,48					
		Material Fresado (Depósito)	Ponto de Ônibus (Lado Direito)	203	272 + 0,000	272 + 0,000			0,15			210,00	9,45			3,08	29,11					
		Material Granular (Depósito)	Ponto de Ônibus (Lado Direito)	203	272 + 0,000	272 + 0,000			0,15			210,00	22,05			3,08	67,91					
		Material Fresado (Depósito)	Ponto de Ônibus (Pista Esquerda)	203	297 + 0,000	297 + 0,000			0,15			210,00	9,45			3,58	33,83					
		Material Granular (Depósito)	Ponto de Ônibus (Pista Esquerda)	203	297 + 0,000	297 + 0,000			0,15			210,00	22,05			3,58	78,94					
			Total de Sub-base										20.842,56	3.128,37			2,16	6.753,16			m <sup>3</sup>	3.128,37
		Transporte do Material Granular para Sub-base (Depósito - Pista)					Volume de Material Granular (Compactado)		3.128,37	70%	=	x	2.189,86			2,23	4.883,25			m <sup>3</sup> xkm	4.883,25	
		Transporte de Material Fresado Sub-base (Depósito de Material Fresado - Pista)					Volume de Material Fresado (Compactada)		3.128,37	30%	=	x	938,51			1,99	1.869,91			m <sup>3</sup> xkm	1.869,91	
7	Base estabilizada granulometricamente com mistura na pista de 90% de bica corrida e 10% de argila, compactada na energia do proctor modificado (DNIT 141/2010-ES)	Pedreira P-2 (Santiago)	Pista Direita	150	265 + 0,000	275 + 8,070	208,07	11,325	0,15			2.356,39	318,11			4,10	1.305,55					
		Empréstimo E-1	Pista Direita	203	265 + 0,000	275 + 8,070	208,07	11,325	0,15			2.356,39	35,35			3,04	107,59					
		Pedreira P-2 (Santiago)	Pista Esquerda	150	269 + 0,000	275 + 8,070	128,07	11,325	0,15			1.450,39	195,80			4,14	811,41					
		Empréstimo E-1	Pista Esquerda	203	269 + 0,000	275 + 8,070	128,07	11,325	0,15			1.450,39	21,76			3,08	67,10					
		Pedreira P-2 (Santiago)	Interseção de Acesso ao Aterro Sanitário	150	278 + 3,190	307 + 3,650	580,46		0,15			16.200,00	2.187,00			4,55	9.958,33					



**DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**

RODOVIA: MGC-262  
TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

Item Nº	Serviço	Material		Estaca de Acesso	Estaca				Extensão (m)	Largura Total (m)	Espessura (m)	Taxa de Aplicação (l/m² ou kg/m²)	Área de Aplicação (m²)	Volume (m³)	Densidade (t/m³)	Peso (t)	DMT (km)	Momento de Transporte		Unidade	Quantidade	
		Origem	Destino		Inicial		Final											(m³ x km)	(t x km)			
					Int.	Frac.	Int.	Frac.														
		Tanques	Ramo 17 (Faixa de Aceleração)	203	30	+ 10,000	35	+ 10,000	100,00			0,4	l/m²	250,00	0,10	1,000	0,10	2,93		0,29		
		Tanques	Ramo 23	203	0	+ 0,000	2	+ 15,877	55,88	6,000		0,4	l/m²	670,52	0,27	1,000	0,27	3,05		0,82		
		Tanques	Ramo 24	203	0	+ 0,000	1	+ 9,704	29,70	6,000		0,4	l/m²	178,22	0,07	1,000	0,07	3,03		0,22		
		Tanques	Faixa de Desaceleração (Pista Direita)	203	271	+ 0,000	275	+ 8,070	88,07			0,4	l/m²	500,00	0,20	1,000	0,20	2,90		0,58		
		Tanques	Ponto de Ônibus (Lado Direito)	203	272	+ 0,000	272	+ 0,000				0,4	l/m²	420,00	0,17	1,000	0,17	2,88		0,48		
		Tanques	Ponto de Ônibus (Lado Esquerdo)	203	297	+ 0,000	297	+ 0,000				0,4	l/m²	420,00	0,17	1,000	0,17	3,38		0,57		
		Total de Pintura de Ligação																		m²	40.644,78	
		Consumo de Emulsão RR-1C													16,26	3,23				52,45	t	16,26
10	Concreto asfáltico com asfalto borracha, via úmida, do tipo "terminal blending (Faixa B) (DNIT 112/2009-ES)	Usina de Asfalto	Pista Direita	203	265	+ 0,000	275	+ 8,070	148,07	10,100	0,04			1.495,51	59,82	2,42	144,77	2,87	171,93			
		Usina de Asfalto	Pista Esquerda	203	265	+ 0,000	275	+ 8,070	748,07	10,100	0,04			7.555,51	302,22	2,42	731,37	2,57	777,93			
		Usina de Asfalto	Interseção de Acesso ao Aterro Sanitário	203	278	+ 3,190	307	+ 3,650	580,46		0,04			14.900,00	596,00	2,42	1.442,32	3,29	1.962,88			
		Usina de Asfalto	Ramo 17 (Faixa de Aceleração)	203	30	+ 10,000	35	+ 10,000	100,00		0,04			250,00	10,00	2,42	24,20	2,93	29,30			
		Usina de Asfalto	Ramo 23	203	0	+ 0,000	2	+ 15,877	55,88	6,000	0,04			335,26	13,41	2,42	32,45	3,05	40,87			
		Usina de Asfalto	Faixa de Desaceleração (Pista Direita)	203	271	+ 0,000	275	+ 8,070	88,07		0,04			250,00	10,00	2,42	24,20	2,90	29,04			
		Usina de Asfalto	Ponto de Ônibus (Lado Direito)	203	272	+ 0,000	272	+ 0,000			0,04			210,00	8,40	2,42	20,33	2,88	24,19			
		Usina de Asfalto	Ponto de Ônibus (Pista Esquerda)	203	297	+ 0,000	297	+ 0,000			0,04			210,00	8,40	2,42	20,33	3,38	28,39			
		Total de CBUQ - Faixa "B"												25.206,28	1.008,25		2.439,97		3.064,53		m³	1.008,25
		Consumo de Asfalto-borracha, Via Úmida, do Tipo Terminal Blending										5,5%			134,20		134,20				t	134,20
		Consumo de Dope (Melhorador de Adesividade para o Asfalto-borracha)										x 0,5%	134,20	=		0,67					t	0,67
		Transporte da Brita para o CBUQ - Faixa B (Pedreira P-1 - Usina)				Volume de Brita (Compactado) =						70,30%		1.143,53	1,50	1.715,30	10,76	12.304,40		m³xkm	12.304,40	
		Transporte da Areia para o CBUQ - Faixa B (Areal A-2 - Usina)				Volume de Areia (Compactado) =						24,20%		393,65	1,50	590,47	76,16	29.980,24		m³xkm	29.980,24	
		Transporte de CBUQ Faixa "B" (Usina - Pista)												1.008,25			3,04	3.064,53		m³xkm	3.064,53	
11	Concreto asfáltico com asfalto borracha, via úmida, do tipo "terminal blending (Faixa C) (DNIT 112/2009-ES)	Usina de Asfalto	Pista Direita	203	265	+ 0,000	269	+ 0,000	80,00	10,100	0,08		% de Reposição da área Fresada 30%	808,00	19,39	2,42	46,93	2,76	53,52			
		Usina de Asfalto	Pista Direita	203	265	+ 0,000	269	+ 0,000	80,00	10,100	0,04			808,00	32,32	2,42	78,21	2,76	89,20			
		Usina de Asfalto	Pista Direita	203	265	+ 0,000	275	+ 8,070	208,07	10,100	0,04			2.101,51	84,06	2,42	203,43	2,60	218,90			
		Usina de Asfalto	Pista Esquerda	203	265	+ 0,000	275	+ 8,070	208,07	10,100	0,04			2.101,51	84,06	2,42	203,43	2,60	218,90			
		Usina de Asfalto	Interseção de Acesso ao Aterro Sanitário	203	278	+ 3,190	307	+ 3,650	580,46		0,04			14.900,00	596,00	2,42	1.442,32	2,15	1.281,54			
		Usina de Asfalto	Ramo 17 (Faixa de Aceleração)	203	30	+ 10,000	35	+ 10,000	100,00		0,04			250,00	10,00	2,42	24,20	2,40	24,00			
		Usina de Asfalto	Ramo 23	203	0	+ 0,000	2	+ 15,877	55,88	6,000	0,04			335,26	13,41	2,42	32,45	2,07	27,73			
		Usina de Asfalto	Ramo 24	203	0	+ 0,000	1	+ 9,704	29,70	6,000	0,04			178,22	7,13	2,42	17,25	2,05	14,65			

**DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

Item Nº	Serviço	Material		Estaca de Acesso	Estaca				Extensão (m)	Largura Total (m)	Espessura (m)	Taxa de Aplicação (l/m <sup>2</sup> ou kg/m <sup>2</sup> )	Área de Aplicação (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)	DMT (km)	Momento de Transporte		Unidade	Quantidade
		Origem	Destino		Inicial		Final											(m <sup>3</sup> x km)	(t x km)		
					Int.	Frac.	Int.	Frac.													
	Usina de Asfalto	Ponto de Ônibus (115+3,45 = 65+1,45 a 0 = 178+1,70 - Pista Simples Esquerda) - Ilha	203	17	+ 0,000	17	+ 0,000			0,04		210,00	8,40	2,42	20,33	2,40	20,16				
	Usina de Asfalto	Ponto de Ônibus (Lado Direito)	203	272	+ 0,000	272	+ 0,000			0,04		210,00	8,40	2,42	20,33	2,40	20,16				
	Usina de Asfalto	Ponto de Ônibus (Pista Esquerda)	203	297	+ 0,000	297	+ 0,000			0,04		210,00	8,40	2,42	20,33	2,52	21,17				
		Total de CBUQ - Faixa C										22.112,50	<b>871,57</b>		2.109,20		1.989,92			<b>m<sup>3</sup></b>	<b>871,57</b>
		Consumo de Asfalto-borracha, Via Umida, do Tipo Terminal Blending									6,0%		126,55		<b>126,55</b>					<b>t</b>	<b>126,55</b>
		Consumo de Dope (Melhorador de Adesividade para o CAP 50/70)									x 0,5%	126,55	=		<b>0,63</b>					<b>t</b>	<b>0,63</b>
		Transporte da Brita para o CBUQ - Faixa C (Pedreira P-1 - Usina)										83,20%		1.169,91	1,50	1.754,86	10,76	<b>12.588,18</b>		<b>m<sup>3</sup>xkm</b>	<b>12.588,18</b>
		Transporte de Areia para o CBUQ - Faixa C (Areal A-2 - Usina)										8,00%		112,49	1,50	168,74	76,16	<b>8.567,31</b>		<b>m<sup>3</sup>xkm</b>	<b>8.567,31</b>
		Transporte do Filler (Cal CH-I) para o CBUQ - Faixa C (Fabrica - Usina)										2,80%		98,43	0,60	59,06	30,06	<b>2.958,79</b>		<b>m<sup>3</sup>xkm</b>	<b>2.958,79</b>
		Transporte de CBUQ Faixa C (Usina - Pista)												871,57			2,28	<b>1.989,92</b>		<b>m<sup>3</sup>xkm</b>	<b>1.989,92</b>

DEMONSTRATIVO DO CONSUMO DE MATERIAIS									
RODOVIA: MGC-262									
TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ									
MATERIAIS		CONSUMO POR m³				CONSUMO POR t			
		UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE
Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-borracha (Faixa "C")	Brita	m³	1,3886	t	2,0134	m³	0,5738	t	0,8320
	Areia	m³	0,1335	t	0,1936	m³	0,0552	t	0,0800
	Filler Cal CH-I	m³	0,1129	t	0,0678	m³	0,0467	t	0,0280
	CAP Modificado por Borracha	m³	-	t	0,1452	m³	-	t	0,0600
Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-borracha (Faixa "B")	Brita	m³	1,1733	t	1,7013	m³	0,4848	t	0,7030
	Areia	m³	0,4014	t	0,5820	m³	0,1666	t	0,2420
	CAP Modificado por Borracha	m³	-	t	0,1331	m³	-	t	0,0550
MATERIAIS		CONSUMOS POR m²							
		UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE
Imprimação	ADP CM-30 / EMULSÃO RM 1C	m³	0,0012	t	0,00120				
Pintura de Ligação	Emulsão RR-2C	m³	0,0004	t	0,00040				
Tratamento Superficial Duplo com Polímero	Brita	m³	0,0172	t	0,02500				
	Emulsão RR-2C com Polímero	m³	0,0028	t	0,00280				
DENSIDADES (t/m³)				DOSAGENS (CBUQ COM ASFALTO-BORRACHA)			TAXAS DE APLICAÇÃO (l / m²)		
Brita	1,45	Emulsão RR-2C / RR-1C	1,00	MATERIAIS	FAIXA B	FAIXA C	Imprimação		
Areia	1,45	CBUQ - Faixa "C"	2,42	Brita	70,30%	83,20%	1,2		
Cal CH-1	0,60	CBUQ - Faixa "B"	2,42	Areia	24,20%	8,00%	Pintura Ligação		
				Filler Cal CH-I	-	2,80%	0,4		
				Asfalto-borracha, Via Umida, do Tipo Terminal Blending	5,5%	6,0%			
OBSERVAÇÕES:									

**RESUMO DE DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES**

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

SERVIÇO	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE LOCAL (DMT em km)			TRANSPORTE COMERCIAL (DMT em km)		
		ORIGEM	DESTINO	NP	P	TOTAL	NP	P	TOTAL
Concreto Asfáltico com Asfalto-borracha (CBUQ)	Brita	Pedreira P-1 (Morro do Sino)	Usina	-	-	-	0,00	10,76	10,76
	Areia	Areal A-2 (Flausino)	Usina	-	-	-	0,20	75,96	76,16
	Filler (Cal CH-1)	Fábrica de São José da Lapa/MG	Usina	-	-	-	0,00	30,06	30,06
	CAP Modificado por Borracha	Betim/MG	Tanques	-	-	-	0,00	36,86	36,86
	DOPE	Fabrica de Betim/MG	Tanques	-	-	-	0,00	36,86	36,86
	CBUQ - Faixa B	Usina	Pista	0,00	2,99	2,99	-	-	-
	CBUQ - Faixa C	Usina	Pista	0,00	3,26	3,26	-	-	-
Tratamento Superficial Duplo com Emulsão Modificada por Polímeros	Brita	Pedreira P-1 (Morro do Sino)	Pista	-	-	-	0,00	8,67	8,67
	Emulsão RR-2C com Polímeros	Betim/MG	Tanques	-	-	-	0,00	36,86	36,86
	Emulsão RR-2C com Polímeros	Tanques	Pista	0,00	2,81	2,81	-	-	-
Imprimação	ADP CM-30	Betim/MG	Canteiro de Obras	-	-	-	0,00	36,86	36,86
	ADP CM-30	Canteiro de Obras	Pista	0,00	3,33	3,33	-	-	-
Pintura de Ligação	RR-1C	Betim/MG	Canteiro de Obras	-	-	-	0,00	36,86	36,86
	RR-1C	Canteiro de Obras	Pista	0,00	3,00	3,00	-	-	-
Base	Brita Bica Corrida	Pedreira P-2 (Santiago)	Pista	-	-	-	0,00	13,64	13,64
	Solo Argiloso	Empréstimo E-1 (COHAB)	Pista	0,00	3,02	3,02	-	-	-
Sub-base	Material Granular	Depósito de Material	Pista	0,00	3,53	3,53	-	-	-
	Material Fresado	Depósito de Material	Pista	0,00	3,54	3,54	-	-	-
Fresagem Contínua do Revestimento Betuminoso	Material Fresado	Pista da Rodovia MGC-262	Deposito de Material Fresado	-	3,27	3,27	-	-	-
Fresagem Descontínua do Revestimento Betuminoso	Material Fresado	Pista da Rodovia MGC-262	Deposito de Material Fresado	-	2,86	2,86	-	-	-
Remoção de Material Granular (Base e Sub-base Existentes)	Material Granular	Pista	Depósito de Material	0,00	3,27	3,27	-	-	-
Remoção de Revestimento Existente	CBUQ	Pista	Bota-fora	0,00	0,82	0,82	-	-	-
	Calçamento Poliédrico	Pista	Bota-fora	0,00	0,81	0,81	-	-	-

**RESUMO DE DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES**

RODOVIA: MGC-262

TRECHO: BELO HORIZONTE - SABARÁ

SERVIÇO	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE LOCAL (DMT em km)			TRANSPORTE COMERCIAL (DMT em km)		
		ORIGEM	DESTINO	NP	P	TOTAL	NP	P	TOTAL
Remoção do Pavimento Existente	Pavimento Existente	Pista (Ramos)	Bota-fora	0,00	2,44	2,44	-	-	-
Diversos	Brita	Pedreira P-1 (Morro do Sino)	Pista	-	-	-	0,00	9,74	9,74
	Brita	Pedreira P-1 (Morro do Sino)	Canteiro de Obras	-	-	-	0,00	10,76	10,76
	Brita	Canteiro de Obras	Pista	0,00	3,20	3,20	-	-	-
	Areia	Areal A-2 (Flausino)	Pista	-	-	-	0,20	73,47	73,67
	Areia	Areal A-2 (Flausino)	Canteiro de Obras	-	-	-	0,20	75,96	76,16
	Areia	Canteiro de Obras	Pista	0,00	3,20	3,20	-	-	-
	Cimento	Fabrica de Vespasiano/MG	Pista	-	-	-	0,00	31,87	31,87
	Cimento	Fabrica de Vespasiano/MG	Canteiro de Obras	-	-	-	0,00	34,36	34,36

NP = Rodovia não Pavimentada      P = Rodovia Pavimentada

- Canteiro de Obras localizado a 1,5 km da estaca 203, lado esquerdo.
- Usina de CBUQ e tanques de estocagem de materiais betuminosos localizados no canteiro de obras.

## 14. PROJETO DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA

### 3. PROJETO DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O projeto de sinalização para a rodovia MGC-262, trecho Belo Horizonte-Sabará foi elaborado com base no projeto geométrico proposto para a via, em obediência ao Código de Trânsito Brasileiro e em atendimento aos Termos de Referência do Edital, ao Ato Normativo RT-01.46d, editado pelo DER-MG e circular também emitida pelo órgão.

O projeto de sinalização adotado objetivou orientar e informar através de placas, painéis, marcas no pavimento e elementos auxiliares, advertir e orientar os seus usuários.

O projeto foi desenvolvido definindo os dispositivos a serem utilizados, dentro dos padrões de forma, cor e dimensão, visando os aspectos de segurança na operação da via (sinalização vertical), na operação dos fluxos de tráfego (sinalização horizontal) e na segurança do usuário (defensas, marcadores de alinhamentos, redutores de velocidade, paradas de ônibus, etc.).

A velocidade de projeto considerado na elaboração (60 km/h) considerada em todo o trecho em função das características técnicas da rodovia.

Medidas para melhorar as condições de segurança foram adotadas tais como, implantação de tachas nos bordos da rodovia, e cilindros delineadores intercalados com tachões nas aproximações de bifurcação ou confluência - saída ou entrada na pista e etc.

Além destas medidas foram também propostas nos segmentos em curvas acentuadas as implantações de marcadores de alinhamentos na parte externa das curvas para poder melhor advertir enfatizando a trajetória a ser seguida.

