


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

Projeto Estruturador Linha Verde, Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais e do Plano
Plurianual de Ação Governamental - **PPAG**

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE ENGENHARIA
RODOVIÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO, PAVIMENTAÇÃO
E OBRA-DE-ARTE ESPECIAL NA INTERSEÇÃO DA
MG-010 (LINHA VERDE) COM O ACESSO AO CENTRO
ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

RODOVIA: MG-010 (Linha Verde)

TRECHO: Interseção no Acesso ao Centro Administrativo do Estado de
Minas Gerais

	De: 430	a 596	Processo Nº 33/09	Pasta 01
MODALIDADE DE LICITAÇÃO:				
OBJETO: LICITAÇÃO PARA CONTRATAÇÃO DE EMPRESA DE ENGENHARIA PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DE ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CAMG				
Pasta 04				

Volume 3 - **MEMÓRIA JUSTIFICATIVA**

NOVEMBRO - 2008

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

Projeto Estruturador Linha Verde, Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais e do Plano
Plurianual de Ação Governamental - **PPAG**

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE ENGENHARIA
RODOVIÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO, PAVIMENTAÇÃO
E OBRA-DE-ARTE ESPECIAL NA INTERSEÇÃO DA
MG-010 (LINHA VERDE) COM O ACESSO AO CENTRO
ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

RODOVIA: MG-010 (Linha Verde)

TRECHO: Interseção no Acesso ao Centro Administrativo do Estado de
Minas Gerais

FISCALIZAÇÃO: DIRETORIA DE PROJETOS

ELABORAÇÃO: ENGESOLO ENGENHARIA LTDA

CONTRATO: PJU-24.005/08

Volume 3 - **MEMÓRIA JUSTIFICATIVA**

NOVEMBRO - 2008



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. MAPA DE SITUAÇÃO	3
3. ESTUDOS	5
3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	5
3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO E CAPACIDADE	7
3.3 ESTUDOS GEOTÉCNICOS	13
3.4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	19
4. PROJETOS	30
4.1 PROJETO GEOMÉTRICO/PROJETO DE INTERSEÇÃO DE NÍVEIS DIFERENTES	30
4.2 PROJETO GEOTÉCNICO E DE TERRAPLENAGEM	38
4.3 PROJETO DE DRENAGEM	55
4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	65
4.5 PROJETO DE OAE DO TIPO TÚNEL E ESTRUTURAS COMPLEMENTARES	83
4.6 PROJETO DE CONTENÇÕES E ESTRUTURAS DE CONCRETO	117
4.7 PROJETO DE SEGURANÇA VIÁRIA	120
4.8 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES	128
4.9 PROJETO PAISAGÍSTICO	132
4.10 PROJETO DE ILUMINAÇÃO	140
4.11 PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO	160



1. APRESENTAÇÃO

A Engesolo Engenharia Ltda. apresenta ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER/MG o **Projeto de Engenharia Rodoviária para Implantação, Pavimentação e Obra-de-arte Especial na Interseção da MG-010 (Linha Verde) com o Acesso ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais**, relativo ao Contrato nº PJU-24.005/08 firmado entre as partes.

Trata-se de um acesso a ser implantado a partir da pista principal da Rodovia MG-010 (Linha Verde), sentido Belo Horizonte - Confins, no segmento compreendido entre a interseção com a Rodovia MG-433 (Acesso a Santa Luzia) e a interseção com o Acesso ao Bairro Morro Alto/São Benedito/Bonsucesso, nas imediações do km 15 (Norte), envolvendo:

- ramo de acesso ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais, com extensão de cerca de 640m, transpondo a Rodovia MG-010 através de OAE do tipo túnel, a ser construído por sistema similar ao NATM - *New Austrian Tunneling Method* (método não destrutivo);
- pista marginal externa ao ramo de acesso, com extensão de cerca de 540m, destinada basicamente ao tráfego de ônibus.

Cabe ressaltar que o presente projeto trata do acesso ao Centro Administrativo para o fluxo de tráfego a partir de Belo Horizonte, já que o fluxo com origem no sentido oposto é de menor porte, portanto secundário, sendo conduzido pelo sistema de vias laterais da Rodovia MG-010.

O Projeto Executivo ora apresentado contempla o detalhamento da alternativa de OAE selecionada pelo DER-MG entre as duas opções estudadas, na fase de Anteprojeto, para a transposição da Rodovia MG-010 no ramo de acesso ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais, a saber:

- trincheira em concreto, implantada através de método convencional, com interrupção do fluxo de tráfego da via-tronco (processo destrutivo);
- túnel, a ser construído por sistema similar ao NATM - *New Austrian Tunneling Method* (método não destrutivo), alternativa finalmente considerada.

A apresentação do projeto contempla os seguintes volumes e anexos:

- Volume 1 - Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência;
- Volume 2 - Projeto de Execução;



- **Volume 3 - Memória Justificativa (o presente volume);**
- Anexo 3A - Projeto de Desapropriação;
- Anexo 3B - Estudos Geotécnicos;
- Volume 3C - Memória de Cálculo de OAE;
- Anexo 3D - Notas de Serviço e Cálculo de Volumes.



2. MAPA DE SITUAÇÃO

• Apresenta-se a seguir o Mapa de Situação da Interseção da MG-010 (Linha Verde) com o Acesso ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais.

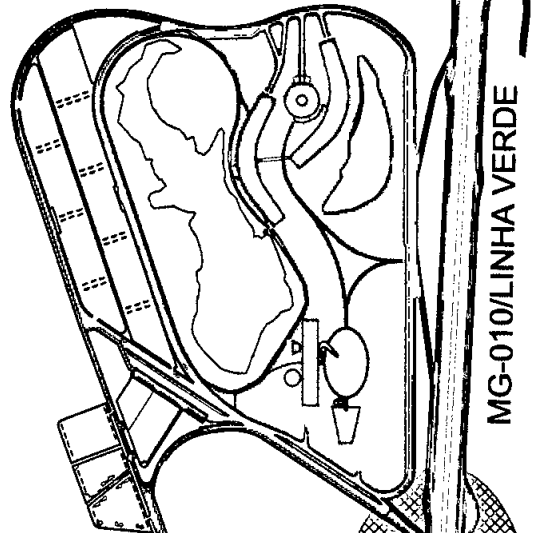




MUNICÍPIO DE VESPASIANO

INTERSEÇÃO BAIRRO MORRO ALTO/
SÃO BENEDITO/BONSUCESSO

P/CONFINS
↑



MG-010/LINHA VERDE

MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA

INTERSEÇÃO COM O
ACESSO AO CENTRO
ADMINISTRATIVO DO
ESTADO DE MINAS GERAIS

BAIRRO SERRA VERDE

BAIRRO CANAÃ

INTERSEÇÃO COM MG-433
(ACESSO A SANTA LUZIA)

P/BELO
HORIZONTE
↓

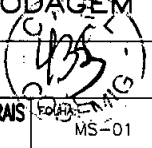
RO-PROZO/08-DE-99-001-A



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MG-010 (LINHA VERDE) TRECHO: AVENIDA VILARINHO - MG-424

INTERSEÇÃO COM O ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
MAPA DE SITUAÇÃO



MS-01

3. ESTUDOS

3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os Estudos Topográficos foram realizados objetivando fornecer subsídios à elaboração dos estudos e projetos, consistindo basicamente de:

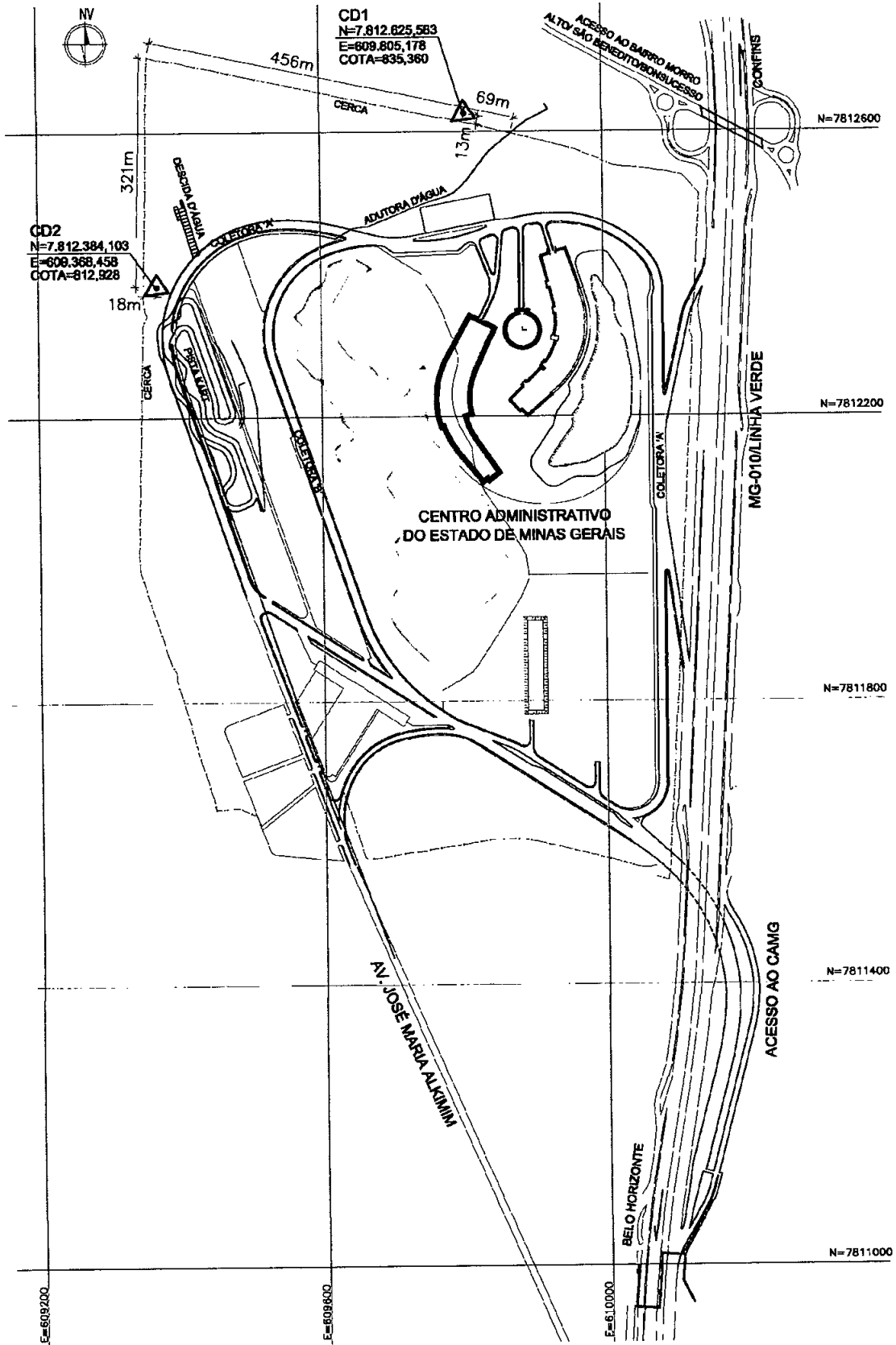
- transporte de coordenadas e cotas a partir de dois marcos existentes dentro da área de implantação do Centro Administrativo, a saber (ver croqui de localização a seguir):

MARCO	COORDENADAS UTM		COTA (m)
	NORTE	ESTE	
CD1	7.812.625,583	609.805,178	835,360
CD2	7.812.384,103	609.368,458	812,928

Tais marcos foram implantados com GPS diferencial, tendo como referência o Sistema Geodésico Brasileiro (datum horizontal SAD69); as cotas altimétricas são referenciadas ao nível do mar (marégrafo de Imbituba);

- marcação e locação do eixo de referência, com utilização de estação total, pelo bordo esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo;
- nivelamento e contranivelamento do eixo locado com o emprego de nível;
- levantamento de seções transversais ao eixo locado, espaçadas a cada 20m ao longo do ramo de acesso e a cada 5m no segmento da OAE, com o emprego de estação total;
- cadastro geral da plataforma da MG-010 e da faixa/área de abrangência do projeto, através da irradiação de pontos com o emprego de estação total, sendo coletados os seguintes elementos principais: bordas das pistas principais e marginais, acostamentos, canteiros, passeios, meios-fios, passarela, dispositivos constituintes do sistema de drenagem de água pluvial, redes de serviços públicos (posteamto, placas indicativas de gasoduto subterrâneo), dispositivos de segurança viária (placas do sistema de sinalização vertical, defensas, grades), pontos do terreno para definição do relevo, pé e crista de taludes, árvores, cercas limites da faixa de domínio com a identificação dos confrontantes, edificações com a identificação dos proprietários, sistema viário adjacente, etc.





SP. E. L.
437
CONFINS

3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO E CAPACIDADE

3.2.1 Introdução

Os Estudos de Tráfego realizados para o dimensionamento dos segmentos interceptantes a que se refere o presente relato foram conduzidos pelo DEOP, em fase de estudo anterior à presente etapa de desenvolvimento do Projeto Executivo.

Os dados de tráfego obtidos, após a adoção de alguns coeficientes de segurança para suas projeções, foram incorporados ao projeto na presente fase, sem a realização de novas pesquisas, conforme acordado entre o DER/MG e a Engesolo.

Os volumes de tráfego para o dimensionamento do ramal de acesso foram fornecidos pelo DEOP, com base em previsões quanto ao número de pessoas que demandará o Centro Administrativo.

Para a Rodovia MG-010, no segmento de interesse ao acesso, foram obtidos dados de pesquisa de tráfego no DER/MG, consolidados em volumes projetados para a rodovia, considerando um período de vida útil de projeto de 15 anos, a partir de 2007.

O principal objetivo do presente estudo consistiu na consolidação e detalhamento de uma concepção para o acesso rodoviário ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais, tendo-se considerado inicialmente várias alternativas de utilização de estruturas pré-existentes, especialmente no que toca às configurações de geometria e de drenagem, tanto do segmento da MG-010 diretamente envolvido no estudo, como os ramais de acesso das interconexões dos denominados “Trevo do Jôquei” (interseção da rodovia MG-010 com o acesso leste à Santa Luzia através da MG-433/Avenida Brasília) e o “Trevo de São Benedito” (interseção com a via de ligação oeste-leste entre os bairros Morro Alto e São Cosme).

Essas opções, após as considerações de suas características geométricas, cotejadas com a expectativa dos volumes demandados de tráfego, foram avaliadas como vias alternativas de caráter secundário, em função do baixo nível de operação admissível para um volume de tráfego expressivo e da complexa solução em termos de desapropriação, na hipótese de adequá-las às necessidades dos



respectivos fluxos de tráfego. Estima-se que essas estruturas auxiliares absorveriam em torno da terça parte do fluxo previsto como de demanda ao Centro.

Todavia, tendo em vista o porte da obra proposta e considerando-se o grau de estimativa que os dados obtidos possuem sobre a futura demanda, o dimensionamento da via de acesso não levou em conta esse aspecto de opção auxiliar ao atendimento da demanda pelos referidos dispositivos, tendo-se dimensionado um acesso capaz de atender toda a demanda prevista.

Além disso, no presente estudo, os volumes de tráfego obtidos, seja no DEOP, seja no DER/MG, foram afetados por um coeficiente adicional de 15%, visando garantir a hipótese de eventuais atrasos na implantação do empreendimento ou um horizonte mais longo para a vida útil do acesso.

Cabe reafirmar que a preocupação em termos de tráfego do projeto é com o fluxo de ingresso no Centro, a partir de Belo Horizonte, já que o fluxo com origem nos demais sentidos é secundário, devendo ser absorvido pelo sistema de vias laterais da rodovia MG-010. Por sua vez, o tráfego de saída do empreendimento deverá ocorrer de forma diluída, em intervalos espaçados, cujo fluxo será também absorvido pelo sistema marginal da rodovia tronco.

Os elementos obtidos são resumidamente apresentados a seguir.

3.2.2 Estimativa de Tráfego na Via de Acesso ao Centro Administrativo no Horário de Ponta (DEOP)

Os principais dados coletados são:

- quantidade de funcionários: 16.000;
- pessoal de apoio: 4.000;
- total: 20.000;
- utilização de ônibus coletivos articulados: 14.000 pessoas;
- utilização de automóveis: 6.000 pessoas.



3.2.3 Hipóteses de Projeto

Foram admitidas as seguintes hipóteses de projeto:

- período de maior demanda no acesso: entre 07:30h e 09:00h (1,5 horas);
- número de ônibus articulados: 14.000 pessoas com 60 passageiros/veículo = 233 ônibus;
- coeficiente de segurança: 1,15 (15%);
- volume horário de ônibus: $233 \times 1,15/1,5 = 179$ ônibus/h;
- número de automóveis: 6.000 pessoas com 1,5 usuário por veículo = 4.000 automóveis;
- volume horário de automóveis: $4.000 \times 1,15/1,5 = 3.067$ automóveis/h;
- fator de conversão de ônibus articulado em veículo de projeto = 4;
- Volume horário de projeto: $3.067 + (4 \times 179) = 3.783$ veículos/h.

3.2.4 Estimativa de Tráfego na MG-010 no Horário de Ponta (DER/MG)

Dos Estudos de Tráfego realizados pelo DER/MG para o projeto de ampliação da Rodovia MG-010 foram extraídos os seguintes elementos para o segmento de interesse ao presente trabalho:

- velocidade do fluxo livre = 110 km/h (~70 mi/h);
- características do trecho em estudo: trecho plano, com rampa média de 1,99% e aclive específico em torno de 3,5% na extensão de 970m;
- horário de ponta no trecho da MG-010 de interesse: entre 11:00h e 12:00h;
- relação do volume horário de ponta e do volume médio diário: $k_1 = 8,1\%$ do VMD;
- pico dos 15 minutos em relação ao volume horário de ponta: $PHF_1 = 0,87$;
- fator k no horário entre 7:30 e 9:00h (maior demanda no acesso): $k_a = 7,0\%$ do VMD;
- fator PHF no horário de maior demanda no acesso: $PHF_a = 0,88$;
- VMD obtido na pesquisa, no sentido BHZ - CNF = 16.926 veículos/dia (2004);
- VMD direcional projetado para o ano meta (15 anos) = 30.467 veículos/dia;
- volume horário na rodovia, no período de maior demanda no acesso = $30.467 \times 0,07/0,88 = 2.424$ veículos/h.

No período de maior solicitação de demanda por parte do acesso ao Centro Administrativo, a rodovia apresentará um volume da ordem de 15% inferior em relação ao seu volume no horário de maior solicitação.



3.2.5 Nível de Serviço na Rodovia MG-010

Nessas condições, o estudo realizado pelo DEOP prossegue na determinação do volume de projeto na MG-010, no trecho de aproximação da agulha de saída em direção ao acesso. Esse volume deverá se constituir da soma dos volumes horários ocorrentes no período de maior demanda de tráfego em direção ao Centro Administrativo, ou seja, $2.424 + 3.783 = 6.207$ veículos/h. Nesse volume, segundo esses estudos, estariam incluídos os veículos com origem no ramal da interseção com a Rodovia MG-433 (acesso a Santa Luzia).

Na simulação realizada, com a adoção de 3 ou 4 faixas de tráfego nesse intervalo, o volume horário por faixa seria respectivamente de 2.069 veículos/h para 3 faixas e 1.552 veículos/h para 4 faixas de tráfego.

Para uma velocidade operacional de 110 km/h (70 mi/h) na rodovia, a densidade de tráfego será de 29,6 para 3 faixas e 22,2 para 4 faixas.

Segundo o Highway Capacity Manual (HCM-1994), com esses valores de densidade, o nível de serviço para 3 faixas situar-se-ia no terço final do nível "D", cuja densidade limite é dada por 32 veículos/milha/faixa. O nível de serviço para 4 faixas de tráfego, por outro lado, situa-se no nível "C", cuja densidade limite é igual a 24 veículos/milha/faixa.

O nível de serviço "C" foi o padrão recomendado pela administração do DER/MG no projeto de ampliação da Rodovia MG-010.

3.2.6 Dimensionamento da Via de Acesso

No presente estudo, considerou-se para a via de acesso ao Centro Administrativo uma planimetria representada por uma curva de raio aproximadamente igual a 280 m, sem transição, ou de 250 m com transição.

Teoricamente, para essa configuração e com uma superelevação confortável de apenas 2%, a velocidade possível, com segurança, nas condições de pavimento molhado, seria igual a 76,5 km/h,



valor este obtido por interpolação das tabelas 5.4.3.1 e 5.4.3.2 do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER-1999.

Por outro lado, tendo em vista tratar-se de um ramal direcional de acesso, a velocidade para o segmento poderia ser regulamentada com um valor mais baixo, exatamente por se tratar de uma transição a partir de uma via expressa, para atingir um empreendimento, em cujo entorno ocorre um trânsito de veículos de natureza local, inclusive ônibus, sendo indesejável a utilização de altas velocidades.

A redução proposta na velocidade de regulamentação seria da ordem de 10%, isto é, considerar-se a velocidade operacional máxima permitida no ramal de acesso igual a 70 km/h (43,75 mi/h).

Com um volume de 3.783 veic/h, com 3 faixas de tráfego, a densidade, de acordo com o HCM-1994, será $3.783/3/43,75 = 28,8$, valor intermediário no nível de serviço "D". Adotando-se 4 faixas de tráfego, a densidade seria de $3.783/4/43,75 = 21,6$, compatível com o nível de serviço "C".

Considerando-se para os ônibus uma faixa exclusiva, e para os automóveis, com um volume estimado em 3.067 veículos na hora de pico, apenas 2 faixas de tráfego, a densidade neste último caso seria de $3067/2/43,75 = 35$, isto é, com o fluxo operando no nível da capacidade, no horário de ponta. A densidade de tráfego para 3 faixas para os automóveis seria de $3.067/3/43,75 = 23,4$, isto é, ainda no âmbito do nível de serviço "C".

Essas considerações são apresentadas para subsidiar a estrutura viária de acesso a ser projetada. A adoção de 4 faixas de tráfego no segmento de acesso ao empreendimento, inclusive no interior da estrutura de passagem sob a rodovia MG 010, permitiria manter um nível de serviço de mesma qualidade daquela considerada pelo DER/MG para a via expressa.

3.2.7 Dimensionamento do Trecho de Transição

Com base no estudo desenvolvido pelo DEOP, a solução geométrica apresentada aborda ainda um redimensionamento da plataforma da Rodovia MG-010, no âmbito do trecho de interesse, desde o ramal de entrada na via a partir do acesso secundário ao bairro Canaã, até logo após a confluência do local de saída da MG-010 com destino ao Centro Administrativo.



Para assegurar um trecho de transição compatível com o porte do investimento, o estudo considerou a extensão disponibilizada na rodovia-tronco, com aproximadamente 1.200 pés (360 m) entre as agulhas delimitadoras do trecho de divergência de fluxos e 2 faixas de tráfego iniciais na saída da rodovia ("two lane off-ramp").

Com base nessa configuração em termos de extensão e nos volumes envolvidos, seja na aproximação do trecho em estudo, seja após a saída para o acesso, foi dimensionada a interferência ocorrente nas duas faixas de tráfego contíguas ao segmento de transição (V_{12} : volume estimado nas faixas 1 e 2, adjacentes ao acostamento), através da densidade de tráfego, obtida de um modelo matemático recomendado pelo HCM-1994, expresso por:

$$D_R = 4,252 + 0,0086 V_{12} - 0,009 L_D \text{ e } V_{12} = V_R + P_{FD} (V_F - V_R)$$

onde:

- D_R : densidade de tráfego no segmento de influência do ramal de acesso;
- V_{12} : fluxo de tráfego nas faixas contíguas ao acostamento, no início da transição;
- L_D : comprimento total do trecho de transição (1.200 pés ou 360m, no presente caso);
- V_R : fluxo total no ramal de acesso (3.783 veículos/h);
- P_{FD} : porcentagem dos veículos remanescentes na rodovia após o acesso;
- V_F : fluxo total de aproximação do segmento de transição (6.207 veículos/h).

A estimativa da porcentagem de tráfego remanescente na rodovia tronco, isto é, volume de tráfego que, apesar de se situar nas faixas contíguas ao acesso, permanecem na rodovia principal, é dado em função do número de faixas de tráfego disponibilizadas para o trecho de transição.

Para 3 faixas, $P_{FD} = 0,45$; para 4 faixas, $P_{FD} = 0,26$ (HCM-1994).

Nessas condições, a densidade obtida para ambas as configurações seria a seguinte:

- para 3 faixas de tráfego: $V_{12} = 3.783 + 0,45 \times 2.424 = 4.874$; $D_R = 35,4 > 35$ nível "E";
- para 4 faixas de tráfego: $V_{12} = 3.783 + 0,26 \times 2.424 = 4.413$; $D_R = 31,4 > 28$ nível "D".

Para 4 faixas de tráfego, o segmento operaria na faixa média do nível "D". A opção recomendada para projeto será pois de considerar 4 faixas de tráfego no trecho da rodovia MG-010, na aproximação do acesso ao Centro Administrativo.



3.3 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

3.3.1 Introdução

Os Estudos Geotécnicos foram desenvolvidos visando fornecer subsídios à elaboração do Projeto Geotécnico e de Terraplenagem, do Projeto de Pavimentação, do Projeto de OAE e do Projeto de Contenções, através do reconhecimento e caracterização dos materiais presentes na área e a serem trabalhados durante a execução da obra, envolvendo a realização das seguintes investigações:

- sondagens a percussão/mistas no local de implantação da OAE (túnel) e de obras de contenções, com vistas ao reconhecimento do maciço natural existente lateralmente à MG-010, na faixa de desenvolvimento do ramo de acesso ao Centro Administrativo, e da plataforma da MG-010 (implantada localmente com terraplenagem em seção mista);
- sondagens a poço/trado e ensaios de campo (densidade "in situ") dos materiais a serem movimentados na terraplenagem (cortes) e materiais constituintes do subleito das plataformas das vias a pavimentar (ramo de acesso ao Centro Administrativo e pista marginal externa a esse ramo), bem como coleta de amostras para a realização de ensaios em laboratório;
- estudos específicos para a avaliação dos parâmetros de cisalhamento dos materiais constituintes do maciço natural a ser terraplenado (corte) para a implantação das vias, envolvendo a realização de sondagens a poço, coleta de blocos de amostras indeformadas e ensaios especiais em laboratório.

Os Estudos Geotécnicos envolveram também a identificação das fontes de materiais de construção para emprego nos serviços de implantação da obra e, ainda, a identificação de áreas de bota-fora para a disponibilização dos volumes de materiais provenientes da escavação (terraplenagem).

3.3.2 Estudos dos Locais de OAE e de Obras de Contenção

As investigações geotécnicas no local de implantação da OAE (túnel) e de obras de contenção foram realizadas com base em plano de sondagem previamente elaborado, envolvendo a realização de sondagens a percussão tipo SPT e mista/rotativa, sendo:

- 08 (oito) furos de sondagem a percussão ϕ 21/2", com ensaio de penetração dinâmica (SPT) a cada metro, conforme NBR 6484/2001 - "Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT", da ABNT;



- 01 (um) furo de sondagem mista/rotativa ϕ BX-SPT, com coroa de wídia (não foi atingida a rocha), com ensaio de penetração dinâmica (SPT) a cada metro no trecho em solo.

Os boletins de sondagem são apresentados no **Anexo 3B - Estudos Geotécnicos**. A localização dos furos de sondagem é apresentada nos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- “Projeto Geométrico - Planta, Seções Tipo e Detalhes” (folha: GM-01);
- “Projeto Geométrico - Perfis - Acesso ao CAMG e Pista Marginal” (folha: GM-02).

3.3.3 Caracterização Geotécnica do Maciço Natural e da Faixa de Implantação da OAE

A obra em questão se implanta em terrenos siltosos (argilosos e/ou arenosos), típicos da decomposição/alteração das rochas gnáissicas-migmatíticas do embasamento cristalino do chamado Complexo Belo Horizonte (Arqueano).

O perfil típico dos terrenos é encimado por solos silto-argilosos, medianamente compactos, rosados a avermelhados, de espessura média da ordem de meia dezena de metros, seguidos de siltes cada vez mais arenosos e compactos, descorados (amarelados e esbranquiçados), constituindo a transição de uma a uma e meia dezenas de metros.

O NA freático se situa nesta camada de solos descorados, oscilando em geral dentro da segunda dezena de metros de profundidade (de 12 a 22 m).

A rocha alterada aparece nos furos de sondagem além dos vinte metros.

A escavabilidade dos terrenos foi considerada, em projeto, como 1ª categoria.

3.3.4 Estudos dos Materiais de Cortes e Subleito

As investigações dos materiais a serem movimentados durante a implantação da obra (corte do maciço natural a ser efetuado para a implantação do ramo de acesso ao Centro Administrativo e da pista marginal externa a esse ramo), bem como dos materiais constituintes do subleito das vias a



pavimentar envolveu a realização de sondagens a poço/trado, com a classificação expedita dos materiais e verificação da presença de lençol freático (NA).

Foi ainda efetuada a coleta de amostras para a realização, em laboratório, de ensaios rotineiros de caracterização física (granulometria por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez e limite de plasticidade) e caracterização mecânica (compactação com a energia do Proctor normal e ISC) dos materiais.

Com vistas à quantificação do item de serviço "Compactação de bota-fora a 80% do Proctor normal", cujo volume considerado é geométrico, medido após compactação, foram ainda realizados ensaios para determinação da densidade "in situ" dos materiais do maciço (corte). O quadro a seguir sintetiza os resultados obtidos.

FURO Nº	PROFUNDIDADE (m)	CONDIÇÕES "IN SITU" (CORTE)		CONDIÇÕES EM LABORATÓRIO (COMPACTAÇÃO PROCTOR NORMAL - GC = 100% PN)		CONDIÇÕES NO BOTA-FORA (COMPACTAÇÃO PROCTOR NORMAL - GC = 80% PN)	FATOR DE CONVERSÃO DENSIDADE (BOTA-FORA - CORTE)
		DENSIDADE SECA (t/m ³)	UMIDADE NATURAL (%)	DENSIDADE SECA (t/m ³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	DENSIDADE SECA (t/m ³)	
02	2,00 - 2,20	1,168	23,7	1,552	25,6	1,242	0,87
	4,00 - 4,20	1,449	22,6	1,547	24,1	1,238	1,10
03	2,00 - 2,20	1,328	19,3	1,628	19,7	1,302	1,00
	5,00 - 5,20	1,554	19,4	1,578	22,8	1,262	1,05
04	2,00 - 2,20	1,421	22,7	1,647	20,8	1,318	1,18
	5,00 - 5,20	1,457	18,6	1,691	17,2	1,353	1,16
07	1,00 - 1,20	1,261	22,9	1,516	25,8	1,213	0,92
	3,00 - 3,20	1,135	25,2	1,504	25,5	1,203	0,93
09	2,00 - 2,20	1,378	14,2	1,713	18,1	1,370	0,79
	5,00 - 5,20	1,460	17,8	1,653	19,8	1,322	0,99
Média	-	1,361	20,6	1,603	21,9	1,282	1,00

Os boletins de sondagem e quadros-resumo de ensaios são apresentados no **Anexo 3B - Estudos Geotécnicos**.

A locação dos furos de sondagem é apresentada nos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- "Projeto Geométrico - Planta, Seções Tipo e Detalhes" (folha: GM-01);
- "Projeto Geométrico - Perfis - Acesso ao CAMG e Pista Marginal" (folha: GM-02).



O desenho "Projeto Geotécnico e de Terraplenagem - Perfil Geotécnico - Acesso ao CAMG e Pista Marginal" (folha: TR-04), constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**, ilustra a natureza dos materiais presentes na área.

3.3.5 Estudos de Corte - Ensaios Especiais

Com vistas ao fornecimento de subsídios à realização das análises de estabilidade do talude de corte a ser configurado pelos serviços de terraplenagem para a implantação da obra (ramo de acesso ao Centro Administrativo e pista marginal, lado direito), foram realizados estudos específicos para a avaliação dos parâmetros de cisalhamento dos materiais constituintes do maciço natural, envolvendo:

- sondagens a poço e coleta de 02 (dois) blocos de amostras indeformadas (poço de inspeção PI-01 e PI-02) para a realização de ensaios em laboratório;
- ensaios de densidade "in situ", de caracterização física (granulometria por sedimentação, limites e densidade real) e caracterização mecânica (compactação Proctor normal);
- ensaios especiais do tipo cisalhamento direto rápido (inundado) com corpos-de-prova obtidos dos blocos de amostras indeformadas.

Os quadros-resumo de ensaios são apresentados no **Anexo 3B - Estudos Geotécnicos**.

A locação dos furos de sondagem (poços) é apresentada no desenho "Projeto Geométrico - Planta, Seções Tipo e Detalhes" (folha: GM-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.

3.3.6 Identificação de Fontes de Materiais de Construção

Considerando que o projeto se implanta em região com grande disponibilidade de pedreiras comerciais, foram identificadas as fontes de materiais pétreos britados passíveis de emprego nos serviços de implantação da obra (drenagem, pavimentação e concreto), bem como as fontes de aquisição de areia comercial. São elas:

ICAL - Indústria de Calcinação S.A., fornecedora de agregado pétreo britado de rocha calcárea e de bica corrida. As instalações de britagem localizam-se às margens da MG-424, em Pedro Leopoldo, a cerca de 13 km do local de projeto;



Pedreira Santiago, fornecedora de agregado pétreo britado de rocha gnáissica e de bica corrida. As instalações de britagem localizam-se no Bairro Céu Azul, em Belo Horizonte, a cerca de 14 km do local de projeto.

Como fontes de fornecimento de areia comercial na região são indicadas:

- Mineração GCA (Fazenda do Casado), localizado no distrito Vera Cruz de Minas, de Pedro Leopoldo, a cerca de 46 km do local de projeto;
- Mineração Pedro Leopoldo - MPL/Areal Taquitu (Fazenda Alvorada), localizado no distrito Vera Cruz de Minas, de Pedro Leopoldo, a cerca de 44 km do local de projeto.

No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os croquis de localização das pedreiras e areais; ver desenhos:

- Projeto de Pavimentação - Mapa de Localização das Fontes de Materiais - Pedreiras (folha: PV-02);
- Projeto de Pavimentação - Mapa de Localização das Fontes de Materiais - Areais (folha: PV-03).

Foram ainda identificadas as usinas de asfalto instaladas na região, com capacidade de fornecimento de massa asfáltica para os serviços de pavimentação asfáltica. São elas:

Usina ETROS, localizada em São José da Lapa (km 3 da Rodovia Inácia de Carvalho), a cerca de 18 km do local de projeto, com capacidade de produção de 50 a 70 t/h;

Usina RAL, localizada em Vespasiano (Rua 18, nº 50 - Bairro Nova Pampulha), a cerca de 6 km do local de projeto, com capacidade de produção de 60 t/h (usina fixa).

Para o fornecimento de concreto para serviços diversos durante a implantação da (estruturas, drenagem, obras complementares, etc.) obra foram identificadas as seguintes usinas instaladas na região:

USINA	LOCALIZAÇÃO	DISTÂNCIA AO LOCAL DE PROJETO (km)	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (m ³ /h)
CONCRETEX	Km 4 da BR-262 - Bairro Caiçara - Belo Horizonte	16,0	50
CONCRETEX	Avenida 1, nº 320 - Lote 07 e 08 - Quadra 04 - Parque Industrial Norte - Vespasiano	4,0	50 a 60
POLIMIX	Avenida 1, nº 210 - Parque Industrial Norte - Vespasiano	4,0	60
LAFARGE	Avenida 1 - Lote 10 e 11 - Quadra 04 - Parque Industrial Norte - Vespasiano	4,0	60
SUPERMIX	Rua José Vieira de Mendonça, nº 1121 - Bairro Engenho Nogueira - Belo Horizonte	17,0	60

448

Para a disposição dos materiais provenientes da escavação foram identificadas 4 (quatro) áreas na região, passíveis de recebimento dos materiais escavados para a implantação da obra (segmentos de vias e do túnel). São elas:

BOTA-FORA	LOCALIZAÇÃO	DISTÂNCIA AO LOCAL DE PROJETO (km)	CAPACIDADE (m ³)
Bota-fora 01 (Fábio)	Rua Beira Rio, nº 2.000 - Santa Luzia	16,0	480.000 (600 x 200 x 4)m
Bota-fora 02 (Daniel)	Rua Beira Rio, nº 2.000 - Santa Luzia	16,5	420.000 (700 x 200 x 3)m
Bota-fora 03 (MG-424)	MG-424 - Pedro Leopoldo	12,0	400.000 (500 x 200 x 4)m
Bota-fora 04 (Gávea 02)	Avenida 03 - Bairro Gávea 02	5,5	480.000 (600 x 200 x 4)m

No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os croquis de localização de tais áreas, complementados por fotografias com vista geral da situação de cada uma delas; ver “Projeto de Terraplenagem - Mapa de Localização das Áreas de Bota-Fora” (folha: TR-03).



3.4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.4.1 Introdução

Os Estudos Hidrológicos foram desenvolvidos com os objetivos de se estabelecer uma caracterização climática da região do projeto, definir precipitações e os métodos de transformação chuva-vazão para as obras de drenagem projetadas.

3.4.2 Caracterização da Área

3.4.2.1 *Clima*

Considerando-se a classificação de Köppen (DNER 1976) tem-se um clima subtropical/clima tropical de altitude do tipo Cwa.

3.4.2.2 *Solo e Relevo*

A obra em questão se implanta em terrenos siltsosos (argilosos e/ou arenosos), típicos da decomposição/alteração das rochas gnáissicas-migmatíticas do embasamento cristalino do chamado Complexo Belo Horizonte (Arqueano). O relevo da área em questão é suavemente ondulado.

3.4.2.3 *Vegetação*

A vegetação predominante é de campo.

3.4.2.4 *Hidrografia*

Do ponto de vista da hidrografia existe um pequeno filete d'água que cruza a rodovia próximo à estaca 16+3,00.



3.4.2.5 *Pluviometria*

Para caracterizar-se a climatologia regional foram utilizadas as normais climatológicas (1961 - 1990) do Departamento Nacional de Meteorologia, conforme apresentado na Tabela 1. Complementarmente, foram pesquisados os postos pluviométricos regionais de responsabilidade da ANA - Agência Nacional de Águas. Escolheu-se para estudo o posto de Vespasiano-MG (01943009); os dados foram utilizados com o nível de consistência 2 (consistência da ANA).

As precipitações médias mensais estão representadas na Figura 1 e os números de dias de chuva estão representados pela Figura 2.