O projeto de sinalização e dispositivo de segurança foi elaborado com base no Manual de Sinalização Rodoviária do DER/MG, e nas resoluções do Conselho Nacional de Trânsito.

##### 3.1.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal caracterizou-se pelo uso de marcações ou de dispositivos auxiliares implantados no pavimento, os quais desempenham importantes funções visando complementar a sinalização vertical, principalmente de regulamentação e de advertência, servindo de uma eficiente comunicação entre o usuário e a pista de rolamento, proporcionando de maneira clara uma melhor visibilidade diurna e noturna.

O projeto de sinalização horizontal definiu-se o uso de:

###### *a) Linhas de Divisão de Fluxos Opostos*

Por se tratar de pista dupla, fica restrita a utilização da (LFO) Linha de divisão de fluxo oposto as ruas laterais em mão dupla, Indicadas na cor amarela com largura de 0,15 m podendo ser contínuas simples, tracejada, cadência 1:1 com 1 m de pintura e 1 m de espaçamento entre elas, quando permitida a entrada de acessos.

###### *b) Linhas de Bordo*

As linhas de bordo serão contínuas e na cor branca e com largura de 0,15 m, pintadas nos bordos das pistas de rolamento, separando-as dos acostamentos ao longo de toda a extensão do trecho.

*c) Linhas de Continuidade*

Linhas tracejadas, pintadas para demarcar as faixas de continuidade nas interseções e acessos à pista, na cor da linha precedente, na proporção de 1,00 m de pintura para 1,00 m de espaçamento.

*d) Linhas de Retenção*

Foi indicada a necessidade de implantação de linha de retenção nos locais julgados potencialmente perigosos e sua aplicação deverá ser transversal à pista, na cor branca, com largura de 0,40 m e no comprimento da faixa de rolamento.

*e) Áreas Zebradas*

Tem como finalidade básica preencher áreas não trafegáveis, decorrentes de canalizações de fluxos divergentes e convergentes, ou ainda de estreitamentos e alargamentos de pista (áreas neutras) e delimitadas ao menos por uma linha de canalização.

A indicação de pintura nestas áreas tem como finalidade básica preencher áreas pavimentadas não trafegáveis, geralmente nas extremidades de ilhas, rótulas e canteiros, decorrentes das canalizações de fluxos divergentes ou convergentes de tráfego, ou ainda de estreitamentos ou alargamentos de pista (áreas neutras), delimitadas pelas linhas de canalização de tráfego.

As linhas implantadas nas aproximações de bifurcações de pistas, nos canteiros das interseções possuem larguras  $L = 0,15$  m e são espaçadas de 1,20 m, sendo nas cores branca ou amarela, dependendo do fluxo do veículo.

As marcações das transições de larguras de pistas deverão ser compostas por linhas a  $45^\circ$  em relação ao fluxo, largura de  $L = 0,30$  m e espaçamento  $e = 3,20$  m na cor branca.

*f) Símbolos e Legendas*

São marcações no pavimento utilizadas para alertar os usuários quanto a existência de vias preferenciais ou de cruzamentos, reforçando e complementando a sinalização vertical.

*g) Setas*

São marcações que suplementam as mensagens dos sinais de pré-indicação, empregadas para orientar os usuários da rodovia antecipando-lhes os movimentos que deverão realizar.

Foram indicadas estas pinturas nos locais julgados necessários, devendo a sinalização ser executada na cor branca e posicionada junto à placa de sinalização vertical pertinente.

Suas dimensões obedecerão ao determinado pelo CTB, cujos comprimentos em relação à velocidade do projeto são: 5 m para setas; 3,6 m para símbolos e 2,4 m para as legendas.

#### *h) Tachas Retrorrefletivas*

Apresentam-se nas cores e padrões estabelecidos e foram indicadas nos bordos com espaçamento seguinte:

No bordo da via, em vias de sentido duplo de circulação, a tacha será bidirecional, na cor branca, com elemento refletivo na cor branca voltado para o fluxo veicular, e vermelho voltado pra o contrafluxo.

Deverão ser implantadas com espaçamento de 16 m nas tangentes, com espaçamento de 4 m nas curvas com raios menores do que 60 m e com espaçamento de 8 m nas demais curvas.

Nos trechos que antecedem obstáculos como interseções ou obra-de-arte considerou-se um espaçamento de 4 m no bordo e eixo da pista numa extensão de 150 m.

As tachas não deverão possuir pinos de fixação e deverão atender à Recomendação Técnica – RT.01.09d. do DER/MG.

O corpo da tacha deverá ser na cor amarela quando a mesma for implantada junto à linha divisória de fluxos opostos; e na cor branca, quando junto às linhas de bordo. Deverão ser bidirecionais no que tange aos elementos refletivos.

Os elementos refletivos deverão ser na cor amarela quando em tachas amarelas; e, em tachas de cor branca terão as seguintes cores: branca quando direcionada ao fluxo dos veículos e vermelha quando direcionada ao contrafluxo.

#### *i) Materiais*

A tinta especificada para demarcação viária é a tinta acrílica a base de água, com espessura úmida de 0,5 mm ou 0,3 mm, conforme recomendações técnicas RT 01.05.e, do DER/MG, sendo retrorrefletorizadas com microesferas de vidro em quantidades e conforme procedimento previsto nas recomendações técnicas vigentes no DER/MG. A retrorrefletância da sinalização horizontal deve ser avaliada conforme a RT 01.10.a, do DER/MG.

### 3.1.2 SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical teve como finalidade fornecer aos usuários através do uso de placas que controlam o trânsito por meio de comunicação (sinal) posicionado na vertical, com tamanho e formas apropriadas, fornecendo informações seguras de advertência, regulamentação e informação, transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, mediante símbolos e/ou legendas pré-conhecidas e legalmente instituídas.

Colocadas à margem da rodovia dentro do campo visual do usuário, posicionada a uma distância mínima de 0,80 m do acostamento e fixada na altura de 1,20 m deste, medida do bordo inferior da placa.

Os caracteres adotados terão altura de 150 mm e serão sempre minúsculos com a letra inicial maiúscula, à exceção de legendas padrões, como, por exemplo, LIMITE DE MUNICÍPIO, PERÍMETRO URBANO, etc.

O objetivo principal das placas é o de ajudar e manter o fluxo de trânsito em ordem e segurança, além de fornecer informações aos usuários da via.

Os materiais indicados para a confecção das placas verticais de sinalização e as respectivas especificações e normas de execução dos dispositivos estão apresentado na RT-01.46d.

A sinalização vertical se destina a utilizações diferenciadas e é subdividida em três grupos, cujas características são descritas a seguir.

*a) Regulamentação*

As placas de regulamentação impõem as obrigações, limitações e proibições ou restrições que governam o uso da via, sendo que, para o presente projeto, deverão ser seguidos as cores, formas e padrões determinados pelo CTB.

*b) As placas de “Parada Obrigatória” (R-1)*

Serão executadas na forma octogonal, com fundo na cor vermelha, orla interna branca, orla externa vermelha e legenda branca, com indicação nos locais de cruzamentos potencialmente perigosos.

*c) As placas de “Dê a Preferência”*

Será executado na forma triangular com fundo na cor branca e orla vermelha e serão indicadas em locais onde o fluxo secundário se incorpora ao fluxo principal.

*d) Sinais de Advertência*

Têm forma quadrada, com o posicionamento definido por diagonal na vertical, e fundo na cor amarela. São utilizados sempre que se julgar necessário chamar a atenção dos usuários para situações permanentes ou eventuais de perigo, na via ou em suas adjacências. A finalidade destes sinais é alertar quando a situação exigir manobras.

Apresenta-se a seguir dois quadros contendo as dimensões dos dispositivos indicados no projeto para a rodovia (MGC/262) e no perímetro urbano

Rodovia MGC/262

REGULAMENTAÇÃO							ADVERTÊNCIA			INFORMAÇÃO
CIRCULAR		OCTOGONAL			TRIANGULAR		QUADRADA			RETANGULAR
DIÂMETRO	ORLA	LADO	ORLA		LADO	ORLA	LADO	ORLA		ALTURA DE LETRA
			INTERNA	EXTERNA				INTERNA	EXTERNA	
0,750	0,075	0,414	0,032	0,016	1,000	0,200	0,750	0,020	0,010	0,175

Perímetro Urbano

REGULAMENTAÇÃO							ADVERTÊNCIA			INFORMAÇÃO
CIRCULAR		OCTOGONAL			TRIANGULAR		QUADRADA			RETANGULAR
DIÂMETRO	ORLA	LADO	ORLA		LADO	ORLA	LADO	ORLA		ALTURA DE LETRA
			INTERNA	EXTERNA				INTERNA	EXTERNA	
0,750	0,075	0,350	0,028	0,014	0,900	0,150	0,750	0,020	0,010	0,175

As placas de indicativos turísticos terão fundo na cor marrom, orla interna branca e orla externa marrom. Serão dimensionadas conforme altura das letras para a velocidade diretriz de projeto e tabela de “Dimensionamento de Placas Indicativas”, também especificadas no Anexo V. Quando apresentadas por diagramas pré-determinados pelo Contran, seu dimensionamento será pelo número de informações de serviços turísticos. Seu uso deverá ser a critério da fiscalização do DER/MG.

e) *Sinais Informativos/Indicativos/Educativos*

Estes sinais possuem forma normalmente retangular com o lado maior na horizontal, trazem o fundo verde e as legendas, setas e diagramas na cor branca. As exceções são os sinais de identificações da rodovia que possuem forma própria e os sinais de serviços auxiliares, que possuem fundo azul.

As placas de indicação têm a função de indicar direções, logradouros, pontos de interesse, etc., de forma a ajudar o usuário da via em seu deslocamento. O dimensionamento destes dispositivos varia em função da mensagem que se quer transmitir e sua forma é retangular, na cor verde, orla interna branca e orla externa verde.

f) *Materiais*

As placas deverão ser confeccionadas em chapas finas, laminadas a frio, de aço carbono, na espessura de 1,5 mm (MSG-16), devendo ser cortadas das dimensões finais e tratadas conforme preconiza a RT 01.32.a do DER/MG. O fundo, legendas e tarjas deverão ser confeccionados em película refletiva, à execução dos dizeres e símbolos na cor preta que serão executadas em película plástica, apropriada para este fim.