TABELA 1 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS REGIONAIS

QUADRO CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS															
POSTO: BELO HORIZONTE					LATITUDE (S): 19,56					PERÍODO: (61/90)					
CÓDIGO: 83587					LOGITUDE (W.Gw): 43,56										
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA ANUAL	
Temperatura Máxima °C	28,20	28,80	28,60	27,50	26,00	25,00	24,60	26,50	27,20	27,70	27,50	27,30	324,90	27,08	
Temperatura Média °C	22,80	23,20	23,00	21,10	19,80	18,50	18,10	19,00	21,00	21,90	22,20	22,20	252,80	21,07	
Temperatura Mínima °C	18,80	19,00	18,80	17,30	15,00	13,40	13,10	14,40	16,20	17,50	18,20	18,40	577,70	16,68	
Amplitude Absoluta °C	9,40	9,80	9,80	10,20	11,00	11,60	11,50	12,10	11,00	10,20	9,30	8,90	124,80	10,40	
Insolação Horas	189,80	195,50	215,10	228,90	237,10	240,10	256,50	255,60	210,10	190,50	181,70	165,10	2.566,00	213,83	
Evaporação mm	86,70	84,70	95,30	92,40	92,80	92,40	105,70	132,10	137,20	117,70	96,30	84,10	2.690,80	101,45	
Precipitação Média mm	341,50	212,00	195,40	76,80	30,70	14,00	12,60	11,40	46,90	123,30	260,60	388,50	1.713,70	142,81	
Número de Dias de Chuva	15,00	12,00	12,00	7,00	4,00	2,00	1,00	2,00	4,00	9,00	14,00	18,00	100,00	8,33	
Umidade Relativa (%)	79,00	75,10	74,70	73,90	72,50	71,40	68,70	64,50	65,10	69,80	74,10	78,00	866,80	72,23	
Índice Pluviométrico Anual mm	1.500 mm														
Altitude da Estação	852,28 metros														
Clima (Classificação)	Início do trecho: Cwa					Início do trecho: Cwa					Início do trecho: Cwa				
Vegetação	Campo														

Fonte: Normais Climatológicas (1961 - 1990)

BRASIL
 INSTITUTO
 NACIONAL DE
 METEOROLOGIA

FIGURA 1 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

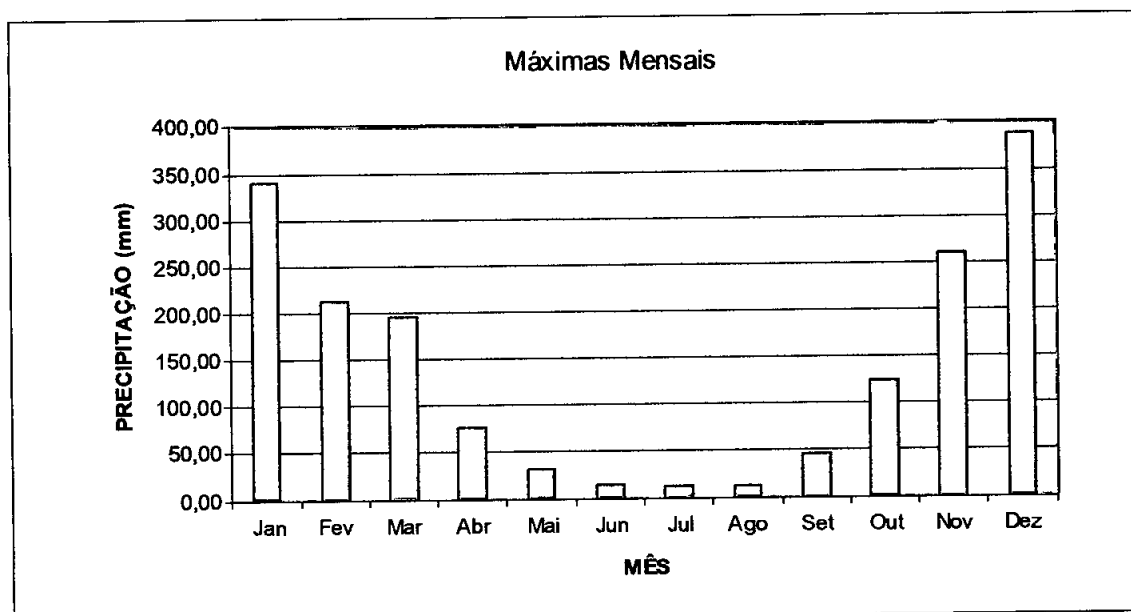
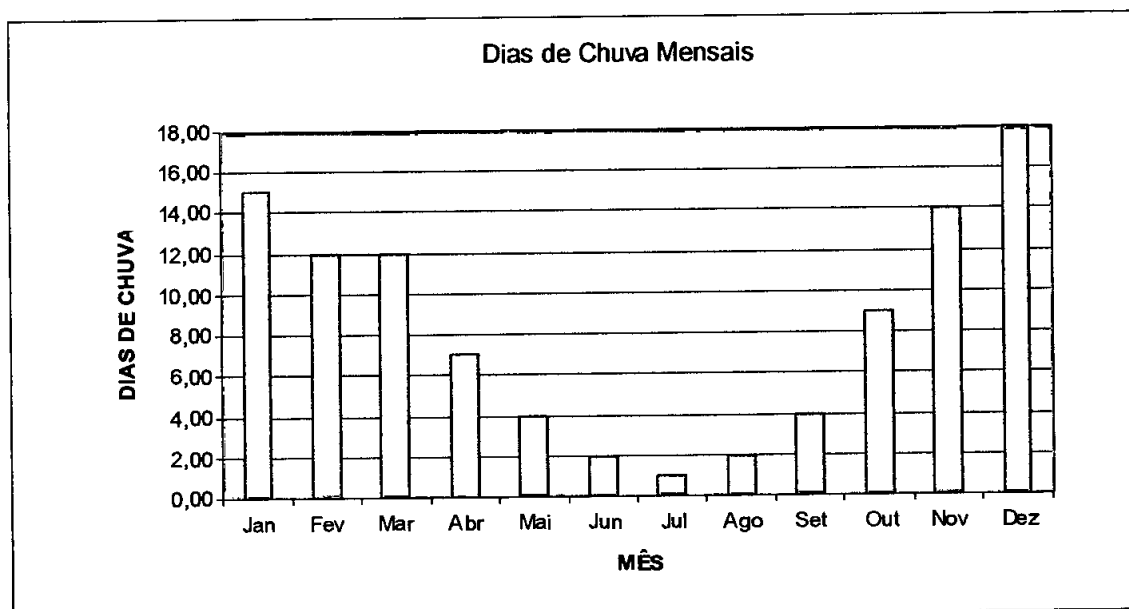


FIGURA 2 - NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE CHUVA MENSAIS



3.4.3 Determinação das Vazões

A determinação das vazões para dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema viário depende das precipitações pluviográficas adotadas. Para esse projeto elas foram determinadas a partir da relação Precipitação x Duração x Freqüência e Intensidade x Duração x Freqüência, estabelecida para o posto de Vespasiano-MG (estudo da COPASA-MG em convênio com a Universidade Federal de Viçosa).

A escolha deste posto foi consolidada através de uma análise temporal, considerando-se 25 anos de dados do mesmo (acima, portanto, de 15 anos, atendendo à RT 1.46b, do DER-MG) e sua espacialidade geográfica, com localização próxima da área em estudo.

A intensidade de precipitação do posto em questão é representada pela expressão:

$$I = \frac{1463,1730T^{0,184}}{(t+17,791)^{0,843}}$$

onde:

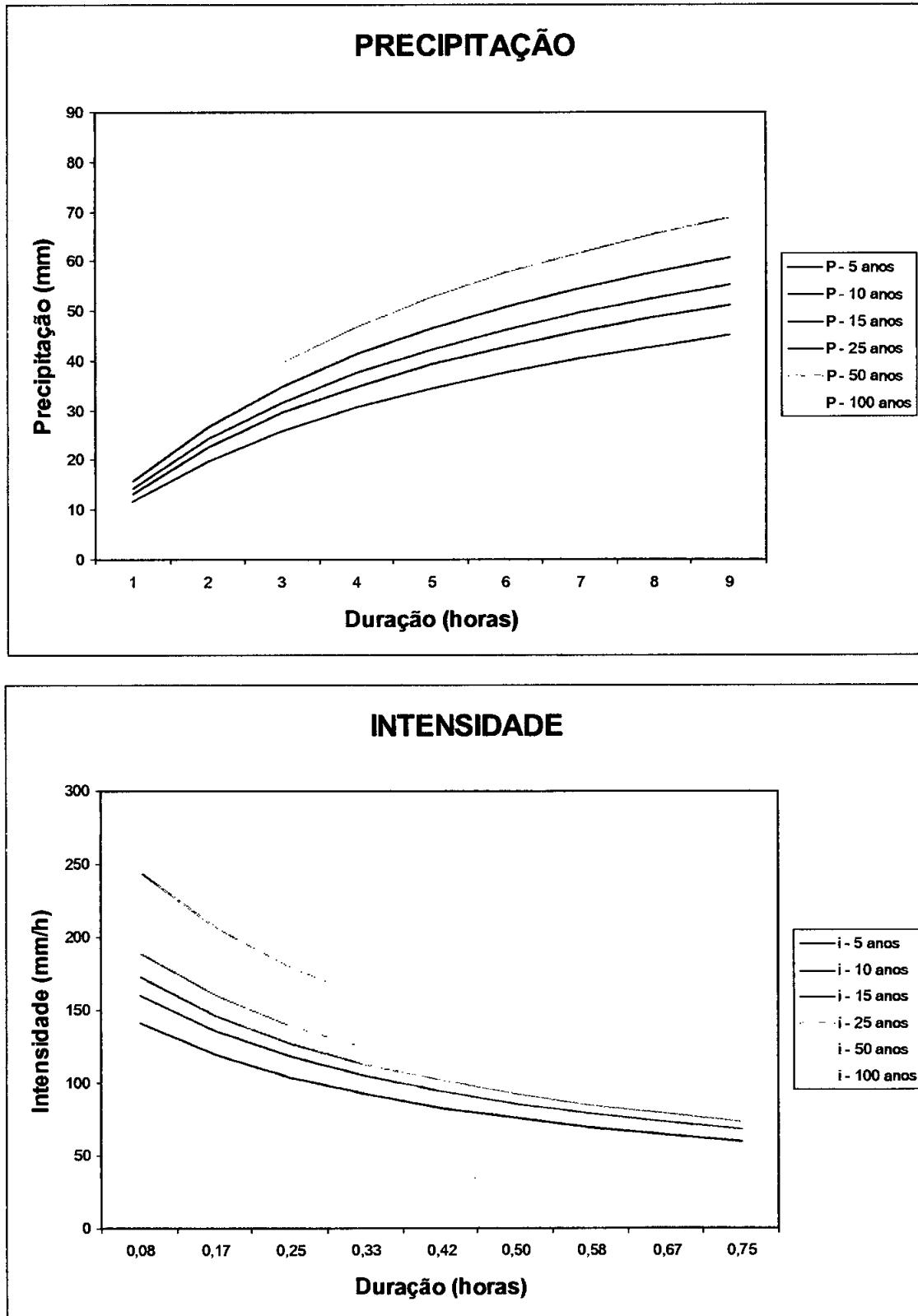
- I = intensidade de precipitação, em mm/h;
- T = período de retorno em anos;
- t = duração da chuva, em minutos.

Os períodos de recorrência admitidos são os adotados pela SUDECAP, a saber:

- T = 50 anos para os afluentes principais dos Ribeirões Arrudas e Onça;
- T = 25 anos para os demais córregos;
- T = 10 anos para sarjetões e sarjetas;
- T = 10 anos para bocas-de-lobo;
- T = 10 ou 25 anos para descidas d'água;
- T = 25 anos com verificação para 50 anos para bueiros.

Na Figura 3 têm-se as relações Precipitação x Duração x Freqüência e Intensidade x Duração x Freqüência para o posto selecionado.

FIGURA 3 - PRECIPITAÇÃO x DURAÇÃO x FREQUÊNCIA e
INTENSIDADES x DURAÇÃO x FREQUÊNCIA



A duração da precipitação de projeto foi tomada igual ao tempo de concentração da bacia. Na utilização do método do hidrograma unitário essa duração será variada de forma a se obter a chuva crítica.



O tempo de concentração mínimo adotado para as bacias foi de 10 minutos e determinado pela expressão de Kirpich:

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

sendo:

- T_c = tempo de concentração em minutos;
- L = comprimento do talvegue em km;
- H = desnível em m.

O desnível da bacia foi tomado em função da declividade efetiva dada por:

$$S_e = \left(\frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{s}}} \right)^2$$

onde:

- S_e = declividade média equivalente (m/m);
- L = comprimento total do talvegue (m);
- L_i = comprimento do talvegue entre as curvas i e $i-1$ (m);
- s = declividade do álveo entre as curvas i e $i-1$ (m/m);
- n = número total de curvas de nível e i o contador.

3.4.4 Definição das Bacias Hidrográficas e Vazões de Projeto

A caracterização geomorfológica das bacias hidrográficas foi estabelecida com base no levantamento topográfico realizado para o presente projeto.

Uma vez delimitadas as áreas de contribuição de cada bacia hidrográfica, foram calculadas as vazões de projeto segundo o Método Racional (áreas de drenagem de até 5 km²), conforme apresentado a seguir:

As vazões máximas prováveis das bacias foram calculadas com base na expressão:



$$Q = 0,278.C.I.A$$

sendo:

- Q = vazão máxima provável, em m³/s;
- C = coeficiente de deflúvio (tabela 3);
- I = Intensidade de precipitação, em mm/h;
- A = área da bacia, em km².

3.4.4.1 Intensidade da Chuva de Projeto

A intensidade da chuva de projeto foi calculada através da equação de chuvas intensas, apresentada na dissertação de mestrado de Márcia Maria Guimarães Pinheiro (Escola de Engenharia da UFMG, Orientador Professor Mauro Naghettini, 1997), estabelecida com base nas relações Intensidade x Duração x Freqüência e de ietogramas típicos de distribuição temporal, para as precipitações históricas da Região Metropolitana de BH. A expressão geral da equação é:

$$I_{T,i} = 0,76542 \times D^{-0,7059} \times P^{0,5360} \times \mu_{T,d}$$

sendo:

- $I_{T,i}$ = estimativa da intensidade de chuva no local "i" associada ao período de retorno T (mm/h);
- D = duração da chuva em horas;
- P = precipitação média anual no local "i";
- $\mu_{T,d}$ = quantil adimensional de freqüência regional associado ao período de retorno T e à duração d (tabelado).

A precipitação média anual adotada nos estudos e projetos de microdrenagem no Município de Belo Horizonte é de 1.500 mm.

3.4.4.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial C é expresso por:

$$C = 0,67 \times C_2$$

O coeficiente C_2 adotado é estabelecido conforme Tabela 3, a seguir:

TABELA 3 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO C_2 EM FUNÇÃO DO ZONEAMENTO URBANO



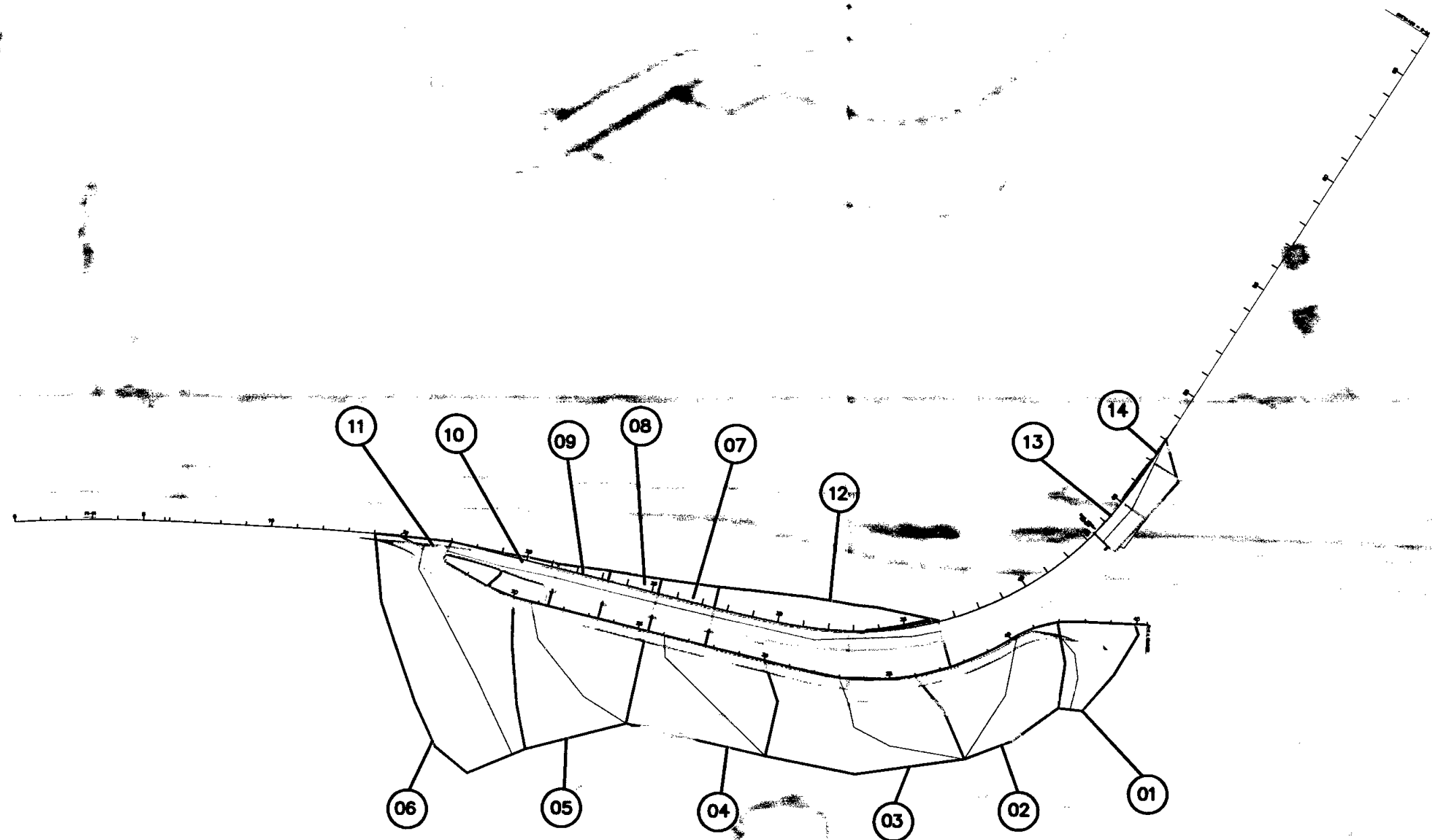
N.	Zoneamento Urbano	Código da Zona	C2
1	Zona de Preservação Ambiental	ZPAM	0,20-0,90
2	Zona de Proteção-1	ZP - 1	0,30-0,50
3	Zona de Proteção-2	ZP - 2	0,5
4	Zona de Proteção-3	ZP - 3	0,6
5	Zona de Adensamento Restrito-1	ZAR - 1	0,7
6	Zona de Adensamento Restrito-2	ZAR - 2	0,75
7	Zona Adensada	ZA	1
8	Zona de Adensamento Preferencial	ZAP	0,8
9	Zona Hipercentro	ZHIP	1
10	Zona Central do Barreiro	ZCBA	1
11	Zona Central de Belo Horizonte	ZCBH	1
12	Zona Central de Venda Nova	ZCVN	1
13	Zona de Especial Interesse Social	ZEIS	0,7
14	Zona de Grandes Equipamentos	ZEIS	0,30-0,90

3.4.5 Resultados Obtidos

Apresentam-se a seguir os resultados dos Estudos Hidrológicos:

- Mapa de Bacias de Contribuição (EH-01);
- Planilha de Cálculo das Vazões de Projeto.





Carpeta de

459

RO-FR020/08-DE-04-001-A

NOTAS:

ENGESOLO

ENG. COORDENADOR:	RT:
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
ENG. PROJETISTA:	DESENHISTA:
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

João José de Oliveira - CREA 11604/D-MG

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO:	ESCALA:
	1:4000
VERIFICADO:	APROVADO:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MG-010 (LINHA VERDE) TRECHO: AVENIDA VILARINHO - MG-424

INTERSEÇÃO COM O ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
ESTUDOS HIDROLÓGICOS
MAPA DE BACIAS

FOLHA: EH-01

CÁLCULO DE VAZÕES - MÉTODO RACIONAL E RACIONAL COM COEFICIENTE DE RETARDO

ELEMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA				CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA										ESTUDO HIDRÁULICO					
BACIA Nº	LOCALIZAÇÃO (ESTACA)			ÁREA (há)	TALVEGUE (km)	DECLIV. (m/m)	TC horas	RUN OFF C	INTENSIDADE (mm/h)			n	COEF. Ø	VAZÃO MÁX. (m³/s)			OBRA-DE-ARTE		
									10	15	25			10	15	25	EXISTENTE	REDE - BSTC DN (mm)	Y (m)
1	41	+	0,00	0,30	20,00	0,01	10,00	0,60	194,48					0,10			-	600	0,17
2	38	+	10,00	0,95	50,00	0,01	10,23	0,60	191,43					0,30			-	600	0,30
2	36	+	0,00	0,99	50,00	0,01	10,62	0,60	186,37					0,31			-	600	0,31
3	33	+	10,00	1,03	50,00	0,01	11,02	0,60	181,63					0,31			-	600	0,31
3	31	+	5,00	1,93	45,00	0,01	11,41	0,60	177,19					0,57			-	600	0,44
4	28	+	15,00	1,97	50,00	0,02	11,70	0,60	174,06					0,57			-	600	0,35
4	26	+	5,00	2,01	50,00	0,03	11,95	0,60	171,51					0,58			-	600	0,32
5	23	+	15,00	2,78	50,00	0,04	12,17	0,60	169,30					0,79			-	600	0,38
5	21	+	5,00	3,65	50,00	0,03	12,37	0,60	167,39					1,02			-	800	0,38
6	18	+	15,00	3,70	50,00	0,03	12,56	0,60	165,58					1,03			-	800	0,40
6	16	+	5,00	3,75	50,00	0,03	12,77	0,60	163,67					1,03			-	800	0,41
6	15	+	0,00	5,73	25,00	0,04	12,98	0,60	161,78					1,55			-	800	0,48
6	14	+	0,00	5,75	20,00	0,03	13,07	0,60	161,06					1,55			-	800	0,54
6	14	+	0,00	5,75	25,00	0,04	13,14	0,60	160,40					1,54			-	1200	0,38
6	-	-	-	5,75	50,00	0,02	13,22	0,60	159,74					1,54			-	1200	0,45
7	23	+	5,00	0,21	40,00	0,01	10,00	0,60	194,48					0,07			-	600	0,15
8	21	+	5,00	0,37	40,00	0,02	10,55	0,60	187,33					0,12			-	600	0,16
9	19	+	5,00	0,52	40,00	0,02	10,90	0,60	183,02					0,16			-	600	0,18
10	16	+	0,00	0,66	65,00	0,03	11,17	0,60	179,87					0,20			-	600	0,19
11	-	-	-	0,76	11,00	0,02	11,57	0,60	175,51					0,22			-	600	0,23
12	45	+	0,65	0,97	27,00	0,013	10,00	0,60	194,48					0,32			-	600	0,30
13	46	+	0,65	1,75	20,00	0,02	10,39	0,60	189,27					0,55			-	800	0,47
14	-	-	-	1,88	55,00	0,01	10,50	0,60	187,88					0,59			-	800	0,39

OBSERVAÇÕES:

ENGESOLO		DIRETORIA DE PROJETO	
ENGR. COORDENADOR:	RT:	D/SENHOR:	ESCALA:
ENGR. PROJETISTA:	DESENHISTA:	VERIFICADO:	APROVADO:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MG-010 (Linha Verde) TRECHO: Avenida Vilarinho - MG-424

INTERSEÇÃO COM O ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO DO ESTADO DE MINAS GERAIS CÁLCULO DE VAZÕES

FOLHA: EH-02

4610
COLETA

4. PROJETOS

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO/PROJETO DE INTERSEÇÃO DE NÍVEIS DIFERENTES

4.1.1 Introdução

O Projeto Geométrico/Projeto de Interseção de Níveis Diferentes foi desenvolvido considerando-se:

- o *lay-out* arquitetônico da implantação do Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais e as condições de acesso previstas;
- a situação planialtimétrica do futuro empreendimento em relação à MG-010, a partir da qual será implantado o acesso em questão;
- o projeto de ampliação da MG-010 no segmento de interesse, complementado por observações locais, especialmente da seção da rodovia, composta localmente pelas pistas principais e pistas marginais (Rua Lateral Esquerda Santa Luzia e Rua Lateral Direita Morro Alto/São Cosme), bem como do desnível das pistas principais. A pista principal, de sentido Belo Horizonte - Confins, encontra-se implantada cerca de 3,00 m acima da cota da pista principal de sentido Confins - Belo Horizonte; tal desnível se dá através de talude no canteiro central;
- o "as built" das obras de ampliação da rodovia;
- a estimativa do volume de tráfego e do nível de serviço operacional;
- as características dos terrenos lindeiros à rodovia nas imediações da área de implantação da interseção, no que se refere aos aspectos ambientais, da topografia e de densidade e tipo de ocupação;
- os aspectos geológico-geotécnicos locais, especialmente o tipo de solo e o nível do lençol freático;
- a existência no local de redes de serviços públicos subterrâneas;
- o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral da faixa de interesse do estudo, realizado especificamente para o desenvolvimento do presente projeto;
- a seção transversal tipo dos segmentos de aproximação e da obra de transposição da MG-010, introduzindo-se alterações na seção originalmente proposta, através da incorporação de ciclofaixa e alargamento do passeio lateral;
- o gabarito vertical da OAE, adotando-se, de comum acordo com o DER/MG, altura mínima de 5,00 m.



4.1.2 Planialtimetria

4.1.2.1 Ramo de Acesso ao Centro Administrativo

A concepção planialtimétrica inicial do ramo de acesso ao Centro Administrativo foi desenvolvida considerando-se que a obra poderia ser executada por dois processos construtivos: o processo convencional, com o desvio do tráfego da MG-010 (OAE do tipo trincheira em concreto) e o processo não destrutivo (OAE do tipo túnel, construído por sistema similar ao NATM - *New Austrian Tunneling Method*). Posteriormente, o DER/MG optou pela solução ora apresentada, em túnel.

O traçado do ramo de acesso desenvolve-se na lateral direita da MG-010, sentido Belo Horizonte - Confins, no segmento imediatamente anterior ao início da área de implantação do Centro Administrativo, que se encontra desocupado, sem edificações importantes, e bastante degradado.

O maciço natural apresenta cota superior à da plataforma da rodovia (cerca de 20 m acima), configurando-se na melhor localização possível para o ramo de acesso.

A solução apresentada é pouco impactante no que tange ao meio antrópico, uma vez que o traçado se desenvolve em grande parte sobre área de servidão do DER/MG, não conduzindo ao remanejamento de moradores ou quebra de relações sociais, a menos da desapropriação integral de edificação de Igreja Evangélica e de edificação adjacente existente na Rua Marrocos (Bairro Canaã), da desapropriação parcial dos lotes em que se situam tais edificações e, ainda, de parte (fundos) de 2 (dois) outros lotes e edificações/benfeitorias existentes nos mesmos. A desapropriação mais significativa envolve parte de terreno indiviso, sem edificações e benfeitorias.

A extensão efetiva do ramo de acesso, considerando apenas o intervalo entre a saída da MG-010 e a interseção com a via Coletora "A", integrante do sistema viário interno do Centro Administrativo, é de 640 m, dos quais cerca de 152 m correspondem à OAE (túnel).

Em planta o traçado é suave, além de ser esteticamente adequado, com curva de transição com 110 m de extensão, para uma curva circular central, de raio 255,13 m e ângulo central 78°49'06",



considerando-se para situação de conforto dos usuários, uma superelevação mínima compatível com a declividade transversal de abaulamento da pista em tangente (2%).

Ressalta-se que, na geometria proposta, não foi possível obter um perfeito atendimento às condições de fluência ótica do traçado, quando são agrupados os pontos de incidência das soluções em planta e perfil. As tentativas de se coincidir os pontos de interseção dos respectivos alinhamentos mostraram-se infrutíferas, em função das condicionantes relativas às cotas que a altimetria do traçado deveria atender.

Por outro lado, esse fato, no presente caso, não traz prejuízo à fluência ou à segurança do tráfego, seja pelo valor da velocidade regulamentada no segmento do acesso (70 km/h), seja por causa das discretas declividades utilizadas no greide.

A obra de transposição da MG-010 é um túnel, a ser construído por sistema similar ao NATM, concebido em 2 células:

- uma maior (túnel principal), com altura livre de 7,90 m (altura de 10,80 m, incluindo o "invert") e largura de 15,80 m, destinada ao tráfego de veículos;
- a outra, menor (túnel adjacente), com altura livre de 4,00 m (altura de 5,70 m, incluindo o "invert") e largura de 4,00 m, destinada à ciclofaixa e trânsito de pedestres.

Tal alternativa apresenta vantagens em relação à concepção em célula única, podendo-se destacar:

- proporciona maior segurança e conforto aos ciclistas e pedestres, uma vez que há a separação do tráfego de veículos;
- possibilita a utilização do túnel menor por parte dos usuários de veículos, em rota de fuga, no caso de acidente na célula maior;
- proporciona um melhor efeito estético, mais harmonioso com o conjunto arquitetônico que compõe o Centro Administrativo.

Em perfil, os pontos de atendimento obrigatório considerados para a definição do greide foram os seguintes:

- saída da MG-010 com a mesma rampa das pistas da rodovia;
- recobrimento mínimo da OAE (túnel) na transposição da MG-010;
- gabarito vertical mínimo da OAE;



cota final de entrada no Centro Administrativo, na interseção com a via Coletora "A" (definida no Projeto de Infra-estrutura do empreendimento).

Em perfil o ramo do acesso ao Centro Administrativo será implantado em cota inferior à da plataforma da MG-010, com rampas suaves, ascendentes (máxima 3,50%) até as imediações do início da transposição da MG-010. A partir daí, apresenta, no segmento do túnel, declive também suave (rampa máxima 3,77%); o encaixe com a via Coletora "A" (área interna do Centro Administrativo) se dá em curto segmento de aclave (rampa 0,67%).

O gabarito vertical mínimo da obra de transposição da MG-010 poderia ser de 4,50 m, considerando tratar-se de acesso a um núcleo de administração estadual, no qual os veículos comerciais demandados (caminhões) seriam basicamente aqueles utilizados para abastecimento de insumos, portanto, de pequeno porte e, ainda, que os maiores ônibus de transporte coletivo deverão ser do tipo articulado, com altura inferior a 4,00 m.

Por outro lado, por questões de segurança, foi definido, em conjunto com o DER/MG, o gabarito mínimo vertical como sendo de 5,00 m, ligeiramente inferior ao gabarito convencional nas rodovias estaduais, que é de 5,50 m.

4.1.2.2 Pista Marginal

Tendo em vista a interferência do início do ramo do acesso ao Centro Administrativo com um ponto de parada de ônibus existente às margens da MG-010, atendendo recomendação técnica do DER/MG, foi projetada uma pista marginal, externa ao ramo de acesso, em desnível com esse ramo, para atendimento ao tráfego de ônibus ("bus-way").

Essa via possibilitou a eliminação do ponto de ônibus na rodovia-tronco, ampliando os aspectos da segurança dos pedestres que, de outro modo, circulariam pelo trecho de transição da via expressa em direção à via de acesso ao Centro Administrativo.

A pista marginal apresenta extensão total de 540 m, desenvolvendo-se a partir do início do ramo de acesso ao Centro Administrativo, até a Rua Lateral Direita Morro Alto (São Cosme) da MG-010, nas imediações do acesso ao Posto de Serviço existente.



Em perfil, a via apresenta rampas ascendentes suaves, com a declividade máxima inferior a 5%.

4.1.3 Seção Transversal

4.1.3.1 Acesso ao Centro Administrativo

A seção transversal do ramo de acesso ao Centro Administrativo foi estabelecida visando a fluidez do tráfego no horizonte de projeto, estendendo-se para o acesso padrões de qualidade de desempenho operacional e de segurança compatíveis com o porte do empreendimento e da obra proposta.

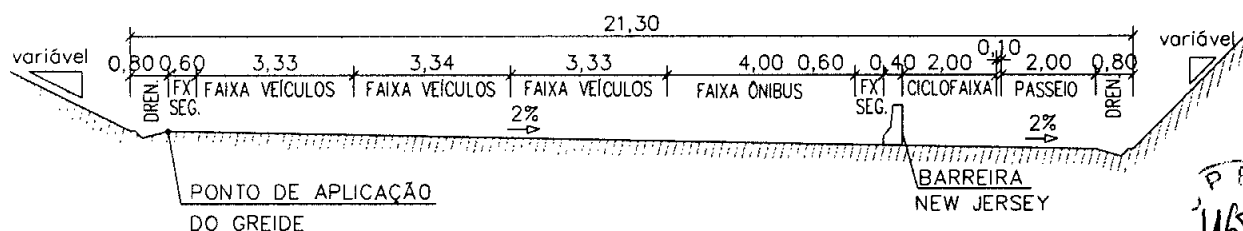
Dessa forma, a plataforma do ramo de acesso contempla 4 faixas de tráfego, em um único sentido de tráfego. O segmento inicial do acesso, na saída da rodovia MG-010, por questões de segurança, foi projetado com 2 faixas de tráfego, ampliando-se esse número até o limite de 4 faixas, na medida que ocorre o afastamento do ramo de acesso em relação à MG-010.

A seção transversal adotada para o acesso contempla plataforma com largura total de 21,30m, assim constituída (exceção ao segmento de túnel):

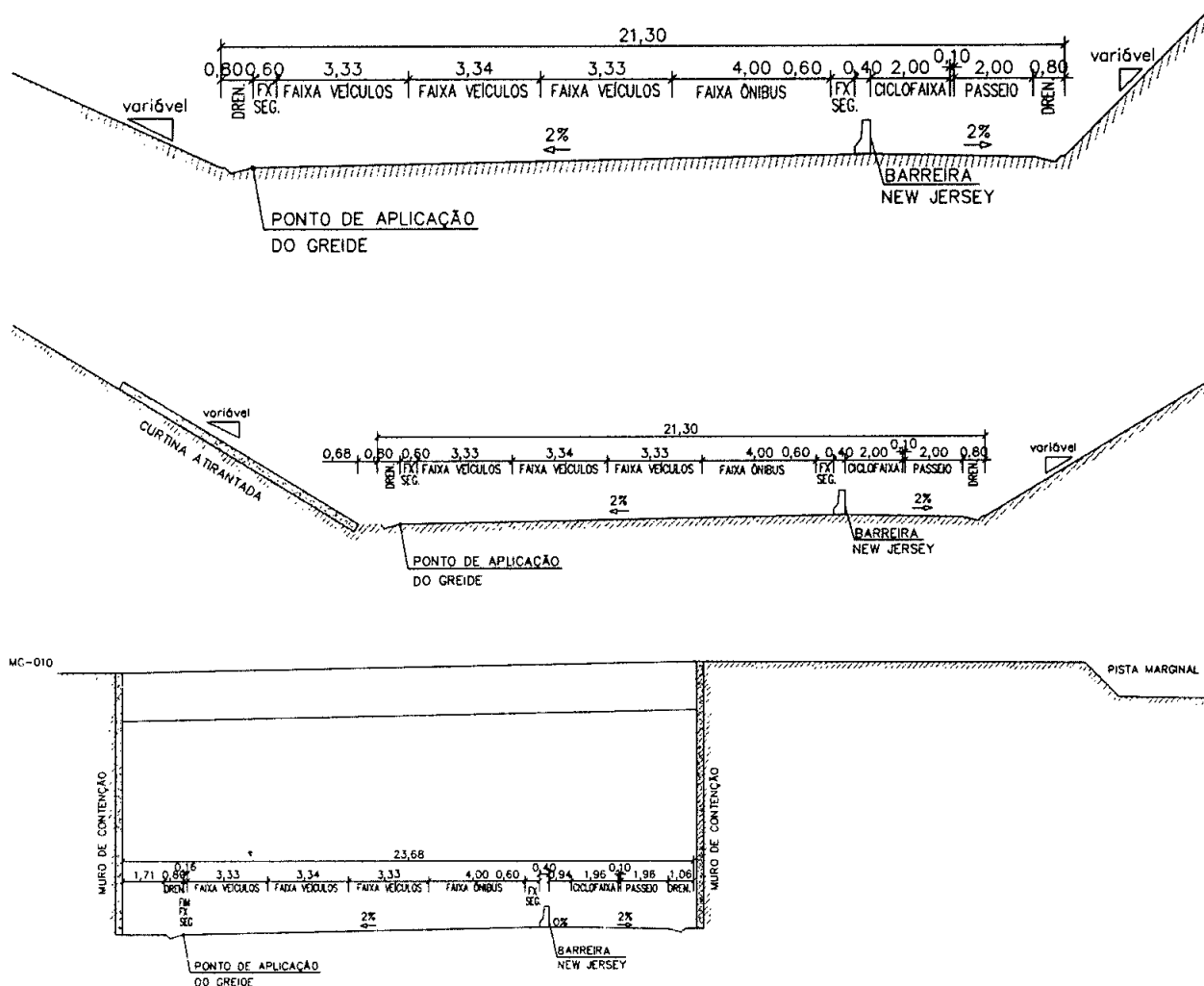
- 3 faixas de tráfego destinadas a veículos de passeio: 10,00m;
- 1 faixa de tráfego destinada a ônibus: 4,00m;
- 2 faixas de segurança laterais: 2 x 0,60m;
- barreira rígida de concreto, tipo "New Jersey": 0,40m;
- ciclofaixa: 2,00m;
- passeio: 2,00m;
- dispositivo separador ciclofaixa/passeio: 0,10m;
- dispositivos de drenagem (sarjetas): 2 x 0,80m.

As figuras a seguir ilustram as seções transversais representativas para segmentos em tangente e em curva.

SEÇÃO TIPO EM TANGENTE - RAMO DE ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO



SEÇÃO TIPO EM CURVA – RAMO DE ACESSO AO CENTRO ADMINISTRATIVO



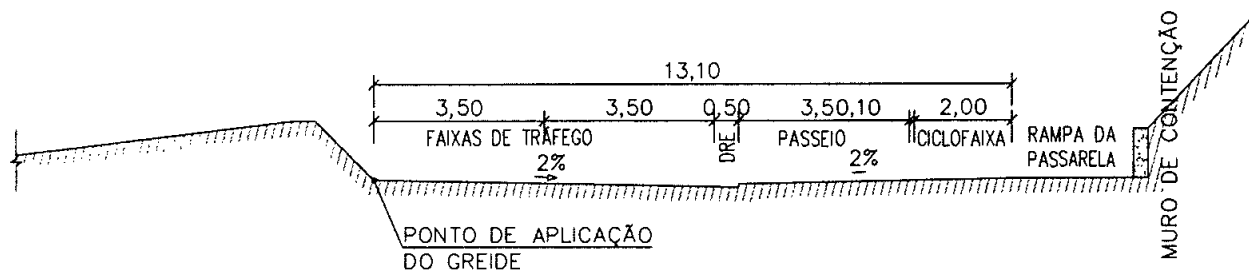
No segmento do túnel principal, a seção transversal comporta plataforma com largura total de 15,80 m, assim constituída:

- 3 faixas de tráfego destinadas a veículos de passeio: 10,00m;
- 1 faixa de tráfego destinada a ônibus: 4,00m;
- 1 faixa de segurança lateral: 0,60m;
- barreira rígida de concreto, tipo “New Jersey”: 0,40m;
- dispositivo de drenagem: 0,80m.

O túnel adjacente apresenta seção transversal com 4,00 m de largura, composta por ciclofaixa, com largura 2,00 m e passeio na largura 2,00 m.

No segmento inicial da pista marginal, desde a ligação com passeio existente nas proximidades da Rua Ceuta e Marrocos (Bairro Canaã), até as imediações do local definido para a parada dos ônibus (imediações da estaca 19), a seção tipo da via apresenta passeio com 3,50m de largura e ciclofaixa lateral externa com 2,00m, que se conectam ao passeio e ciclofaixa do ramo de acesso ao Centro Administrativo.

A figura a seguir ilustra a seção transversal do segmento inicial da pista marginal.



geométricas, tendo em vista que as camadas subjacentes do pavimento na ciclofaixa e passeio são mais delgadas se comparadas às das pistas de rolamento;

- 20,0 cm no segmento do túnel principal e adjacente, considerando que tal camada se assentará sobre espessa camada drenante do “invert”;
- pista marginal: camada de solo argiloso, espessura 40,0 cm, devendo-se observar:
 - compactação em camadas individuais com espessura final, após compactação, de 20,0 cm cada;
 - compactação com a energia de referência do Proctor normal (GC 100%); o desvio de umidade em relação à ótima deverá situar-se entre - 2% e + 0,5%, preferencialmente no ramo seco;
 - que o solo argiloso a ser empregado será proveniente das camadas de cobertura do corte, devendo ser estocado para posterior aproveitamento.

4.2.7 Áreas de Bota-fora

Os materiais provenientes da escavação serão disponibilizados em área de bota-fora, podendo-se utilizar uma ou mais dentre as 4 (quatro) áreas identificadas, a saber:

BOTA-FORA	LOCALIZAÇÃO	DISTÂNCIA AO LOCAL DE PROJETO (km)	CAPACIDADE (m ³)
Bota-fora 01 (Fábio)	Rua Beira Rio, nº 2.000 - Santa Luzia	16,0	480.000 (600 x 200 x 4)m
Bota-fora 02 (Daniel)	Rua Beira Rio, nº 2.000 - Santa Luzia	16,5	420.000 (700 x 200 x 3)m
Bota-fora 03 (MG-424)	MG-424 - Pedro Leopoldo	12,0	400.000 (500 x 200 x 4)m
Bota-fora 04 (Gávea 02)	Avenida 03 - Bairro Gávea 02	5,5	480.000 (600 x 200 x 4)m

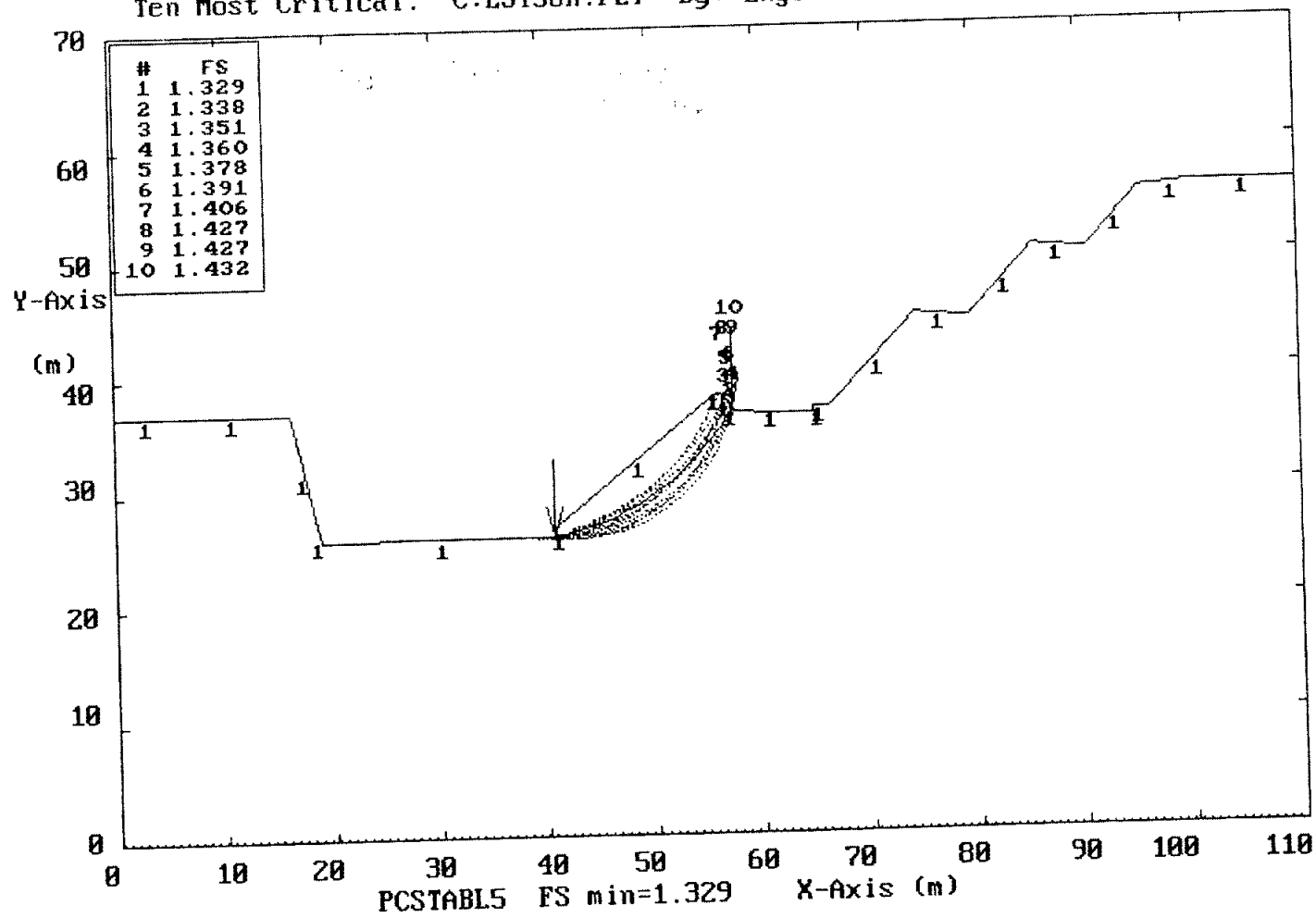
No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os croquis de localização de tais áreas, complementados por fotografias com vista geral da situação de cada uma delas; ver “Projeto de Terraplenagem - Mapa de Localização das Áreas de Bota-Fora” (folha: TR-03).

4.2.8 Anexo - Análises de Estabilidade de Talude de Corte- Saídas do Programa PCSTABL

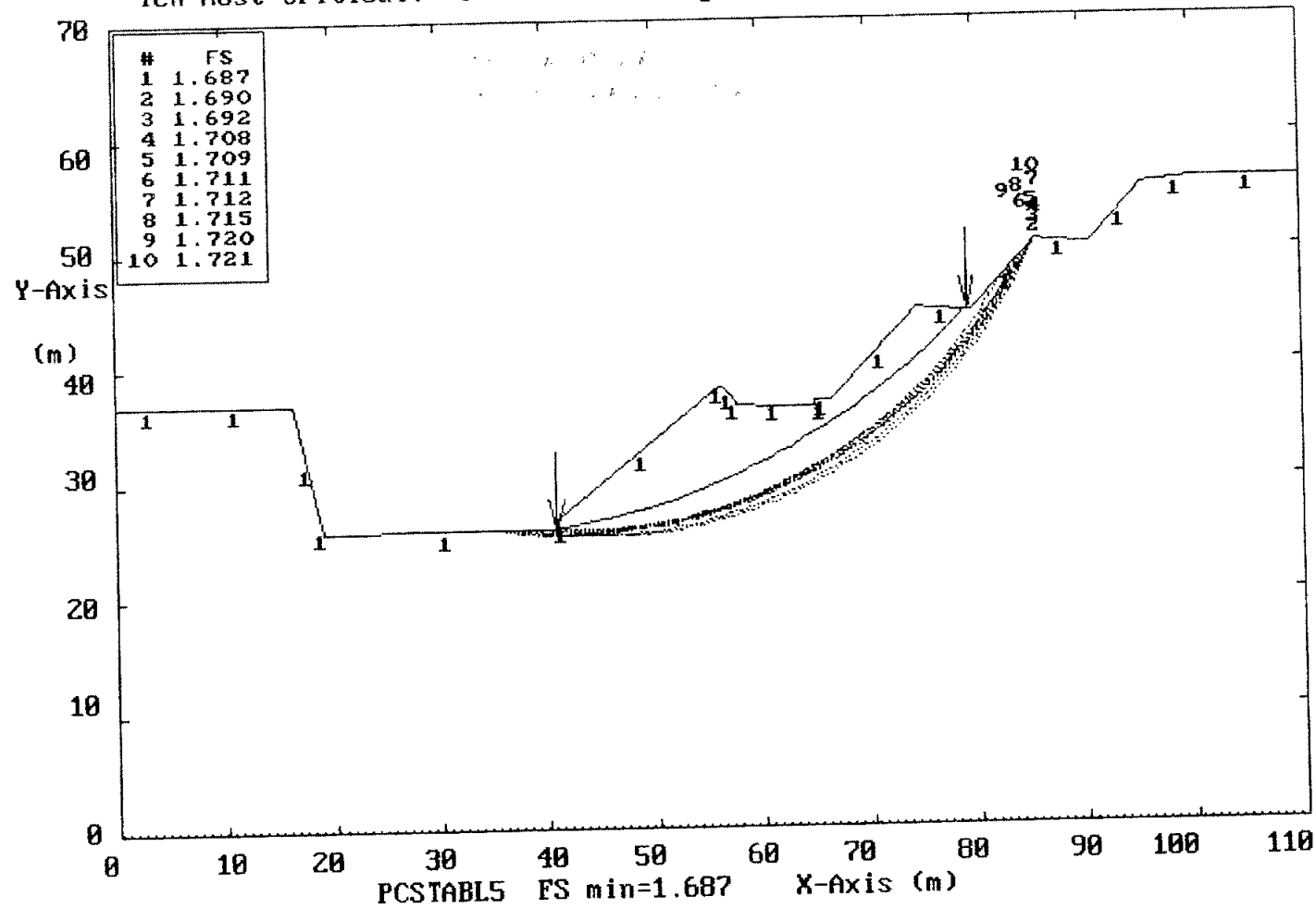
Apresentam-se a seguir as saídas do programa PCSTABL.



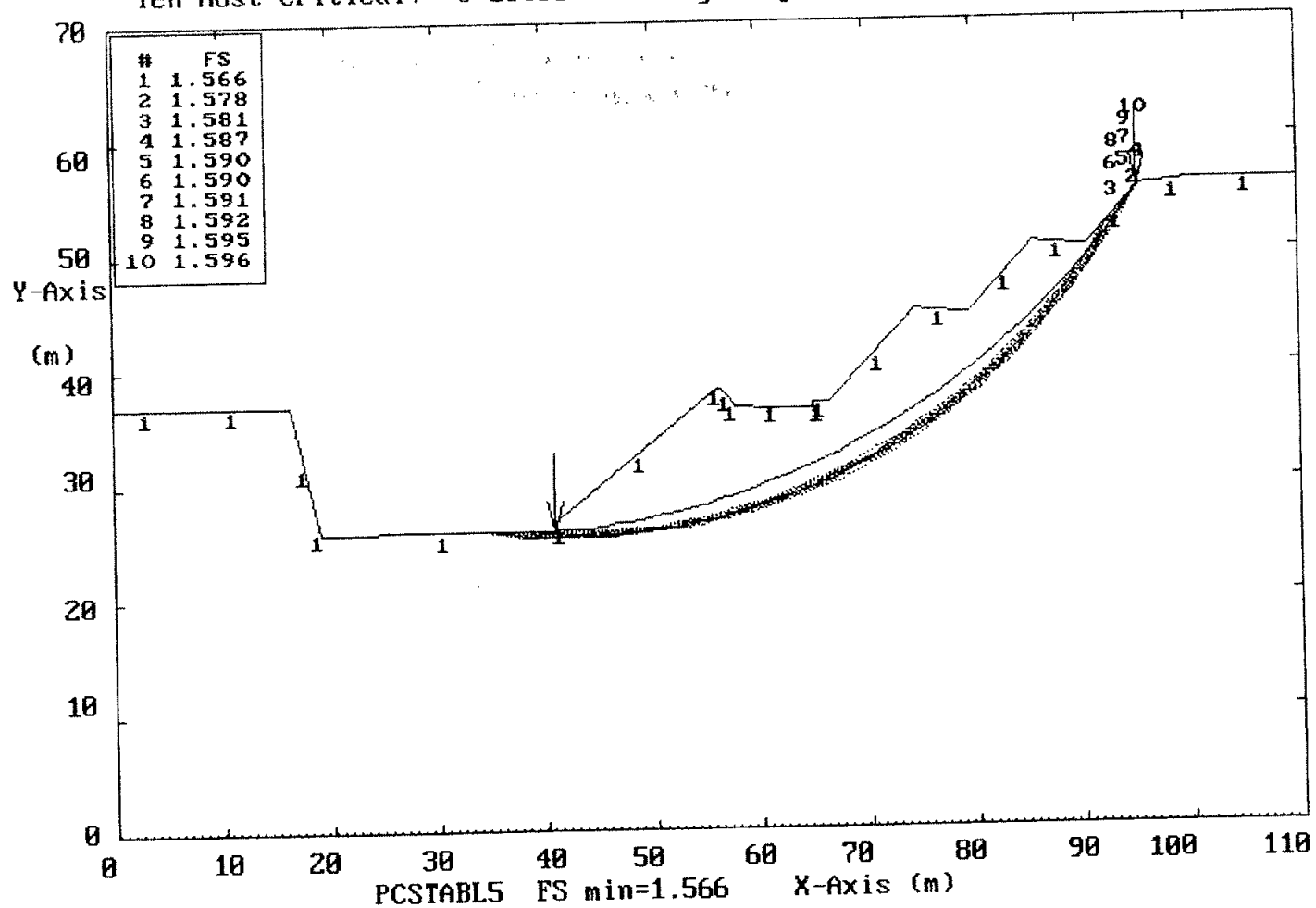
ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 4:35pm



ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 4:39pm



ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 4:40pm



4.2 PROJETO GEOTÉCNICO E DE TERRAPLENAGEM

4.2.1 Introdução

O Projeto Geotécnico e de Terraplenagem foi desenvolvido a partir do Projeto Geométrico e Estudos Geotécnicos realizados, com vistas ao fornecimento de subsídios à implantação da obra e estimativa do volume de movimentação de materiais.

O presente item aplica-se à terraplenagem para a implantação do ramo de acesso ao Centro Administrativo, exclusive o segmento da OAE (túnel), e para a implantação da pista marginal externa a esse ramo; a escavação do segmento em túnel é parte integrante do Projeto de OAE do Tipo Túnel (item 4.5, adiante).

4.2.2 Considerações Gerais

A implantação do ramo de acesso ao Centro Administrativo e da pista marginal será efetuada com terraplenagem convencional, exclusivamente em corte (escavação taludada), em material de 1ª categoria.

No segmento de aproximação da entrada do túnel são previstas contenções em estruturas de concreto, a saber:

estaca 33 + 3,859 a 34 + 3,859, lado esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo, junto à pista principal da MG-010. Trata-se de uma cortina atirantada com altura de 5,0 m, junto ao pé de talude com inclinação e altura variável;

estaca 34 + 3,859 a 35 + 18,859, lado direito e esquerdo, com a dupla função de contenção da plataforma da MG-010 (lado esquerdo)/maciço de terra (lado esquerdo) e de sustentação da estrutura do pergolado projetada pelo escritório responsável pela Arquitetura do Centro Administrativo (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.).

Na saída do túnel, lado direito, entre estacas 43 + 9,274 a 45 + 10,63, é prevista cortina atirantada/muro de arrimo para contenção da "saia" do talude de aterro da plataforma da MG-010.



No segmento inicial da pista marginal ("bus-way"), entre estacas 17 + 10,00 e 21, para minimizar desapropriações de edificações, também é prevista contenção em estrutura de concreto (muro de arrimo).

4.2.3 Análises de Estabilidade de Talude de Corte

O estudo de estabilidade de talude foi efetuado visando a verificação das condições de segurança do talude de corte a ser configurado pelos serviços de terraplenagem, a montante das vias (ramo de acesso ao Centro Administrativo e pista marginal). A situação inicialmente avaliada corresponde à seção da estaca 36 (eixo de referência do ramo de acesso ao Centro Administrativo), de maior altura de corte (mais crítica).

Posteriormente, para possibilitar a incorporação da estrutura do pergolado para a entrada do túnel, foi introduzida estrutura de contenção em concreto no lado direito do ramo de acesso, em substituição à escavação taludada que seria efetuada entre o ramo de acesso ao Centro Administrativo e a pista marginal.

Dessa forma, as análises de estabilidade realizadas envolveram as duas configurações geométricas, a saber:

- situação 1: escavação taludada (corte pleno);
- situação 2: contenção de pé de 11,0m de altura (bordo direito do ramo de acesso ao Centro Administrativo) e escavação taludada a montante da pista marginal.

4.2.3.1 Parâmetros Geotécnicos dos Materiais

Os parâmetros geotécnicos adotados para os materiais foram estabelecidos com base nos resultados de ensaios especiais do tipo cisalhamento direto rápido (inundado) com corpos-de-prova obtidos de blocos de amostras indeformadas coletados no maciço natural (ver item 6. Estudos de Corte - Ensaio Especiais do **Anexo 3B - Estudos Geotécnicos**), sendo considerados:

peso específico: $\gamma = 16 \text{ KN/m}^3$;

coesão: $c = 11 \text{ kPa}$;

... ângulo de atrito: $\varphi = 27,3^\circ$.



4.2.3.2 Metodologia Empregada

As configurações geométricas do corte foram verificadas com base nos estudos de estabilidade de taludes desenvolvidos com a utilização do programa computacional PCSTABL5, empregando-se o Método de Bishop Simplificado, sendo admitido um fator de segurança mínimo (F_{\min}) de 1,30.

4.2.3.3 Resultados Obtidos

Os estudos indicam a adequabilidade das configurações geométricas com escavação taludada (corte pleno), conforme detalhado no item 4.2.4, adiante, e com contenção de pé de 11,0m de altura (bordo direito do ramo de acesso ao Centro Administrativo) e escavação taludada a montante da pista marginal.

O quadro a seguir sintetiza os resultados dos estudos realizados, com a indicação dos menores fatores de segurança das superfícies de deslizamento.

SITUAÇÃO AVALIADA	FATOR DE SEGURANÇA F
Escavação taludada (corte pleno) - Estaca 36	1,329
Contenção de pé e escavação taludada - Estaca 36	1,419

No item 4.2.8 Anexo - Análises de Estabilidade de Talude de Corte- Saídas do Programa PCSTABL, adiante, são apresentadas as saídas do programa PCSTABL5.

4.2.4 Inclinação dos Taludes de Corte e Estruturas de Contenção

Função da natureza do maciço natural, constituído predominantemente por silte areno-argiloso ver item 3.3.3 Caracterização Geotécnica do Maciço Natural e da Faixa de Implantação da OAE a inclinação adotada para os taludes de corte é relativamente suave:

- inclinação variável para o talude de corte a ser configurado entre o ramo de acesso ao Centro Administrativo e a pista marginal, apresentando inclinação máxima de cerca de 78,5% (1,3H:1V) nas imediações da estaca 36, onde atinge altura máxima de cerca de 11,5m (incluindo altura de 1,2m relativa à banquetta de proteção junto à pista marginal);



- inclinação 1(H):1(V) e altura de 8,0m (1º talude, inferior), seguido de banquetas de 5,0m de largura a cada 6,0m de altura (2º e 3º taludes, superiores), para o talude a ser configurado a montante da pista marginal (talude com inclinação máxima resultante de cerca de 1,6H:1V).

Entretanto, para possibilitar a incorporação da estrutura em pergolado na entrada do túnel, foi introduzida uma estrutura de contenção em concreto no lado direito do ramo de acesso (estaca 34 + 3,859 à estaca 35 + 18,859), em substituição à escavação taludada que seria efetuada entre o ramo de acesso ao Centro Administrativo e a pista marginal.

O talude de corte entre a pista principal da MG-010 e o ramo de acesso ao Centro Administrativo (lado esquerdo) foi projetado com inclinação suave (variável de 3H:1V até 2H:1V entre estacas 22 a 33 + 3,859). A partir daí o talude (altura de cerca de 8,0 m) se torna mais íngreme, atingindo inclinação de aproximadamente 1H:1V (altura de cerca de 11,0 m) na estaca 34 + 3,859, junto à estrutura do pergolado; nesse segmento foi projetada uma cortina atirantada com altura de 5,0 m, com inclinável variável, junto ao pé de talude.

Na sequência, estaca 34 + 3,859 a 35 + 18,859, da mesma forma que do lado direito, foi indicada uma estrutura em concreto até a entrada do túnel, com a dupla função de contenção da plataforma da MG-010 (lado esquerdo)/maciço de terra (lado esquerdo) e de sustentação da estrutura do pergolado projetada pelo escritório responsável pela Arquitetura do Centro Administrativo (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.). Tratam-se de contenções em paredes diafragma, com altura de cerca de 11,00m, revestidas com placas pré-moldadas de concreto.

Após o túnel, nas proximidades da área interna do Centro Administrativo, tem-se:

- no lado direito, entre estacas 43 + 9,274 a 45 + 10,63, uma estrutura de contenção em concreto (cortina atirantada na parte inicial e muro de arrimo na parte final), de altura variável, máxima de 11,5 m, junto à "saia" do talude de aterro da plataforma da MG-010, seguida de talude de corte para conformação da área entre a MG-010 e a via Coletora "A" (sistema viário interno do centro Administrativo);

no lado esquerdo, lateralmente à pista, talude de corte com inclinação suave (3H:1V).

No segmento inicial da pista marginal ("bus-way"), entre estacas 17 + 10,00 e 21, para minimizar desapropriações de edificações, também é prevista contenção em estrutura de concreto (muro de arrimo com altura variável, máxima de 4,00 m).



4.2.5 Volumes de Escavação

A movimentação de materiais na terraplenagem para a implantação da obra se caracteriza basicamente pela escavação de materiais de 1ª categoria, totalizando volume de cerca de 227.000 m³, exclusive o segmento da OAE (túnel), destinados basicamente a bota-fora (cerca de 223.000 m³).

As seções foram gabaritadas tendo-se como referência o greide de pavimento acabado e de terraplenagem, considerando-se a escavação adicional/rebaixamento dos cortes relativa à substituição de material do subleito das plataformas das vias e descontando-se as espessuras das camadas do pavimento, inclusive da camada de macadame seco (ramo de acesso ao Centro Administrativo) e de solo argiloso (pista marginal) para efeito de cálculo dos volumes de escavação (cubação).

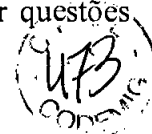
No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os desenhos das seções gabaritadas; ver “Projeto de Terraplenagem - Seções Transversais” (folha: TR-01 e TR-02).

O cálculo dos volumes de materiais a serem movimentados é apresentado através das fichas de cubação constantes do **Anexo 3D - Notas de Serviço e Cálculo de Volumes**.

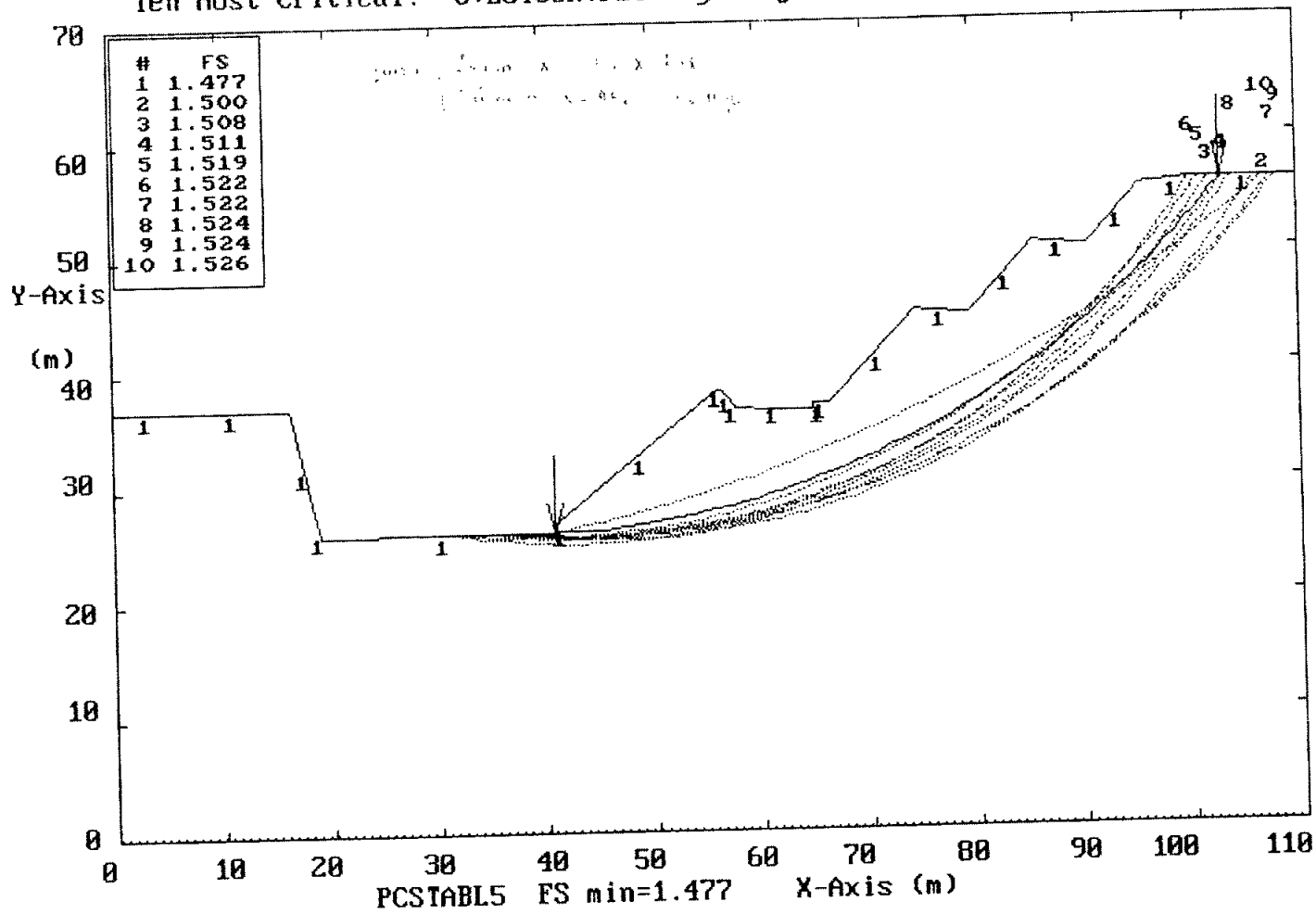
4.2.6 Substituição de Material do Subleito

Conforme item **4.4 Projeto de Pavimentação**, adiante, é prevista a substituição dos solos de natureza siltosa (silte areno-argiloso) do subleito das plataformas das vias a pavimentar, que em geral apresentam, nas condições ótimas de compactação, em laboratório, com a energia do Proctor normal, baixa capacidade de suporte e, ainda, características expansivas. São indicados os seguintes materiais para reposição dos materiais escavados/rebaixamento dos cortes:

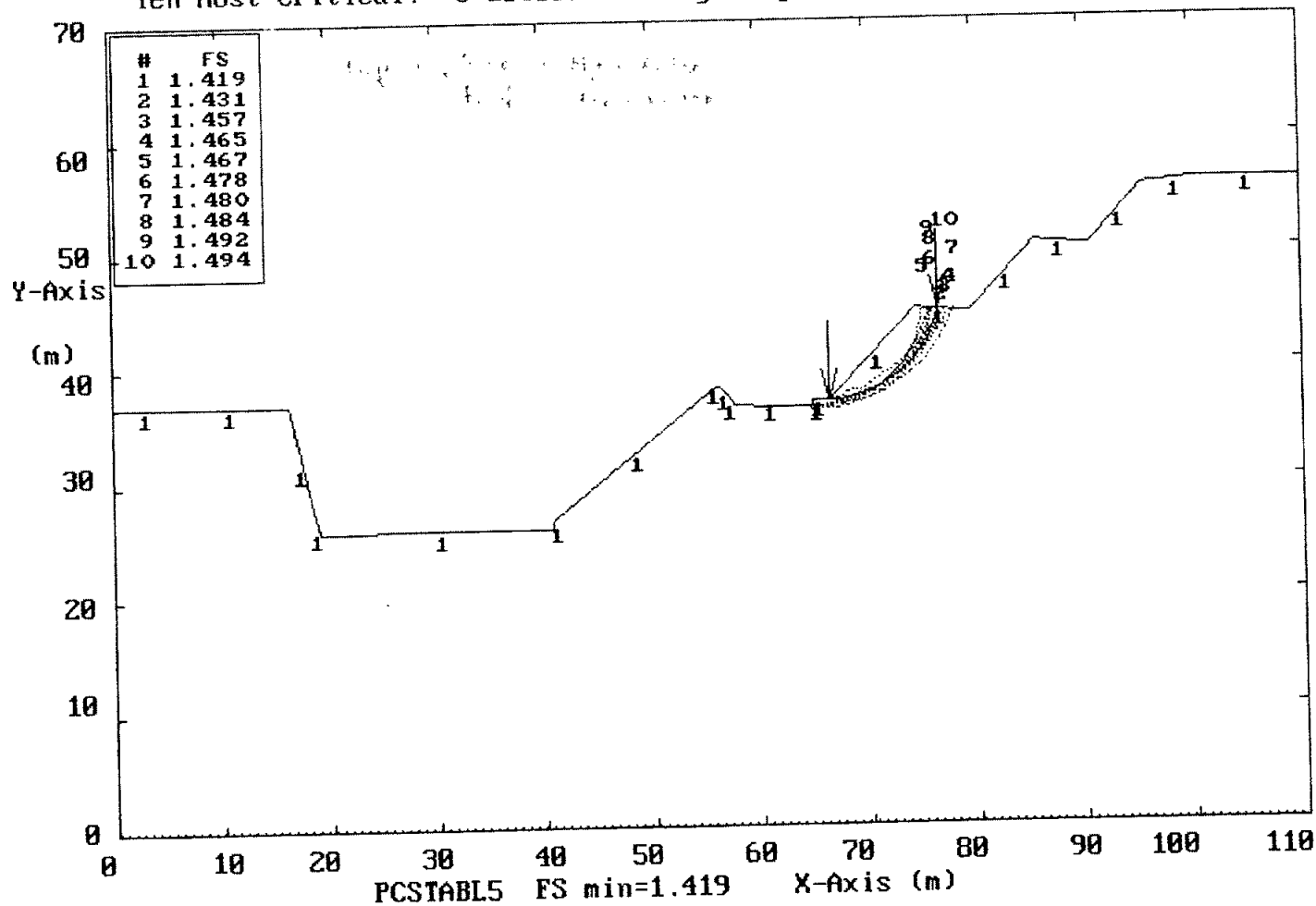
- ramo de acesso ao Centro Administrativo: camada drenante do tipo macadame seco, espessura variável, conforme indicado a seguir e em especificação de serviço constante do projeto:
 - 40,0 cm na largura relativa à pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus), no lado esquerdo da plataforma (jusante);
 - 60,0 cm na largura relativa à ciclofaixa e passeio, no lado direito da plataforma (montante); a maior espessura em relação à parte esquerda/jusante da seção se justifica por questões



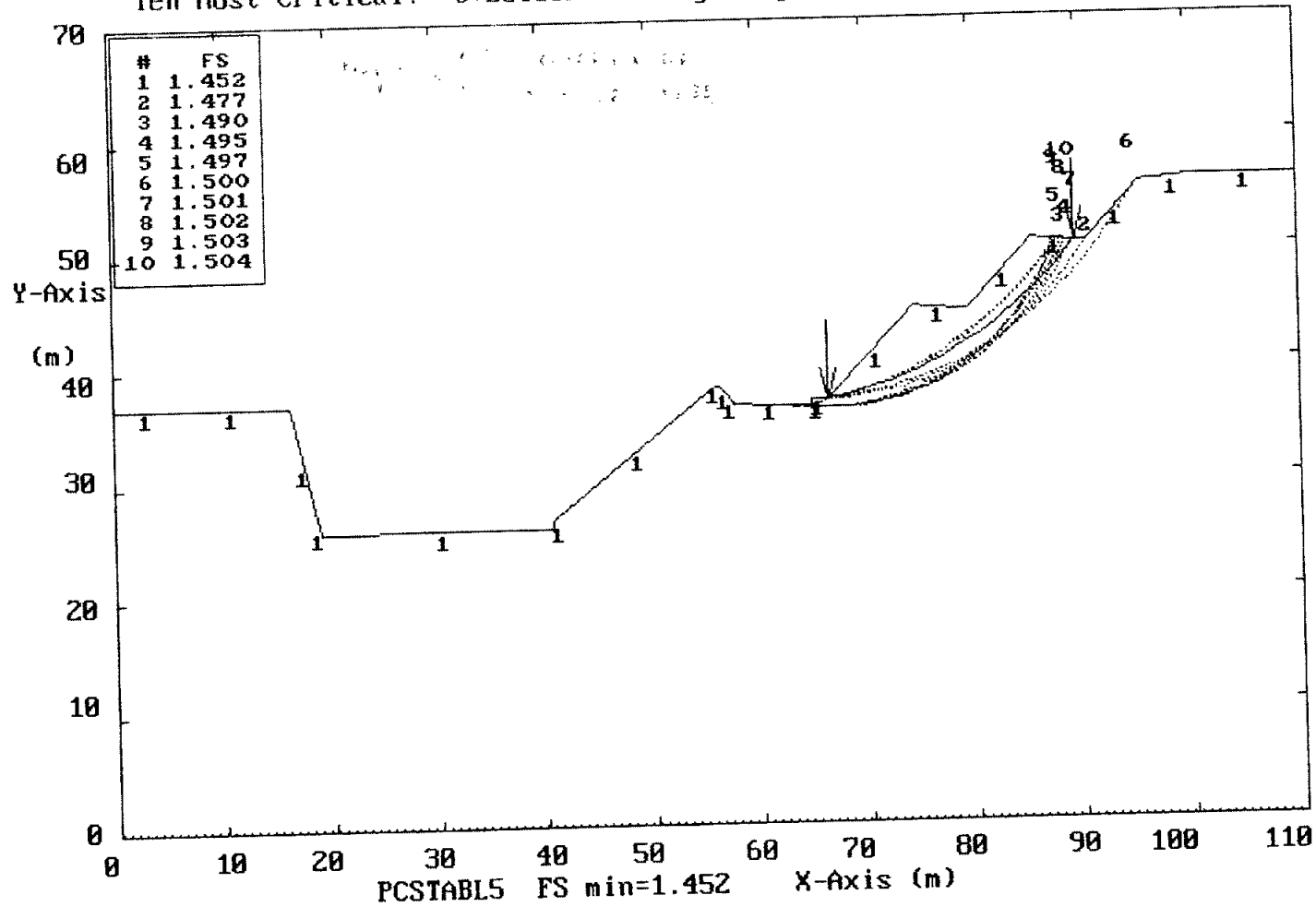
ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 4:48pm



ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 5:10pm

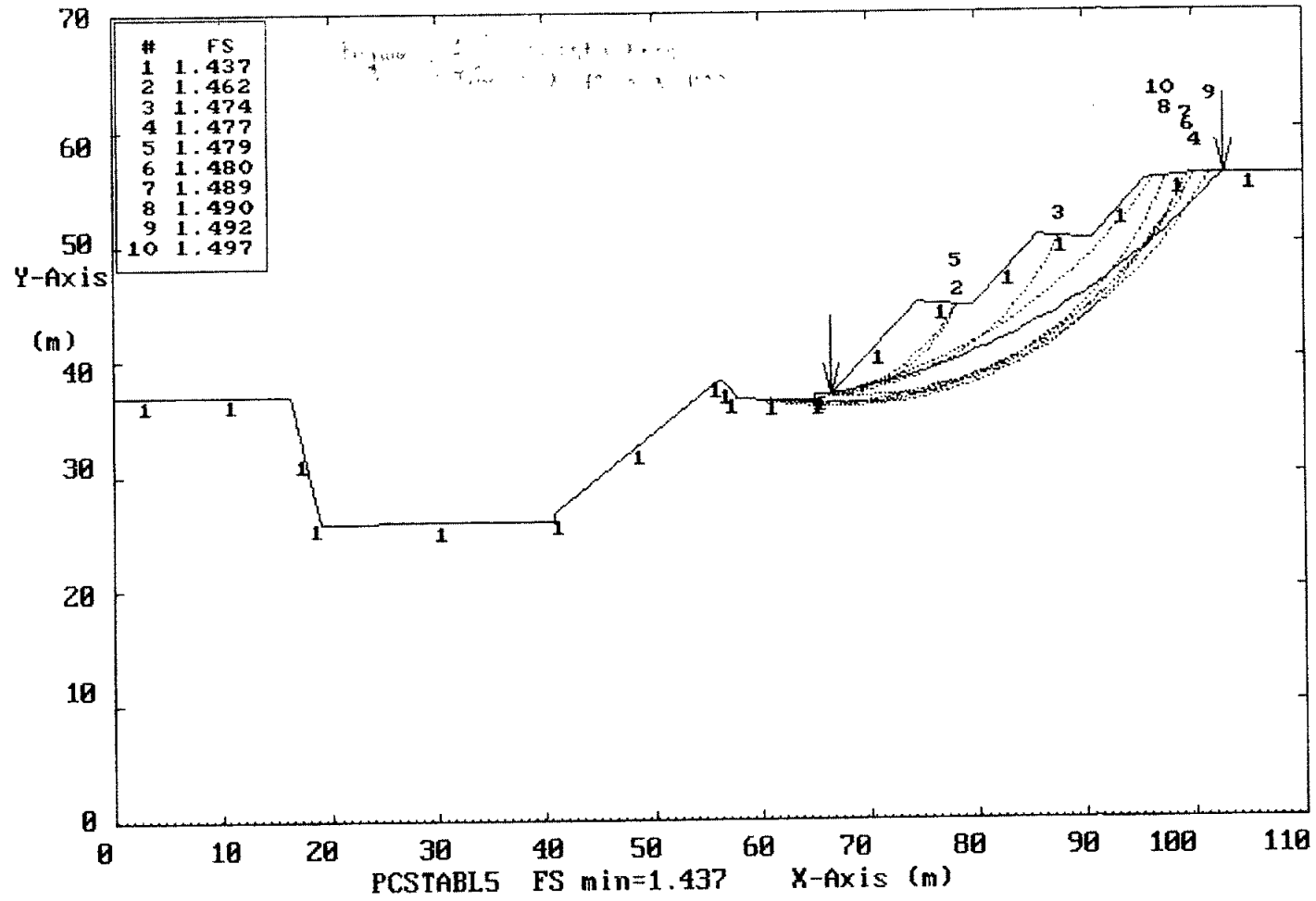


ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 5:10pm

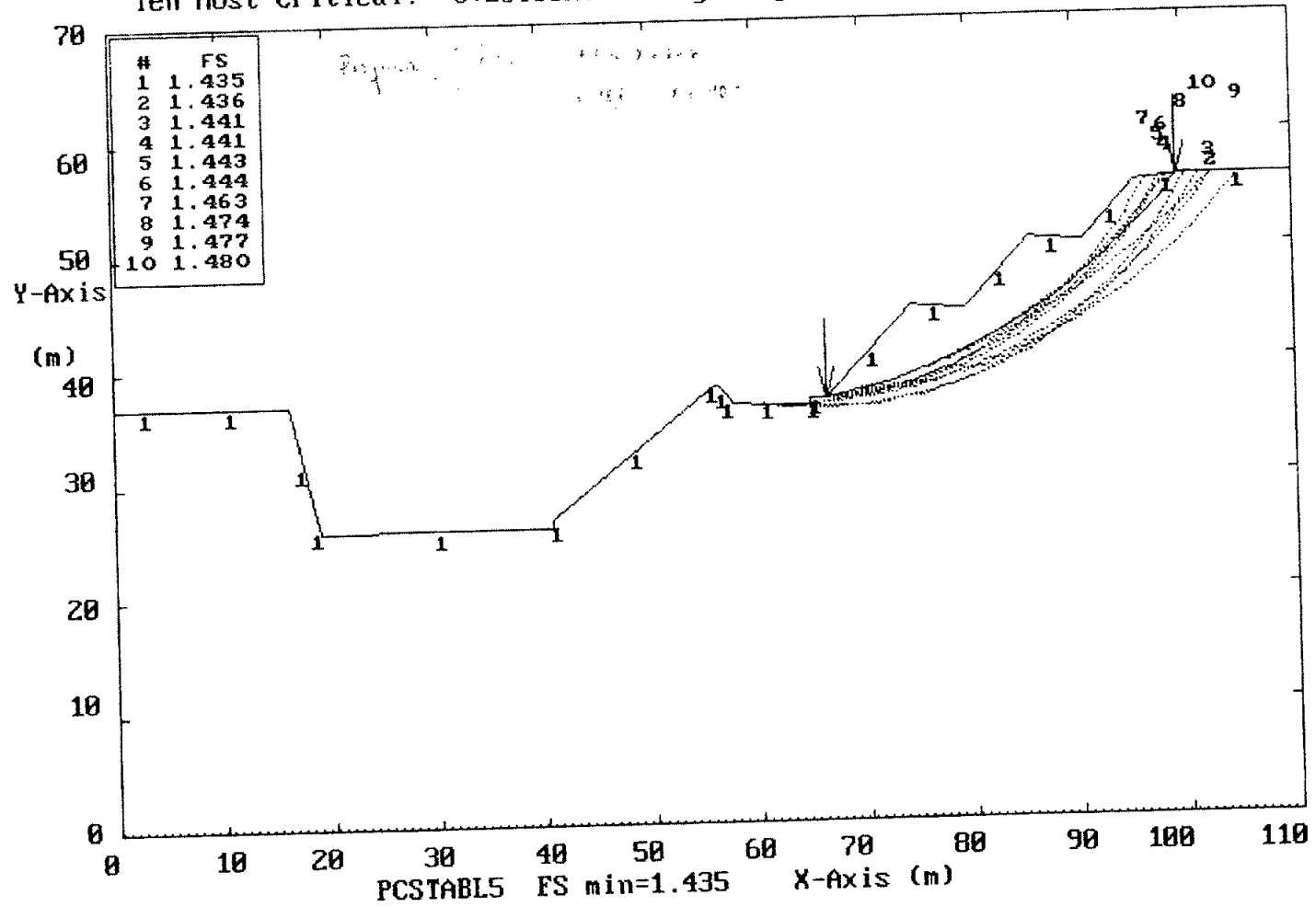


140
 08/11/08

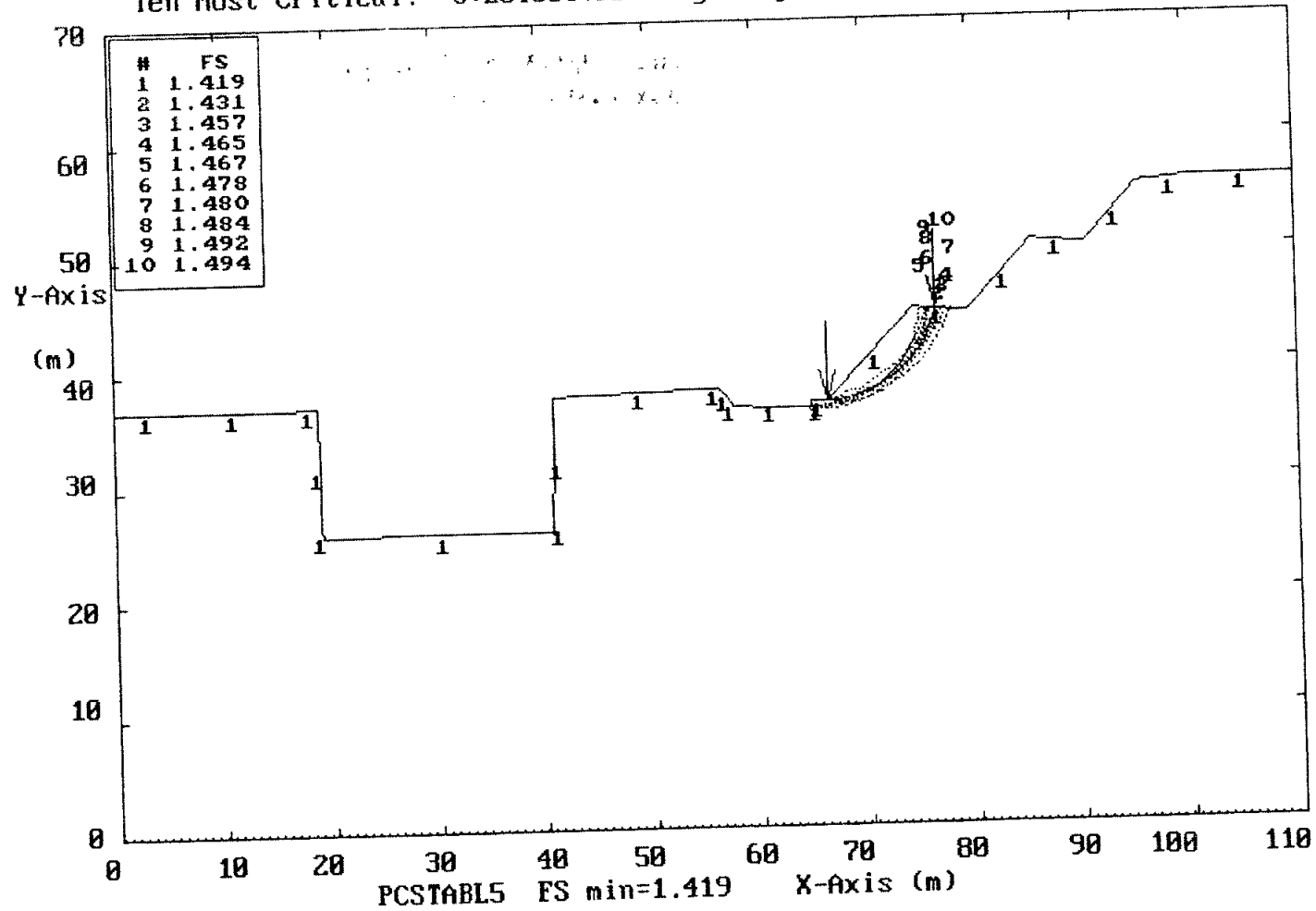
ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 5:11pm