A película utilizada deverá ser refletiva, "Tipo I", de acordo com a RT 01.35.a do DER/MG.

Os suportes deverão ser em madeira de eucalipto e deverão ser aparelhados e tratados conforme especificados na RT 01.39 a do DER/MG. Suas dimensões transversais serão de 0,08 m x 0,08 m.

g) *Dispositivos Auxiliares*

Objetivando reforçar a sinalização, foi empregado no projeto, visando dar um aumento de segurança e uma melhor visibilidade noturna, balizadores, tachas, delineadores e películas refletivas.

h) *Marcadores de Alinhamentos*

São elementos auxiliares posicionados lateralmente à pista alertando aos motoristas de situações de risco principalmente em curvas acentuadas, nas aproximações de pontes e viadutos com diminuição de largura da pista e ainda em pontos onde o alinhamento estiver confuso.

Terão as dimensões de 0,50 x 0,60 m e serão instalados aos pares no espaçamento conforme especificado na tabela 8 da RT-01.46.b.

**TABELA 8**

Raio ( m )	Espaçamento ( m )
$R \leq 30,00$	8,00
$30,00 < R \leq 120,00$	12,00

i) *Sinalização Existente*

Com a finalidade de apresentar um diagnóstico da situação em que se encontra a sinalização da MGC/262, foi realizado o cadastro da sinalização da rodovia e interseções, com o objetivo de fornecer elementos quanto ao projeto de duplicação da rodovia. Foi apresentada uma listagem das placas existentes no VOLUME 2 – PROJETO DE EXECUÇÃO.

### Sinalização Horizontal Existente

No que se refere à sinalização horizontal, as linhas de bordo e eixo da rodovia encontram-se praticamente sem refletibilidade, necessitando de uma repintura global, bem como os zebrados das interseções, setas e dizeres.

### Sinalização Vertical Existente

Por se tratar de duplicação da rodovia existente, optou-se pelo não aproveitamento das placas, pois as mesmas se encontram fora dos padrões e especificações do Código de Trânsito Brasileiro.

#### *j) Sinalização da Obra*

A sinalização da obra deverá ser em condições adequadas à segurança requerida para os períodos diurnos e noturnos, evitando-se o excesso de dispositivos que, além de onerar, podem confundir o usuário.

Quanto ao dimensionamento das placas informativas e indicativas, foram adotados os caracteres maiúsculos e minúsculos preconizados pelo Manual de Sinalização do DNIT, o que permite que os dispositivos sejam compreendidos dentro de um tempo hábil pelo usuário.

Dessa maneira, o sinal deve ter boa visibilidade, letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamento adequados, e mensagens curtas permitindo a rápida compreensão das mensagens por parte dos motoristas.

### 3.1.3 DISPOSITIVO DE CONTENÇÃO VEICULAR

Os locais indicados para implantação das defensas metálicas com delineadores trapezoidais a cada 4m, foram examinados sob a ótica do índice de necessidade de defesa,  $IN \geq 120$ , conforme gráfico índice de necessidade de defesa proposto pelo HRB (*Highway Research Board*), NCR nº 81 – *Determination of Guardrail need for Embankment Conditions*, Anexo V e a RT-01.24 do DER/MG e os dispositivos deverão ser posicionados em obediência às seguintes condições:

- Aterros com aspectos geométricos desfavoráveis como altura elevada;
- Terrenos muito íngremes após talude de aterros;
- Más condições geométricas (declive conjugado com curvas horizontais acentuadas).

## 15. PROJETO DE INTERSEÇÕES NO MESMO PLANO

## 15. PROJETO DE INTERSEÇÕES

### 15.1 INTRODUÇÃO

No segmento da rodovia MGC-262 – Belo Horizonte – Sabara, o projeto de interseções e acessos foi elaborado a partir dos estudos de traçado e projeto geométrico da rodovia, definidas para uma velocidade diretriz de 60 km/h na principal, e 40 km/h para os ramos e alças. Para o desenvolvimento do projeto de interseções foi adotado como referência o “Manual de Projeto de Interseções”, do DNIT.

### 15.2 INTERSEÇÕES

#### *a) Interseção com a Av. Josefino Gonçalves da Silva – Estaca 6+6,78*

Interseção em dois níveis, com passagem inferior nos dois sentidos pela MGC-262 e utilização de ruas laterais em ambos os lados para acesso. Interseção tipo diamante. A passagem inferior possui mão dupla de tráfego e passeios laterais.

#### *b) Acesso aos Bairros Bom Retiro à direita e Vila Ipê à esquerda-Estacas 4+0,00 a 35+0,00*

Projeto de ruas laterais dos dois lados, permitindo a conexão com as ruas locais sem interferência com o fluxo de tráfego da rodovia.

#### *c) Interseção com acesso às Ruas Liberdade e Açucena -Estacas 42+0,00*

Interseção do tipo semidiamante, com alça de retorno do lado anterior esquerdo. Interseção em dois níveis, com passagem inferior nos dois sentidos pela MGC-262, e utilização de ruas laterais em ambos os lados para acesso.

#### *d) Acesso aos Bairros Alvorada e Vila Ipê-Estacas 35+0,00 a 70+0,00*

Projeto de ruas laterais em ambos os lados, permitindo conexão com as ruas locais sem interferência com o fluxo de tráfego da rodovia.

#### *e) Acesso a Vila Brasília -Estacas 70+0,00 a 100+0,00*

Acesso à Vila Brasília à esquerda, com projeto de rua lateral à esquerda, em mão dupla, permitindo a conexão do tráfego com as ruas locais de acesso ao bairro, sem interferência com a rodovia.

#### *f) Interseção com o Acesso ao Anel Rodoviário de Belo Horizonte-BR-262/MG – Estacas 115+3,45 a 180+0,00*

Interseção em dois níveis com abertura das pistas direita e esquerda para o encaixa do acesso ao Anel Rodoviário. Alça de retorno a Sabará em nível na estaca 120 e alça de retorno a Belo Horizonte e acesso à BR-262 em dois níveis, com passagem inferior pela pista esquerda da rodovia na estaca 163, em sentido único.

#### *g) Acesso ao Jardim Industrial e ao Bairro Nações Unidas-Estacas 195 a 221*

Acesso ao jardim Industrial à esquerda na estaca 203 com projeto de rua lateral em mão dupla, permitindo a conexão com a avenida de acesso ao centro industrial, sem interferência com o fluxo de tráfego da MGC-262 e interseção em dois níveis, com passagem inferior nos dois sentidos pela MGC-262, interseção do tipo trombeta, com retorno em todos os sentidos.

*h) Acesso ao Bairro Nações Unidas-Estacas 239 a 245*

Acesso aos Bairros Nações Unidas e General Carneiro à direita, permitindo a conexão com as vias de acesso aos bairros sem interferência com o fluxo de tráfego da MGC-262.

*i) Interseção com Acesso ao Bairro Nossa Senhora de Fátima e Acesso ao Aterro Sanitário – Estacas 279+0,00 a 305+0,00*

Criada alça de acesso ao Bairro Nossa Senhora de Fátima e Acesso à direita ao aterro Sanitário com passagem inferior sob a ponte do Rio das Velhas em mão dupla.

Foi projetada outra alça de retorno com abertura do canteiro central na estaca 300.

Projetada ponte dupla na transposição do Rio da Velhas, alargamento do viaduto sobre a Ferrovia Centro Atlântica – FCA e viaduto novo sobre esta ferrovia na duplicação da rodovia.

## 16. PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

## 16. PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

O projeto de obras complementares refere-se ao revestimento vegetal dos taludes de corte e aterro, execução de cercas, parada de ônibus, remanejamento de postes e execução de passeios.

O revestimento vegetal indicado para a contenção dos taludes foi, para cortes e aterros, a hidrossemeadura.

As cercas a serem implantadas ao longo da faixa de domínio serão de arame farpado, quatro fios e mourões de madeira, de acordo com a RT-02.36.

### 16.1 PARADAS DE ÔNIBUS

Foram indicados oito pontos de paradas de ônibus, sendo:

- estaca 33+0,00 – LD;
- estaca 35+0,00 – LE;
- estaca 146+15,00 – LD (Ilha);
- estaca 17+0,00 – LD, Pista Esquerda (Ilha);
- estaca 248+0,00 – LD;
- estaca 255+0,00 – LE;
- estaca 272+0,00 – LD;
- estaca 10+10,00 – LD (Ramo 17).

### 16.2 CERCAS PROJETADAS

LADO ESQUERDO			LADO DIREITO		
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO
11+0,00	19+0,00	160,00	11+0,00	16+0,00	100,00
20+10,00	32+10,00	240,00	17+0,00	21+0,00	80,00
33+10,00	40+0,00	130,00	22+0,00	25+0,00	60,00
42+0,00	52+0,00	200,00	25+10,00	33+0,00	150,00
53+0,00	60+0,00	140,00	34+0,00	41+10,00	150,00
62+0,00	71+10,00	190,00	42+10,00	45+10,00	60,00
72+10,00	83+0,00	210,00	46+10,00	49+10,00	60,00
84+0,00	89+10,00	110,00	50+0,00	52+10,00	50,00
90+10,00	92+10,00	40,00	53+10,00	144+0,00	1.810,00
93+10,00	202+10,00	2.180,00	150+0,00	183+0,00	660,00
205+0,00	251+0,00	920,00	184+0,00	219+0,00	700,00
252+0,00	276+0,00	480,00	221+0,00	238+0,00	340,00
287+0,00	307+3,21	403,21	243+0,00	251+0,00	160,00
<b>TOTAL=</b>		<b>5.403,21</b>	<b>TOTAL=</b>		<b>4.380,00</b>

TOTAL = 9.783,21

Meio Ambiente = 480,00

Total = 10.263,21.