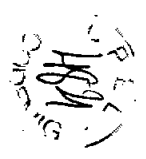
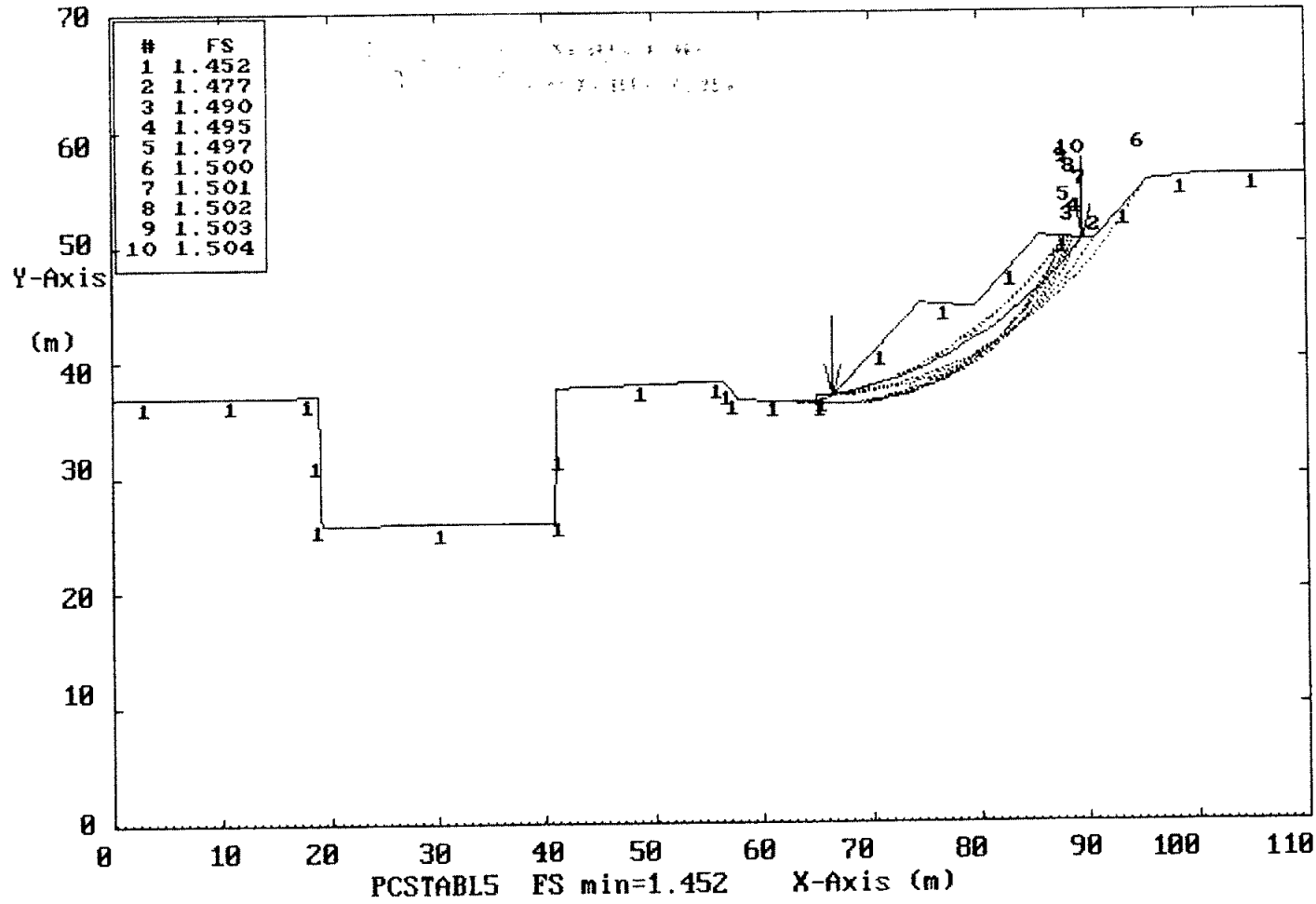
ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36R.PLT By: Engesolo 09-25-08 5:11pm



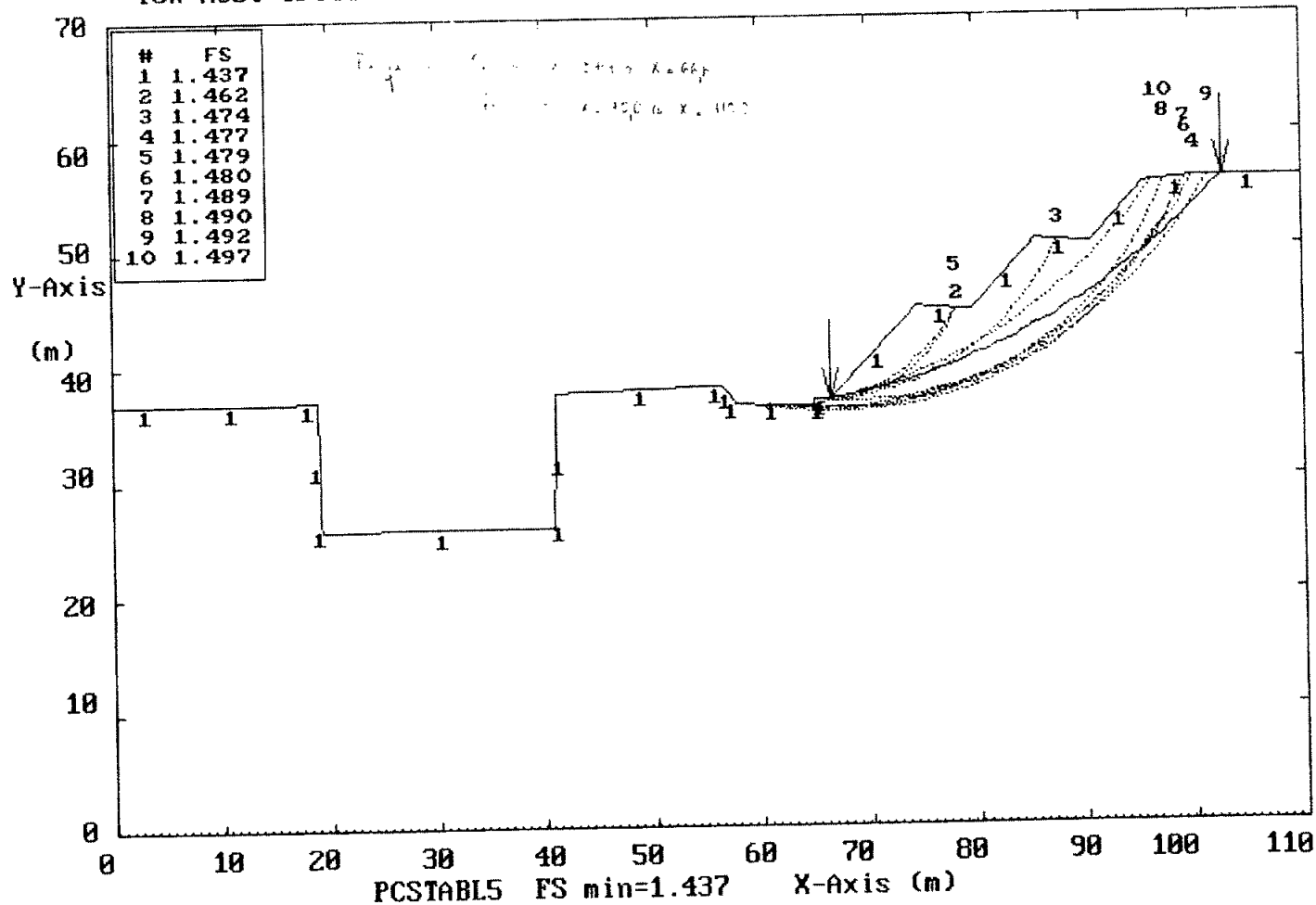
ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36C.PLT By: Engesolo 09-26-08 1:21pm



ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36C.PLT By: Engesolo 09-26-08 2:07pm



ANALISE ESTABILIDADE - Acesso CAMG - Estaca 36 (Ramo Acesso)
 Ten Most Critical. C:EST36C.PLT By: Engesolo 09-26-08 2:08pm



4.3 PROJETO DE DRENAGEM

4.3.1 Introdução

O Projeto de Drenagem teve como finalidade a concepção e dimensionamento das estruturas necessárias à coleta das águas interferentes com o corpo das vias (ramo de acesso ao Centro Administrativo e pista marginal, externa a esse ramo) e sua condução até pontos seguros de deságüe, de modo a preservar sua estrutura e os terrenos adjacentes.

O projeto compreendeu o posicionamento, o dimensionamento hidráulico e a definição das condições estruturais dos dispositivos indicados com os seguintes serviços:

- drenagem superficial;
- drenagem de talvegues;
- drenagem subterrânea.

São descritos, a seguir, os critérios, parâmetros e metodologias adotados no desenvolvimento do projeto.

4.3.2 Drenagem Superficial

O Projeto de Drenagem Superficial foi desenvolvido com base nas características do Projeto Geométrico, de Terraplenagem e de Pavimentação, tendo sido projetados os seguintes dispositivos:

4.3.2.1 Saídas d'Água

Dispositivos de transição que conduzem as águas captadas pelas sarjetas existentes próximas à contenção lateral direita, na saída do túnel, para a descida d'água de aterro. Foi utilizado o projeto tipo SDA-01, padrão DER-MG.

4.3.2.2 Descidas d'Água

Conduzem as águas captadas por outros dispositivos de drenagem pelos taludes de corte e aterro. Quando vindas de valetas de proteção de corte e de valetas de banquetas, deságuam em caixas

A circular stamp with a handwritten signature inside, likely indicating approval or completion of the document.

coletoras ao ser atingido o comprimento crítico e/ou quando existem pontos baixos. Quando as águas provêm de sarjetas de aterro, deságuam na canaleta armada 0,50x0,50m. Foi utilizada a descida d'água em degraus, padrão SUDECAP.

4.3.2.3 Valetas de Proteção de Corte

Tem o objetivo de interceptar as águas que escorrem pelo terreno a montante, impedindo-as de atingir o talude de corte. A valeta de proteção indicada foi do tipo VP-03 (70x50) nas banquetas e nas cristas de corte, padrão DER-MG. No corte próximo à saída do túnel (estaca 44 a 46, lado direito), foi indicada uma canaleta armada de dimensões 0,50x0,50m; o projeto específico é apresentado no **Volume 2 - Projeto de Execução**.

4.3.2.4 Sarjeta de Corte

Capta a água que precipita sobre as plataformas das vias e pelo talude de corte, sendo conduzida longitudinalmente até o ponto onde o lançamento é possível ou quando o comprimento crítico da sarjeta atingir seu limite. Esse tipo de sarjeta deve ser executado em todos os cortes, conforme listagens específicas apresentadas no **Volume 2 - Projeto de Execução**. As sarjetas de corte obedecem ao padrão do DER-MG, códigos SCC 70/15 e SCC 72/20, com largura útil de 0,80 m e profundidades de 15 e 20 cm respectivamente.

No projeto das sarjetas foram avaliados os comprimentos críticos para cada tipo de sarjeta, utilizando-se a equação da continuidade com o coeficiente de Manning, conforme quadros a seguir apresentados.



Ramo de Acesso ao Centro Administrativo (Pista)

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA SCC 70x15								
BORDO INTERNO			BORDO EXTERNO			TANGENTE		
i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)
0,50	21,00	41	0,50	5,00	493	0,50	13,00	117
1,00	21,00	58	1,00	5,00	697	1,00	13,00	166
1,50	21,00	71	1,50	5,00	853	1,50	13,00	203
2,00	21,00	82	2,00	5,00	985	2,00	13,00	235
2,50	21,00	92	2,50	5,00	1102	2,50	13,00	262
3,00	21,00	101	3,00	5,00	1207	3,00	13,00	287
3,50	21,00	109	3,50	5,00	1303	3,50	13,00	310
4,00	21,00	117	4,00	5,00	1393	4,00	13,00	332
4,50	21,00	124	4,50	5,00	1478	4,50	13,00	352
5,00	21,00	130	5,00	5,00	1558	5,00	13,00	371
5,50	21,00	137	5,50	5,00	1634	5,50	13,00	389
6,00	21,00	143	6,00	5,00	1707	6,00	13,00	406
6,50	21,00	149	6,50	5,00	1776	6,50	13,00	423
7,00	21,00	154	7,00	5,00	1843	7,00	13,00	439
7,50	21,00	160	7,50	5,00	1908	7,50	13,00	454
8,00	21,00	165	8,00	5,00	1971	8,00	13,00	469
8,50	21,00	170	8,50	5,00	2031	8,50	13,00	484
9,00	21,00	175	9,00	5,00	2090	9,00	13,00	498
9,50	21,00	180	9,50	5,00	2147	9,50	13,00	511
10,00	21,00	184	10,00	5,00	2203	10,00	13,00	525

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA SCA 70x20								
BORDO INTERNO			BORDO EXTERNO			TANGENTE		
i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)
0,50	21,00	64	0,50	5,00	770	0,50	13,00	183
1,00	21,00	91	1,00	5,00	1089	1,00	13,00	259
1,50	21,00	112	1,50	5,00	1334	1,50	13,00	318
2,00	21,00	129	2,00	5,00	1541	2,00	13,00	367
2,50	21,00	144	2,50	5,00	1722	2,50	13,00	410
3,00	21,00	158	3,00	5,00	1887	3,00	13,00	449
3,50	21,00	170	3,50	5,00	2038	3,50	13,00	485
4,00	21,00	182	4,00	5,00	2179	4,00	13,00	519
4,50	21,00	193	4,50	5,00	2311	4,50	13,00	550
5,00	21,00	204	5,00	5,00	2436	5,00	13,00	580
5,50	21,00	214	5,50	5,00	2555	5,50	13,00	608
6,00	21,00	223	6,00	5,00	2668	6,00	13,00	635
6,50	21,00	232	6,50	5,00	2777	6,50	13,00	661
7,00	21,00	241	7,00	5,00	2882	7,00	13,00	686
7,50	21,00	250	7,50	5,00	2983	7,50	13,00	710
8,00	21,00	258	8,00	5,00	3081	8,00	13,00	734
8,50	21,00	266	8,50	5,00	3176	8,50	13,00	756
9,00	21,00	273	9,00	5,00	3268	9,00	13,00	778
9,50	21,00	281	9,50	5,00	3358	9,50	13,00	799
10,00	21,00	288	10,00	5,00	3445	10,00	13,00	820

488

Ramo de Acesso ao Centro Administrativo (Passeio e Ciclofaixa)

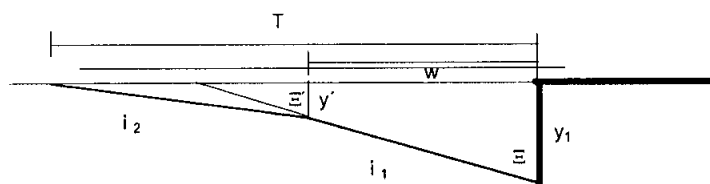
COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA SCA 70x15								
BORDO INTERNO			BORDO EXTERNO			TANGENTE		
i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)	i (%)	l (m)	L (m)
0,50	9,00	147	0,50	5,00	493	0,50	13,00	117
1,00	9,00	208	1,00	5,00	697	1,00	13,00	166
1,50	9,00	255	1,50	5,00	853	1,50	13,00	203
2,00	9,00	295	2,00	5,00	985	2,00	13,00	235
2,50	9,00	330	2,50	5,00	1102	2,50	13,00	262
3,00	9,00	361	3,00	5,00	1207	3,00	13,00	287
3,50	9,00	390	3,50	5,00	1303	3,50	13,00	310
4,00	9,00	417	4,00	5,00	1393	4,00	13,00	332
4,50	9,00	442	4,50	5,00	1478	4,50	13,00	352
5,00	9,00	466	5,00	5,00	1558	5,00	13,00	371
5,50	9,00	489	5,50	5,00	1634	5,50	13,00	389
6,00	9,00	511	6,00	5,00	1707	6,00	13,00	406
6,50	9,00	531	6,50	5,00	1776	6,50	13,00	423
7,00	9,00	551	7,00	5,00	1843	7,00	13,00	439
7,50	9,00	571	7,50	5,00	1908	7,50	13,00	454
8,00	9,00	590	8,00	5,00	1971	8,00	13,00	469
8,50	9,00	608	8,50	5,00	2031	8,50	13,00	484
9,00	9,00	625	9,00	5,00	2090	9,00	13,00	498
9,50	9,00	642	9,50	5,00	2147	9,50	13,00	511
10,00	9,00	659	10,00	5,00	2203	10,00	13,00	525

4.3.2.5 Canaleta com Tampa em Concreto Armado

Tem como objetivo conduzir longitudinalmente a água captada pela sarjeta de corte do ramo de acesso ao Centro Administrativo (passeio e ciclofaixa). O detalhamento do dispositivo é apresentado no desenho "Projeto de Drenagem - Projeto Tipo - Canaletas" (folha DR-02) constante do Volume 2 - Projeto de Execução.

4.3.2.6 Meio-fio - Sarjeta

São dispositivos com o objetivo de coletar e conduzir as águas precipitadas sobre a plataforma e pelo passeio, por escoamento longitudinal, levando as águas interceptadas até as bocas de lobo quando atinge seu comprimento crítico. Foi utilizada a sarjeta tipo C, padrão SUDECAP.



$$Q = 375 \left(\frac{z}{n} \right) \sqrt{S} \times y^{\frac{8}{3}}$$



onde:

- Q = capacidade da sarjeta em l/s;
- z = inverso da declividade transversal;
- .. n = coeficiente de rugosidade;
- S = declividade longitudinal da via em m/m;
- .. y₁ = altura da lamina d'água na sarjeta em m.

$$n = \frac{P_1 n_1 + P_n n_n}{\sum P}$$

onde:

- P₁ = perímetro molhado da sarjeta no concreto em m;
- n₁ = coeficiente de rugosidade da sarjeta de concreto;
- P₂ = perímetro molhado da sarjeta no pavimento em m;
- n₂ = coeficiente de rugosidade da sarjeta no pavimento.

$$V = Q_1 / A$$

$$A = (w / 2) \cdot (y_1 - y') + (T_1 - w) \cdot (y' / 2) + y' \cdot w$$

onde:

- Q₁ = capacidade da sarjeta em m³/s;
- .. A = área molhada da sarjeta em m²;
- V = velocidade da sarjeta em m/s.

No projeto das sarjetas foram avaliados os comprimentos críticos para cada tipo de sarjeta, utilizando-se a equação da continuidade com o coeficiente de Manning, conforme quadros a seguir apresentados.



CÁLCULO DA CAPACIDADE DA SARJETA E BOCA DE LOBO

Dados de Entrada:

Sarjeta
 Tipo:
 Revestimento: n = 0,013

Via
 Revestimento: n = 0,016
 Declividade Longitudinal Mínima:
 Incremento de Decliv. Longitudinal:
 Declividade Transversal (aprox.):

Boca de Lobo
 Local:
 Tipo:
 Grelha: m = 8

i	Sarjeta		Boca de Lobo	
	Q (l/s)	V (m/s)	q ₁ + q ₂	q (l/s)
0,5%	67,7297	0,9784	0,0001	67,7296
1,0%	95,7842	1,3837	0,0002	95,7840
1,5%	117,3112	1,6946	0,0003	117,3110
2,0%	135,4594	1,9568	0,0501	135,4093
2,5%	151,4482	2,1878	0,0905	151,3577
3,0%	165,9031	2,3966	0,1196	165,7835
3,5%	179,1959	2,5886	0,1426	179,0533
4,0%	191,5685	2,7673	0,1617	191,4067
4,5%	203,1890	2,9352	0,1783	203,0107
5,0%	214,1800	3,0940	0,1930	213,9870
5,5%	224,6339	3,2450	0,2064	224,4275
6,0%	234,6225	3,3893	0,2187	234,4038
6,5%	244,2028	3,5277	0,2302	243,9726
7,0%	253,4212	3,6608	0,2410	253,1803
7,5%	262,3159	3,7893	0,2512	262,0647
8,0%	270,9187	3,9136	0,2609	270,6578
8,5%	279,2566	4,0340	0,2702	278,9864
9,0%	287,3527	4,1510	0,2791	287,0736
9,5%	295,2268	4,2647	0,2877	294,9391
10,0%	302,8963	4,3755	0,2960	302,6003
10,5%	310,3764	4,4836	0,3041	310,0723
11,0%	317,6803	4,5891	0,3119	317,3685
11,5%	324,8201	4,6922	0,3195	324,5006
12,0%	331,8063	4,7932	0,3269	331,4794
12,5%	338,6484	4,8920	0,3341	338,3143
13,0%	345,3549	4,9889	0,3411	345,0138
13,5%	351,9337	5,0839	0,3480	351,5857
14,0%	358,3918	5,1772	0,3547	358,0370
14,5%	364,7355	5,2688	0,3613	364,3741
15,0%	370,9707	5,3589	0,3678	370,6029



4.3.2.7 Passagem sobre Sarjeta

Tem como objetivo manter a continuidade da sarjeta no local onde a ciclofaixa e o passeio interceptam a pista marginal. Foi utilizado o projeto tipo OC.PS-02 (L=2,00m), padrão DER-MG.

4.3.2.8 Rede Coletora

Para este projeto, foi utilizada a concepção de drenagem urbana, composta de sarjetas, bocas-de-lobo, caixas de passagem com poços de visita e rede coletora, todos padrão SUDECAP.

Para o dimensionamento das redes coletoras foi adotada a fórmula de Manning e a equação da continuidade, que se traduz pelas seguintes expressões:

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n} \text{ e } Q = AV$$

O diâmetro mínimo utilizado foi de 0,60m para rede coletora e 0,40m para os tubos de ligação entre as bocas-de-lobo e a rede coletora.

4.3.2.9 Caixa Coletora

Para coleta das águas encaminhadas pelos dispositivos de condução das águas superficiais para as extremidades de montante dos bueiros foi utilizada caixa coletora tipo CX-01, padrão DER-MG.

4.3.2.10 Bocas-de- Lobo

Para captação das águas superficiais encaminhadas pelas sarjetas foram utilizadas bocas-de-lobo, dupla e tripla, tipo B, padrão SUDECAP.



4.3.2.11 Poço de Visita

Para redes coletoras projetadas foram previstos dispositivos que permitam a inspeção e limpeza. Foram utilizados poços de visita tipo A, B e C, padrão SUDECAP.

4.3.3 Dimensionamento Hidráulico

No dimensionamento hidráulico previu-se o atendimento às vazões de projeto obtidas nos Estudos Hidrológicos, correspondentes ao período de retorno de 15 anos.

Um dos bueiros projetados é do tipo "Tunnel Liner"; trata-se de um processo não destrutivo, ou seja, sem interrupção do tráfego. Foi indicado o diâmetro mínimo para execução desta obra, que é de 1,20m, atendendo assim à vazão necessária para esta rede.

Existem mais dois bueiros existentes neste projeto, um na estaca 16+5,00, que terá seu primeiro segmento substituído por uma nova obra devido a implantação da rede coletora da pista marginal e outro na estaca 43+8,00, que terá seu último segmento desviado devido a implantação do túnel de acesso ao Centro Administrativo.

4.3.4 Drenagem Subterrânea

4.3.4.1 Ramo de Acesso ao Centro Administrativo

Visando preservar e melhorar o desempenho/comportamento do pavimento do ramo de acesso ao Centro Administrativo, através do rebaixamento das águas subterrâneas e, conseqüentemente, da minimização dos efeitos nocivos da percolação das águas internas/infiltradas no maciço de corte e da saturação dos materiais das camadas do subleito e do pavimento, é prevista a implantação de **camada drenante do tipo macadame seco**, subjacente à estrutura do pavimento, **associada a dreno longitudinal profundo/interceptante a montante da via e a dreno coletor lateral junto ao bordo mais baixo da mesma.**

A espessura da camada de macadame seco é variável, transversal e longitudinalmente, conforme a seguir:

- 40,0 cm na largura relativa à pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus), no lado esquerdo da plataforma (jusante);



- 60,0 cm na largura relativa à ciclofaixa e passeio, no lado direito da plataforma (montante); a maior espessura em relação à parte esquerda/jusante da seção se justifica por questões geométricas, tendo em vista que as camadas sobrejacentes do pavimento na ciclofaixa e passeio são mais delgadas se comparadas às das pistas de rolamento;
- 20,0 cm no segmento do túnel principal e adjacente, considerando que tal camada se assentará sobre espessa camada drenante do invert.

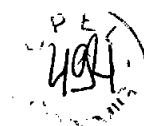
Os drenos longitudinal profundo/interceptante e coletor lateral serão assim constituídos (ver desenho “Projeto de Pavimentação - Seções Tipo e Detalhes”, folha PV-01 constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**):

- dreno longitudinal profundo/interceptante: vala drenante (dimensões 1,50 x 0,40 m), revestida com manta geotêxtil (gramatura 300 g/m²) e preenchida com material drenante (brita 3, de gnaïsse), dotada de tubo-dreno flexível de PEAD, reforçado, não deformável (tipo Kanonet ou equivalente), ϕ 100mm;
- dreno coletor: vala drenante (dimensões 0,70 x 0,40 m), revestida com manta geotêxtil (gramatura 300 g/m²) e preenchida com material drenante (brita 3, de gnaïsse), dotada de tubo-dreno flexível de PEAD, reforçado, não deformável (tipo Kanonet ou equivalente), ϕ 100mm.

Os drenos coletor lateral e longitudinal profundo/interceptante serão interrompidos e lançados nas bocas de lobo e caixa de passagem (estaca 15+10,00 do ramo de acesso ao Centro Administrativo) do sistema de drenagem superficial, através de drenos barbacãs (tubo de PVC rígido com a boca de montante protegida/revestida com manta geotêxtil amarrada com fio de nylon). Os drenos implantados no segmento compreendido entre estaca 27+8,50 (ponto alto do greide) e estaca 36+6,70 (início do túnel principal e adjacente) do ramo de acesso ao Centro Administrativo serão lançados no interior do material drenante (brita 3) do invert do túnel principal, através de drenos barbaças.

4.3.4.2 Pista Marginal

Também para a pista marginal, cujo pavimento será constituído de bica corrida calcárea, é prevista a implantação de dreno longitudinal profundo/interceptante a montante da via, visando à captação das águas internas/infiltradas no maciço de corte.

A circular stamp with a handwritten signature inside. The signature appears to be 'L. P. E.' followed by some illegible characters. The stamp is located in the bottom right corner of the page.

4.3.5 Apresentação do Projeto

Neste volume são apresentados os critérios, parâmetros e metodologias que nortearam o desenvolvimento do projeto.

Os posicionamentos dos dispositivos de drenagem projetados são apresentados no **Volume 2 - Projeto de Execução**, através dos seguintes documentos:

- desenho "Projeto de Drenagem - Drenagem Superficial e Redes Coletoras" (folha DR-01);
- desenho "Projeto de Drenagem - Projeto Tipo - Canaletas" (folha DR-02);
- notas de serviço:
 - ✓ Listagem de Redes Tubulares (folha: DR-03);
 - ✓ Listagem de Bueiros Existentes (folha: DR-04);
 - ✓ Listagem de Bueiros Greide (folha: DR-05);
 - ✓ Listagem de Caixa Coletora (folha: DR-06);
 - ✓ Listagem de Sarjetas (folha: DR-07);
 - ✓ Listagem de Valetas de Proteção (folha: DR-08);
 - ✓ Listagem de Drenos Subterrâneos (folha: DR-09);
 - ✓ Listagem de Saídas e Descidas d'Água (folha: DR-10).

Os dispositivos projetados obedecem aos padrões apresentados no Caderno de Projetos do DER-MG e Caderno de Encargos de Infra-estrutura Urbana (2001) da SUDECAP (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte), com exceção das canaletas de concreto ("Canaleta Armada em Concreto" e "Canaleta com Tampa em Concreto"), cujos projetos tipo são apresentados na folha DR-02 (**Volume 2 - Projeto de Execução**).



4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.4.1 Introdução

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido visando à concepção e o dimensionamento das estruturas de pavimentos (espessuras das camadas constituintes, natureza e origem dos materiais a serem empregados) a serem implantadas:

- ... no ramo de acesso ao Centro Administrativo, inclusive no segmento do túnel;
- ... na pista marginal, externa ao ramo de acesso.

O projeto foi desenvolvido com base:

- nos resultados de ensaios de caracterização física e mecânica com os materiais a serem movimentados na terraplenagem (cortes) e materiais constituintes do subleito das vias;
- na identificação das fontes de materiais (agregados pétreos britados) disponíveis na região para emprego em camadas do corpo do pavimento (sub-base e base);
- no Projeto de Ampliação/Adequação de Capacidade da Rodovia: MG-010, Trecho: Viaduto sobre Av. Pedro I (BH) - Acesso ao Aeroporto Internacional (Confins) e no "as built" das obras (DER/MG), sendo consultados:
 - a concepção das estruturas de pavimento flexível de projeto e as estruturas efetivamente executadas;
 - a identificação de fontes de materiais (agregados pétreos britados da ICAL e da Mineração Lapa Vermelha e escória da Lafarge);
 - os ensaios de materiais para emprego em pavimento (escória pura e escória+cimento em teores de 3 e 4%, em peso);
 - parâmetro de tráfego (Número "N") utilizado para o dimensionamento do pavimento das pistas principais e ruas laterais no segmento de interesse, com vistas a subsidiar a estimativa do "Número "N" do ramo de acesso ao Centro Administrativo e da pista marginal externa a esse ramo;
- na estimativa do parâmetro de tráfego a ser utilizado nos métodos de dimensionamento de pavimento a serem empregados, representado pelo Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t.

4.4.2 Concepção e Dimensionamento das Estruturas

4.4.2.1 Metodologia Empregada

O dimensionamento do pavimento foi efetuado com base no Método da Resiliência e no Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (1996), com verificações adicionais, segundo a Mecânica dos Pavimentos, das tensões e deformações atuantes nas camadas da estrutura (deformação de tração na camada do revestimento betuminoso e tensões de tração nas camadas cimentadas) e das tensões e deformações de compressão no subleito.

4.4.2.2 Parâmetros de Dimensionamento

a) Número "N"

O Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t para o **Ramo de Acesso ao Centro Administrativo**, estimado para período de projeto de 15 anos (2010 - 2025), corresponde a $"N"_{USACE} = 10^6$, considerando a solicitação de veículos de passeio e ônibus articulados (previsão de cerca de 250 ônibus no horário de ponta para o ano 2010); os veículos comerciais (caminhões de pequeno porte) presentes seriam basicamente aqueles utilizados para abastecimento de insumos ao centro de administração.

Para atender recomendação da DE do DER/MG, uma vez que o órgão pretende a **complementação da pista marginal da MG-010 no segmento entre a interseção com a MG-433 e a interseção com o acesso ao Centro Administrativo, bem como o bloqueio do acesso do tráfego dessa pista marginal à pista principal da MG-010 nesse segmento**, foi considerada a futura solicitação do tráfego ao longo da pista marginal objeto desse projeto (externamente ao ramo de acesso ao Centro Administrativo), originalmente concebida e projetada para o tráfego de ônibus de transporte coletivo local ("bus way").

Todo o tráfego da pista marginal no segmento anterior à interseção de acesso ao Centro Administrativo também deverá percorrer a **pista marginal no segmento objeto de projeto**, podendo acessar a pista principal da MG-010 nas proximidades do posto de serviço existente.



Assim, o Número "N" adotado para a pista marginal corresponde a 5×10^6 solicitações, valor considerado no Projeto de Ampliação/Adequação de Capacidade da Rodovia: MG-010 para as vias marginais.

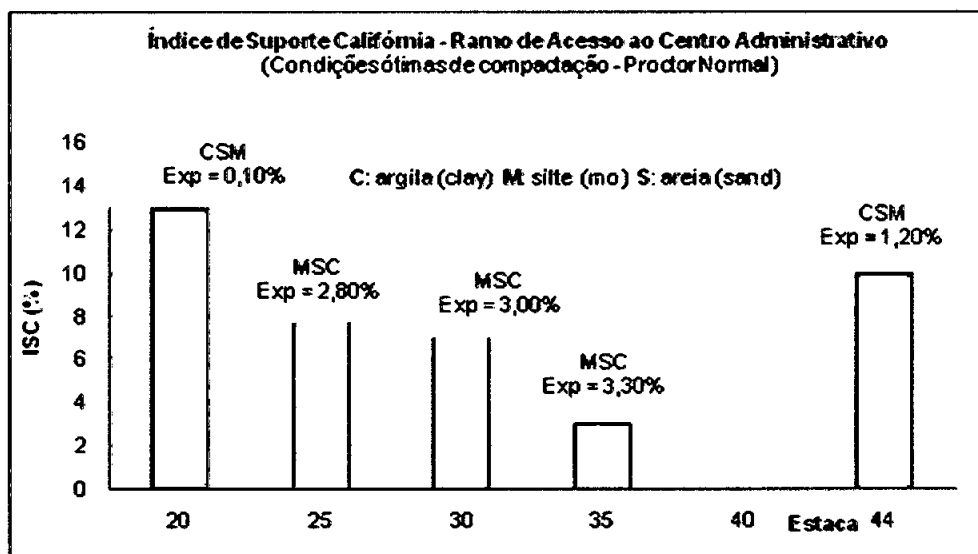
b) *Subleito - ISproj.*

b.1) *Ramo de Acesso ao Cento Administrativo*

A implantação do ramo de acesso ao Centro Administrativo será efetuada exclusivamente em corte, em material de 1ª categoria.

Tal situação geométrica, claramente ilustrada na folha TR-01 do Projeto de Terraplenagem constante do Volume 2 - Projeto de Execução – leva à necessidade de se proteger o pavimento desse ramo de acesso quanto a eventuais problemas de infiltração/drenagem subterrânea causados pela conjugação desfavorável da situação da terrapenagem, em corte pleno profundo (cerca de 20m), com a larga plataforma (21,30m) do pavimento final.

O subleito de tal via é constituído predominantemente por solos de natureza siltosa, que em geral apresentam, nas condições ótimas de compactação, em laboratório, com a energia do Proctor normal, baixa capacidade de suporte e, ainda, características expansivas, conforme ilustra o gráfico a seguir apresentado.



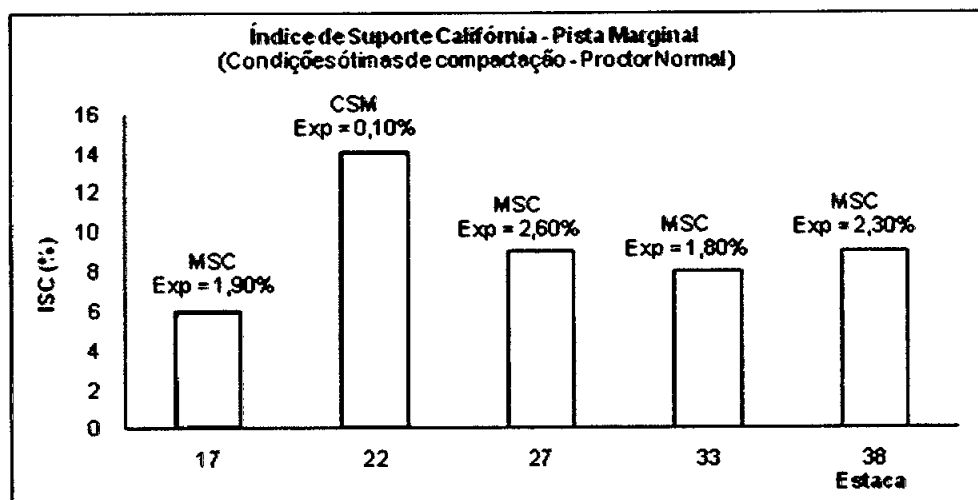
Solos de natureza argilosa, com boa capacidade de suporte, são encontrados nas camadas de cobertura do corte, sendo constatados no subleito do segmento inicial e final (furos de sondagem das estacas 20 e 44) desse ramo (terraplenagem com corte de pequena altura, inferior a 4,0 m).

Dessa forma, é prevista a substituição de material do subleito da via, devendo ser empregada camada drenante do tipo macadame seco, conforme detalhado no item **4.4.3 Camadas Drenantes e Drenos Longitudinais**, adiante. Os materiais a serem empregados, ao mesmo tempo que desempenham a função de camada drenante, deverão conferir maior resistência aos materiais do terreno natural e resistir/distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego. A espessura da camada é variável, transversal e longitudinalmente, conforme a seguir:

- 40,0 cm na largura relativa à pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus), no lado esquerdo da plataforma (jusante);
- 60,0 cm na largura relativa à ciclofaixa e passeio, no lado direito da plataforma (montante); a maior espessura em relação à parte esquerda/jusante da seção se justifica por questões geométricas, tendo em vista que as camadas sobrejacentes do pavimento na ciclofaixa e passeio são mais delgadas se comparadas às das pistas de rolamento;
- 20,0 cm no segmento do túnel principal e adjacente, considerando que tal camada se assentará sobre espessa camada drenante do “invert”.

b.2) Pista Marginal

Também o subleito da pista marginal é constituído predominantemente por solos de natureza siltosa, expansivos, conforme ilustra o gráfico a seguir apresentado.



Assim, é prevista a substituição de material do subleito da via, empregando-se solo argiloso, espessura 40,0 cm (o solo de natureza argilosa das camadas de cobertura do corte deverá ser estocado para posterior aproveitamento).

b.3) ISproj. Adotado

Para efeito do dimensionamento do pavimento foi considerado, com segurança, ISproj. = 10%.

Para a aplicação do Método da Resiliência os solos do subleito foram classificados quanto à resiliência, conforme a seguir sintetizado:

VIA	FURO N°/ ESTACA	PROF. (m)/ CLASSIFICAÇÃO	ISC (%)	PEN. N° 200 (% PASSANDO)	SEDIMENTAÇÃO (%)			S (%)	CLASSIFICAÇÃO QUANTO À RESILIÊNCIA
					ARGILA	SILTE	AREIA		
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo	ST-02/ 25	7,00 - 10,00 MSC	8	67	28	36	36	58	Tipo II
	ST-04/ 35	9,00 - 12,50 MSC	3	64	20	40	40	69	Tipo III
Pista Marginal	ST-08/ 27	4,00 - 7,00 MSC	9	70	25	44	31	64	Tipo II

Obs.: M: silte (mo); S: areia (sand); C: argila (clay)

Os solos argilosos a serem empregados na substituição de material do subleito da pista marginal foram classificados como tipo II.

4.4.2.3 Dimensionamento das Estruturas

a) Método da Resiliência

a.1) Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso

A equação que relaciona o número cumulativo de repetições (N) da deflexão (D) que provoca a ruptura por fadiga da camada betuminosa de concreto asfáltico é representada por:

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \log N \text{ (Preussler, Pinto \& Medina)}$$

A espessura mínima do revestimento betuminoso segundo o "Método da Resiliência" é expressa por:

$$H_{CB} = -5,737 + \frac{807,961}{D_p} + 0,972 \cdot I_1 + 4,101 \cdot I_2$$



onde:

- D_p = deflexão de projeto, em 0,01 mm;

- I_1 e I_2 = constantes relacionadas às características resilientes do solo do subleito.

Para a solicitação de tráfego prevista, $I_1 = 1$ e $I_2 = 0$ (solo tipo II quanto à resiliência) tem-se:

VIA	NÚMERO "N"	$D_p = \bar{D}$	$H_{CB} = H_R$ (cm)
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo (pista de rolamento - faixas de veículos e ônibus)	10^6	105	2,9
Pista Marginal	5×10^6	77	5,7

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (1996) recomenda as seguintes espessuras mínimas para o revestimento betuminoso, função do Número "N":

- $N = 10^6$: tratamentos superficiais betuminosos;

- $10^6 < N < 5 \times 10^6$: revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura;

- $5 \times 10^6 < N < 10^7$: revestimentos betuminosos com 7,5 cm de espessura.

Optou-se pela adoção de revestimento betuminoso do tipo CBUQ com as espessuras mínimas de 5,0 cm para o ramo de acesso ao Centro Administrativo e de 6,0 cm para a pista marginal.

a.2) Valor Estrutural do Revestimento Betuminoso

Segundo o "Método da Resiliência", o valor estrutural (V_E) da camada betuminosa (H_{CB}) é estabelecido em função do tipo de subleito e do tráfego futuro. Para solos do subleito tipo II tem-se:

- $N = 10^6 \rightarrow V_E = 3,0$;

- $N = 5 \times 10^6 \rightarrow V_E = 2,9$.

Conceitualmente o valor estrutural da camada betuminosa depende da qualidade da mistura betuminosa e da constituição da estrutura do pavimento como um todo; apesar de conservador adotou-se $V_E = 2,0$ (coeficiente de equivalência estrutural para misturas do tipo concreto betuminoso no Método do DNER).



a.3) Espessura Total do Pavimento

A espessura total do pavimento (H_t) em termos de material granular com coeficiente de equivalência estrutural $K = 1,00$, em função do parâmetro de tráfego N e do CBR do subleito, é expressa por:

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

Assim, para os parâmetros considerados, a espessura total do pavimento seria de:

VIA	NÚMERO "N"	CBR (%)	H_t (cm)
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo (pista de rolamento - faixas de veículos e ônibus)	10^6	10	38,0
Pista Marginal	5×10^6	10	41,0

a.4) Espessura das Camadas Granulares do Pavimento

A espessura da camada granular (H_{CG}) é determinada a partir da equação:

$$H_{CB} \cdot V_E + H_{CG} = H_t$$

As espessuras das camadas granulares (H_{CG}) com coeficiente de equivalência estrutural $K = 1,00$ seriam de:

VIA	H_t (cm)	H_{CB} (cm)	H_{CG} (cm)
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo (pista de rolamento - faixas de veículos e ônibus)	38,0	5,0	28,0
Pista Marginal	41,0	6,0	29,0

b) Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis - Espessuras das Camadas Granulares do Pavimento

Com base nos parâmetros de dimensionamento estabelecidos no item anterior, ábaco do método de dimensionamento e a partir da inequação $\sum_1^n K_n \cdot E_n \geq H_{(n+1)}$, onde:

- K_n = coeficiente estrutural do material da camada de ordem n ;
- E_n = espessura da camada de ordem n ;
- $H_{(n+1)}$ = espessura total do pavimento acima da camada de ordem $(n+1)$, calculada em função do Número "N" e do ISC da camada de ordem $(n+1)$,

tem-se:

502

VIA	NÚMERO "N"	H ₂₀ (cm)	H ₁₀ (cm)	H _R (cm)	H _B (cm)	H _{SB} (cm)
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo	10 ⁶	23,0	38,0	5,0	10,0 ⁽¹⁾⁽²⁾	10,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
<ul style="list-style-type: none"> • Pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus) • Ciclofaixa e passeio 					15,0 ⁽³⁾	
Pista Marginal	5 x 10 ⁶	27,0	42,0	6,0	12,0 ⁽¹⁾⁽²⁾	10,0 ⁽¹⁾⁽²⁾

Obs.: 1. Tendo em vista a utilização de camadas de sub-base e base de agregado pétreo com incorporação de cimento (sub-base de brita graduada tratada com cimento - BGTC e base de brita graduada melhorada com cimento - BGMC), foram considerados os seguintes coeficientes de equivalência estrutural para tais camadas em relação à camada granular com K = 1,00:

- sub-base de BGTC ($\sigma_{c7 \text{ dias}} = 45 \text{ kgf/cm}^2$): K = 1,70;
 - base de BGMC ($\sigma_{c7 \text{ dias}} = 21 \text{ kgf/cm}^2$): K = 1,20.
2. Ver dimensionamento das espessuras das camadas de base e sub-base segundo Análise Mecânica.
3. Camada de base constituída de bica corrida calcárea (ICAL).

c) Ramo de Acesso ao Centro Administrativo - Análise Mecânica: Dimensionamento das Espessuras das Camadas Granulares (Base de Brita Graduada Melhorada com Cimento - BGMC e Sub-base de Brita Graduada Tratada com Cimento BGTC) e do Revestimento Betuminoso do Pavimento

Para a estrutura de pavimento do ramo de Acesso ao Centro Administrativo (pista de rolamento - faixas de veículos e ônibus) o dimensionamento das espessuras das camadas granulares de base de brita graduada melhorada com cimento (BGMC) e de sub-base de brita graduada tratada com cimento (BGTC), bem como da espessura do revestimento betuminoso foi verificado com base na Mecânica dos Pavimentos, avaliando-se:

- as tensões e deformações de tração na face inferior do revestimento betuminoso;
- as tensões de tração desenvolvidas na face inferior da camada de base de BGMC e de sub-base de BGTC;
- as tensões e deformações de compressão no subleito.

Os principais parâmetros considerados são os seguintes:

- módulo resiliente do revestimento betuminoso (CBUQ): MR = 30.000 kgf/cm²;
- módulo resiliente da camada de base (BGMC): MR = 30.000 kgf/cm²;
- módulo resiliente da camada de sub-base (BGTC): MR = 70.000 kgf/cm²;
- módulo resiliente da camada de macadame seco/subleito: MR = 1.000/1.500 kgf/cm²;
- espessura do revestimento betuminoso (CBUQ): 5,0 cm.
- espessura da camada de base: variável, de 10,0 a 15,0 cm;
- espessura da camada de sub-base: variável, de 15,0 a 20,0 cm.



As tensões de tração atuantes na camada de sub-base de BGTC (mais crítica) para as estruturas de pavimento estudadas foram confrontadas com tensões máximas admissíveis obtidas, considerando-se:

- modelo de fadiga proposto por Balbo (BALBO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.509);
- a relação entre a tensão atuante e a resistência à tração, que comanda a vida de fadiga da camada, de modo a se obter a seguinte relação: $\frac{\sigma_{tadm}}{\sigma_r} = 0,40$, onde:

- σ_{tadm} = tensão de tração horizontal máxima admissível na face inferior da camada;
- σ_r = resistência à tração aos 28 dias de idade.

A condição limite de solicitação do subleito, de forma a protegê-lo do aparecimento de deformações permanentes excessivas, foi verificada com base em critérios de fadiga de Heukelom e Klomp (MEDINA, Jacques de. Mecânica dos pavimentos. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997. p.297-298.), do Instituto do Asfalto e de Santucci.

As deformações limites de tração do revestimento betuminoso foram determinadas segundo critério de fadiga do Instituto do Asfalto (o revestimento é solicitado apenas por tensões e deformações de compressão).

O quadro "**Estrutura de Pavimento - Tensões e Deformações**", a seguir apresentado, sintetiza os resultados da análise realizada. Na sequência os gráficos ilustram tais resultados, inclusive com a indicação das tensões e deformações limites/admissíveis consideradas.

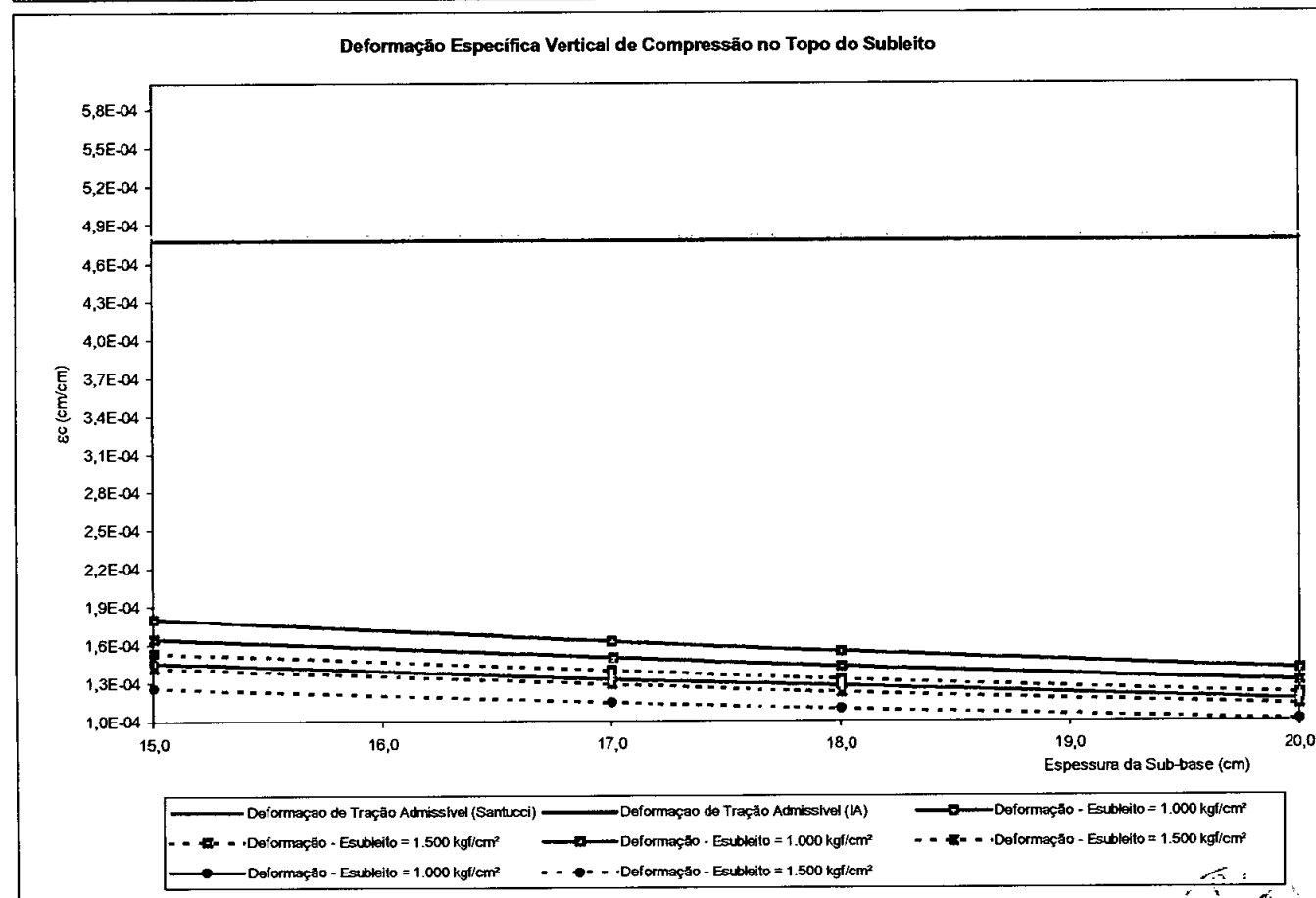
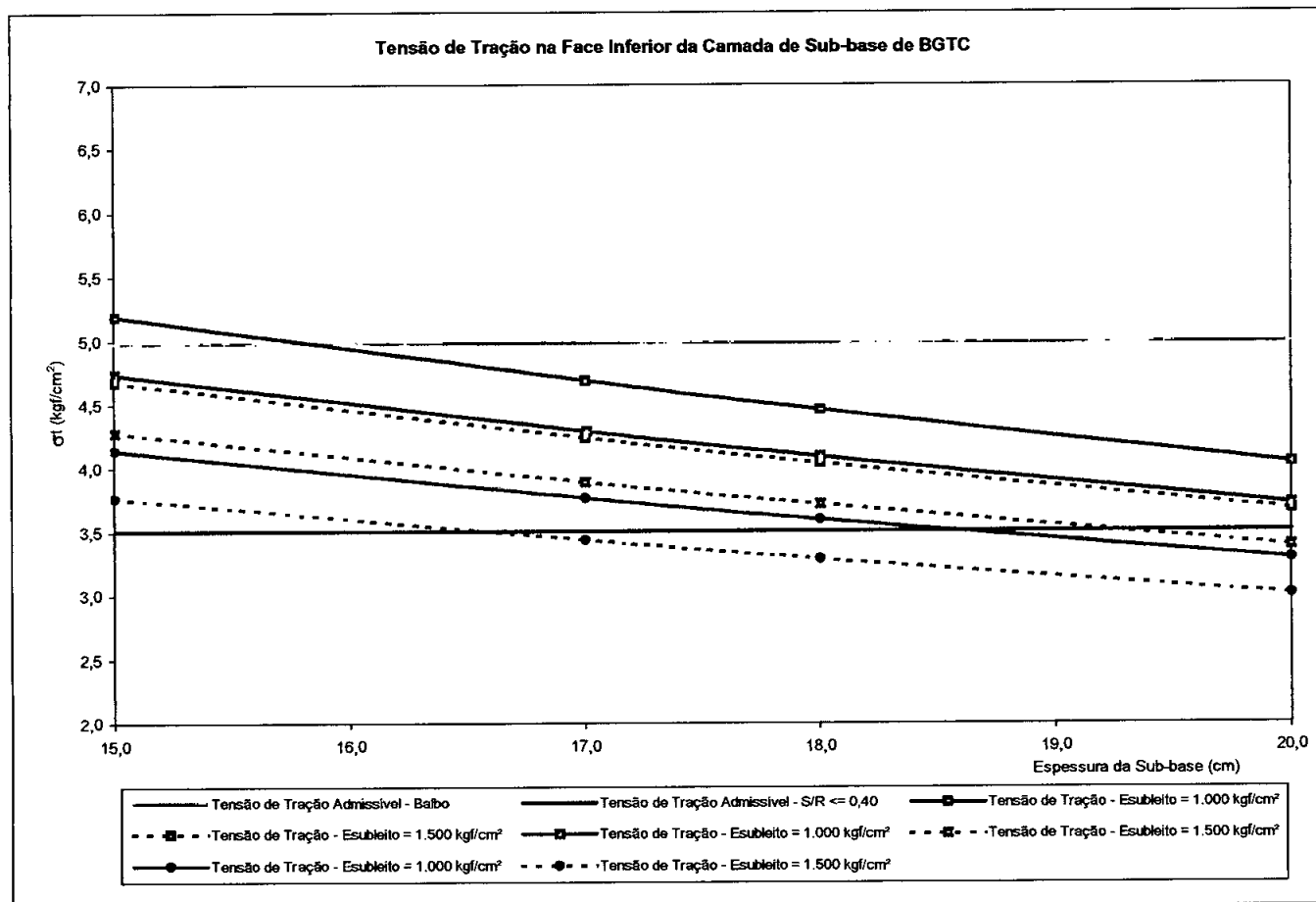
ESTRUTURA DE PAVIMENTO - TENSÕES E DEFORMAÇÕES

Módulos de Resiliência (kgf/cm²)					Espessuras das Camadas (cm)				Coeficiente Poisson				Tráfego Solicitante	Tensões/Deformações								Critério de Fadiga								
														Revestimento		Base		Sub-base		Subleito		Revestimento	Camada Cimentada (Sub-base BGTC)				Subleito			
Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	Fundação	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	Número "N"	Face inferior		Topo	Face inferior	Topo	Face inferior	Topo	Deformação de tração admissível	Resistência a Compressão Simples (28 dias)	Resistência a Tração (28 dias)	Relação tensão atuante/tensão de ruptura S/R	Tensão de tração admissível (Baixo)	Tensão de tração admissível (S/R ≤ 0,40)	Heukelom e Klomp (Prof. Medina)	IA	Santucci	
														σ_t (kgf/cm²)	ϵ_l (cm/cm)	σ_c (kgf/cm²)	σ_t (kgf/cm²)	σ_c (kgf/cm²)	σ_t (kgf/cm²)	σ_c (kgf/cm²)		ϵ_c (cm/cm)	ϵ_{adm} (cm/cm)	σ_c (kgf/cm²)	σ_t (kgf/cm²)	σ_{adm} (kgf/cm²)	σ_v (kgf/cm²)	ϵ_{adm} (cm/cm)	ϵ_{adm} (cm/cm)	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	10,0	15,0	120,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,21	0,84	2,54	5,19	0,24	1,80E-04	2,40E-04		0,59			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	10,0	17,0	118,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,22	0,89	2,63	4,69	0,22	1,63E-04	2,40E-04		0,53			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	10,0	18,0	117,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,23	0,90	2,66	4,46	0,21	1,55E-04	2,40E-04		0,51			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	10,0	20,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,24	0,91	2,72	4,04	0,19	1,41E-04	2,40E-04		0,46			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	12,0	15,0	118,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,20	0,85	2,14	4,74	0,22	1,65E-04	2,40E-04		0,54			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	12,0	17,0	116,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,21	0,71	2,22	4,29	0,20	1,50E-04	2,40E-04		0,49			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	12,0	18,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,21	0,74	2,26	4,09	0,19	1,43E-04	2,40E-04		0,47		4,98	3,51	1,15	4,78E-04	4,82E-04
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	12,0	20,0	113,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,22	0,76	2,31	3,72	0,17	1,31E-04	2,40E-04		0,42			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	15,0	15,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,18	0,46	1,67	4,14	0,20	1,46E-04	2,40E-04		0,47			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	15,0	17,0	113,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,19	0,53	1,74	3,77	0,18	1,33E-04	2,40E-04		0,43			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	15,0	18,0	112,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,19	0,56	1,77	3,60	0,17	1,28E-04	2,40E-04		0,41			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.000	10.000	5,0	15,0	20,0	110,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,20	0,59	1,83	3,29	0,16	1,17E-04	2,40E-04		0,37			1,15	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	10,0	15,0	120,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,22	0,81	2,57	4,68	0,30	1,54E-04	2,40E-04		0,53			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	10,0	17,0	118,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,23	0,85	2,65	4,24	0,27	1,40E-04	2,40E-04		0,48			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	10,0	18,0	117,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,23	0,87	2,68	4,04	0,26	1,33E-04	2,40E-04		0,46			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	10,0	20,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,24	0,88	2,74	3,68	0,23	1,22E-04	2,40E-04		0,42			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	12,0	15,0	118,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,20	0,64	2,16	4,28	0,28	1,42E-04	2,40E-04		0,49			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	12,0	17,0	116,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,21	0,70	2,24	3,89	0,25	1,29E-04	2,40E-04		0,44			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	12,0	18,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,21	0,72	2,27	3,72	0,24	1,23E-04	2,40E-04		0,42		4,98	3,51	1,73	4,78E-04	4,82E-04
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	12,0	20,0	113,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,22	0,74	2,33	3,32	0,22	1,13E-04	2,40E-04		0,39			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	15,0	15,0	115,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,19	0,46	1,69	3,77	0,24	1,26E-04	2,40E-04		0,43			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	15,0	17,0	113,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,19	0,53	1,76	3,44	0,22	1,15E-04	2,40E-04		0,39			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	15,0	18,0	112,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,20	0,55	1,79	3,22	0,21	1,10E-04	2,40E-04		0,37			1,73	4,78E-04	4,82E-04	
30.000	30.000	70.000	1.500	10.000	5,0	15,0	20,0	110,0	0,25	0,20	0,20	0,40	1,00E+06	Compressão	Compressão	5,20	0,58	1,84	3,01	0,20	1,01E-04	2,40E-04		0,34			1,73	4,78E-04	4,82E-04	

- Revestimento Betuminoso (CBUQ)
- Brita Graduada Melhorada com Cimento (BGMC) - 2% em peso de cimento, em relação ao peso da mistura seca (48 kg/m³)
- Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) - $\sigma_c \geq 45$ kgf/cm² (7 dias)

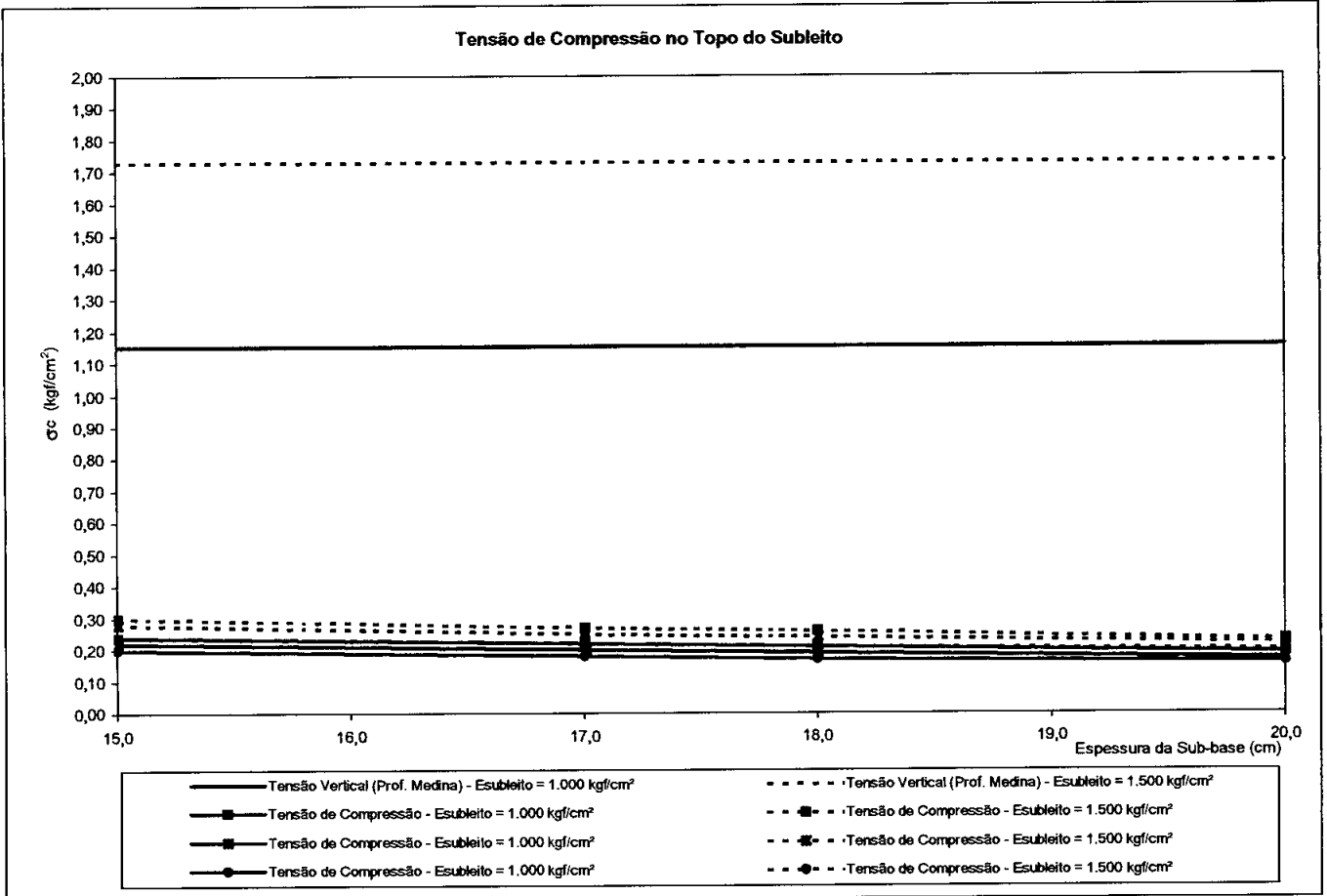


ANÁLISE DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES



306

ANÁLISE DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES



P. E. L.
507

4.4.2.4 Estruturas dos Pavimentos Adotadas

Considerando a compatibilização das tensões de tração atuantes na camada de sub-base de BGTC com as máximas/admissíveis (Análise Mecânica), conforme quadro e gráficos anteriormente apresentados para a estrutura de pavimento do ramo de acesso ao Centro Administrativo, bem como o dimensionamento do pavimento da Pista Marginal segundo o Método da Resiliência e Método do DNER, as estruturas de pavimentos ficaram assim definidas:

VIA	NÚMERO "N"	Sub-base	Base	Camada de Impermeabilização/Bloqueio de Trincas	Revestimento
Ramo de Acesso ao Centro Administrativo	10 ⁶	20,0 ⁽¹⁾	12,0 ^{(2) (3)}	TSD ⁽³⁾	5,0 ⁽⁴⁾
• Pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus)			15,0 ⁽⁵⁾		3,0
• Ciclofaixa e passeio					
Pista Marginal	5 x 10 ⁶	20,0 ⁽¹⁾	12,0 ^{(2) (3)}	TSD ⁽³⁾	6,0 ⁽⁴⁾

- NOTA: 1. Sub-base de brita graduada tratada com cimento (BGTC), com mistura em usina, resistência mínima à compressão simples aos 7 dias de 45 kg/cm² (consumo de cimento de cerca de 4%, em relação ao peso da mistura seca - 96 kg/m³).
2. Base de brita graduada melhorada com cimento (BGMC), com mistura em usina (consumo de cimento de cerca de 2%, em relação ao peso da mistura seca - 48 kg/m³).
3. Sobre a camada de base cimentada será executada camada de impermeabilização/bloqueio de trincas constituída por Tratamento Superficial Duplo -TSD.
4. Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ.
5. Camada de base constituída de bica corrida calcárea (ICAL).

4.4.3 Camadas Drenantes e Drenos Longitudinais

4.4.3.1 Ramo de Acesso ao Centro Administrativo

Visando preservar e melhorar o desempenho/comportamento do pavimento do ramo de acesso ao Centro Administrativo, através do rebaixamento das águas subterrâneas e, conseqüentemente, da minimização dos efeitos nocivos da percolação das águas internas/infiltradas no maciço de corte e da saturação dos materiais das camadas do subleito e do pavimento, é prevista a implantação de camada drenante do tipo macadame seco, subjacente à estrutura do pavimento, associada a dreno longitudinal profundo/interceptante a montante da via e a dreno coletor lateral junto ao bordo mais baixo da mesma.

A espessura da camada de macadame seco é variável, transversal e longitudinalmente, conforme a seguir:

- 40,0 cm na largura relativa à pista de rolamento (faixas de veículos e ônibus), no lado esquerdo da plataforma (jusante);

CP
508

- 60,0 cm na largura relativa à ciclofaixa e passeio, no lado direito da plataforma (montante); a maior espessura em relação à parte esquerda/jusante da seção se justifica por questões geométricas, tendo em vista que as camadas subjacentes do pavimento na ciclofaixa e passeio são mais delgadas se comparadas às das pistas de rolamento;
- 20,0 cm no segmento do túnel principal e adjacente, considerando que tal camada se assentará sobre espessa camada drenante do invert.

4.4.3.2 Pista Marginal

Também para a pista marginal é prevista a implantação de dreno longitudinal profundo/ interceptante a montante da via, visando a captação das águas internas/infiltradas no maciço de corte.

4.4.4 Especificações Básicas de Materiais e Serviços

Sintetizam-se a seguir as especificações básicas de materiais e serviços a serem observadas na execução dos serviços de pavimentação.

4.4.4.1 Concreto Asfáltico

O revestimento asfáltico do pavimento será do tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) faixa "C", empregando-se como material betuminoso CAP 50/70.

Recomenda-se que pelo menos 50% do agregado retido na peneira 3/16" (nº 4) seja constituído de brita de gnaíse e, ainda, o emprego de, no máximo, 20% de areia natural na composição granulométrica da massa.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 031/2006-ES - "Pavimentos Flexíveis - Concreto Asfáltico", ressalvadas as alterações e, ainda, considerados os acréscimos da especificação particular EP-P 01 constante do projeto.



4.4.4.2 Camada de Impermeabilização/Bloqueio de Trincas

A camada de impermeabilização/bloqueio de trincas da camada de base de brita graduada melhorada com cimento (BGMC) será constituída por Tratamento Superficial Duplo - TSD, empregando-se como material betuminoso emulsão asfáltica de ruptura rápida RR-2C.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNER-ES 309/97 - "Tratamento Superficial Duplo".

4.4.4.3 Pintura de Ligação

A pintura de ligação deverá empregar como material betuminoso emulsão asfáltica tipo RR-1C, aplicada a uma taxa de cerca de 0,3 a 0,4 l/m² de ligante betuminoso residual; a taxa de aplicação da emulsão diluída em água deverá ser de cerca de 0,8 a 1,0 l/m².

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNER-ES 307/97 - "Pintura de Ligação".

4.4.4.4 Imprimação

A imprimação deverá empregar como material betuminoso asfalto diluído tipo CM-30, aplicada a uma taxa de cerca de 1,2 l/m².

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNER-ES 306/97 - "Imprimação".

4.4.4.5 Base e Sub-base de Brita Graduada com Adição de Cimento

As camadas de base e sub-base da estrutura de pavimento do ramo de acesso ao Centro Administrativo (pista de rolamento - faixas de veículos e ônibus) e da pista marginal serão constituídas de brita graduada com adição de cimento, com mistura em usina, empregando-se brita graduada com composição granulométrica enquadrada na faixa indicada na especificação complementar EC-P 01 - "Base e Sub-base de Brita Graduada com Adição de Cimento" constante do projeto (**Volume 1 - Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência**).

A dosagem da mistura brita graduada e cimento para emprego na camada de sub-base (BGTC) deverá ser realizada observando-se que:

- o teor de cimento a ser incorporado deverá ser fixado em função da resistência à compressão simples da mistura aos 7 (sete) dias de cura, sendo estimado em cerca de 4%, em relação ao peso da mistura seca (96 kg/m^3);
- a resistência à compressão simples, medida de acordo com o Método DNER-ME 201/94, com corpos-de-prova moldados com a energia de compactação do Proctor modificado (DNER-ME 129/94; Método "C"), deverá ser igual ou superior a 45 kgf/cm^2 , aos 7 (sete) dias de cura.

Para a mistura brita e cimento a ser empregada na camada de base de brita graduada melhorada com cimento (BGMC) considera-se a incorporação de um teor de cerca de 2% de cimento, em relação ao peso da mistura seca (48 kg/m^3).

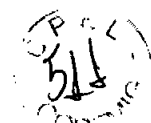
As camadas de base de brita graduada melhorada com cimento (BGMC) e de sub-base de brita graduada tratada com cimento (BGTC) deverão ser compactadas com a energia de referência do Proctor modificado.

Todos os serviços deverão seguir a especificação complementar EC-P 01 - "Base e Sub-base de Brita Graduada com Adição de Cimento" constante do projeto (**Volume 1 - Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência**).

As camadas de sub-base tratada com cimento (BGTC) e base melhorada com cimento (BGMC) deverão ser recobertas por uma película betuminosa de proteção da cura, do tipo imprimação com asfalto diluído CM-30.

4.4.4.6 Base de Bica Corrida

A camada de base da ciclofaixa e passeio do ramo de acesso ao Centro Administrativo será constituída de bica corrida, com composição granulométrica enquadrada na faixa "C" da especificação DNER-ES 303/97 - "Base Estabilizada Granulometricamente". Recomenda-se que seja empregada brita proveniente de rocha calcárea.



A camada de base de bica corrida deverá ser compactada com a energia de referência do Proctor modificado.

Todos os serviços deverão seguir as especificações DNER-ES 303/97 - "Base Estabilizada Granulometricamente".

4.4.4.7 Regularização do Subleito

Os materiais constituintes do subleito deverão apresentar ISC igual ou superior ao adotado no dimensionamento do pavimento como representativo do subleito ($ISC \geq 10\%$) e, ainda, expansão $< 2\%$.

O subleito deverá ser regularizado e compactado com a energia de referência do Proctor normal; o desvio de umidade em relação à ótima deverá situar-se entre $- 2\%$ e $+ 0,5\%$, preferencialmente no ramo seco.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNER-ES 299/97 - "Regularização do Subleito".

4.4.4.8 Substituição de Material do Subleito

Conforme mencionado anteriormente, é prevista a substituição dos solos de natureza siltosa (silte areno-argiloso) do subleito das plataformas das vias a pavimentar, empregando-se:

camada drenante do tipo macadame seco no ramo de acesso ao Centro Administrativo, espessura variável, a ser executada conforme especificação complementar EC-P-02 - "Camada de Macadame Seco (Rachão de Pedra com Camada Inicial de Bloqueio e Travamento/Fechamento)"; ressalta-se que, quando executada diretamente sobre a terraplenagem (solo fino), é previsto espalhamento inicial de material de bloqueio, numa espessura entre 3,0 a 5,0cm;

– camada de solo argiloso, espessura 40,0 cm, na pista marginal, conforme indicações do Projeto de Terraplenagem:

- compactação em camadas individuais com espessura final, após compactação, de 20,0 cm cada;

P. L. K.
512

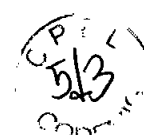
- compactação com a energia de referência do Proctor normal (GC 100%); o desvio de umidade em relação à ótima deverá situar-se entre - 2% e + 0,5%, preferencialmente no ramo seco;
- o solo argiloso a ser empregado será proveniente das camadas de cobertura do corte, devendo ser estocado para posterior aproveitamento.

4.4.5 Apresentação do Projeto

O detalhamento do Projeto de Pavimentação é feito através do desenho “Projeto de Pavimentação - Seções Tipo e Detalhes” (folha PV-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.

No **Volume 1 - Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência** são relacionadas as especificações gerais (DNIT) a serem observadas para a execução dos serviços, bem como apresentadas as especificações particulares e complementares aplicáveis, a saber:

- DNIT 031/2006 - ES - "Concreto Asfáltico" - EP-P-01;
- EC-P-01 - "Base e Sub-base de Brita Graduada com Adição de Cimento";
- EC-P-02 - "Camada de Macadame Seco - Rachão de Pedra com Camada Inicial de Bloqueio e Travamento/Fechamento”.



4.5 PROJETO DE OAE DO TIPO TÚNEL E ESTRUTURAS COMPLEMENTARES

4.5.1 Introdução

O Projeto de OAE do Tipo Túnel foi desenvolvido a partir do Projeto Geométrico/Interseção de Níveis Diferentes e do Projeto de Terraplenagem e com base nos resultados das investigações geotécnicas (sondagens as percussão tipo SPT e mista/rotativa) realizadas no local de implantação do túnel.

As estruturas complementares do túnel envolvem os dispositivos/sistemas necessários e adequados às necessidades da obra, a saber:

- barreira rígida de concreto, tipo “New Jersey” Simples - Nível de Contenção - N1, padrão DER/MG;
- proteção/enchimento em concreto da base do arco do túnel principal (junto à base das chapas metálicas do revestimento);
- revestimento interno dos túneis principal e adjacente e revestimento externo dos portais sul e norte dos túneis;
- sistema de ventilação mecânica;
- sistema de proteção e combate a incêndio e pânico;
- infraestrutura de comunicação – sistema de CFTV (circuito fechado de televisão) e de telefonia de emergência (“hot line”);
- iluminação, conforme item **4.10 Projeto de Iluminação**, adiante.

4.5.2 Projeto de OAE do Tipo Túnel

Apresenta-se a seguir o “Memorial Descritivo” do Projeto do Tipo Túnel, assim estruturado:

4.5.2.1 Introdução

4.5.2.2 Aspectos Geológico-Geotécnicos

4.5.2.3 Sequência Executiva

4.5.2.4 Preparo do Talude

4.5.2.5 Estabilidade do Túnel

a) Estabilidade do Maciço

a.1) Estabilidade de Frente

a.2) Estabilidade do Teto



b) Estabilidade da Estrutura

4.5.2.6 Elementos de Suporte do Túnel

a) Concreto Projetado

b) Cambota

c) Enfilagem

d) Tratamento das Fundações com Estaca Raiz ϕ 310mm

4.5.2.7 Túneis Piloto

4.5.2.8 Calota

4.5.2.9 Arco Invertido Definitivo (AID) ou "Invert"

4.5.2.10 Observações

4.5.2.11 Anexo A - Investigações Geotécnicas

4.5.2.1 Introdução

Concebido para dar acesso ao Centro Administrativo de Minas Gerais – projeto de Oscar Niemeyer, o **túnel CAMG** fica localizado sob a MG-010 (Linha Verde), no trecho compreendido entre a Av. Vilarinho e a MG-424, sendo sua entrada acessada pela pista sentido Belo Horizonte - Confins, denominada Emboque Sul, e sua saída, já próxima ao Centro Administrativo, denominada Emboque Norte. A planta geral de implantação está apresentada na **Figura 1.3 - Implantação Geral dos Túneis**, adiante.

O túnel, com aproximadamente 160 m de extensão junto ao seu eixo principal (estacas 35+18,859 a 43+16,059 segundo o eixo estaqueado no bordo esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo) apresenta declividade longitudinal decrescente no sentido do tráfego da ordem de 2,55% em média e curva à esquerda com raio de cerca de 255 m.

Para acomodar o gabarito dinâmico da plataforma da via, comportando três faixas para veículos de passeio de 3,33 m de largura cada e uma faixa exclusiva para ônibus de 4,0 m e, ainda, com declividade transversal de 2% para o lado interno da curva (esquerdo no sentido do estaqueamento), bem como duas faixas de 2,0 m de largura cada para ciclofaixa e pedestres, foi concebido um esquema estrutural em dois túneis justapostos, separados por esquema de vigas e pilares e ligações entre si a cada 5,0 m.



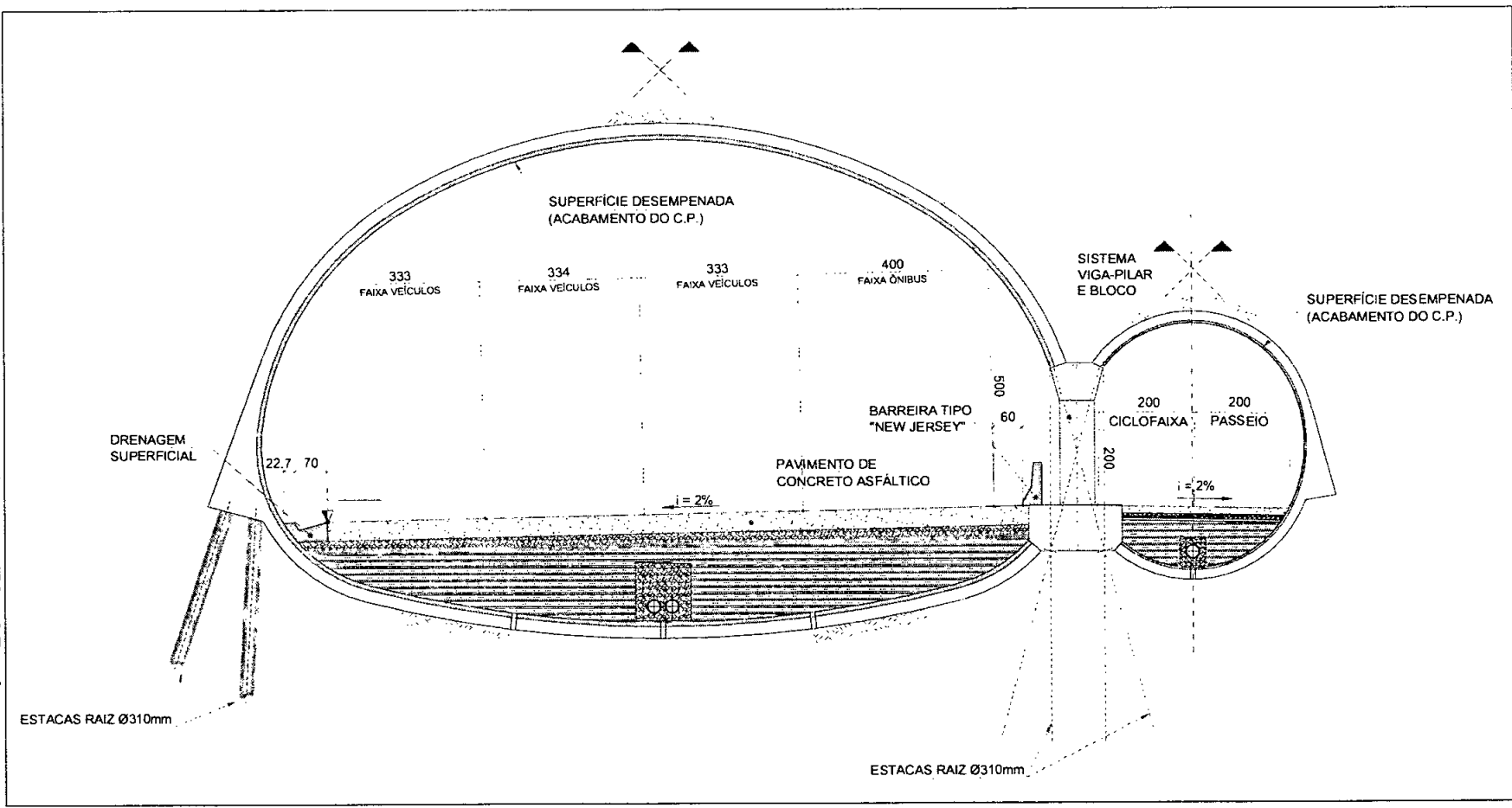
A altura do gabarito é de 5,0 m para veículos e 2,0 m para os demais transeuntes; tais necessidades geométricas resultaram numa área de escavação total de 182,3 m³/m.

A **Figura 1.1** - Seção Transversal Típica do Túnel Duplo, a seguir apresentada, ilustra o aspecto geral dos túneis, identificados como “**principal**”, o de maior dimensão, por onde circulam os veículos e “**adjacente**”, o túnel menor, que será utilizado para a circulação de ciclistas e pedestres.

Na **Figura 1.2** - Detalhe das Aberturas Entre os Túneis, a seguir apresentada, está mostrado o esquema das aberturas entre túneis, que provêem os acessos, inclusive para atender aos requisitos de segurança exigidos pelos Corpos de Bombeiros da maioria dos Estados brasileiros.



Figura 1.1 - Seção Transversal Típica do Túnel Duplo



Handwritten signature or initials in the bottom left corner.