### 16.3 REMOÇÃO DE CERCAS

LADO ESQUERDO			LADO DIREITO			
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO	
10 + 19,44	17 + 17,02	137,58	1 + 8,00	2 + 5,23	17,23	
20 + 4,55	25 + 14,83	110,28	5 + 10,15	8 + 9,52	59,37	
59 + 9,10	60 + 3,98	14,88	17 + 0,00	18 + 5,30	25,30	
66 + 11,14	67 + 12,56	21,42	51 + 16,00	55 + 3,80	444,00	
71 + 18,90	72 + 15,09	16,19	63 + 9,73	92 + 0,00	570,27	
75 + 15,33	76 + 9,52	14,19	82 + 7,96	83 + 16,45	28,49	
78 + 19,46	81 + 12,30	52,84	110 + 16,81	117 + 4,20	127,39	
82 + 7,26	83 + 3,11	15,85	155 + 8,02	161 + 9,70	121,68	
90 + 9,61	91 + 12,10	22,49	175 + 5,51	175 + 17,03	11,52	
108 + 4,87	109 + 19,88	35,01	179 + 6,64	180 + 6,08	19,44	
114 + 0,77	119 + 18,78	118,01	183 + 9,99	193 + 18,02	208,03	
127 + 9,39	128 + 17,30	27,91	194 + 6,74	198 + 19,60	92,86	
142 + 4,77	142 + 19,71	14,94	202 + 13,64	206 + 16,11	82,47	
143 + 7,74	146 + 10,60	62,86	213 + 9,76	221 + 19,36	169,60	
151 + 7,31	155 + 0,00	72,69	224 + 1,67	234 + 0,23	198,56	
152 + 17,77	154 + 8,91	31,14	261 + 7,73	262 + 10,07	22,34	
156 + 1,06	200 + 1,28	880,22				
217 + 3,77	221 + 14,01	90,24				
238 + 13,94	243 + 13,19	99,25				
TOTAL		1837,99	TOTAL		2198,55	
					TOTAL GERAL	4036,54

### 16.4 REMANEJAMENTO DE POSTES

ESTACA	LADO	ESTACA	LADO	ESTACA	LADO
0+12,49	D	52+17,53	D	103+6,61	D
2+12,53	D	54+14,62	E	104+16,34	E
2+14,03	E	55+15,05	D	107+0,43	E
3+10,19	E	57+17,14	E	108+16,60	E
3+11,88	E	59+9,10	D	110+60,45	E
4+6,33	E	60+17,49	E	173+18,56	D
4+12,62	D	62+6,66	D	178+10,88	D
5+15,89	E	63+17,56	E	182+7,19	D
6+14,71	D	64+3,73	E	193+18,02	E
6+16,04	E	66+2,37	E	195+13,64	E
6+18,93	E	68+6,24	D	197+6,38	E
7+15,88	D	66+17,11	E	198+16,60	E
8+1,79	D	67+16,22	E	200+2,70	E
8+7,81	D	68+6,24	E	201+11,41	D
9+12,23	D	69+12,71	E	201+16,00	E
10+4,32	D	69+18,46	E	202+9,71	D
11+2,02	D	70+16,43	D	203+8,49	D
14+1,93	D	71+11,19	E	204+7,43	D
16+12,91	D	72+16,47	E	206+17,80	E
16+18,82	E	75+15,92	E	209+15,53	E
17+4,68	E	77+4,29	D	211+6,48	E
17+13,41	E	78+15,65	E	212+16,56	E
18+11,20	D	80+2,71	D	214+11,80	E
19+16,86	E	83+3,11	D	216+6,79	E
19+17,65	D	84+13,41	E	217+16,38	E
21+2,28	D	84+14,88	E	219+5,85	E
22+14,62	E	86+3,51	D	219+19,04	D
24+2,69	D	87+7,05	E	221+3,77	D
25+14,83	E	87+14,88	D	224+9,15	D
27+1,62	D	89+6,84	D	226+5,40	D

28+15,38	E	89+9,25	E	227+19,54	D
31+17,11	E	90+16,87	E	229+14,53	D
32+11,14	D	91+00	D	231+8,79	D
33+18,02	E	92+13,20	D	233+3,85	D
36+2,27	E	93+14,08	E	234+18,20	D
38+18,44	E	95+7,71	D	236+12,60	D
41+14,92	E	95+17,51	E	238+1,33	E
44+18,41	E	97+6,12	D	240+6,04	E
48+12,64	E	98+17,14	E	241+16,70	D
50+5,15	D	100+8,00	D	242+12,34	E
51+13,36	E	101+16,93	E		

TOTAL DE POSTES REMANEJADOS: 122 unidades

### 16.5 LISTAGEM DE PASSEIOS

LADO ESQUERDO			LADO DIREITO			
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	COMPRIMENTO	
0 + 0,00	12 + 0,00	240	0 + 0,00	9 + 10,00	190	
12 + 10,00	30 + 0,00	350	10 + 10,00	22 + 0,00	230	
40 + 0,00	70 + 0,00	600	22 + 10,00	29 + 0,00	130	
70 + 10,00	97 + 0,00	540	29 + 10,00	52 + 0,00	450	
98 + 0,00	115 + 0,00	340	54 + 0,00	81 + 0,00	540	
251 + 10,00	255 + 0,00	70	81 + 10,00	115 + 0,00	670	
			152 + 0,00	163 + 0,00	220	
			244 + 0,00	252 + 0,00	160	
			272 + 0,00	277 + 10,00	110	
TOTAL		2140	TOTAL		2700	
					TOTAL GERAL	4840

### 16.6 MURO DE ARRIMO EM CONCRETO

Deverá ser executado entre as estacas relacionadas na planilha apresentada a seguir.  
Deverá ser obedecido o Projeto Tipo do DER/MG **MC.MA-02.**

## 17. PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

## 17. PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

O projeto de Obras-de-Arte Especiais deste trecho a ser duplicado contempla dois viadutos e duas pontes .

## 18. PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

## **18 PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO**

### **18.1 INTRODUÇÃO**

O projeto de implantação da Rodovia MGC-262, Trecho: Belo Horizonte – Sabará, sendo o perímetro urbano entre as estacas 0,00 a 122+0,75 e perímetro rural entre as estacas 122+0,75 a 307+3,21, desenvolvendo-se quase sempre sobre a via existente, visando sempre que possível os limites da faixa de domínio da rodovia e seu término no perímetro rural e urbano no bairro Nações Unidas em Sabará.

O trecho de perímetro urbano entre as estacas 0,00 a 122+0,75 está com a faixa de domínio invadida por construções. Este segmento não foi contemplado neste projeto de desapropriação.

### **18.2 LEVANTAMENTOS REALIZADOS**

O levantamento de campo foi executado em duas etapas de trabalhos.

A primeira etapa foi realizada pelas equipes de topografia, através dos levantamentos topográficos. Nesta etapa foi realizada a amarração dos bens (terrenos, benfeitorias, edificação, plantio) em relação ao eixo locado.

Na segunda etapa, a equipe de desapropriação, coordenada por um engenheiro, com a delimitação da faixa de domínio, em relação ao eixo de simetria da via, fez o cadastramento de todos os proprietários atingidos.

#### ***18.2.1 Delimitação da Faixa de Domínio***

O DER-MG, através da Diretoria de Engenharia, determinou a faixa de domínio com largura total de 80 m, sendo 40 m para cada lado do eixo da rodovia, quando o off set ultrapassar a faixa de domínio, essa deverá ser marcada 5,00 m além do mesmo, e quando houver benfeitorias dentro da faixa, essa deverá ser reduzida para evitar desapropriações, caso não haja com isso comprometimento da segurança da via.

#### ***18.2.2 Planta de Situação***

Os croquis, desenhados na escala 1:2.000, assinalam os limites dos imóveis (estaca inicial e final), e suas confrontações.

#### ***18.2.3 Levantamentos Topográficos***

O levantamento topográfico constou de:

- Levantamento topográfico das divisas, limites e confrontações das propriedades atingidas pela faixa de domínio;
- Levantamento das benfeitorias;
- Indicação do aproveitamento econômico da propriedade;
- Indicação da topografia, das condições da superfície e da qualidade da terra.

Os laudos apresentados neste volume correspondem às propriedades atingidas.

## 18.3 PESQUISA DE MERCADO

### **18.3.1 Pesquisa de mercado e homogeneização dos valores para determinação do valor unitário básico do terreno**

Paralelamente aos trabalhos de cadastro físico foram elaboradas pesquisas de preços no município de Sabará.

Com a pesquisa apresentada, não foi possível trabalhar para homogeneizar os valores. Visando uma vez que não há mercado para compras ou vendas nesta região conforme informações da Prefeitura Municipal de Sabará, Emater, Cartório de Imóveis e imobiliárias que atuam na região.

A Prefeitura apresentou uma estimativa de valores que poderia ser aplicado nesta região, pois estariam em expansão urbana.

### **18.3.2 Avaliação dos Terrenos**

Na avaliação dos terrenos, tanto para as grandes como para as pequenas glebas, foi usado o método comparativo das características, que consiste em se determinar o valor unitário básico da propriedade, comparando-a com outros referenciais, onde são precisamente conhecidos seus valores de venda e oferta de mercado imobiliário da região.

Com este objetivo, foram feitas pesquisas de mercado no município de Sabará.

### **18.3.3 Pesquisa de Mercado e Determinação dos Valores**

#### **18.3.3.1 Pesquisa de Mercado Imobiliário (No município de Sabará)**

A pesquisa foi realizada no período de 07/2014, visando transações imobiliárias atuais, envolvendo similares dos terrenos a serem desapropriados.