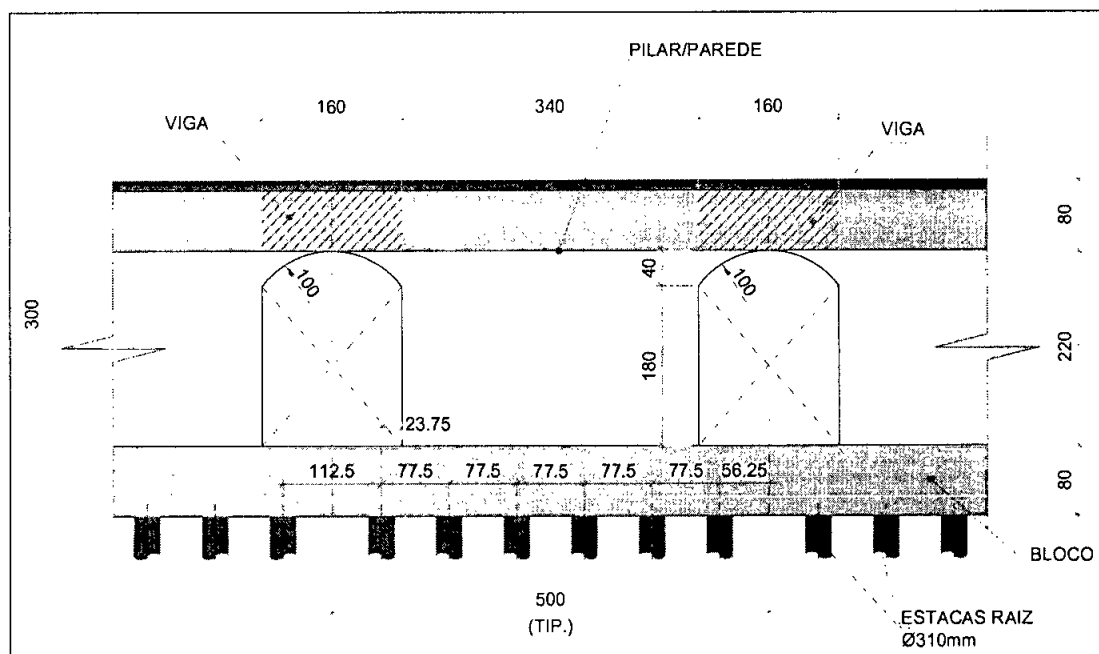


Figura 1.2 - Detalhe das Aberturas Entre os Túneis

Estas passagens, com 1,60 m de largura e praticamente em nível com a pista, fornecem condições ideais de acesso, inclusive para portadores de necessidades especiais como usuários de cadeira de rodas, por exemplo, atendendo assim aspectos importantes da norma NBR-9050 - "Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos" e à IT-35 - "Túnel Rodoviário", do Corpo de Bombeiros/SP. Ainda sobre a segurança dos pedestres, ressalta-se que esta fica garantida pela existência de elementos estruturais que impedem o acesso de veículos sobre suas faixas, caso das barreiras tipo "New Jersey" e dos próprios pilares.

Entretanto, alguns fatores tornam esta obra relativamente singular sob o ponto de vista estrutural e executivo: trata-se de um túnel de grandes dimensões e baixa cobertura (variável de 2,6 a 5,3 m), a ser escavado em solos de limitada capacidade de carga e a ser implantado sob uma importante via de acesso (MG-010/Linha Verde) ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves (Confins), cujo tráfego não pode ser totalmente interrompido em nenhuma hora do dia.

Assim, após uma breve apresentação das condições geológico-geotécnicas do terreno, serão apresentados detalhadamente os processos construtivos necessários, que tornam o processo substancialmente diferente do NATM tradicional.



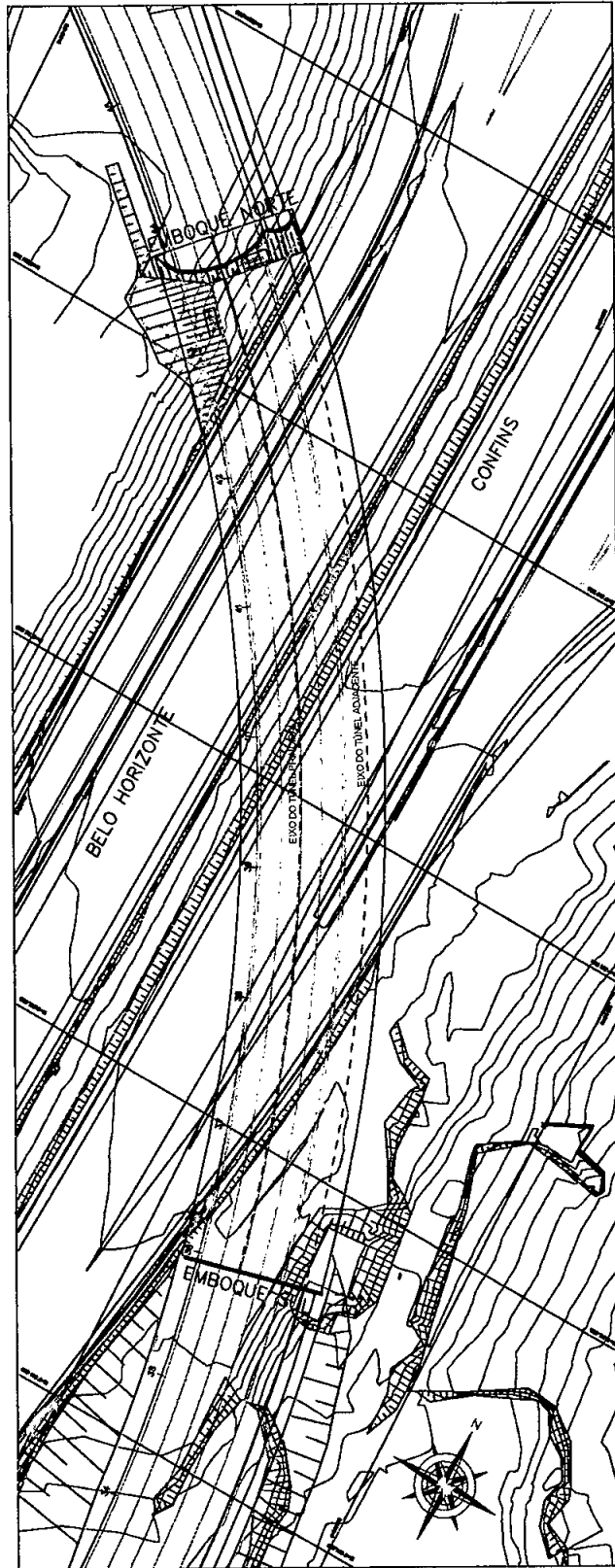


Figura 1.3 - Implantação Geral dos Túneis



4.5.2.2 Aspectos Geológico-Geotécnicos

Para a implantação do túnel foram realizadas sondagens no local, para que pudessem ser determinadas a forma do túnel e os tipos de tratamentos a serem empregados para a sua execução. Os boletins de sondagem são apresentados no item **4.5.2.11 Anexo A - Investigações Geotécnicas**, adiante.

Conforme perfil geológico-geotécnico, a seguir apresentado na **Figura 2.1 - Perfil Geológico-geotécnico**, pode-se notar que o túnel será executado parcialmente em camada de aproximadamente 9 m de aterro compactado de argila siltosa, utilizada para a construção da MG-010, com N_{SPT} variando de 5 a 15 golpes, seguida por camadas de siltes arenosos pouco argilosos, de medianamente compactos a compactos, com N_{SPT} variando de 15 a 29.

O lençol freático encontra-se sistematicamente abaixo da geratriz inferior do Arco Invertido Definitivo (AID), o que torna as condições de escavação bem mais favoráveis.

Prevê-se que, apenas na eventualidade da ocorrência de chuvas fortes e prolongadas, haverá a necessidade da utilização de ponteiras e DHPv's (drenos horizontais profundos a vácuo) como medida mitigadora ao aumento momentâneo do NA.

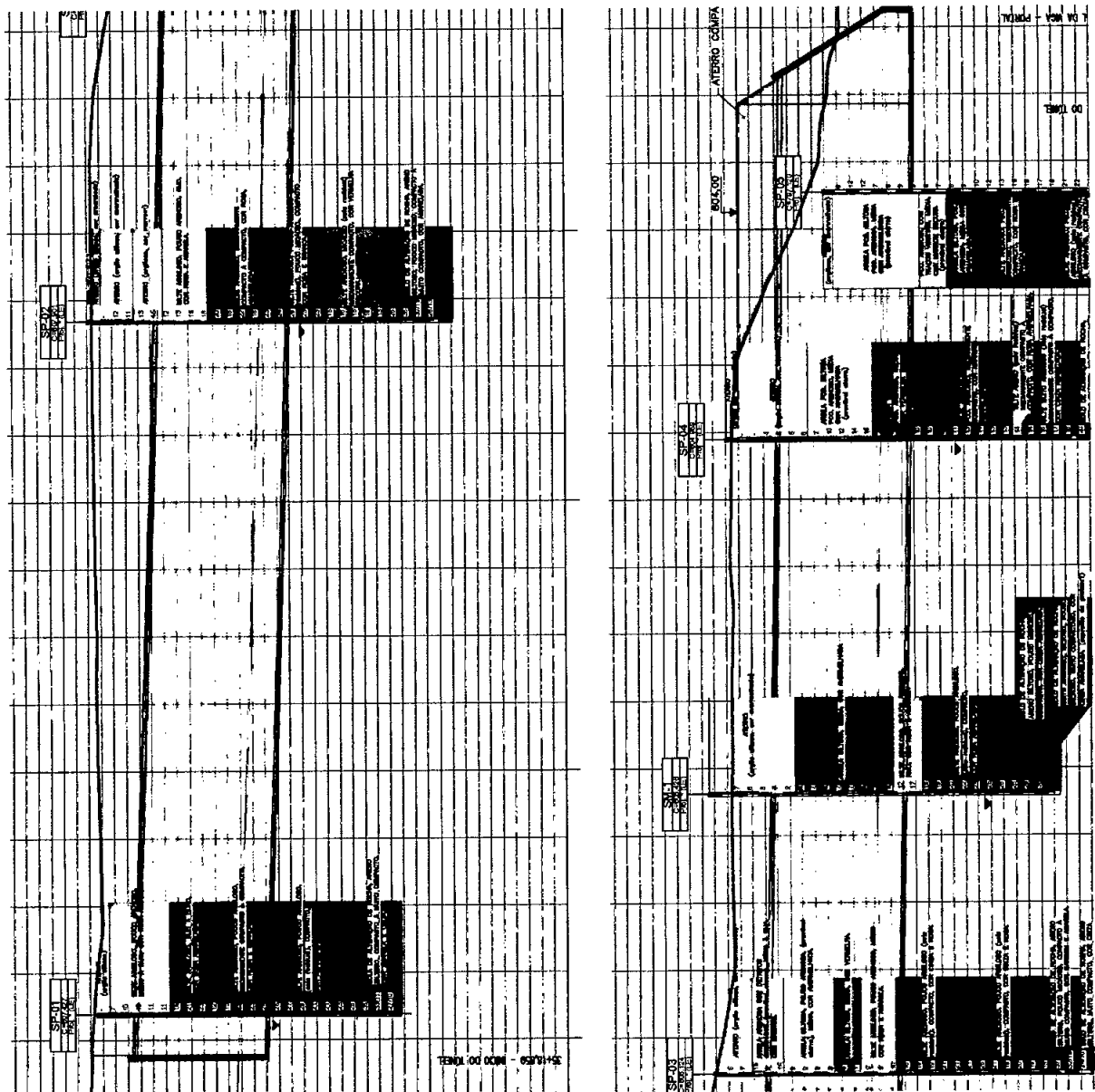


Figura 2.1 - Perfil Geológico-geotécnico

4.5.2.3 Seqüência Executiva

É detalhada a seguir, de maneira simplificada, a seqüência executiva da obra. Maiores detalhes poderão ser obtidos no desenho "Método Construtivo" (folha: TUN-03), constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- 1) Execução dos emboques e preparação de suas praças;
- 2) Execução dos túneis piloto em paralelo ou série, a qualquer momento;
- 3) Execução das estacas raiz ϕ 310mm centrais e laterais;
- 4) Execução das estruturas internas de fundação e suporte em concreto armado (blocos, pilares e vigas), não sendo necessário esperar o término da execução dos túneis piloto para tal;

- 5) Execução do túnel adjacente, em calota e “invert”, com avanços controlados, apoiando o lado interno de sua casca nas vigas e pilares e bloco; para tal, os elementos estruturais internos já deverão apresentar a resistência prevista em cálculo;
- 6) Após apresentar uma distância não inferior a 20 avanços, execução da calota do túnel principal (apenas após as estacas raiz e bloco lateral atingirem a resistência especificada), apoiando a casca do túnel no bloco lateral e nos pilares e vigas;
- 7) Execução do arco invertido definitivo do túnel principal, mantendo-se a frente de escavação a uma distância mínima de 10 avanços.

4.5.2.4 Preparo do Talude

O preparo dos emboques será realizado com concreto projetado e tela em toda superfície de interesse, com barbacãs para evitar pressão hidrostática e pregagem para estabilização do terreno. Este processo é comumente denominado “Soil-Nailing”. Será executada uma viga-portal de grandes dimensões no plano do emboque, acompanhando o perímetro do túnel, reforçando tanto o túnel como o aterro.

4.5.2.5 Estabilidade do Túnel

A estabilidade do túnel pode ser dividida em dois tipos: estabilidade do maciço exposto e estabilidade da estrutura.

a) Estabilidade do Maciço

a.1) Estabilidade de Frente

A frente de escavação serve de apoio ao maciço aliviado pela escavação enquanto os elementos que constituem o suporte (concreto projetado) não adquirirem a eficácia necessária.

Para garantir a estabilidade da frente pode ser realizada uma melhoria das condições da própria frente, reduzindo suas dimensões através da parcialização e/ou através da melhoria das características da resistência, através de pregagem. Outra maneira de garantir a estabilidade da frente é buscar apoio independentemente da falta de suporte da frente, provocada pela



instabilização ou deslocamentos excessivos da mesma, o que é feito através da utilização de enfilagens longas.

A estabilidade da frente depende das suas dimensões e das características do maciço. A estabilidade pode ser local ou global. Na estabilidade local interessa uma pequena parte do maciço nas vizinhanças da escavação e na global uma região maior do maciço.

O mecanismo depende principalmente do peso próprio e da resistência da região localizada que desmorona, caracterizando-se por um desmoronamento progressivo. Para a estabilidade local interessam as propriedades extremas de resistência na zona afetada mais diretamente pela escavação e pelos efeitos correlatos. Pelo fato do mecanismo ser progressivo, é suficiente evitar o início do processo de desmoronamento, o que se consegue através de pequenas tensões de confinamento.

Já na estabilidade global, o mecanismo depende principalmente do peso próprio e da resistência de uma região maior do maciço, correspondendo a uma deformação do solo para dentro da abertura; para a estabilidade global interessam as propriedades médias do maciço. Pelo fato do mecanismo não ser necessariamente progressivo e envolver uma grande massa de solo são necessárias elevadas tensões de confinamento na frente para controlá-lo.

O núcleo é eficiente na estabilização de frente de solos desmoronáveis, como é o caso do aterro acima do NA, porque o pequeno confinamento possível é da mesma ordem de grandeza da ação instabilizadora.

O tratamento da frente, tal qual um "soil-nailing" empregado em taludes, tem por função melhorar as características de resistência do maciço. A função da pregagem da frente é fornecer uma tensão de confinamento.

Quanto ao núcleo, a tensão de confinamento que este exerce sobre a frente é a que corresponde ao empuxo passivo da berma que constitui o núcleo, suficiente para estabilizar mecanismos locais, como é o caso do aterro acima do lençol freático.

Em geral, para o solo típico do aterro sob a Rodovia MG-010, o mecanismo de ruptura é local, sendo suficiente a tensão confinante oferecida pelo núcleo. Se necessário, haverá pregagem.



a.2) Estabilidade do Teto

O avanço corresponde à escavação realizada para instalação do suporte e sua medida corresponde ao comprimento do vão exposto entre a frente e o último suporte instalado. O teto deverá ser estável, no ciclo de escavação estabelecido (avanços de 80 cm), até que o suporte instalado apresente resistência suficiente, que não depende apenas da resistência adquirida pelo concreto projetado, mas também das condições da fundação do suporte. Tal estabilidade depende do “tempo de sustentação”, que é função das características reológicas do maciço.

Em resumo, a estabilidade de teto é garantida pelas enfilagens, cujo vão não excede 30 cm entre elas; a estabilidade de frente é garantida pelo núcleo de grandes dimensões, expondo pequena porção da frente, parcializando-a e, caso necessário, pela pregagem de frente.

b) Estabilidade da Estrutura

O concreto projetado forma o revestimento do túnel, o qual deve equilibrar, por compressão, as cargas do maciço e sobrecargas devidas ao tráfego. Como se trata de túnel muito raso, as tensões atuantes nas regiões laterais exigem, para trabalho da casca exclusivamente por força normal, empuxo passivo no fecho não disponível, razão pela qual aparecem forças cortantes e momentos fletores, que serão combatidos por armadura adicional.

Como a cobertura é muito pequena, as cargas na fase provisória são as mesmas da fase permanente, de modo que a casca com 25 cm de espessura deverá suportar todo o peso do aterro, as cargas dos veículos (1,0 tf/m²) e os empuxos do solo. A última camada de 10 cm deve ser aplicada como acabamento e para permitir a implantação de drenagem, se necessária.

As fundações serão feitas previamente com estacas raiz ϕ 310 mm, o que acarretará em recalques minimizados e a possibilidade de não se contar com o solo como elemento participante no suporte do túnel (típico do NATM).



4.5.2.6 Elementos de Suporte do Túnel

Os elementos de suporte do túnel têm função estrutural, de proteção e construtiva, tais quais:

- estrutural: confinar o maciço, exercendo tensões que permitirão ao mesmo manter-se em equilíbrio com deslocamentos controlados, compatíveis com as interferências e com o tráfego. Enquanto obra provisória, a segurança estrutural pode ser garantida pela observação e pela capacidade de mobilização do Construtor;
- proteção: preservar as características mecânicas do maciço, controlando suas deformações ou conferindo uma proteção superficial que impeça sua degradação progressiva;
- construtiva: permitir ou facilitar a execução da obra.

a) Concreto Projetado

O concreto projetado é o elemento essencial na função estrutural do suporte de confinar o maciço através da aplicação de tensões na superfície escavada; é muito eficiente nesta função porque adere na superfície do terreno, não deixando vazios; adquire resistência em prazo curto, mantendo certa flexibilidade que permite, quando desejável, a interação com o maciço; funciona predominantemente à compressão, tornando suficiente a aplicação de pequena espessura, pois os deslocamentos (por força normal) são limitados e a resistência (à compressão do concreto) é elevada.

Para que a função de confinamento seja eficiente, são necessários alguns requisitos de natureza estática e construtiva, tais como: a geometria deve ser adequada; a fundação da casca formada pelo concreto projetado deve ser adequada para o confinamento eficiente do maciço; o método construtivo, no que se refere ao ciclo de execução, etapas de aplicação do concreto projetado e à associação com outros elementos de suporte deve ser estabelecido em função da competência do solo em se auto-sustentar junto à frente, até que o concreto projetado apresente eficácia. Todas estas condições estão satisfeitas no projeto.

b) Cambota

A função estrutural da cambota é confinar o maciço junto à frente enquanto o concreto projetado não adquire resistência ou estabilizar o maciço quando o concreto projetado é ineficaz para evitar mecanismos de instabilização. A função da cambota também pode ser utilizada com função



meramente construtiva, tal como fixar o concreto projetado à superfície escavada ou como garantia de gabarito.

c) Enfilagem

A função estrutural da enfilagem é permitir o avanço quando o tempo de auto-sustentação é insuficiente para a instalação de qualquer suporte; assim, o teto é suportado praticamente antes da escavação. A eficácia da enfilagem depende do comportamento da frente, pois a enfilagem se apoiará no último suporte instalado resistente e nesta.

d) Tratamento das Fundações com Estacas Raiz ϕ 310mm

Elemento importante porque permite executar as fundações do revestimento antes da “entrada” das cargas, isto é, do próprio trabalho deste. Assim, não há necessidade de executar o Arco Invertido Definitivo (AID) junto à frente, o que corresponderia a reduzir o núcleo e descalçá-lo, face às dimensões envolvidas. Desta maneira, é possível deixar um núcleo de dimensões substanciais, aumentando ainda mais a segurança em relação à estabilidade de frente. As estacas absorverão as cargas consideráveis de compressão provenientes da ação do solo e demais sobrecargas junto à superfície curva da casca do túnel, dissipando-as ao longo de seu comprimento em camadas de solo mais competentes sob o ponto de vista de fundação.

4.5.2.7 Túneis Piloto

Tratam-se de túneis com pequenas dimensões e uma cobertura significativa. Enfilagens podem ser feitas para proteção do avanço. O arco invertido será instalado praticamente junto à frente, de modo que a seção é praticamente plena.

Sua execução se faz necessária para possibilitar a realização das fundações dos túneis principal e adjacente antes que as tensões resultantes no maciço ocorram.

Feito o túnel executam-se as estacas e concretam-se os blocos, vigas e pilares internos.

4.5.2.8 Calota

O revestimento da calota, em concreto projetado e cambotas treliçadas segue apoiando no bloco lateral e na parede central em toda extensão do túnel. Por tratar-se de túnel de baixa cobertura haverá uma armação adicional para combater esforços de flexão. A frente ficará exposta apenas em um perímetro de 2,0 m de altura e será deixado um núcleo, o maior possível, de modo a minimizar os recalques devidos à exposição da frente e garantir a estabilidade da frente. É possível aumentar ainda mais a segurança e reduzir os recalques executando-se uma pregagem de frente.

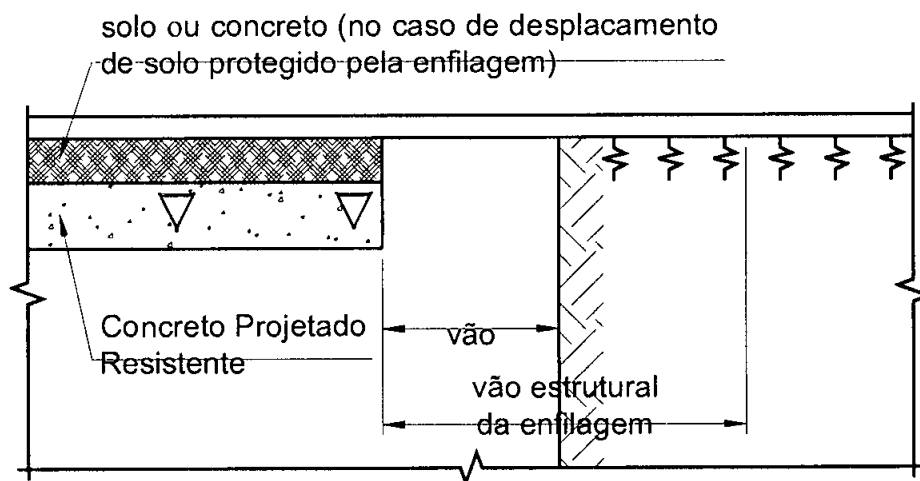
4.5.2.9 Arco Invertido Definitivo (AID) ou "Invert"

O arco invertido definitivo será feito após o vazamento do túnel ou a qualquer momento, de forma que entre o talude da frente e o talude para execução do arco invertido haja distância adequada do ponto de vista construtivo.

4.5.2.10 Observações

A estabilidade de teto é garantida pelas enfilagens.

Sendo a enfilagem de tubo de aço, esta vence o vão entre a última cambota e a frente de escavação, de cerca de 60 cm, que poderá ser reduzido para 40 cm na região mais crítica.



Assim, a exposição do terreno sob a rodovia é de apenas 30 cm pelo vão do avanço (40 cm a 60 cm) no teto e laterais e 2,0 m na frente, que pode ser pregada.

O mais importante do sistema construtivo adotado é a garantia da estabilidade de frente porque não há necessidade de fechar o arco invertido, deixando-se um núcleo suficientemente grande porque o revestimento da calota irá se apoiar nas estacas-raiz.

As sondagens indicam que o NA encontra-se bem abaixo do plano de trabalho da calota. Como o terreno é argiloso, não deve haver necessidade de controle do NA. Eventualmente, poderão ser instaladas ponteiras a vácuo ou drenos horizontais profundos a vácuo, a partir do plano de trabalho, a critério do responsável pelo acompanhamento técnico da obra (ATO), após verificação das condições reais da frente de escavação.

Como toda obra dessa natureza, a observação da realidade, avanço após avanço, por um profissional comprovadamente experiente e competente, trabalhando em sinergia com os responsáveis pelo projeto e os responsáveis pela execução, é de vital importância para o sucesso e segurança da obra. A boa comunicação entre os diferentes profissionais envolvidos é crucial para a adaptação do projeto face à situações imprevisíveis que, não raramente, ocorrem na execução de túneis.

4.5.2.11 Anexo A - Investigações Geotécnicas

Apresentam-se a seguir os boletins das sondagens a percussão tipo SPT e mista/rotativa realizadas no local da obra.

A locação dos furos de sondagem é apresentada no desenho "Projeto Geométrico - Planta, Seções Tipo e Detalhes" (folha: GM-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.





intersolo engenharia Ltda.

Rua Padre Rolim, 133 - 6º andar - CEP 30130-090 - BH - MG - Tel: (31) 3213-1333

SONDAGEM HORIZONTAL MISTA Ø	BW	SPT	FURO	SM 01	COTA	806,42
-----------------------------	----	-----	------	-------	------	--------

Nº DE GOLPES P/ 30 cm	TIPO	ROD (%)	N.A.	PROFUN- DIDADE (m)	CAMADAS	COTA (m)	CLASSIFICAÇÃO
	TRADO						ATERRO (argila siltsosa, cor avermelhada.)
				5,00		6,85	
	SOLO - SPT/ WIDIA			10,00			ARGILA SILTOSA, MÉDIA, COR VERMELHA.
				15,00		14,60	SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, RIJO, COR ROSA E AMARELA .
				20,00		17,00	SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, (solo residual), COMPACTO, COR COR ROSA AMARELADA.

Continua ...

RECUPERAÇÃO (%)		POSO DE RESERVA		RENTABILIDADE (CORR)		C		CORREÇÃO		INCLINAÇÃO DAS CORTES (P/ 100)		CORREÇÃO DE CALIBRE		CORREÇÃO DE CALIBRE		SUPERFÍCIE DAS DISCONTINUIDADES	
RELEVAMENTO	N.A.	4 < 4	POSO	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4	4 < 4
PROFUNDIDADE	21,59 m	5 < 5	POSO COMPACTA (C)	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5	5 < 5
PROFUNDIDADE	21,59 m	6 < 6	MEDIAMENTO COMPACTA (C)	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6	6 < 6
PROFUNDIDADE	21,59 m	7 < 7	13 < 13	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7	7 < 7
PROFUNDIDADE	21,59 m	8 < 8	14 < 14	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8	8 < 8
PROFUNDIDADE	21,59 m	9 < 9	15 < 15	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9	9 < 9
PROFUNDIDADE	21,59 m	10 < 10	16 < 16	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10	10 < 10
PROFUNDIDADE	21,59 m	11 < 11	17 < 17	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11	11 < 11
PROFUNDIDADE	21,59 m	12 < 12	18 < 18	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12	12 < 12
PROFUNDIDADE	21,59 m	13 < 13	19 < 19	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13	13 < 13
PROFUNDIDADE	21,59 m	14 < 14	20 < 20	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14	14 < 14




PERSISTÊNCIA A PENEIRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Falção ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK							
Nº DE GOLPES		CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA					
1		6	TC			0,94	ATERRO (argila siltosa)
2		9	TH				SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, MÉDIO À RÍO, COR ROSA AVERMELHADA.
3		10					
4		9					
5		10			5		
6		10				5,76	
7		12					SILTE ARGILO ARENOSO, RÍO À DURO, COR ROSA AMARELADA
8		18					
9		19					
10		11					SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, MEDIANAMENTE COMPACTO À COMPACTO, COR ROSA E BRANCA.
11		11			10	9,61	
12		18					
13		18					
14		19					Continua na Próxima Página
15		19				13,50	
16		19					
17		19					
18		19					
19		19					
20		19					
21		19					
22		19					
23		19					
24		19					
25		19					
26		19					
27		19					
28		19					
29		19					
30		19					
31		19					
32		19					
33		19					
34		19					
35		19					
36		19					
37		19					
38		19					
39		19					
40		19					
41		19					
42		19					
43		19					
44		19					
45		19					
46		19					
47		19					
48		19					
49		19					
50		19					
51		19					
52		19					
53		19					
54		19					
55		19					
56		19					
57		19					
58		19					
59		19					
60		19					
61		19					
62		19					
63		19					
64		19					
65		19					
66		19					
67		19					
68		19					
69		19					
70		19					
71		19					
72		19					
73		19					
74		19					
75		19					
76		19					
77		19					
78		19					
79		19					
80		19					
81		19					
82		19					
83		19					
84		19					
85		19					
86		19					
87		19					
88		19					
89		19					
90		19					
91		19					
92		19					
93		19					
94		19					
95		19					
96		19					
97		19					
98		19					
99		19					
100		19					

AMOSTRADOR DIAM. INT. = 34,9 DIAM. EXT. = 50,8	REVESTIMENTO DIAM. = 63,5 mm	MARTELO 65 Kg QUEDA 75 cm	DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 24 01 08 TERMINO: 25 01 08	RESP DATA 30 01 08	REL 010.2008 FOLHA 02 13
--	---------------------------------	------------------------------	--	--------------------------	-----------------------------------

INTERSOLO

534

 intersolo engenharia ltda. RUA PADRE POLIM, 133 - 6º ANDAR - BELO HORIZONTE - MG FONE: (31) 3213-1333 - www.intersolo.com.br									
Cliente: ENGESOLO ENGENHARIA LTDA							Rel:		
Local: MG 010 - BAIRRO SERRA VERDE - BH -									
Escala: 1/100		Data: 30/01/08		Des.:		Eng.:		Des. No.: 010/2008	
SONDAGEM A PERCUSSÃO: SP - 01							COTA: 807,42 m		
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao P.N.	Amostrador	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm	
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK								AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm	
Nº DE GOLPES								PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm	
0 10 20 30 40 50		10 20 30						CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
				13,88					
		19 25				14			
		21 27				15			
		22 29				16			
		18 21				17		SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO (solo residual), COMPACTO, COR AMARELADA.	
		16 21				18			
		18 23				19			
		20 26				20			
		30 38				21		20,60	
		50 33				22		SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA, ARENO SILTOSO, COMPACTO A MUITO COMPACTO, COR AMARELA E CINZA.	
		26 11				23			
		50 27				24			
		25 10				25		24,23	
		30 6				26		IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO LAVAGEM POR TEMPO 10" - 0,01 M 10" - 0,01 M 10" - 0,01 M IMPENETRÁVEL NA PEÇA DE LAVAGEM - 24,23 M.	
								OBS: 1 - FORTE OCORRÊNCIA DE CHUVAS DURANTE AS SONDAJENS 2 - SUGERIMOS INSTALAÇÃO DE MINA PARA MELHOR INVESTIGAÇÃO DO N.A.	
AMOSTRADOR		REVESTIMENTO		MARTELO 65 Kg		DATA EXECUÇÃO		RESP	
DIAM. INT. = 34,9		DIAM. = 63,5 ± 0,25		QUEDA 75 cm		INÍCIO: 24/01/08		REL. 010/2008	
DIAM. EXT. = 2		CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 1 m				TERMINO: 25/01/08		DATA 30/01/08	
								FOLHA 3/13	
INTERSOLO									

332


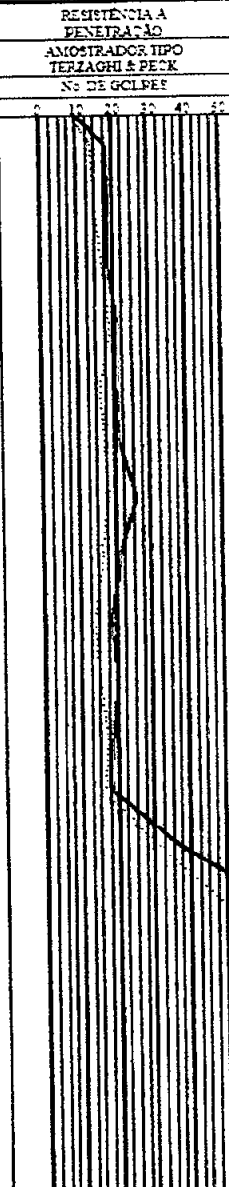
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm
AMOSTRADOR TIPO TERZAAGH & PETER							
Nº DE GOLPES		CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA					
0	10	20	30	40	50		
						0.46	PISO CIMENTADO
						1.00	ATERRO (argiloso cor amarelada)
		11	12				ATERRO (argilo silteoso, cor avermelhada)
		9	11			3.60	
		10	13				ATERRO (argiloso, cor marrom)
		12	15		5	5.90	
		11	12				
		12	13				SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, RÍO, COR ROSA E AMARELA.
		11	15				
		14	18			9.50	
		15	20		10		
		15	18				SILTE ARENO ARGILOSO, MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO, COR ROSA AMARELADA.
		15	22				
		15	18				
		17	23				
		17	24		15	14.90	Continua na Próxima Página
AMOSTRADOR DIAM. INT. = 138 DIAM. EXT. = 2		REVESTIMENTO DIAM. 63,5 = 12,00 e		MARTELO 55 Kg QUEDA 75 cm		DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 23 01 08 TERMINO: 24 01 08	
		CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 4 m				RESP DATA 30 01 08	REL 010 2008 FOLHA 04 13
INTERSOLO							



RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Com relação ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 54,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK Nº DE GOLPES							
0 10 20 30 40 50		12	3	TC			CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
		5	5	TH	*NFE	3	ATERRO (argiloso, cor avermelhada)
		7	7	CA		2	
		13	15			3	3.00
		8	9			4	ARGILA ARENOSA COM DETRITOS ORGANICOS (provável aterro), MÉDIA À RUA, COR MARRON.
		14	15		5	5	5.50
		7	8			6	
		8	9			7	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, (provável aterro), MÉDIA, COR AVERMELHADA.
		7	8			8	
		8	8			9	9.50
		9	9		10	10	ARGILA SILTOSA, MÉDIA, COR VERMELHA.
		6	7			11	11.60
		9	9			12	SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, MÉDIO, COR ROSA E AMARELA.
		9	10			13	
		14	18		15	14	14.50
							Continua na Próxima Página
AMOSTRADOR DIAM. INT = 138 DIAM. EXT = 2		REVESTIMENTO DIAM: 63,5 = 420 cm		MARTELO 65 Kg QUEDA 75 cm		DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 09 02 08 TERMINO: 11 02 08	
		CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 4 m		PESP		REL 010 2068	
				DATA 13 02 08		FOLHA 06 13	

INTERSOLO

CP
535

 intersolo engenharia ltda. RUA PADRE ROLIM, 133 - 6º ANDAR - BELO HORIZONTE - MG FONE: (31) 3213-1333 - www.intersolo.com.br		
Cliente: ENGESOLO ENGENHARIA LTDA		Rel:
Local: MG 010 - BAIRRO SERRA VERDE - BH -		
Escala: 1:100	Data: 13 02 08	Des.:
		Eng.:
		Des. No.: 010 2008
SONDAGEM A PERCUSSÃO: SP - 03		COTA: 806,12 m
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK N.º DE GOLPES	Número de Golpes Método	Nível da Água Cota em Relação ao R.N. Profundidade da Camada (m)
		REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
		15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
		15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
		19.80 26.50 28.60 31.14
		SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, (solo residual), MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO, COR ROSA AMARELADA. SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO (solo residual), COMPACTO, COR CINZA E ROSA. SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA, ARENO SILTOSO, POUCO MICÁCEO, COMPACTO A MUITO COMPACTO, COR MARRON E AMARELA. SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA, ARENO SILTOSO, MUITO COMPACTO, COR CINZA AMARELADA. LIMITE DO FURO = 31,14 M. *NFE = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO.
AMOSTRADOR DIAM. INT. = 33,8 DIAM. EXT. = 2	REVESTIMENTO DIAM. 63,5 = 4,00 m CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 4 m	MARTELO 65 Kg QUEDA 75 cm
DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 09 02 08 TÉRMINO: 11 02 08		RESP DATA 13 02 08
REL 010 2008		FOLHA " 13
INTERSOLO		



RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm PESO: 66 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm
AMOSTRADOR TIPO TEFZAGHI & PECK Nº DE GOLPES							
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60							CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
			TC				ATERRO (argiloso, cor amarelada)
		4 4	TH			1.00	
		5 5					
		4 5	CA				ATERRO (argila siltosa, cor vermelha)
		5 6			5		
		5 -				6.50	
		8 10					
		11 12					ARGILA POUCA SILTOSA, POUCA ARENOSA, MÉDIA À RÍJA (provável aterro), COR VERMELHA.
		11 14					
		15 15			10		
		- -					
		8 9				11.70	
		- 9					ARGILA SILTOSA, POUCA ARENOSA, MÉDIA, COR VERMELHA E AMARELADA.
		- 10					
		8 10			15		
		8 9					
		9 11				16.65	Continua na Próxima Página
AMOSTRADOR DIAM. INT. = 1.5 Ø DIAM. EXT. = 2		REVESTIMENTO DIAM. 49.5 = 1.96 Ø		MARTELO 65 Kg QUEDA 75 cm		DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 22 01 08 TERMINO: 24 01 08	
		CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 6 m				RESP DATA 30 01 08	
						PEL 010 2008 FOLHA 02 13	

INTERSOLO

537
COD. 010/015

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao R.N.	Azosbras	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 65,5 mm		
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK Nº DE GOLPES								AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm		
								PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm		
								CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA		
0 10 20 30 40 50		9	11	N.A. 18,30						
		10	15							
		11	14							
		10	15			20				SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, MEDIANAMENTE COMPACTO, COR MARROM AMARELADA.
		11	15							
		11	14							
		15	14					22,80		SILTE ARENO ARGILOSO (solo residual), MEDIANAMENTE COMPACTO, COR ROSA AMARELHADA.
		16	16					23,67		
		15	17			25				SILTE MUITO ARENOSO (solo residual), MEDIANAMENTE COMPACTO À COMPACTO, COR CINZA AMARELADA.
		14	18							
		14	20				27,50			
		27	42							
		37	35 24						SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA, ARENO SILTOSO, MUITO COMPACTO, COR CINZA E AMARELADA.	
		20	19		30					
		20	12				31,12		LIMITE DO FURO - 31,12 M.	
					35					
AMOSTRADOR		REVESTIMENTO		MARTELO 65 Kg		DATA EXECUÇÃO		RESP	REL	
DIAM. INT. = 33 Ø		DIAM. = 43 Ø = 15,00 Ø		QUEDA 75 cm		INÍCIO: 22 01 08			010 2008	
DIAM. EXT. = 2		CIRCULAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE 5 Ø				TÉRMINO: 24 01 08		DATA	FOLHA	
								30 01 08	9 13	
INTERSOLO										

CPFL
538

RESISTÊNCIA A FENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm		
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PEEK							AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 50,8 mm		
No. DE GOLPES						PESO: 65 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm			
CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA								ATERRO (argiloso, cor avermelhada)	
TC								0,75	
TH								1	
CA								2	
								3	
								4	
								5	
								6	
								7	
								8	
								9	
								10	
								11	
								12	
								13	
								14	
								15	
								16	
								17	
								18	
								19	
								20	
								21	
								22	
								23	
								24	
								25	
								26	
								27	
								28	
								29	
								30	
								31	
								32	
								33	
								34	
								35	
								36	
								37	
								38	
								39	
								40	
								41	
								42	
								43	
								44	
								45	
								46	
								47	
								48	
								49	
								50	
								51	
								52	
								53	
								54	
								55	
								56	
								57	
								58	
								59	
								60	
								61	
								62	
								63	
								64	
								65	
								66	
								67	
								68	
								69	
								70	
								71	
								72	
								73	
								74	
								75	
								76	
								77	
								78	
								79	
								80	
								81	
								82	
								83	
								84	
								85	
								86	
								87	
								88	
								89	
								90	
								91	
								92	
								93	
								94	
								95	
								96	
								97	
								98	
								99	
								100	
								101	
								102	
								103	
								104	
								105	
								106	
								107	
								108	
								109	
								110	
								111	
								112	
								113	
								114	
								115	
								116	
								117	
								118	
								119	
								120	
								121	
								122	
								123	
								124	
								125	
								126	
								127	
								128	
								129	
								130	
								131	
								132	
								133	
								134	
								135	
								136	
								137	
								138	
								139	
								140	
								141	
								142	
								143	
								144	
								145	
								146	
								147	
								148	
								149	
								150	
								151	
								152	
								153	
								154	
								155	
								156	
								157	
								158	
								159	
								160	
								161	
								162	
								163	
								164	
								165	
								166	
								167	
								168	
								169	
								170	
								171	
								172	
								173	
								174	
								175	
								176	
								177	
								178	
								179	
								180	
								181	
								182	
								183	
								184	
								185	
								186	
								187	
								188	
								189	
								190	
								191	
								192	
								193	
								194	
								195	
								196	
								197	
								198	
								199	
								200	
								201	
								202	
								203	
								204	
								205	
								206	
								207	
								208	
								209	
								210	
								211	
								212	
								213	
								214	
								215	
								216	
								217	
								218	
								219	
								220	
								221	
								222	
								223	
								224	
								225	
								226	
								227	
								228	
								229	
								230	
								231	
								232	
								233	
								234	
								235	
								236	
								237	
								238	
								239	
								240	
								241	
								242	
								243	
								244	
								245	
								246	
								247	
								248	
								249	
								250	
								251	
								252	
								253	
								254	
								255	
								256	
								257	
								258	
								259	
								260	
								261	
								262	
								263	
								264	
								265	
								266	
								267	
								268	
								269	
								270	
								271	
								272	
								273	
								274	
								275	
								276	
								277	
								278	
								279	
								280	
								281	
								282	
								283	
								284	
								285	
								286	
								287	
								288	
								289	
								290	
								291	
								292	
								293	
								294	
								295	
								296	
								297	
								298	
								299	
								300	
								301	
								302	
								303	
								304	
								305	
								306	
								307	
								308	
								309	
								310	
								311	
								312	
								313	
								314	
								315	
								316	
								317	
								318	
								319	
								320	
								321	
								322	
								323	
								324	
								325	
								326	
								327	
								328	
								329	
								330	
								331	
								332	
								333	
								334	
								335	
								336	
								337	
								338	
								339	
								340	
								341	
								342	
								343	
								344	
								345	
								346	
								347	
								348	
								349	
								350	
								351	
								352	
								353	
								354	
								355	
								356	
								357	
								358	
								359	
								360	
								361	
								362	
								363	
								364	
								365	
								366	
								367	
								368	
								369	
								370	
								371	
								372	
								373	
								374	
								375	
								376	
								377	
								378	
								379	
								380	
								381	
								382	
								383	
								384	
								385	
								386	
								387	
								388	
								389	
								390	
								391	
								392	
								393	
								394	
								395	
								396	
								397	
								398	
								399	
								400	
								401	
								402	
								403	
								404	
								405	
								406	
								407	
								408	
								409	
								410	
								411	
								412	
								413	
								414	
								415	
								416	
								417	
								418	
								419	
								420	
								421	
								422	
								423	
								424	
								425	
								426	
								427	
								428	
								429	
								430	
								431	
								432	
								433	
								434	
								435	
								436	
								437	
								438	
								439	
								440	
								441	
								442	
								443	
								444	
								445	
								446	
								447	
								44	

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		Número de Golpes	Método	Nível da Água	Cota em Relação ao R.N.	Profundidade da Camada (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34,9 mm Ø EXTERNO: 60,3 mm PESO: 66 Kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm
AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PENK NO DE GOLPES							
0 10 20 30 40 50							CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
10 12		10				13	SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, MEDIANAMENTE COMPACTO, COR ROSA E BRANCA
10 13		10				14	
12 15		12			15	15	
12 16		12				16	
13 17		13				17	
14 18		14				18	SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO (solt residual) MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO, COR CINZA AMARELADA.
15 21		15				19	
16 22		16			20	20	
18 24		18				21	
21 28		21				22	
23 31		23				23	SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENO SILTOSO, MUITO COMPACTO, COR CINZA E BRANCA.
39 40		39			23,65	24	
50 32		50			25	25	
30 15		30				26	
30 14		30				27	
							LIMITE DO FURO - 27,14 M
					30		
AMOSTRADOR DIAM. INT. = 38 DIAM. EXT. = 2	REVESTIMENTO DIAM. = 63,5 = 2,50 in	MARTELO 65 Kg QUEDA 75 cm	DATA EXECUÇÃO INÍCIO: 23 11 05 TERMINO: 17 11 05	RESP	REL 010 2003	DATA 30 01 08	FOLHA 11 13
INTERSOLO							

540

4.5.3 Estruturas Complementares

As estruturas complementares do túnel envolvem os dispositivos/sistemas necessários e adequados às necessidades da obra, a saber:

- barreira rígida de concreto, tipo “New Jersey” Simples - Nível de Contenção - N1, padrão DER/MG, no bordo direito da faixa de ônibus (túnel principal), junto à base do arco do túnel e da viga/parede entre túneis principal e adjacente;
- proteção/enchimento em concreto da base do arco do túnel principal (junto à base das chapas metálicas do revestimento), lado esquerdo, externamente à sarjeta de concreto, conforme apresentado no desenho “Projeto de OAE do Tipo Túnel e Estruturas Complementares - Túnel Principal e Adjacente - Revestimento Interno - Seções e Detalhes 1/3” (folha: RIN-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**;
- revestimento interno dos túneis principal e adjacente e revestimento externo dos portais sul e norte dos túneis, conforme adiante detalhado;
- sistema de ventilação mecânica, conforme adiante detalhado;
- sistema de prevenção e combate a incêndio e pânico, conforme adiante detalhado;
- infraestrutura de comunicação – sistema de CFTV (circuito fechado de televisão) e de telefonia de emergência (“hot line”), conforme adiante detalhado;
- iluminação, conforme item **4.10 Projeto de Iluminação**, adiante.