Os valores obtidos em metro quadrado (m<sup>2</sup>).

a) Terrenos Rurais na Região:

#### **Elementos Pesquisados:**

- Pesquisa 1

Fonte: Prefeitura Municipal de Sabará

Rua Dom Pedro II, nº 200 – Bairro Centro

Tel.: (31) 3672-9190/3672-7681

Informante: Rogério César (Secretaria de Planejamento)

**Venda: R\$ 30,00 p/ m<sup>2</sup>.**

#### **18.3.3.2 Determinação de Valores**

Terrenos

O valor empregado no cálculo da desapropriação foi determinado pela média aritmética do valor pesquisado.

Terrenos Rurais - Cálculo dos valores

Pesquisas 1: - R\$ 30,00 p/m<sup>2</sup>.

Média = R\$ 30,00 p/m<sup>2</sup>.

**Valor adotado = R\$ 30,00 p/m<sup>2</sup>.**

**Obs.:** Valor informado pela Prefeitura, é o valor suposto de mercado, uma vez que não houve mercado para compras ou vendas nesta região conforme informações em Sabará e foram também consultados cartório de imóveis, Emater e imobiliárias que atuam na região sem referências para servirem de amostras. Segundo o Cartório de imóveis, há mais de 05(cinco) anos não há vendas nesta região do projeto.

### 3.3.3.3 Avaliação das Benfeitorias

Estimativa de Custos unitários adotados para benfeitorias conforme planilha do DEOP-MG			
ORD.	DISCRIMINAÇÃO	VALOR(R\$)	UNIDADE
01	Cômodo em alvenaria	218,28	m <sup>2</sup>
02	Área coberta c/telha de amianto	18,76	m <sup>2</sup>
03	Área coberta c/telha galvanizada	40,17	m <sup>2</sup>
04	Área coberta c/telha amianto e piso cimentado	38,30	m <sup>2</sup>
05	Área cimentada	19,54	m <sup>2</sup>
06	Muro alv. tijolo furado (sapata corrida)	161,39	m
07	Cômodo em alvenaria	218,28	m <sup>2</sup>
08	Piso industrial asfalto	127,00	m <sup>2</sup>
09	Muro alv. bloco concreto c/revest. (sapata corrida)	218,29	m

### 18.3.3.4 Avaliação das Edificações

Na avaliação das benfeitorias, foi utilizado o método da planilha de custo do informador das construções e nas edificações foi utilizado os custos unitários (R\$/m<sup>2</sup>), padrão de acabamento SINAP/IBGE, referência: 03/2014. O custo da edificação não foi atualizado, devido a medida provisória da Caixa Econômica, caso esta medida não seja concluída até a elaboração do Projeto Executivo, os custos deverão ser reajustados pelo índice do IBGE do período.

#### \*CUSTOS UNITÁRIOS SINAPI/IBGE DE EDIFICAÇÕES (R\$/M2) - REFERÊNCIA; MAR/2014

PADRÃO DE ACABAMENTO	CUSTO UNITÁRIO R\$/m <sup>2</sup> (ver obs.)	FACHADAS	ESQUADRIAS	PISOS	PAREDES E ACESSÓRIOS	FORROS
<b>NORMAL (N)</b>	949,21	Pintura PVA sobre reboco (externo)	Madeiras mistas ou semi-ocas	Secos: cerâmica; Molhados: cerâmica esmaltada inferior	Secas: PVA sobre reboco; Molhadas: cerâmica esmaltada inferior. Acessórios: louças e metais padrão popular	PVA com laje inclinada
<b>NORMAL BAIXO (NB)</b>	902,35	Pintura PVA sobre reboco(ext.)	Madeiras mista ou semi-ocas	Secos: cerâmica; Molhados: cerâmica esmaltada inf.	Secas: PVA sobre reboco; Molhadas: Cerâmica esmaltada inf.; Acessórios: louças e metais pad popular	PVA com laje inclinada
<b>POPULAR BAIXO (PB)</b>	750,49	Cal sobre emboço; pintura sobre bloco de concreto	Ferro; madeira inf.	Secos: Cimentado comum; Molhados:	Secas: Pintura sobre bloco de concreto; Molhadas: Cimentado liso; Acessórios: Plásticos de banheiro e	Cal; Sem forro

				Cimentado liso	cozinha	
<b>POPULAR MÍNIMO (PM)</b>	645,61	Sem reboco e pintura	Ferro inf.; madeira inf.	Secos e molhados: Cimentado grosso	Secas e Molhadas: Sem reboco e sem pinturas; Acessórios: Plásticos inf. de banheiro e cozinha	Sem forro
<b>GALPÃO MÉDIO</b>	994,86	Pintura acrílica (ext.)	metálica com pintura	piso de alta resistência	Blocos de concreto/estrutura metálica alto peso / setor administrativo acoplado / banheiro: Cerâmica esmaltada inf.; Acessórios: louças e metais pad popular, vestiário: Cerâmica esmaltada inf./ depósito/ sistema de incêndio	Cobertura metálica/galvanizada
<b>GALPÃO MÍNIMO</b>	575,87	Pintura acrílica (ext.)	metálica	piso em concreto ciclópico	blocos de concreto/ Pintura sobre bloco de concreto; Molhadas: Cimentado liso; Acessórios: Plásticos de banheiro	Cobertura de fibrocimento

Obs.: Data base: Março/2014

## 18.4 DECRETO DE UTILIDADE PÚBLICA

Os dados, para efeito da elaboração do Decreto de Utilidade Pública são:

- Programa: PPAG – Plano Plurianual de Ação Governamental;
- Rodovia: MGC/262;
- Trecho: Belo Horizonte - Sabará;
- Extensão total: 6.143,21 m;
- Estaca inicial: 0,00;
- Estaca final: 307+ 3,21
- Largura da faixa de domínio: 80,00 m, 40,00 m para cada lado do eixo;
- Área total estimada da faixa de domínio: 464.368,90 m<sup>2</sup>;
- Área total a desapropriar: 8.407,72 m<sup>2</sup>;
- Desenho esquemático do trecho:

### SABARÁ

/-----/

//-----//

Est. 0 Est. 307+3,21

A seguir é apresentada a Ficha Cadastral do Terreno de Referência. PD-09.

19. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR/  
ESPECIAL DE OAE

## 19. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR/ESPECIAL DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

### 19.1 VIADUTO FCA

#### 19.1.1 FINALIDADE

Tem o presente a finalidade de relatar possíveis problemas relacionados à estabilidade em pontes, devido ao tráfego de caminhões, bem como todas as patologias estruturais existentes relacionadas ou não com o tráfego.

#### 19.1.2 METODOLOGIA EMPREGADA

- Visita técnica ao local para vistoriar detalhes construtivos e cadastrar as estruturas.
- Avaliação das patologias estruturais existentes.
- Conclusões preliminares e sugestões alternativas.

#### 19.1.3 IDENTIFICAÇÃO

- Viaduto sobre a FCA (Ferrovia Centro-Atlântica)
- Localização: rodovia MGC-262
- Trecho: Belo Horizonte - Sabará/MG

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ENTRADA		SAÍDA	
	Altitude	675	Altitude	678
Latitude (S)	19,87647°	Latitude (S)	19,87664°	
Longitude (W)	43,85951°	Longitude (W)	43,85983°	

#### 19.1.4 DESCRIÇÃO

Neste trecho existem dois viadutos um sobre a antiga rede da RFFSA e outro sobre a rede da FCA.

O viaduto sobre a antiga rede da RFFSA é em concreto armado, com comprimento de 17,0 m e largura de 8,3 m. Apresenta estrado com 7,5 m de largura útil, não possui faixa de segurança delimitadas e guarda-rodas do tipo New Jersey. Possui passarela metálica na lateral direito de 1,0 m e guarda-corpos metálicos tubular.

O viaduto sobre a rede da FCA é uma galeria celular ou passagem inferior em concreto armado e tem comprimento de 48,0 m e largura de 6,90 m.

Existe placa com sinalização limitando a capacidade máxima de carga permitida em 25 t.

Não apresenta lajes de transição nem placas de identificação.

#### 19.1.5 CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO

##### 19.1.5.1 ESTRADO

O viaduto sobre a antiga rede da RFFSA não possui drenagem regular e não possui pingadeira, causando escorrimento e cobrimento de armadura insuficiente e armadura oxidada nas lajes em balanço e nas faces laterais das longarinas.

Possui defesa metálica somente no lado do encontro E2. O pavimento asfáltico está em

estado regular com pequenos desgastes. Não foi possível verificar o tipo de aparelho de apoio existente que suporta a superestrutura por estarem esmagados ou inexistentes.

A sinalização de aproximação é inexistente e não há placas de identificação.

O viaduto sobre a rede da FCA também não possui drenagem regular. O pavimento asfáltico está em estado regular com pequenos desgastes. Não há sinais de infiltração e carbonatação no fundo da laje.

A sinalização de aproximação é inexistente e não há placas de identificação.

#### 19.1.5.2 ESTRUTURA

Os dois encontros do viaduto sobre a antiga rede da RFFSA se apresentam em estado regular de conservação.

As paredes se encontram em prumo e em bom estado. O tabuleiro do viaduto é do tipo com vigas duplas principais (longarinas) em concreto armado, uma viga secundária em concreto armado, com transversinas ligadas na laje e se apresentam em estado regular de conservação. Não há sinais de infiltração e carbonatação no fundo da laje.

O viaduto sobre a FCA é uma obra mais nova e se encontra em bom estado de conservação, as paredes dos encontros estão com escorrimento de água e não há sinais de infiltração e carbonatação no fundo da laje superior.

#### 19.1.5.3 FUNDAÇÕES

As fundações não puderam ser identificadas, porém as duas obras, a nível global, não apresentam sinais de recalques.

#### 19.1.6 ADEQUABILIDADE DA OBRA

##### 19.1.6.1 APROVEITAMENTO E REFORÇO

As OAEs em análise apresentam condições de seu aproveitamento para tráfego usual bastando, para tanto, que sejam feitos os trabalhos de recuperação descritos no subitem 19.1.8 abaixo.

Que se promova reforço estrutural para adequabilidade de carga. Já que não se tem a data de suas construções, existem incertezas para qual TB (trem-tipo) tenha sido projetada.

A norma atual NBR-7188 de 1984 prevê o tráfego de caminhões de até 45 t (TB-45). No entanto, deve-se salientar que é de competência dos órgãos com jurisdição sobre as pontes limitar, desde que devidamente sinalizado, o tipo de carregamento a trafegar sobre as mesmas.

##### 19.1.6.2 ALARGAMENTOS

As obras apresentam plataforma de 8,3 m. Desta forma, a ponte terá que ser alargada, obedecendo à seção-tipo projetada.

#### 19.1.7 ESTABILIDADE

Os viadutos se apresentam, do ponto de vista estrutural, em condições satisfatórias, e estão em estado regular de conservação, necessitando de reparos e limpeza para se colocar em boas condições de utilização. Entretanto, é necessário ressaltar alguns pontos:

- as fundações não foram examinadas, devido às dificuldades para tal vistoria. Para a realização do projeto de reforço estrutural, será necessária uma investigação mais detalhada e profunda, além da realização de sondagens geotécnicas;
- apresenta problemas por falta de pingadeiras externas e ainda inexistência de drenos;
- os viadutos não apresentam lajes de transição o que leva a impacto na entrada e saída da mesma.

#### 19.1.8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no apresentado anteriormente, podemos dizer que as obras necessitam de algumas intervenções para garantir sua conservação, e de um reforço. Neste caso, sugerimos:

- instalação de drenos;
- fazer pingadeira;
- executar lajes de transição;
- recuperar ferragens expostas devido recobrimento insuficiente;
- estudo e adequação dos aparelhos de apoio;
- recuperação e reforço estrutural para adequação da OAE existente para o TB necessário;
- alargamento da via para adequação conforme determinado pelo DER/MG;
- limpeza e pintura.

#### 19.1.9 ESTIMATIVA DE DANOS

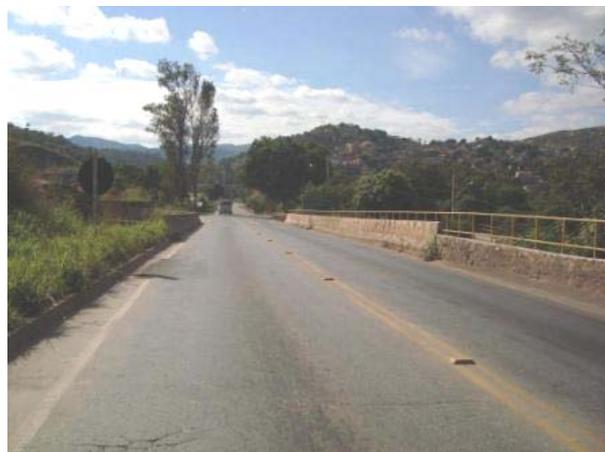
A partir da inspeção visual, estimam-se as seguintes quantidades para os serviços de recuperação desta OAE:

- instalação de drenos – PVC Ø 100 mm cada 3,0 m;
- lajes de transição de comprimento e largura da OAE – 2 unidades;
- recuperação das lajes em balanço que estão com escorrimento e cobrimento de armadura exposta – ±15,0 m<sup>2</sup>;
- alargamento e construção de novos passeios.

#### 19.1.10 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Vista superior sentido BR-262 – Sabará –  
(encontro E1).



Vista superior sentido BR-262 – Sabará –  
(encontro E1).



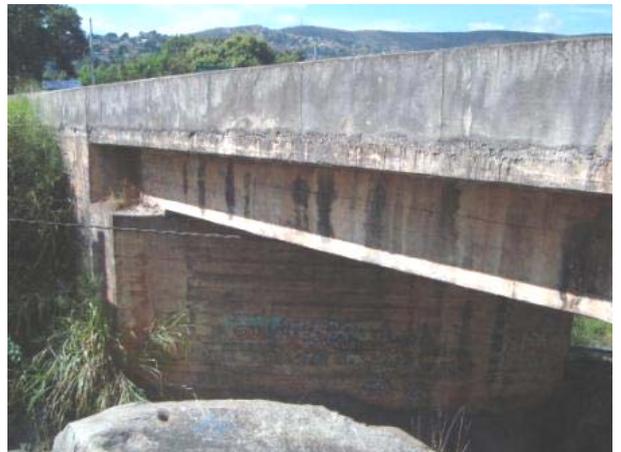
Vista superior lateral direita (encontro E1).



Vista superior lateral esquerda (encontro E1).



Vista lateral esquerda – (encontro E1).



Vista lateral esquerda – (encontro E1).



Vista lateral esquerda – (encontro E1.)



Vista lateral esquerda – parede frontal do encontro E2.



Vista lateral esquerda – parede frontal do encontro E2.



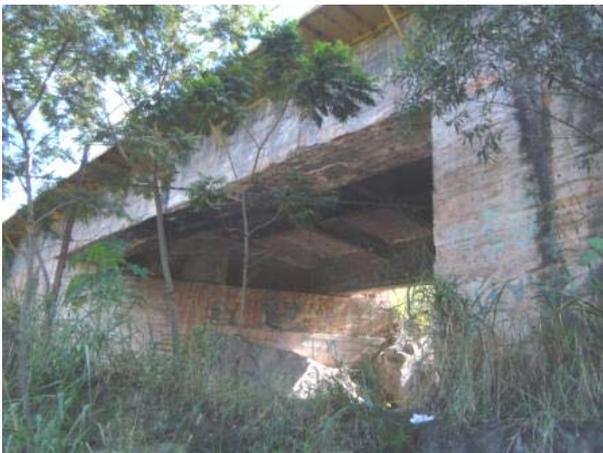
Vista superior sentido Sabará – BR-262 – (encontro E2).



Vista superior sentido Sabará – BR-262 – (encontro E2).



Vista superior lateral direita – (encontro E2).



Vista lateral direita.



Vista inferior lateral direita.



Vista inferior lateral direita.



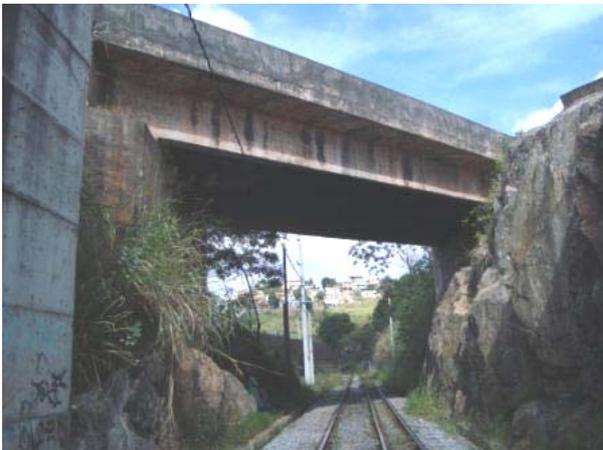
Vista inferior lateral direita – parede frontal do encontro E1.



Vista inferior - Longarinas laterais direita e esquerda apoiadas no encontro – E1.



Vista inferior - Longarinas laterais direita e esquerda apoiadas no encontro – E1.



Vista inferior lateral esquerda



Vista inferior lateral esquerda.



Vista inferior - longarinas laterais direita e esquerda apoiadas no encontro – E2.



Vista inferior - longarinas laterais direita e esquerda apoiadas no encontro – E2.



Vista inferior - longarina lateral direita, longarina secundária e transversinas.



Vista inferior - longarina lateral direita, longarina secundária e transversinas.



Vista lateral esquerda – laje em balanço e longarina com escoamento de água devido ausência de pingadeira.



Vista lateral esquerda – longarina com escoamento de água devido ausência de pingadeira.



Vista lateral esquerda – longarina com concreto quebrado e com armadura exposta e oxidada.



Vista lateral esquerda – longarina com concreto quebrado e com armadura exposta e oxidada.



Vista lateral esquerda – longarina com deslocamento de concreto.



Vista inferior - longarina lateral esquerda apoiada no encontro E1.



Vista inferior - longarina lateral esquerda apoiada no encontro E1.



Vista inferior - longarina lateral esquerda apoiada no encontro E1.



Vista inferior - longarina lateral esquerda apoiada no encontro E1.



Vista inferior - longarina lateral direita apoiada no encontro E1.



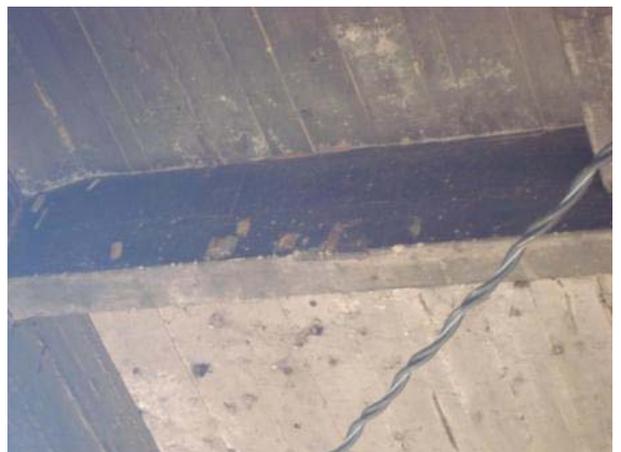
Vista inferior - longarina lateral direita apoiada no encontro E1.



Vista da transversina com concreto quebrado, armadura exposta e oxidada.



Vista da transversina com concreto quebrado, armadura exposta e oxidada.



Vista inferior da transversina.



Vista inferior - longarinas laterais direita e esquerda apoiadas no encontro – E2.



Vista inferior lateral direita – longarina lateral direita apoiada no encontro – E1.



Vista inferior lateral direita - longarina lateral direita com deslocamento de concreto.



Vista inferior – parede frontal do encontro E1.