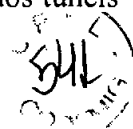
4.5.3.1 Revestimento Interno dos Túneis Principal e Adjacente e Revestimento Externo dos Portais Sul e Norte dos Túneis

Tratando-se do túnel de acesso ao empreendimento do Centro Administrativo, visando um melhor efeito estético, mais harmonioso com o conjunto arquitetônico que compõe o empreendimento, é previsto o revestimento interno e externo dos túneis, envolvendo:

- revestimento interno dos arcos laterais dos túneis principal e adjacente;
- revestimento externo dos portais sul e norte dos túneis.

a) Revestimento Interno dos Túneis Principal e Adjacente

O revestimento interno dos arcos laterais dos túneis será constituído de placas de chapa metálica perfurada e calandrada, com acabamento em pintura eletrostática resistente a raios UV, fixadas através de perfis/guias verticais e horizontais, que, por sua vez, são fixados às paredes dos túneis



através de grouting (para regularização da superfície) e placa metálica com chumbadores. Junto aos portais, bem como junto às aberturas entre túneis, são previstos, transversalmente, batentes de fechamento constituídos das mesmas placas de chapa metálica do revestimento.

O detalhamento do revestimento interno dos túneis é efetuado através dos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- "Projeto de OAE - Túnel Principal e Adjacente - Revestimento Interno - Seções e Detalhes 1/3" (folha RIN-01);
- "Projeto de OAE - Túnel Principal e Adjacente - Revestimento Interno - Seções e Detalhes 2/3" (folha RIN-02);
- "Projeto de OAE - Túnel Principal e Adjacente - Revestimento Interno - Seções e Detalhes 3/3" (folha RIN-03);
- "Projeto de OAE - Túnel Principal e Adjacente - Revestimento Interno - Detalhe para Locação da Fixação das Placas Metálicas" (folha RIN-04).

Na parte superior dos arcos laterais e tetos dos túneis é prevista a realização de pintura acrílica na cor preta.

b) Revestimento Externo dos Portais Sul e Norte dos Túneis

O revestimento externo dos portais sul e norte dos túneis será constituído de placas cimentícias, espessura 12mm, fixadas ao paramento de "soil nailing" dos portais através de perfis metálicos descontínuos e de parafusos.

As placas do revestimento deverão ser protegidas com verniz anti-pichação à base de resina de poliuretano alifático, tipo Denverniz, ou equivalente.

Tal revestimento possibilita a drenagem interna do maciço através dos drenos barbacãs do "soil nailing", no espaço vazio que se forma pelo assentamento dos perfis.

O detalhamento do revestimento externo dos portais é efetuado através do desenho "Projeto de OAE - Portais do Túnel Principal e Adjacente - Revestimento em Placas Cimentícias" (folha: REX-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.



4.5.3.2 Sistema de Ventilação Mecânica

a) Descrição Geral

A ventilação mecânica do segmento de túnel consta, essencialmente, de 02 (dois) sistemas de troca de ar, a saber:

Sistema 1: responsável pela ventilação da seção do túnel adjacente, destinado à ciclofaixa e trânsito de pedestres, através de um sistema de insuflamento de ar, composto basicamente por 02 (dois) ventiladores axiais, instalados nas extremidades do túnel (entrada e saída), e por rede de dutos e grelhas instalados ao longo do túnel, criando uma pressão positiva de ar limpo no setor, evitando assim a contaminação do ar desta célula com os gases provenientes dos veículos do túnel principal;

Sistema 2: responsável pela ventilação da seção do túnel principal, destinado ao tráfego de veículos, através da exaustão do ar poluído, sendo composto basicamente por 02 (dois) ventiladores axiais, instalados na saída do túnel, e por rede de dutos e grelhas instalados ao longo do túnel, de forma a retirar o CO (monóxido de carbono) e outros gases do escapamento dos veículos.

b) Cálculo da Vazão de Ar Necessária

A vazão de ar apropriada para diluir o monóxido de carbono (CO) desprendido pelos motores veiculares e, eventualmente, para retirada de fumaça resultante de acidente, dentro do túnel principal, regulamentada pelas normas da ASHRAE - Associação Norte-Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Condicionamento de Ar. (pág. Nº 13.5 do Manual de Aplicação, HVAC, ed. 2003), é de 0, 155 m³/s, por metro linear de pista de rolamento (valor mínimo aconselhado).

Tendo como base o traçado do túnel, registramos os seguintes valores geométricos:

Túnel principal (trânsito de veículos):

- pista interna: PiPi' = 157,4 m;
- pista externa: PePe' = 161,5 m;
- valor médio = 159,5 m;

Túnel adjacente (ciclofaixa e pedestres): CC' = 166,5 m.



Portanto, os valores dos volumes de ar a serem insuflados e exauridos nas células do túneis, de acordo com a ASHRAE, serão:

Túnel	Vazão (m ³ /s.m)	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Vazão calculada (m ³ /h)	Vazão adotada (m ³ /h)
Principal (Trânsito de Veículos)	0,155	2 x 159,5	2 x 24,7	2 x 89.000	2 x 89.040
Adjacente (Ciclofaixa e Pedestres)	0,0775 (*)	166,5	12,9	2 x 23.226	2 x 23.400

(*) Como não existe geração de CO e outros gases veiculares no túnel adjacente, considerou-se 50% do valor indicado pela ASHRAE, como taxa de renovação do ar.

b.1) Renovações Previstas

Ao dividirmos a vazão de ar circulada pelo volume de cada secção do túnel, encontraremos a taxa de renovação de ar resultante, a saber:

Túnel	Secção (m ²)	Comprimento (m)	Volume médio (m ³)	Vazão Circular (m ³ /h)	Taxa de Renovação (rph)
Principal (Trânsito de Veículos)	108,88	159,5	17.366	178.080	10,25
Adjacente (Ciclofaixa e Pedestres)	15,0	166,5	2.497	46.800	18,7

c) Apresentação do Projeto

A apresentação do projeto é efetuada através dos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- “Projeto de OAE - Sistema de Ventilação Mecânica - Túnel - Planta Geral” (folha: VEN-01);
- “Projeto de OAE - Sistema de Ventilação Mecânica - Túnel - Detalhe 1” (folha: VEN-02);
- “Projeto de OAE - Sistema de Ventilação Mecânica - Túnel - Cortes AA, BB, CC e Detalhe 2” (folha: VEN-03);
- “Projeto de OAE - Sistema de Ventilação Mecânica - Túnel - Detalhes de Fixação dos Chumbadores e Neoprene” (folha: VEN-04);
- “Projeto de OAE - Sistema de Ventilação Mecânica - Túnel - Diagramas Elétricos” (folha: VEN-05).

544

4.5.3.3 Sistema de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico

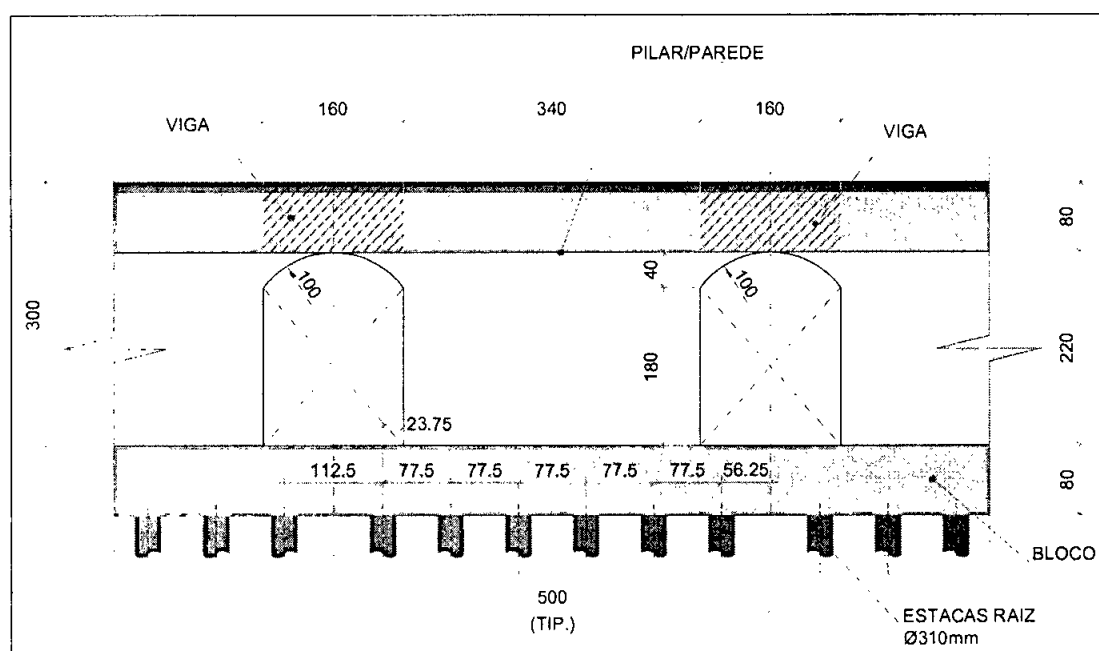
a) Descrição Geral

O túnel principal, destinado ao tráfego de veículos, comportando três faixas para veículos de passeio com 3,33 m de largura cada e uma faixa exclusiva para ônibus com 4,0 m de largura, foi projetado com comprimento de cerca de 160 m.

Em caso de sinistro (acidente de trânsito, por exemplo), o túnel possui, em toda sua extensão, uma faixa segura, o túnel adjacente, com 4,0 m de largura, destinado à ciclofaixa e pedestres, que poderá servir como rota de fuga.

O acesso a esta saída (do túnel principal para o túnel adjacente) se dará através das aberturas entre os túneis, espaçadas a cada 5,0 m (entre eixos), totalizando 32 passagens com 1,60 m de largura cada, gerando uma fuga eficaz dos ocupantes dos veículos em caso de pânico.

A figura a seguir ilustra as aberturas entre os túneis, que provêm os acessos.



Para se alcançar tais saídas, os usuários de veículos particulares e de transporte coletivo deverão transpor a barreira rígida de concreto, tipo "New Jersey", com altura de 0,81 m, indicada no

bordo direito/externo da faixa de ônibus (túnel principal); tal situação atende às normas do Corpo de Bombeiros, uma vez que a barreira apresenta altura inferior a 1,10 m.

O acesso de pedestres (túnel adjacente), com largura de 4,0 m, possibilita a saída, de acordo com as normas do Corpo de Bombeiros, de até 1.400 ocupantes. Esta passagem possuirá sinalização de emergência em toda sua extensão.

As placas de sinalização visual de orientação e salvamento deverão ser em PVC rígido fotoluminescente de alta intensidade luminosa, conforme IT 15 do CBM-MG.

Todo o trecho destinado aos pedestres deverá possuir sinalização para as rotas de fuga, conforme indicado em projeto. As placas deverão ser instaladas a 1,80 m do piso, conforme IT 15 do CBM-MG.

b) Apresentação do Projeto

O detalhamento do projeto é efetuado através dos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- .. “Projeto de OAE - Sistema de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico - Túnel - Planta de Localização e Detalhes” (folha: PCI-01);
- .. “Projeto de OAE - Sistema de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico - Túnel - Planta e Corte AA” (folha: PCI-02).

4.5.3.4 Infraestrutura de Comunicação – Sistema de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) e de Telefonia de Emergência (“Hot Line”)

a) Descrição Geral

A infraestrutura projetada para o CFTV permitirá que, a partir de sala de controle e supervisão do Centro Administrativo, sejam visualizadas e gravadas as imagens de câmeras distribuídas no túnel principal (tráfego de veículos de passeio e ônibus) e no túnel adjacente (ciclofaixa e pedestres).



A captação das imagens permite ao pessoal operacional agir preventivamente, monitorando as áreas com o objetivo de zelar não só pelo patrimônio, mas também pela segurança de todos os que transitam nos túneis.

O sistema de "hot line" (telefonia de emergência) previsto terá basicamente a função de comunicar às autoridades responsáveis, eventuais acidentes que possam acontecer nos túneis ou nas imediações do Centro Administrativo.

Os equipamentos e materiais componentes dos sistemas de CFTV e "hot line" devem atender os parâmetros mínimos de fornecimento, com a finalidade de proporcionar conforto e segurança aos usuários, monitorando e controlando os equipamentos sob sua gerência, executando rotina de manutenção preventiva e corretiva, garantindo aumento de vida útil destes, assim como otimizando o custo das equipes de operação, manutenção e segurança, através de agilização dos diagnósticos e controle das áreas supervisionadas.

Observações:

- 1) O Sistema de CFTV deverá ser interligado à caixa subterrânea de telecomunicações da rede externa mais próxima (ver Projeto de Telecomunicações do Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais, desenho nº BHCAMG-EXE-TEL-0001-0002).
- 2) O Sistema de Telefonia de Emergência ("Hot Line") deverá ser alimentado a partir da rede do prédio do auditório do Centro Administrativo (ver Projeto de Telecomunicações do Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais, desenho nº BHCAMG-EXE-TEL-0001-0002). Alternativamente, poderá ser alimentado diretamente da rede pública, através de caixa subterrânea tipo R-1.

b) Apresentação do Projeto

O detalhamento do projeto é efetuado através dos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução:**

- "Projeto de OAE - Infraestrutura de Comunicação - Sistema de CFTV e de Telefonia de Emergência - Túnel - Planta, Simbologia e Notas Gerais" (folha: COM-01);
- "Projeto de OAE - Infraestrutura de Comunicação - Sistema de CFTV e de Telefonia de Emergência - Túnel - Planta" (folha: COM-02).



4.6 PROJETO DE CONTENÇÕES E ESTRUTURAS DE CONCRETO

4.6.1 Introdução

O **Projeto de Contenções** foi desenvolvido a partir das definições do Projeto Geométrico/ Interseção de Níveis Diferentes, do Projeto de Terraplenagem e do Projeto de Desapropriação e, ainda, com base nos Estudos Geotécnicos (sondagens a percussão realizadas nos locais das obras).

O **Projeto Estrutural** contempla também as **estruturas de concreto propostas e concebidas pelo escritório responsável pela Arquitetura do Centro Administrativo** (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.), envolvendo:

- o **“portal de entrada”** do empreendimento do Centro Administrativo;
- a **estrutura do pergolado** para a entrada dos túneis;
- o **marco/indicador (tótem)** do empreendimento do Centro Administrativo, a ser implantado na MG-010.

4.6.2 Estruturas de Contenções

O projeto em questão envolve 3 (três) contenções e 1 (uma) estrutura com dupla função, a saber:

- contenção em estrutura de concreto (muro de arrimo)**, altura variável, máxima de 4,0 m, no **segmento inicial da pista marginal (“bus-way”)**, entre estacas 17 + 10,00 e 21, para minimizar desapropriações de edificações;
- contenção em cortina atirantada** com altura de 5,0 m, junto ao pé de talude de corte com inclinação variável (2H:1V, altura de cerca de 8,0 m para aproximadamente 1H:1V, altura de cerca de 11,0 m), no segmento entre estacas 33 + 3,859 e 34 + 3,859, **lado esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo**, junto à pista principal da MG-010;
- contenções/estruturas de concreto com a dupla função de contenção da plataforma da MG-010 (lado esquerdo)/maciço de terra (lado direito) e de sustentação da estrutura do pergolado** projetada para a entrada do túnel pelo escritório responsável pela Arquitetura do Centro Administrativo (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.) no segmento entre estacas 34 + 3,859 e 35 + 18,859, **lado direito e esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo**, junto à entrada do túnel principal e adjacente. Tratam-se de **contenções em**



paredes diafragma, com altura de cerca de 11,00m, **revestidas com placas pré-moldadas de concreto**;

contenção em estrutura mista, altura variável, máxima de 11,5 m, **constituída de cortina atirantada em sua parte inicial (altura superior a 6,00 m) e de muro de arrimo em sua parte final (altura inferior a 6,00 m)**, na saída do túnel, lado direito, junto à “saia” do talude de aterro da plataforma da MG-010, entre estacas 43 + 9,274 a 45 + 10,63 do ramo de acesso ao Centro Administrativo.

4.6.3 Demais Estruturas de Concreto

No que diz respeito à **estrutura do pergolado**, o projeto contempla o **detalhamento integral da estrutura (contenções/estruturas de sustentação laterais e vigamento horizontal)**, uma vez que as vigas são **estroncas das paredes laterais (paredes diafragma com dupla função de contenção da plataforma da MG-010 (lado esquerdo)/maciço de terra (lado direito) e de sustentação das vigas do pergolado)**.

O projeto abrange também a **estrutura de concreto do “portal de entrada” do empreendimento do Centro Administrativo**, a ser implantado anteriormente à estrutura do pergolado (imediações da estaca 34 + 3,859 do ramo de acesso ao Centro Administrativo).

O projeto contempla, ainda, a **estrutura de concreto (tótem) a ser implantada na MG-010, como marco/indicador do empreendimento (Centro Administrativo)**, também proposta e concebida pelo escritório responsável pela Arquitetura do Centro Administrativo (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.).

a) Sistema Estrutural do Tótem

O sistema estrutural do tótem consiste de um pilar retangular vazado, engastado na base e livre no topo. Fisicamente o vazado é constituído por 3 tubos de 50 cm de diâmetro. O engastamento da base é constituído por 2 tubulões de 60 cm de fuste e 160 cm de base. Os tubulões deverão ser assentados em uma camada de silte argilo-arenoso duro, com N_{SPT} mínimo de 15 golpes (taxa admissível do terreno 0,3 MPa).



Para o cálculo estrutural foi observada a NBR 6118 - "Projeto de Estrutura de Concreto". O carregamento adotado, além do peso próprio, foi a carga devido ao vento para velocidade de 35 m/s (NBR 6123 - "Forças Devido ao Vento em Edificações").

4.6.4 Detalhamento do Projeto

O desenho "Projeto Geométrico" - Contenções e Estruturas de Concreto - Plantas, Elevações e Seção Transversal" (folha GM-04), apresentado no **Volume 2 - Projeto de Execução**, detalha a geometria das seguintes estruturas:

- contenção em estrutura de concreto (muro de arrimo), entre estacas 17 + 10,00 e 21;
- contenção em cortina atirantada junto ao pé de talude de corte com inclinação variável no segmento entre estacas 33 + 3,859 e 34 + 3,859, lado esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo, junto à pista principal da MG-010;
- contenções em paredes diafragma no segmento entre estacas 34 + 3,859 e 35 + 18,859, lado direito e esquerdo do ramo de acesso ao Centro Administrativo, junto à entrada do túnel principal e adjacente;
- contenção em estrutura mista, constituída de cortina atirantada em sua parte inicial e de muro de arrimo em sua parte final, na saída do túnel, lado direito, junto à "saia" do talude de aterro da plataforma da MG-010, entre estacas 43 + 9,274 a 45 + 10,63 do ramo de acesso ao Centro Administrativo.

No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os desenhos de detalhamento dos Projetos Estruturais (ver Projeto de Contenções e Estruturas de Concreto).

350

4.7 PROJETO DE SEGURANÇA VIÁRIA

4.7.1 Introdução

O Projeto de Segurança da interseção da rodovia MG-010 com o ramo de acesso ao Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais foi desenvolvido a partir do Projeto Geométrico elaborado e da consideração dos dispositivos de segurança já implantados ao longo da rodovia MG-010 e, particularmente, no segmento que envolve o objeto do presente estudo.

Basicamente, o projeto é calcado nos dispositivos de sinalização horizontal e vertical, na implantação de dispositivos refletivos sobre o pavimento e nas estruturas de proteção de veículos frente aos novos obstáculos surgidos com as soluções de projeto indicadas.

O presente item aplica-se aos segmentos de interesse direto às vias interceptantes, não fazendo parte do estudo os dispositivos a serem considerados no interior das áreas do Centro Administrativo.

4.7.2 Considerações Gerais e Critérios de Projeto

O primeiro conceito considerado para concepção do Projeto de Segurança da interseção foi a necessidade da uniformização da comunicação ao usuário dos aspectos de advertência, regulamentação e informação, com base no entendimento que a sinalização se expressa através de uma linguagem gráfica, objetivando transmitir mensagens diversas de caráter de segurança, seja para os usuários de veículos, seja para pedestres.

Dessa forma, a sinalização em todos os seus aspectos deve obedecer ao princípio de ser **visível, clara e inconfundível**, o que é traduzido na escolha do **dispositivo adequado, sua localização e sua inter-relação** com outros dispositivos de sinalização existentes.

O presente projeto contempla quatro tipos distintos de vias. O primeiro, a rodovia MG-010, uma via expressa, de trânsito rápido, consolidada e em pleno funcionamento para atendimento à circulação de grandes volumes de veículos, com acessos exclusivamente em pontos pré-determinados, cujo objetivo principal é favorecer o fluxo de tráfego de longa distância.



O segundo trata-se de uma via de transição para acesso a uma área determinada, com uso do solo particularizado, sem a possibilidade de utilização por um tráfego de passagem, para a qual a fluidez de tráfego em termos de velocidade deve ser desestimulada. Em apenso à essa via de transição, considera-se ainda a presença de uma via destinada ao trânsito exclusivo de pedestres e de uma ciclofaixa, destinada ao uso exclusivo de bicicletas.

Por fim, lateralmente ao ramo de acesso ao Centro Administrativo, o projeto contempla uma via marginal para tráfego exclusivo de ônibus, principalmente para atendimento ao sistema urbano adjacente à rodovia MG-010.

A sinalização como fator de segurança deverá tratar cada uma dessas vias, eis que se apresentam com funções diferentes, induzindo comportamentos distintos para os usuários.

Diante desse quadro, os critérios de projeto obedeceram aos seguintes princípios:

a) Via Expressa:

- informar claramente a existência do Centro Administrativo a uma distância conveniente do local de saída da rodovia-tronco, de modo que o usuário possa ter sua atenção despertada para o acesso e usufruir de tempo e espaço suficientes para receber as demais informações de ajustagem do seu comportamento para atingir a via de transição;
- repetir a informação segundo um sistema padronizado de comunicação, coerente com a própria sinalização da MG-010 pré-existente;
- regulamentar as limitações a que o usuário estará sujeito;
- confirmar com clareza o local de saída da via expressa para entrada na via de acesso.

b) Ramo de Acesso ao Centro Administrativo:

- enfatizar os aspectos de regulamentação e advertência dos acessos ao Centro Administrativo;
- destacar a faixa preferencial para ônibus, proposta no sentido Belo Horizonte - Centro Administrativo;
- destacar as entradas do Centro Administrativo através das áreas destinadas ao estacionamento de veículos.

c) Via de Pedestre e Ciclofaixa:

- adoção integral dos critérios padronizados pelo CONTRAN na sinalização dessas vias.



d) Via Exclusiva para Ônibus:

- enfatizar os aspectos de pista exclusiva, na via marginal proposta no sentido Belo Horizonte - Confinis;
- identificar os pontos de parada.

4.7.3 Projeto de Sinalização Vertical

4.7.3.1 Via Expressa

As palavras que compõem o texto “**Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais**”, ao serem inseridas em um painel de sinalização vertical suspensa, exigiriam uma placa de dimensões inviáveis, especialmente em função da necessidade de sua repetição.

Com efeito, segundo o DNIT, para mensagens suspensas nas vias expressas, com velocidade básica estabelecida em 100 km/h, a altura da letra maiúscula nas mensagens deve situar-se entre 30 e 40 cm. A medida de 30 cm foi utilizada nos painéis pré-existentes ao longo da MG-010. Com essa altura de letra, o referido texto traria para a mencionada placa uma dimensão de 7,90 x 2,10 m. Para resolver esse impasse, foram adotados dois procedimentos:

- para a primeira placa de informação sobre o “**Centro**”, resumiu-se a mensagem para “**Centro Administrativo de Minas Gerais**”, eliminando-se a palavra “**Estado**”;
- associando-se à mensagem, criou-se um pictograma de identificação e uma abreviatura de modo que, para sua repetição nos demais painéis, somente eles compareçam nas placas. O pictograma será objeto de detalhamento pelo escritório responsável pelo Projeto de Arquitetura do **Centro Administrativo** (Arquitetura e Urbanismo Oscar Niemeyer Ltda.). Reservou-se, entretanto, de antemão, um espaço retangular de 1,00 m x 0,70 m, para sua composição.

A abreviatura do “**Centro**”, inicialmente criada através das siglas “CAEMG” ou “CAMG” terá ainda uma decisão quanto a sua utilização por parte do setor responsável pela implantação do projeto. Em termos de comunicação com o usuário, a abreviatura “CAEMG” parece ser mais indicada do que a outra, eis que a inserção da letra “E” sonoriza a abreviatura à moda de diversas siglas já consolidadas pelo uso, de órgãos do Estado de Minas Gerais, como “ADEMG”, “CASEMG”, “CIEMG”, “FIEMG”, etc.



A distância do primeiro painel de sinalização informando sobre o acesso ao “Centro” e o local de saída da MG-010 foi determinada em 1.000 m, atendendo ao princípio mencionado anteriormente. A saída da rodovia, no sentido Belo Horizonte - Lagoa Santa, ocorre em torno do km 15 (Norte) da MG-010 e, em sentido contrário, em torno do km 17 (Sul). Esse fato é realçado em todos os painéis de pré-sinalização e de confirmação de saída.

No sentido Belo Horizonte - Lagoa Santa, dois conjuntos de painéis suspensos, destinados à velocidade de regulamentação, são empregados no projeto. O primeiro, destaca a velocidade de 110 km/h para as duas faixas de tráfego situadas mais próximas do canteiro central, e de 90 km/h e 70 km/h para as duas outras faixas que serão utilizadas para sair da rodovia e acessar a via de transição. O segundo, mantém o mesmo critério para as faixas externas e regulamenta em 70 km/h e 50 km/h, respectivamente, as faixas de utilização do fluxo de saída.

O projeto propõe também a complementação da sinalização da MG-010, em virtude da ausência de uma placa necessária que indicasse, em frente, as localidades de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Confins, inclusive porque essa informação é de interesse do fluxo de tráfego, ainda que de pequena monta, com origem na Av. Brasília (MG-433) e destino a essas localidades.

A sinalização da Via Expressa encerra-se com a informação de uma saída a seguir, para um posto de serviço e via lateral, utilizando-se da sinalização implantada, com uma específica redistribuição espacial da sinalização existente.

No sentido Lagoa Santa - Belo Horizonte, a regulamentação de velocidade utiliza-se de dispositivos pré-existentes na MG-010. Nessa pista, destaca-se que o acesso ao “Centro” é feito através da mesma via marginal de acesso aos bairros Morro Alto e São Cosme, contornando a instalação da Polícia Rodoviária, no local. A placa existente de confirmação de saída da rodovia está instalada em uma bandeira própria. Para a instalação ao lado dessa placa da confirmação de saída para o “Centro”, utilizou-se de outra bandeira, com longo braço projetado, fixada no canteiro central da rodovia, de modo que, para o usuário, o conjunto dos painéis se configura como um único pórtico, contendo 2 placas, à semelhança de outros dispositivos instalados ao longo da rodovia MG-010.



4.7.3.2 Vias de Acesso

Para a via de transição e acesso ao “Centro” a partir de Belo Horizonte, o Projeto de Sinalização enfatiza os aspectos de advertência de uma curva à esquerda, a velocidade de regulamentação de 70 km/h, a existência de faixa preferencial para ônibus, o gabarito vertical para os veículos na travessia do túnel sob a MG-010, a faixa para os veículos autorizados (de uso restrito por aqueles que se dirigem à via marginal que dá acesso às instalações e garagem do Palácio dos Despachos no interior do “Centro”) e a placa final sobre as faixas de interesse do fluxo de tráfego genérico para acesso ao estacionamento geral da instituição. Com a informação do estacionamento em frente, encerra-se o projeto de sinalização vertical do acesso, nesse sentido.

A regulamentação da velocidade de ingresso na área do “Centro” é proposta com uma redução para 50 km/h, a título de sugestão para o órgão que deverá operar o trânsito interno de veículos.

Para sinalização do acesso em sentido contrário, a saída da via marginal esquerda para o “Centro” é orientada por um painel em bandeira dupla, eis que há a necessidade de informar que, para a esquerda, os veículos atingirão a rodovia MG-010 e, para direita, o Centro Administrativo. Da mesma forma que no sentido anterior, o anúncio do estacionamento na rampa de acesso ao “Centro” encerra o projeto de sinalização vertical nesse sentido.

4.7.3.3 Via de Pedestre e Ciclovia

No presente projeto, como apêndice à via de acesso a partir de Belo Horizonte, foi introduzido originalmente um passeio de 4,00 m de largura, sobre o qual, dividindo espaço com os pedestres, insere-se uma ciclovia com 2,00 m disponíveis para as bicicletas, que poderão assim se dirigir ao “Centro” em faixa exclusiva.

A sinalização vertical nesse segmento obedece ao que vem preconizado no Manual de Sinalização do CONTRAN, advertindo-se da presença de ciclistas e pedestres através de duas placas independentes, mas instaladas em um único suporte. A ênfase maior, tal como recomendado no referido manual, refere-se à sinalização horizontal, como se verá adiante.



4.7.3.4 Via Exclusiva para Ônibus

Com o surgimento da via exclusiva para ônibus (“bus-way”), a sinalização vertical propõe um painel fixado na passarela existente e por sobre o centro da faixa direita da MG-010, informando a via exclusiva no contexto. O padrão adotado é o do BHTRANS, com a mensagem de via lateral contendo pista exclusiva para ônibus, inclusive seu pictograma.

Logo em seguida, à margem da via exclusiva, são assinalados dois locais de parada, através das placas de código S-14; um, logo no início da rampa e outro ao final, este último bem próximo ao posto de serviço existente. No final da “bus-way” foi proposta uma placa R-1 de parada obrigatória para os ônibus, tendo em vista a preferência ao direito de passagem ofertada para o acesso ao posto para os veículos com origem na MG-010.

4.7.3.5 Apresentação do Projeto

Os desenhos de Projeto da Sinalização Vertical são apresentados no **Volume 2 - Projeto de Execução**. Dessa apresentação constam os seguintes elementos:

- “as built” da sinalização existente na rodovia MG-010;
- placas de sinalização inseridas no contexto, com uma diagramação em escala maior para facilitar sua visualização no conjunto das placas empregadas no trecho;
- quadro resumo dos quantitativos dos dispositivos de sinalização empregados;
- relação de placas, constando “lay-out”, código, dimensões e quantidades;
- desenhos de detalhes.

4.7.4 Projeto de Sinalização Horizontal

Com base na função de cada uma das vias componentes do contexto, foi elaborado o Projeto de Sinalização Horizontal, adotando-se os tipos padronizados de dispositivos preconizados pelo CONTRAN.

O conjunto de sinais pintados no pavimento é listado a seguir:

- linhas de bordo - LBO;
- linhas simples seccionadas- LMS-2;
- linhas simples contínuas - LMS-1;

- linhas de continuidade - LCO;
- marcação de faixa exclusiva no fluxo - MFE;
- marcação de ciclofaixa - MCI;
- marcação de cruzamento rodociclovitário - MCC;
- linha de retenção - LRE;
- faixa de travessia de pedestres - FTP 1 (zebrada);
- linha de canalização - LCA;
- zebrado em área não utilizável - ZPA;
- marca delimitadora de parada de ônibus - MVE;
- setas direcionais - PEM;
- seta indicativa de movimento em curva - IMC;
- símbolo indicativo de via de ciclista - SIC;
- legenda escrita no pavimento para travessia de pedestres;
- legenda de velocidade regulamentada;
- legenda PARE.

Para a rodovia MG-010, as dimensões utilizadas nos sinais e marcações pintados no pavimento foram mantidas coerentes com aquelas adotadas atualmente na via expressa. Para os trechos novos, as dimensões empregadas foram aquelas recomendadas no referido manual e realçadas nos desenhos.

O detalhamento de todos os dispositivos horizontais de sinalização, constituídos das marcas longitudinais e transversais, de canalização, de delimitação e controle de parada e, finalmente, as inscrições no pavimento, são apresentados no Volume 2 - Projeto de Execução.

4.7.5 Dispositivos Adicionais de Segurança

Com essa finalidade, foram empregados no projeto os seguintes dispositivos:

- marcadores de obstáculo;
- tachas monodirecionais de linhas de borda e de eixo para pistas múltiplas;
- defensas de proteção, tipo metálica tripla, onda enrijecida, junto à borda externa das ruas laterais da MG-010, nas proximidades da entrada (Rua Lateral Morro Alto/São Cosme) e saída do túnel (Rua Lateral Santa Luzia; pista esquerda);



- defensas de proteção, tipo metálica tripla, onda enrijecida, junto às estruturas de sustentação dos sinais suspensos (pórticos e bandeiras) e junto aos pilares da estrutura da passarela;
- linha em termoplástico aplicado por aspersão, em alto relevo, espessura 0,8 mm, tipo "Vibraline", nos zebrados e no bordo interno, junto ao canteiro central, da pista principal da MG-010 e, ainda, no bordo externo da Rua Lateral Santa Luzia PD;
- baia divergente de dimensões 1,50 m (largura) x 1,00 m (altura) x 0,70 m (profundidade), constituída de polietileno na cor preta, enchimento com argila expandida e areia, e pintura em película refletiva de alta intensidade;
- delimitador cilíndrico, Ø 0,20 m e h= 0,76 m, constituído de polietileno na cor preta.

No **Volume 2 - Projeto de Execução** são apresentados os locais de emprego desses dispositivos auxiliares e os detalhes de sua utilização.



4.8 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

4.8.1 Introdução

O Projeto de Obras Complementares contempla a indicação de serviços/dispositivos/estruturas complementares aos projetos de infra-estrutura das vias a serem implantadas, abrangendo:

- revestimento vegetal dos taludes;
- passeio de concreto lateral à pista marginal (bordo direito);
- meio fio de concreto na pista marginal (bordo direito);
- ... barreira rígida de concreto;
- .. abrigo de passageiros em ponto de parada de ônibus da pista marginal;
- nova rampa de acesso à passarela de pedestres existente;
- cerca de vedação/proteção da faixa de domínio da rodovia;
- gradil de vedação/proteção da parte superior do portal sul do túnel.

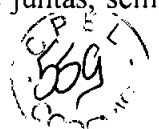
4.8.2 Revestimento Vegetal dos Taludes

Os serviços de revestimento vegetal dos taludes de corte visam a proteção/combate ao processo erosivo dos solos das superfícies formadas pelos serviços de terraplenagem para a implantação das vias, bem com a melhoria dos aspectos paisagísticos locais pela redução do impacto visual.

Considerando a susceptibilidade à erosão dos solos constituintes do maciço natural a ser terraplenado (solo predominantemente siltoso, argiloso e/ou arenoso), é prevista a imediata proteção/revestimento da superfície dos taludes de corte e banquetas, sendo indicado o emprego de grama armada (grama em placas reforçada e melhor fixada com geogrelha – tela plástica de polietileno de alta densidade - PEAD), conforme desenho “Revestimento Vegetal em Grama Armada” (folha: OC-01) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.

4.8.3 Passeio de Concreto

O passeio de concreto, a ser implantado lateralmente à pista marginal, deverá ser do tipo concreto moldado "in loco", com espessura mínima de 6,0 cm, dotado de juntas secas (sulcos) a cada 3m transversal e longitudinalmente, constituídas pelo "corte" do concreto, antes de seu endurecimento, utilizando-se ferramentas específicas para este fim, como indutor de juntas, sem seccionar totalmente a estrutura (padrão SUDECAP).



O concreto deverá ser constituído de cimento Portland, agregados e água, com resistência mínima de 15 MPa.

4.8.4 Meio-fio de Concreto

O meio-fio de concreto, a ser implantado no bordo direito da pista marginal, deverá ser do tipo "A", padrão SUDECAP, pré-moldado de concreto, de dimensões 12 x 16,7 x 35 cm. O concreto deverá ser constituído de cimento Portland, agregados e água, com resistência mínima de 18 MPa.

4.8.5 Barreira Rígida de Concreto

Para a separação física das faixas de tráfego de veículos (lado esquerdo da seção transversal) da ciclofaixa e passeio (lado direito) no segmento do ramo de acesso ao Centro Administrativo anterior ao túnel principal e adjacente é prevista a implantação de barreira rígida de concreto, tipo "New Jersey" Simples - Nível de Contenção - N1, padrão DER/MG.