FOTOS DO LOCAL – VIADUTO SOBRE A REDE DA FCA



Vista superior sentido BR-262 – Sabará – (encontro E1).



Vista superior sentido BR-262 – Sabará – (encontro E1).



Vista lateral direita.



Vista superior.



Vista inferior lateral direita.



Vista inferior lateral direita - parede frontal do encontro E1.



Vista inferior lateral direita - parede lateral do encontro E2.



Vista inferior lateral direita - fundo da laje.



Vista inferior.



Vista inferior lateral direita - paredes frontal e lateral do encontro E2.



Vista inferior lateral direita - parede frontal do encontro E2 com escoamento de água.



Vista inferior lateral esquerda.



Vista inferior lateral esquerda - parede lateral do encontro E1.



Vista inferior lateral esquerda - parede lateral do encontro E2.



Vista inferior lateral esquerda - fundo da laje.



Vista inferior lateral esquerda - paredes frontal e lateral do encontro E1.



Vista inferior lateral esquerda - parede frontal do encontro E2.



Vista inferior lateral esquerda.



Vista inferior lateral direita.

#### 10.1.11 RELATÓRIO DE VISTORIAS

Apresentam-se, a seguir, os relatórios das vistorias realizadas em campo.

10.1.7.1 VIADUTO FCA

<b>IDENTIFICAÇÃO:</b>					
OBRA:	VIADUTO SOBRE A FCA			RODOVIA:	MGC-262
TRECHO:	262MGC0490		ESTACA/KM:	8,00	
DATA:	06/06/11		VISTORIADOR:	LUCAS LACERDA	
<b>OBJETIVO DA VISTORIA:</b>					
CADASTRAMENTO	DIAGNÓSTICO	<input checked="" type="checkbox"/>	RECUPERAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	ALARGAMENTO
				<input checked="" type="checkbox"/>	REFORÇO
<b>TIPO ESTRUTURAL:</b>					
VIGAMENTO:	<input type="checkbox"/>	2 VIGAS PRINCIPAIS	<input type="checkbox"/>	GRELHA	<input checked="" type="checkbox"/>
				MONOCELULAR	<input type="checkbox"/>
MODELO ESTRUTURAL:	<input type="checkbox"/>	ISOSTÁTICA	<input checked="" type="checkbox"/>	CONTÍNUA	<input type="checkbox"/>
				APORTICADA	<input type="checkbox"/>
TIPO DE VIGAMENTO:	<input type="checkbox"/>	VIGA RETA	<input type="checkbox"/>	VIGA CURVA	<input type="checkbox"/>
				VIGA POLIGONAL	<input type="checkbox"/>
MATERIAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	CONCRETO	<input type="checkbox"/>	AÇO	<input type="checkbox"/>
				MISTA	<input type="checkbox"/>
				MADEIRA	<input type="checkbox"/>
<b>GEOMETRIA:</b>					
NÚMERO DE VÃOS:	<input type="text" value="1"/>	COMPRIMENTO:	<input type="text" value="6,90"/>	LARGURA:	<input type="text" value="48,00"/>
ESTRADO:	<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRADO SUPERIOR	<input type="checkbox"/>	ESTRADO INFERIOR	<input type="checkbox"/>
				ESTRADO INTERMEDIÁRIO	<input type="checkbox"/>
GEOMETRIA HORIZONTAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	EM TANGENTE	<input type="checkbox"/>	CURVA - Raio=	<input type="text"/>
				ESCONSO - Angulo =	<input type="text"/>
GEOMETRIA VERTICAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	EM NÍVEL	<input type="checkbox"/>	EM RAMPA	<input type="checkbox"/>
				EM CURVA VERTICAL	<input type="checkbox"/>
EXTREMIDADES:	<input type="checkbox"/>	EM BALANÇOS	<input checked="" type="checkbox"/>	APOIADA EM ENCONTROS	<input type="checkbox"/>
				TEM LAJE DE TRANSIÇÃO	<input type="checkbox"/>
<b>EXAME DA PISTA DE ROLAMENTO E PAVIMENTO:</b>					
LARG. UTIL DA PISTA:	<input type="text" value="7,50"/>	Nº FAIXAS DE TRÁFEGO:	<input type="text" value="2"/>	QUANTIDADE A SER EXECUTADA OU RECUPERADA	
GUARDA-RODAS:	<input checked="" type="checkbox"/>	LATERAIS	<input type="checkbox"/>	CENTRAL	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTES	<input type="text"/>
PASSEIOS:	<input checked="" type="checkbox"/>	UNILATERAL	<input type="checkbox"/>	BI-LATERAL	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTES	<input type="text"/>
DRENAGEM:	<input type="checkbox"/>	UNILATERAL	<input type="checkbox"/>	BI-LATERAL	<input checked="" type="checkbox"/>
				INEXISTENTE	<input type="text"/>
PAVIMENTO:	<input type="checkbox"/>	CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/>	ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
				OUTRO	<input type="text"/>
JUNTAS DE DILATAÇÃO:	<input type="checkbox"/>	ABERTAS	<input type="checkbox"/>	REVESTIDAS	<input checked="" type="checkbox"/>
				INEXISTENTE	<input type="text"/>
CANTONEIRAS:	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="text"/>
					<input type="text"/>
SINALIZAÇÃO:	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="text"/>
					<input type="text"/>
PINGADEIRAS:	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="text"/>
					<input type="text"/>
					<input type="text"/>
					<input type="text"/>
<b>EXAME DA LAJE:</b>					
MATERIAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	C. ARMADO	<input type="checkbox"/>	C. PROTEND.	<input type="checkbox"/>
				MADEIRA	<input type="checkbox"/>
FISSURAÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	<input type="checkbox"/>	POUCA	<input type="checkbox"/>
				EXCESSIVA	<input type="text" value="1,0"/>
FERRAGEM APARENTE:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	<input type="checkbox"/>	POUCA	<input type="checkbox"/>
				EXCESSIVA	<input type="text" value="2,0"/>
BROCAS E NICHOS:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUM	<input type="checkbox"/>	POUCO	<input type="checkbox"/>
				EXCESSIVO	<input type="text"/>
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	<input type="checkbox"/>	POUCA	<input type="checkbox"/>
				EXCESSIVA	<input type="text" value="10,0"/>
DEFORMAÇÕES:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	<input type="checkbox"/>	POUCA	<input type="checkbox"/>
				EXCESSIVA	<input type="text"/>
BURACOS:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUM	<input type="checkbox"/>	POUCOS	<input type="checkbox"/>
				VÁRIOS	<input type="text"/>
RECALQUE:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUM	<input type="checkbox"/>	LOCALIZADO	<input type="checkbox"/>
				EM GERAL	<input type="text"/>
TRINCA DE RECALQUE:	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	<input type="checkbox"/>	LOCALIZADAS	<input type="checkbox"/>
				EM GERAL	<input type="text"/>
					<input type="text"/>
					<input type="text"/>

**EXAME DO VIGAMENTO:**

COMPR. DOS VÃOS:	VÃO 1 :		VÃO 4 :		VÃO 7 :		VÃO 10 :	
	VÃO 2 :		VÃO 5 :		VÃO 8 :		VÃO 11 :	
	VÃO 3 :		VÃO 6 :		VÃO 9 :		VÃO 12 :	
COMPR. BALANÇOS:	MARGEM ESQUERDA:			MARGEM DIREITA:				
ALTURA DAS VIGAS:	NOS VÃOS:			NOS APOIOS:				
LARGURA DAS VIGAS:	NOS VÃOS:			NOS APOIOS:				
								QUANTIDADE DE PROBLEMAS ENCONTRADOS
MATERIAL:	C. ARMADO	C. PROTEND.	METÁLICAS	MADEIRA				
FISSURAÇÃO:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA					m2
FERRAGEM APARENTE:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA			12,00		m2
BROCAS E NICHOS:	NENHUM	POUCO	EXCESSIVO			2,00		m2
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA			10,00		m2
DEFORMAÇÕES:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA					
CONCRETO:	BOM	RUIM						
RECALQUE:	NENHUM	LOCALIZADO	1 APOIO	VAR. APOIOS				
TRINCAS DE RETRAÇÃO	NENHUMA	LOCALIZADA	EM GERAL					m2
TRINCAS RECALQUE:	NENHUMA	LOCALIZADAS	EM GERAL					m
TRINCAS CISALHAM.:	NENHUMA	1 APOIO	VÁR. APOIOS					m
TRINCAS DE FLEXÃO:	NENHUMA	M. POSITIVO	M. NEGATIVOS	AMBOS				m

**EXAME DAS TRANSVERSINAS:**

TRANSVERSINAS DE APOIO:	ALTURA:		LARGURA:		LIGADAS À LAJE?	SIM	NÃO	
TRANSVERSINAS INTERMED.:	ALTURA:		LARGURA:		LIGADAS À LAJE?	SIM	NÃO	
TRANSVERSINAS EXTREMAS:	ALTURA:		LARGURA:		LIGADAS À LAJE?	SIM	NÃO	
CORTINAS EXTREMAS:	ALTURA:		LARGURA:		LIGADAS À LAJE?	SIM	NÃO	
								QUANTIDADE DE PROBLEMAS ENCONTRADOS
MATERIAL:	C. ARMADO	C. PROTEND.	METÁLICAS					
FISSURAÇÃO:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA				m2	
FERRAGEM APARENTE:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA				m2	
BROCAS E NICHOS:	NENHUM	POUCO	EXCESSIVO				m2	
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA				m2	
DEFORMAÇÕES:	NENHUMA	POUCA	EXCESSIVA					
CONCRETO:	BOM	RUIM						
TRINCAS DE RETRAÇÃO	NENHUMA	LOCALIZADA	EM GERAL				m2	
TRINCAS CISALHAM.:	NENHUMA	1 APOIO	VÁR. APOIOS				m	
TRINCAS DE FLEXÃO:	NENHUMA	M. POSITIVO	M. NEGATIVOS	AMBOS			m	