No interior do túnel principal é prevista a implantação da barreira rígida de concreto no bordo direito da faixa de ônibus, junto à base do arco do túnel e da viga/parede entre túneis principal e adjacente

4.8.6 Abrigo de Passageiros

O abrigo de passageiros a ser implantado nas imediações da estaca 19, lado direito da pista marginal, é um "abrigo simples", constituído de peças pré-moldadas de concreto, conforme desenho "Abrigo Simples Pré-moldado de Passageiros" (folha OC-02) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.

4.8.7 Cerca de Vedação/Proteção da Faixa de Domínio

Para vedação/proteção da faixa de domínio da rodovia é previsto o emprego de cerca em arame liso, 5 fios, com mourões de suporte de concreto e esticadores de madeira, conforme projeto tipo



do DER/MG, apresentado no **Volume 2 - Projeto de Execução** (desenho “Cerca com Arame Liso”, folha: OC-03).

4.8.8 Nova Rampa de Acesso à Passarela de Pedestres Existente

Para interligar o passeio (lado direito da pista marginal) à passarela de pedestres existente no início do ramo de acesso ao Centro Administrativo (imediações da estaca 15), que possibilita a transposição das pistas da MG-010, é prevista a implantação de nova rampa de acesso, com comprimento de cerca de 70m.

A rampa de acesso foi projetada considerando-se os limites (inclinação admissível em cada segmento de rampa, desnível máximo em cada segmento de rampa e número máximo de segmentos de rampa) estabelecidos na NBR 9050 - “Acessibilidade a Edificações, Mobiliário e Espaços e Equipamentos Urbanos”, sendo indicada:

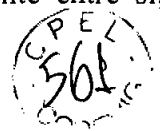
- inclinação em segmento de rampa: 7,80% (1:13);
- desnível máximo em cada segmento de rampa: 0,78 m;
- número de segmentos de rampa: 6 (seis).

A estrutura da passarela existente é constituída de peças pré-moldadas de concreto, padrão PRECON, apoiadas sobre pilares de concreto a cada 10,8m de vão, assentados sobre blocos de concreto de coroamento de estacas tipo hélice contínua (fundação); a nova rampa deverá seguir o mesmo padrão da estrutura existente (largura de 2,0m), conforme detalhado nos seguintes desenhos:

- “Rampa de Acesso à Passarela - Locação dos Pilares, Planta da Rampa, Elevação e Perspectiva” (folha: OC-04);
- “Rampa de Acesso à Passarela - Fundação - Estacas e Blocos 1/3” (folha: OC-05);
- “Rampa de Acesso à Passarela - Fundação - Estacas e Blocos 2/3” (folha: OC-06);
- “Rampa de Acesso à Passarela - Fundação - Estacas e Blocos 3/3” (folha: OC-07).

4.8.9 Gradil de Vedação/Proteção da Parte Superior do Portal Sul do Túnel

Para proteção/vedação da parte superior do portal sul do túnel, visando preservar a segurança de terceiros, é previsto o assentamento de gradil com altura de 1,53 m, constituído de painéis fabricados a partir de fios de aço com 5 mm de diâmetro, soldados eletricamente entre si,



formando uma malha de 20,0 cm x 5,0 cm (tipo "Nylofor®", da Belgo Bekaert, ou equivalente), conforme desenho "Gradil de Vedação/Proteção da Parte Superior do Portal Sul do Túnel (folha: OC-08) constante do **Volume 2 - Projeto de Execução**.



4.9 PROJETO PAISAGÍSTICO

4.9.1 Introdução

Para atender determinação da DE do DER/MG, o Projeto Paisagístico em questão abrange o tratamento de todo o segmento da MG-010 compreendido entre a interseção com a Rodovia MG-433 (Acesso a Santa Luzia) e a interseção com o Acesso ao Bairro Morro Alto/São Benedito/Bonsucesso, envolvendo áreas de canteiros, taludes, áreas remanescentes/marginais (passivo) das obras de ampliação da Rodovia MG-010, bem como o tratamento de toda a área de abrangência da interseção de acesso ao CAMG.

Também atendendo orientação da DE do DER/MG, o projeto foi desenvolvido pela mesma equipe que elaborou o Projeto Paisagístico de toda a MG-010.

4.9.2 Concepção Geral e Critérios de Projeto

Quando pensamos na obra de Oscar Niemeyer, vem em mente a idéia da curva tanto usada na Pampulha e em Brasília. A curva que nos remete à natureza, às montanhas, tão tipicamente mineiras e aos prédios do novo Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais: as duas torres administrativas, com seus partidos côncavos que se entrelaçam; o auditório, com sua grande parábola, as rampas e os lagos que fazem a transição entre a MG-010 e os prédios.

O segmento da MG-010 em frente ao CAMG possui um talude central com cerca de 10,00m de largura, que se inicia plano (no sentido Confins - Belo Horizonte) nas imediações do viaduto de acesso aos bairros Morro Alto/São Benedito/Bonsucesso e aos poucos se inclina no sentido do Centro Administrativo até o trevo de Santa Luzia (interseção MG-433). Estas duas interseções marcam os limites da intervenção do Projeto Paisagístico.

O talude central forma um pano verde inclinado, com as pistas principais da MG-010 desenvolvendo-se reta na sua borda; lateralmente o CAMG, criando um efeito de perspectiva. Esta situação nos convida a trabalhar com efeito de profundidade e formas curvas que se alongam e se alternam na medida da velocidade de quem trafega pela rodovia.

UP
503

As curvas reverenciam a obra de Niemeyer sem a intenção de competir, mas de se interagir, de reverenciar. Os desenhos com forrações coloridas, palmeiras e arvoredos que se desenvolvem volumetricamente no sentido ascendente de quem vai por este caminho, se iniciam com a *Euphorbia*, como que introduzindo uma melodia.

O prédio do Ministério das Relações Exteriores, em Brasília, apresenta as colunas espaçadas em ritmos diversos como que tocasse uma melodia. Buscamos também encontrar este ritmo neste projeto através de grandes maciços que se dialogam formando um conjunto harmonioso. As curvas que se alternam de altura e espaçamento, ângulos e cores, pausas e comprimentos.

Pensamos no talude central como um painel, para ser visto tanto por quem trafega pela rodovia numa velocidade média de 110 km/h, quanto por quem está no interior dos prédios do Centro Administrativo, que terá uma visão privilegiada do conjunto da obra.

Procuramos adotar espécies rústicas, preferencialmente as típicas do cerrado, tais como: Macaúba, Liucuri e Lantana, senão espécies que possuem fitofisionomia típicas do cerrado e que nos remetem a esta paisagem, tais como as Agaves, Dietes e Euphorbiaceas. Também de baixa manutenção, de alto valor ornamental, disponíveis no mercado, nativas ou se exóticas que sejam amplamente adaptadas ao nosso clima e empregadas no Brasil. Procuramos tirar partido das cores primárias, amarelo, azul e vermelho, mescladas com o branco e o verde.

Quem trafega pela MG-10 no sentido Belo Horizonte - Confins, logo após o trevo de Santa Luzia, poderá acessar o CAMG através de um ramo lateral, transpondo a MG-010 através de túnel, ou prosseguir no sentido Confins. Neste local a pista direita da MG-010 encontra-se implantada em cota superior à da pista esquerda (cerca de 3,0 m acima).

Nos taludes do ramo de acesso ao CAMG empregou-se a grama Amendoim, a grama Esmeralda e o Jasmim Amarelo pendente, de forma a dar movimento e colorido, evitando a tão comum monocultura de grama esmeralda ou batatais.

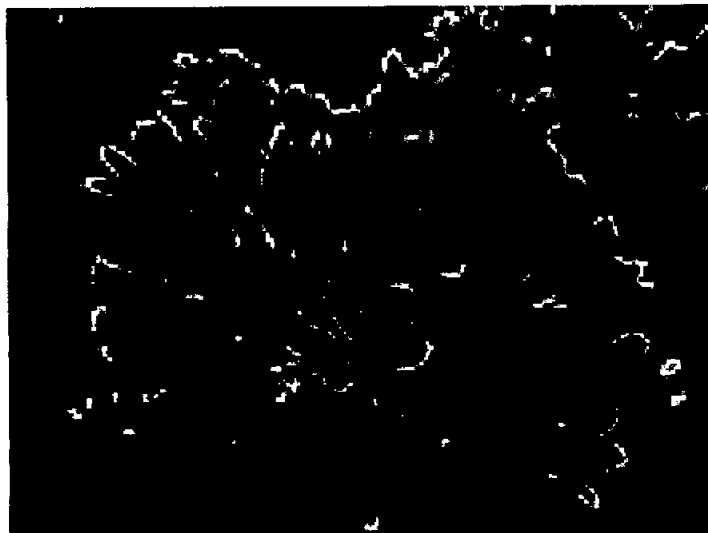
Na parte superior do túnel, no nível da MG-010, é proposto um tratamento com Palmeiras, Jasmim Manga e forração.



No lado oposto da pista tem uma área livre que dá vista para o conjunto habitacional Serra Verde. É proposto, para minimizar a aridez desta paisagem, a colocação de um bosque de Ipê Amarelo, árvore símbolo do Brasil.



4.9.3 Relatório Fotográfico das Espécies Indicadas em Projeto



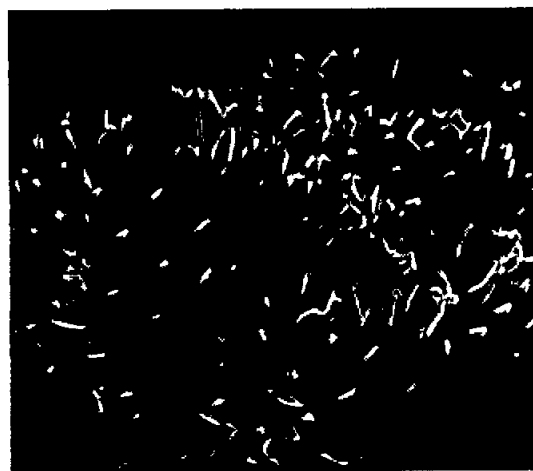
Agapanthus africanus



Agave angustifolia



Agave attenuata



Agave parryi

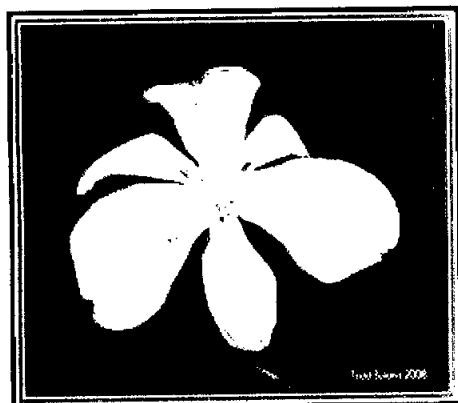


Cycas circinalis



Dietes bicolor

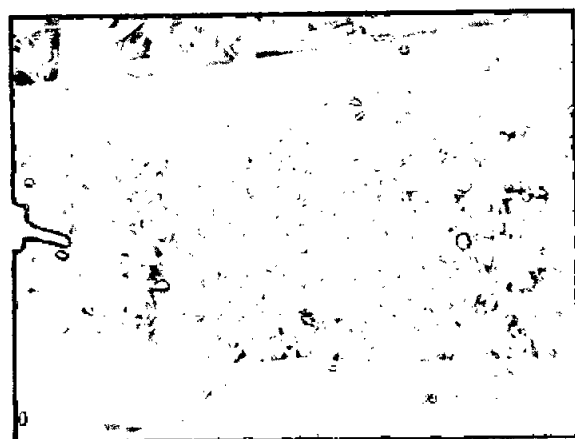




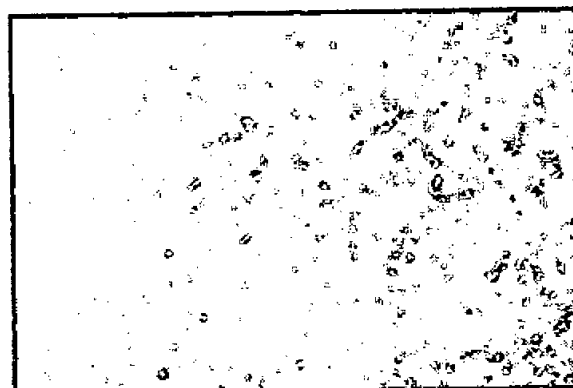
Dietes iridiodes



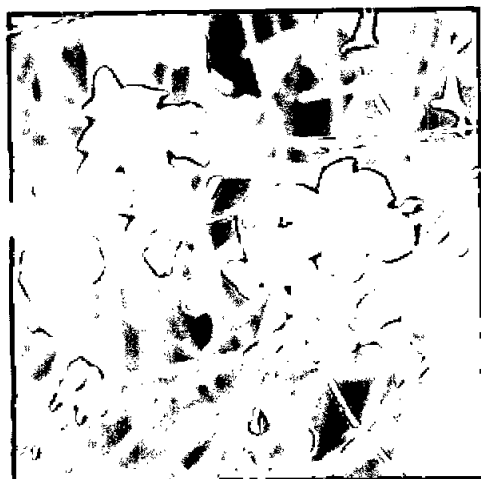
Euphorbia leucocephala



Gramma amendoim



Gramma esmeralda



Jasminum nudiflorum



Jerivá





Lantana camara



Phoenix roebelenii

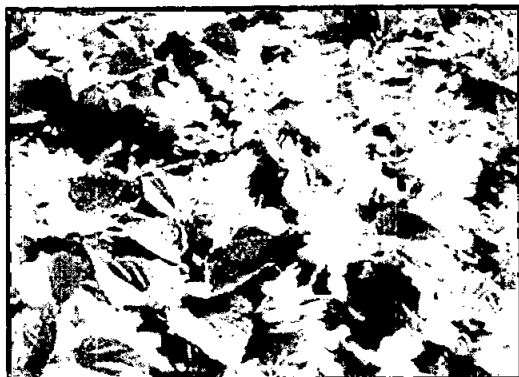
~~~~~



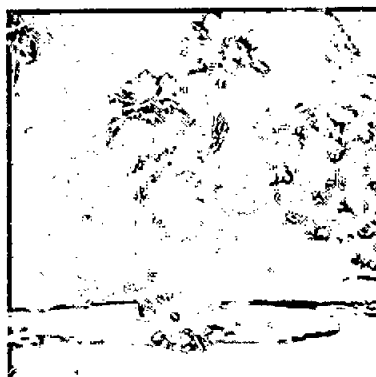
Macaúba



Pita



Salvia



Trachycarpus

#### 4.9.4 Apresentação do Projeto

A apresentação do projeto é efetuada através dos seguintes desenhos constantes do **Volume 2 - Projeto de Execução:**

- "Projeto Paisagístico - Planta 1/5" (folha: PSG-01);
- "Projeto Paisagístico - Planta 2/5" (folha: PSG-02);
- "Projeto Paisagístico - Planta 3/5" (folha: PSG-03);
- "Projeto Paisagístico - Planta 4/5" (folha: PSG-04);
- "Projeto Paisagístico - Planta 5/5" (folha: PSG-05).

**PLANILHA DE MUDAS TRECHO MG - 10 - CAMG**

|    | NOME CIENTÍFICO        | NOME POPULAR              | TIPO     | ALT. FUSTE até palmito | ESPASS. | DIAM. FUSTE | DIAM. COPA | TAM. TORRÃO     | QUANT. |
|----|------------------------|---------------------------|----------|------------------------|---------|-------------|------------|-----------------|--------|
| 01 | Syagrus romanzoffiana  | Coqueiro Jeriva           | Palmeira | 6m                     | 4m      | 0,30m       | 4,0m       | Diâmetro = 1,2m | 46     |
| 02 | Phoenix roebelenii     | Tamareira de Jardim       | Palmeira | 1,2m                   | 2,5     | 0,30m       | 2,60m      | 0,60m           | 116    |
| 03 | Trachycarpus fortunei  | Palmeira Marinho de vento | Palmeira | 3/4m                   | 4m      | 0,30m       | 2,60m      | 0,70m           | 58     |
| 04 | Acrocomia aculeata     | Macaúba                   | Palmeira | 7/9m                   | 6m      | 0,40m       | 4,0m       | 1,2m            | 63     |
| 05 | Cycas circinalis       | Palmeira - samambaia      | Palmeira | 2m                     | 3m      | 0,40m       | 2,60m      | 0,60m           | 23     |
| 06 | Euphorbia leucocephala | Neve- da -montanha        | Arvore   | 2/3m                   | 4,5m    | 0,08m       | 1,60m      | 0,50m           | 67     |
| 10 | Lantana camara         | Cambarazinho amarelo      | Forração | 0,4m                   | 20/m2   | NT          |            |                 | 12200  |
| 11 | Lantana camara         | Cambará branco            | Forração | 0,9m                   | 10/m2   | NT          |            |                 | 5100   |
| 12 | Agapanthus africanus   | Agapanto roxo             | Forração | 0,6m                   | 25/m2   | NT          |            |                 | 29325  |
| 13 | Salvia splendens       | Alegria dos Jardins       | Forração | 0,7m                   | 25m2    | NT          |            |                 | 4000   |
| 14 | Dietes iridiodes       | Moréia Variegada          | Forração | 0,7m                   | 5/m2    | NT          |            |                 | 980    |
| 15 | Dietes bicolor         | Moréia                    | Forração | 0,7m                   | 5/m2    | NT          |            |                 | 320    |
| 16 | Agave parryi           | Agave azul                | Forração | 0,60m                  | 1/m2    | NT          |            |                 | 615    |
| 17 | Jasminum nudiflorum    | Jasmim amarela            | Forração | 1m                     | 5/m2    | NT          |            |                 | 8970   |
| 19 | Arachis repens         | Gramma amendoim           | Forração | 0,20m                  | 30/m2   | NT          |            |                 | 68260  |
| 20 | Zoysia japonica        | Gramma-esmeralda          | Forração | 0,15m                  | NT      | NT          |            |                 | 7945   |
| 21 | Furcraea gigantea      | Piteira                   | Arbusto  | 1m                     | 1/m2    | NT          | 1,0m       |                 | 545    |
| 22 | Canna denudata Roscoe  | Cana da Índia             | Arbusto  | 1m                     | 5/m2    | NT          |            |                 | 580    |
| 23 | Agave attenuata        | Agave dragão              | Arbusto  | 1m                     | 0,5/m2  | NT          | 1,5m       |                 | 2040   |



## 4.10 PROJETO DE ILUMINAÇÃO

### 4.10.1 Introdução

O Projeto de Iluminação foi desenvolvido com base no detalhamento do Projeto Geométrico/ Interseção em Níveis Diferentes, no Projeto de OAE do tipo Túnel e Estruturas Complementares (Sistema de Ventilação Mecânica) e no Projeto de Contenções e Estruturas de Concreto, contemplando:

- a iluminação externa do ramo de acesso ao CAMG no segmento anterior aos túneis, inclusive pista marginal externa a esse ramo;
- a iluminação na região do “quebra-luz” (pergolado), na entrada do túnel principal e túnel adjacente;
- a iluminação no interior do túnel principal e túnel adjacente;
- a iluminação do marco/indicador (tótem) do empreendimento do CAMG, a ser implantado na plataforma da MG-010;
- a modificação da Rede de Distribuição Aérea (RDA) nas extremidades da interseção.

É denominado túnel toda cobertura, artificial ou natural, sob trecho de uma via, independente do comprimento e da natureza da cobertura.

De acordo com a NBR 5181 - “Iluminação de Túneis”, o segmento do túnel do ramo de acesso ao CAMG é classificado como túnel longo, ou seja, túnel de comprimento maior ou igual a 50 m, onde geralmente só é possível visualizar sua saída após um certo tempo trafegando no seu interior. Logo, os seguintes quesitos foram observados no projeto:

- **quesitos diurnos:** iluminação considerando zonas;
- **quesitos noturnos:** iluminação constante.

Além destes quesitos, os seguintes fatores foram considerados no projeto:

- adaptação do olho humano, pois o motorista poderá ser submetido a diferenças muito acentuadas de iluminâncias antes e após a entrada do túnel;
- intermitência, ou seja, evitar os zebraamentos;
- refletância, através da manutenção regular, onde deverão ser mantidos limpos as paredes e o teto dos túneis.



A utilização do “quebra-luz” (pergolado) é uma medida eficiente, pois, ao diminuir gradativamente a iluminação natural durante o período diurno, minimiza a necessidade de iluminância na entrada do túnel e, conseqüentemente, reduz a potência para a iluminação suplementar de entrada.

Neste contexto, é possível distinguir 7 (sete) zonas de diferentes iluminâncias:

- a primeira corresponde à iluminação natural da área externa ao túnel, exclusive região do “quebra-luz” no ramo de acesso ao CAMG, com aproximadamente 54.000 lux;
- a segunda zona corresponde à área do “quebra luz”, onde é possível perceber 3 (três) zonas de iluminâncias de aproximadamente 16.000 lux, 5.000 lux e 2.700 lux, propiciadas pela diminuição gradativa da iluminação natural acarretada pelo espaçamento variável das vigas horizontais de cobertura do pergolado;
- as demais zonas não são mais influenciadas pela ação do “quebra-luz”. A partir deste ponto, a iluminação projetada garante iluminância mínima de 900 lux na quinta zona, 300 lux na sexta zona e 100 lux na sétima zona ou zona central do túnel.

#### 4.10.2 Normas Aplicáveis

Para desenvolvimento dos trabalhos referentes ao Projeto de Iluminação as seguintes normas e documentos são aplicáveis:

- ND 2.3 CEMIG (Nov 2006): Instalações Básicas de Redes de Distribuição Subterrâneas;
- ND 2.9 CEMIG (Ago 2006): Instalações Básicas de Redes de Distribuição Protegidas;
- ND 3.1 CEMIG (Set 2005): Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas;
- ND 3.4 CEMIG: Projetos de Iluminação Pública;
- ND 2.6 CEMIG: Padrões e Especificações de Materiais e Equipamentos;
- NBR 5181/76: Iluminação de Túneis.

#### 4.10.3 Detalhamento do Projeto

Complementam este memorial os seguintes desenhos e documentos integrantes do detalhamento do projeto, apresentados no **Volume 2 - Projeto de Execução**:

- Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Luminotécnico - Planta (folha: LUM-01);
- Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Luminotécnico - Cortes (folha: LUM-02);
- Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Elétrico - Planta (folha: LUM-03);



- Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Elétrico - Cortes (folha: LUM-04);
- Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 1/3 (folha: LUM-05);
  - Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 2/3 (folha: LUM-06);
  - Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 3/3 (folha: LUM-07);
  - Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Detalhes (folha: LUM-08).

Ainda, mais adiante é apresentado o “Cálculo de Queda de Tensão”.

#### 4.10.4 Critérios Adotados e Síntese do Detalhamento de Projeto

##### *a) Folha LUM-01: Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Luminotécnico - Planta*

Trata-se do detalhamento do sistema de iluminação estudado para o segmento do túnel na ramo de acesso ao CAMG, inclusive região do “quebra-luz”, obtido através de simulações em software LuxLEP V8, apresentando o posicionamento em planta de cada projetor.

As seguintes regiões foram contempladas:

- a.1) Região do Quebra-luz:** região que antecede a entrada do túnel principal (trânsito de veículos) e do túnel adjacente (ciclofaixa e passagem de pedestres). Durante o dia, a presença da iluminação natural dispensa o uso de luz artificial nesta região. Logo, a iluminação projetada deverá ser acionada apenas durante a noite, propiciando uma economia de energia através do controle de acionamento projetado para estes projetores. Os projetores especificados para iluminar esta região serão instalados nas paredes laterais, e possuem refletores com ótica simétrica concentrada, para permitir um melhor aproveitamento do fluxo luminoso emitido pela lâmpada e um melhor alcance, e propiciar o uso de menos projetores, o que não seria possível caso os mesmos fossem dotados de ótica simétrica dispersiva, pela extensão da largura deste espaço que não possui paredes entre o acesso de veículos, e o acesso de ciclistas e pedestres.

CP  
573  
Cm

a.2) **Túnel Principal:** esta região foi dividida em 3 zonas de iluminância, que deverão ser aplicadas durante o período diurno. A primeira foi projetada para ter uma iluminância média mínima de 900lux, a segunda de 300 lux, e a terceira de 100lux. Porém, a última zona (setor) compreende a maior extensão do túnel, e por se tratar de um projeto especial, o mesmo foi projetado com uma iluminância mínima de 200lux. Para o período noturno, alguns projetores do Setor 1 deverão ser desligados para manter uma iluminação aproximadamente constante ao longo de todo o túnel. Para a iluminação desta região, foram previstas 2 filas laterais de projetores, com fixação no teto e lâmpada MVM 400W, temperatura de cor de 5200K, IRC de 90 a 100%, proporcionando uma bela estética ao túnel, com uma luz muito branca, viva e estimulante, e alta qualidade de reprodução de cores. As paredes laterais do túnel serão revestidas por uma placa de chapa metálica, enquanto o teto será pintado com tinta na cor preta.

a.3) **Túnel Adjacente:** nesta região foi projetada uma iluminação constante, com iluminância média mínima de 100 lux, devido à baixa velocidade de tráfego nesta região, o que dispensa o zoneamento. Para a iluminação, foi prevista uma fila lateral de projetores a serem fixados na parede, com inclinação de 40° da linha vertical, com lâmpada MVM 70W, temperatura de cor de 5200K, IRC de 90 a 100%, proporcionando uma bela estética ao túnel, com uma luz muito branca, viva e estimulante, e alta qualidade de reprodução de cores. As paredes laterais do túnel serão revestidas por uma placa de chapa metálica, enquanto o teto será pintado com tinta na cor preta.

***b) Folha LUM-02: Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Luminotécnico - Cortes***

Folha contendo os cortes transversais e longitudinais dos túneis, para melhor compreensão do posicionamento dos projetores.

Nesta folha constam também detalhes de instalação da iluminação embutida na plataforma da MG-010 para o marco/indicador (tótem) do empreendimento do CAMG.

***c) Folha LUM-03: Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Elétrico - Planta***

Detalhamento da distribuição de energia no interior do túnel, para alimentação de todo o sistema de iluminação e painéis elétricos dos ventiladores e exaustores do sistema de ventilação.



Estão sendo utilizados eletrodutos em instalação aparente, caixas de passagens para derivação e ligação dos projetores, e cabos de alumínio com isolamento XLPE 90°C 0,6/1kV. A rede de distribuição de energia é derivada da rede de distribuição subterrânea externa ao túnel, e presente até o início e fim do mesmo.

No túnel principal (trânsito de veículos) estão sendo atendidos 2 painéis elétricos destinados à alimentação dos ventiladores e exaustores do sistema de ventilação, com carga 20kVA 3F 220V cada, ambos localizados no final do túnel.

No túnel adjacente (ciclofaixa e pedestres) estão sendo atendidos 2 painéis elétricos destinados à alimentação dos ventiladores e exaustores do sistema de ventilação, com carga 4kVA 3F 220V cada, localizados um no início e outro no final do túnel.

Para informações mais detalhadas obre o sistema de ventilação, ver item **4.5 Projeto de OAE do Tipo Túnel e Estruturas Complementares**.

*d) Folha LUM-04: Projeto de Iluminação - Túnel - Projeto Elétrico - Cortes*

Folha contendo cortes ilustrativos da derivação da rede de distribuição de energia do túnel, a partir da rede subterrânea projetada em sua entrada e saída. Além disso, é possível visualizar como será feita a instalação dos eletrodutos e a derivação para ligação dos projetores.

*e) Folha LUM-05: Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 1/3*

*Folha LUM- 06: Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 2/3*

*Folha LUM- 07: Projeto de Iluminação - Iluminação Externa e Modificação de RDA Existente - Planta 3/3*

Projeto de Modificação de Rede Aérea Existente, conforme padrões e normas CEMIG, incluindo:



- a instalação de 01 transformador de 75kVA para atender a toda a carga de iluminação externa, inclusive da pista marginal, iluminação interna dos túneis e, ainda, ventilação do túnel adjacente;
- a instalação de chave magnética NA para comando da iluminação da região do “quebra-luz” e do marco/indicador (tótem) do empreendimento do CAMG, que ficará ligada apenas durante o período noturno;
- a instalação de chave magnética NF para comando da iluminação do Setor 1 do segmento do túnel, que ficará ligada apenas durante o período diurno;
- estruturas de derivação da Rede Aérea (RDA) para a Rede Subterrânea (RDS).

Projeto de Rede de Distribuição Subterrânea, destinada à alimentação da Rede de Distribuição de Energia no interior do túnel, e à iluminação externa do ramo de acesso ao CAMG (antes do túnel) e da pista marginal.

A iluminação projetada para a pista marginal considera postes de aço, com 12 m livres (altura de montagem da luminária), espaçados de 30 m, e luminárias para lâmpadas VS250W, fixadas em suporte.

A iluminação externa projetada para o ramo de acesso ao CAMG considera postes de aço, altura de 14 m livres, com luminárias para lâmpadas VS 400W fixadas em “Chicote Simples” de 3m (projeção horizontal).

O projeto elétrico da RDS, foi dividido em 3 circuitos:

- Circuito 1: atendimento à iluminação e sistema de ventilação do túnel adjacente (ciclofaixa e pedestres), iluminação dos projetores na região do “quebra-luz”, iluminação externa do ramo de acesso ao CAMG e iluminação da pista marginal;
- Circuito 2: atendimento à iluminação do túnel principal (trânsito de veículos);
- Circuito 3: atendimento aos painéis elétricos do sistema de ventilação do túnel principal.

Toda a simbologia apresentada nestas folhas segue o estabelecido nos padrões e normas da CEMIG.

CPEL  
576  
2000

*f) Folha 08: Iluminação Externa ao Túnel e Modificação de RDA Existente - Detalhes*

Folha contendo alguns detalhes construtivos para a Rede de Distribuição Subterrânea, e o sistema de iluminação das vias externas ao túnel.

*g) Cálculo de Queda de Tensão*

Planilhas contendo o cálculo de queda de tensão para determinação dos condutores a serem utilizados nos circuitos de distribuição de energia.

Para circuitos de iluminação, a queda de tensão máxima aceitável é 8%. Para os demais circuitos, a queda de tensão não poderá ultrapassar 5%.



**CIRCUITO 1 - ILUMINAÇÃO DA PISTA MARGINAL EXTERNA AD TÚNEL, PROJETORES DO PERGOLADO, PROJETORES E EXAUSTORES DO TÚNEL DE PEDESTRES**

| Inserir dados                                          |                         |        |              | Valor Calculado |                     | Resultados       |                  |           |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|--------|--------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|
| Trecho                                                 | Cabo (mm <sup>2</sup> ) | Metros | kVA no ponto | kVA fim trecho  | corrente fim trecho | Q.T. no trecho % | Q.T. acumulada % | % carreg. |
| <b>Iluminação e Exaustores do Túnel para Pedestres</b> |                         |        |              |                 |                     |                  |                  |           |
| TR-ZC01                                                | 240                     | 7,00   |              | 27,39           | 71,96               | 0,08             | 0,08             | 23,96     |
| ZC01-ZC02                                              | 240                     | 17,00  |              | 27,39           | 71,96               | 0,18             | 0,26             | 23,96     |
| ZC02-ZC03                                              | 240                     | 15,00  | 5,29         | 27,39           | 71,96               | 0,16             | 0,42             | 23,96     |
| ZC03-ZC04                                              | 240                     | 22,00  | 0,47         | 22,09           | 58,05               | 0,19             | 0,61             | 19,33     |
| ZC04-ZC05                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 21,62           | 56,81               | 0,25             | 0,87             | 18,92     |
| ZC05-ZC06                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 21,15           | 55,58               | 0,25             | 1,11             | 18,51     |
| ZC06-ZC07                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 20,68           | 54,34               | 0,24             | 1,36             | 18,10     |
| ZC07-ZC08                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 20,21           | 53,11               | 0,24             | 1,60             | 17,68     |
| ZC08-ZC09                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 19,74           | 51,87               | 0,23             | 1,83             | 17,27     |
| ZC09-ZC10                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 19,27           | 50,63               | 0,23             | 2,06             | 16,86     |
| ZC10-ZC11                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 18,80           | 49,40               | 0,22             | 2,28             | 16,45     |
| ZC11-ZC12                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 18,33           | 48,16               | 0,22             | 2,49             | 16,04     |
| ZC12-ZC13                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 17,86           | 46,92               | 0,21             | 2,70             | 15,63     |
| ZC13-ZC14                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 17,39           | 45,69               | 0,20             | 2,91             | 15,21     |
| ZC14-ZC15                                              | 240                     | 30,00  | 0,64         | 16,92           | 44,45               | 0,20             | 3,11             | 14,80     |
| ZC15-ZC16                                              | 240                     | 26,00  | 5,65         | 16,28           | 42,78               | 0,17             | 3,28             | 14,25     |
| ZC16-ZC18                                              | 240                     | 38,00  |              | 10,64           | 27,94               | 0,16             | 3,43             | 9,31      |
| ZC18-PR79                                              | 120                     | 7,00   | 4,08         | 10,64           | 27,94               | 0,05             | 3,48             | 13,53     |
| PR79-PR110                                             | 120                     | 158,10 | 6,55         | 6,55            | 17,22               | 0,70             | 4,19             | 8,34      |
| <b>Iluminação da Pista Marginal</b>                    |                         |        |              |                 |                     |                  |                  |           |
| TR-ZC01                                                | 240                     | 7,00   |              | 27,39           | 71,98               | 0,08             | 0,08             | 23,97     |
| ZC01-ZC02                                              | 240                     | 17,00  |              | 27,39           | 71,98               | 0,18             | 0,26             | 23,97     |
| ZC02-ZC03                                              | 240                     | 15,00  | 22,39        | 27,39           | 71,98               | 0,16             | 0,42             | 23,97     |
| ZC03-ZA01                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 5,00            | 13,14               | 0,42             | 0,84             | 12,68     |
| ZA01-ZA02                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 4,71            | 12,36               | 0,39             | 1,23             | 11,93     |
| ZA02-ZA03                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 4,41            | 11,59               | 0,37             | 1,60             | 11,19     |
| ZA03-ZA04                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 4,12            | 10,82               | 0,35             | 1,95             | 10,44     |
| ZA04-ZA05                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 3,82            | 10,05               | 0,32             | 2,27             | 9,70      |
| ZA05-ZA06                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 3,53            | 9,27                | 0,30             | 2,57             | 8,95      |
| ZA06-ZA07                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 3,24            | 8,50                | 0,27             | 2,84             | 8,21      |
| ZA07-ZA08                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 2,94            | 7,73                | 0,25             | 3,08             | 7,46      |
| ZA08-ZA09                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 2,65            | 6,95                | 0,22             | 3,31             | 6,71      |
| ZA09-ZA10                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 2,35            | 6,18                | 0,20             | 3,50             | 5,97      |
| ZA10-ZA11                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 2,06            | 5,41                | 0,17             | 3,68             | 5,22      |
| ZA11-ZA12                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 1,76            | 4,64                | 0,15             | 3,82             | 4,48      |
| ZA12-ZA13                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 1,47            | 3,86                | 0,12             | 3,95             | 3,73      |
| ZA13-ZA14                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 1,18            | 3,09                | 0,10             | 4,05             | 2,98      |
| ZA14-ZA15                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 0,88            | 2,32                | 0,07             | 4,12             | 2,24      |
| ZA15-ZA16                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 0,59            | 1,55                | 0,05             | 4,17             | 1,49      |
| ZA16-ZA17                                              | 25                      | 30,00  | 0,29         | 0,29            | 0,77                | 0,02             | 4,19             | 0,75      |
| <b>Iluminação do Quebra-Luz</b>                        |                         |        |              |                 |                     |                  |                  |           |
| TR-ZC01                                                | 240                     | 7,00   |              | 27,39           | 71,97               | 0,08             | 0,08             | 23,97     |
| ZC01-ZC02                                              | 240                     | 17,00  |              | 27,39           | 71,97               | 0,18             | 0,26             | 23,97     |
| ZC02-ZC03                                              | 240                     | 15,00  | 5,29         | 27,39           | 71,97               | 0,16             | 0,42             | 23,97     |
| ZC03-ZC04                                              | 240                     | 22,00  | 0,47         | 22,10           | 58,06               | 0,19             | 0,61             | 19,34     |
| ZC04-ZC05                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 21,63           | 56,83               | 0,25             | 0,87             | 18,92     |
| ZC05-ZC06                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 21,16           | 55,59               | 0,25             | 1,12             | 18,51     |
| ZC06-ZC07                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 20,69           | 54,35               | 0,24             | 1,36             | 18,10     |
| ZC07-ZC08                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 20,22           | 53,12               | 0,24             | 1,60             | 17,69     |
| ZC08-ZC09                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 19,75           | 51,88               | 0,23             | 1,83             | 17,28     |
| ZC09-ZC10                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 19,28           | 50,64               | 0,23             | 2,06             | 16,86     |
| ZC10-ZC11                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 18,80           | 49,41               | 0,22             | 2,28             | 16,45     |
| ZC11-ZC12                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 18,33           | 48,17               | 0,22             | 2,50             | 16,04     |
| ZC12-ZC13                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 17,86           | 46,94               | 0,21             | 2,71             | 15,63     |
| ZC13-ZC14                                              | 240                     | 30,00  | 0,47         | 17,39           | 45,70               | 0,21             | 2,91             | 15,22     |
| ZC14-ZC15                                              | 240                     | 30,00  | 0,64         | 16,92           | 44,46               | 0,20             | 3,11             | 14,81     |
| ZC15-ZC16                                              | 240                     | 26,00  | 13,46        | 16,29           | 42,79               | 0,17             | 3,28             | 14,25     |
| ZC16-ZC17                                              | 16                      | 20,00  |              | 2,82            | 7,42                | 0,25             | 3,52             | 9,55      |
| ZC17-PR01                                              | 16                      | 8,00   |              | 2,82            | 7,42                | 0,10             | 3,62             | 9,55      |
| PR01-PR06                                              | 16                      | 30,00  | 2,82         | 2,82            | 7,42                | 0,37             | 3,99             | 9,55      |





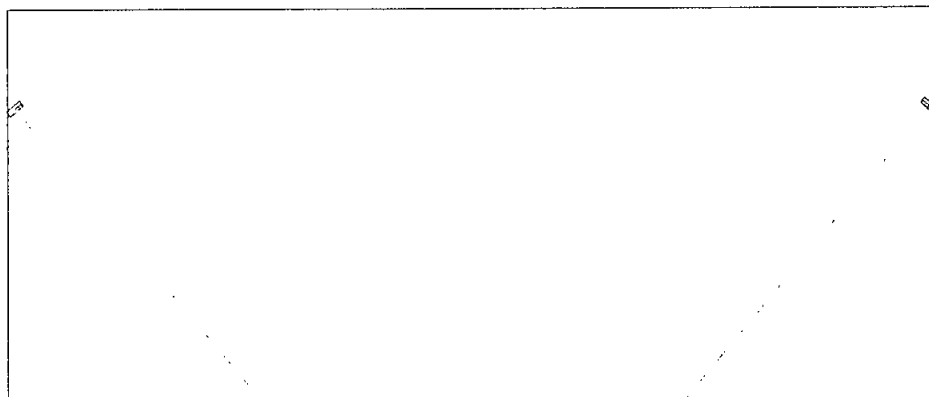
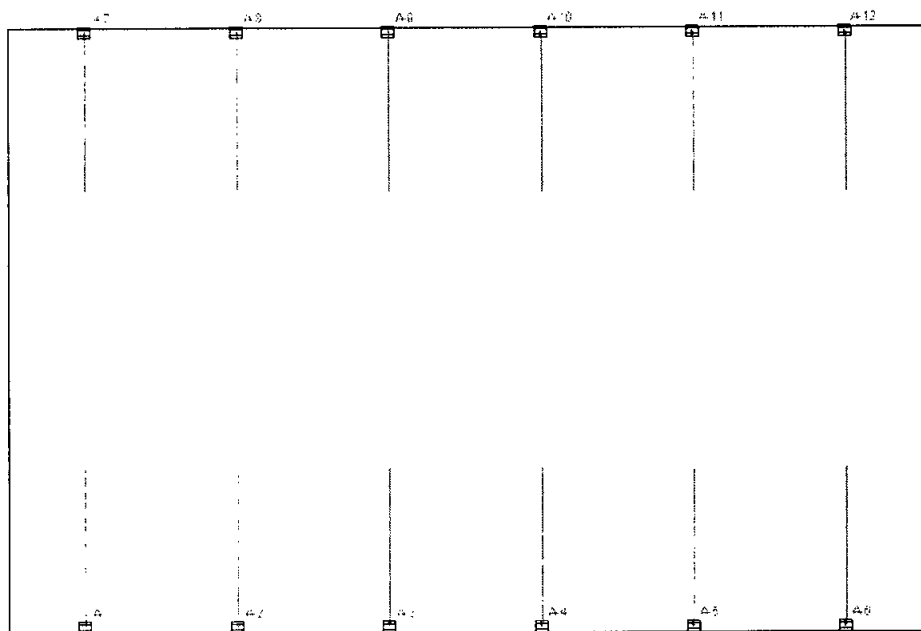
#### 4.10.5 Simulações Luminotécnicas

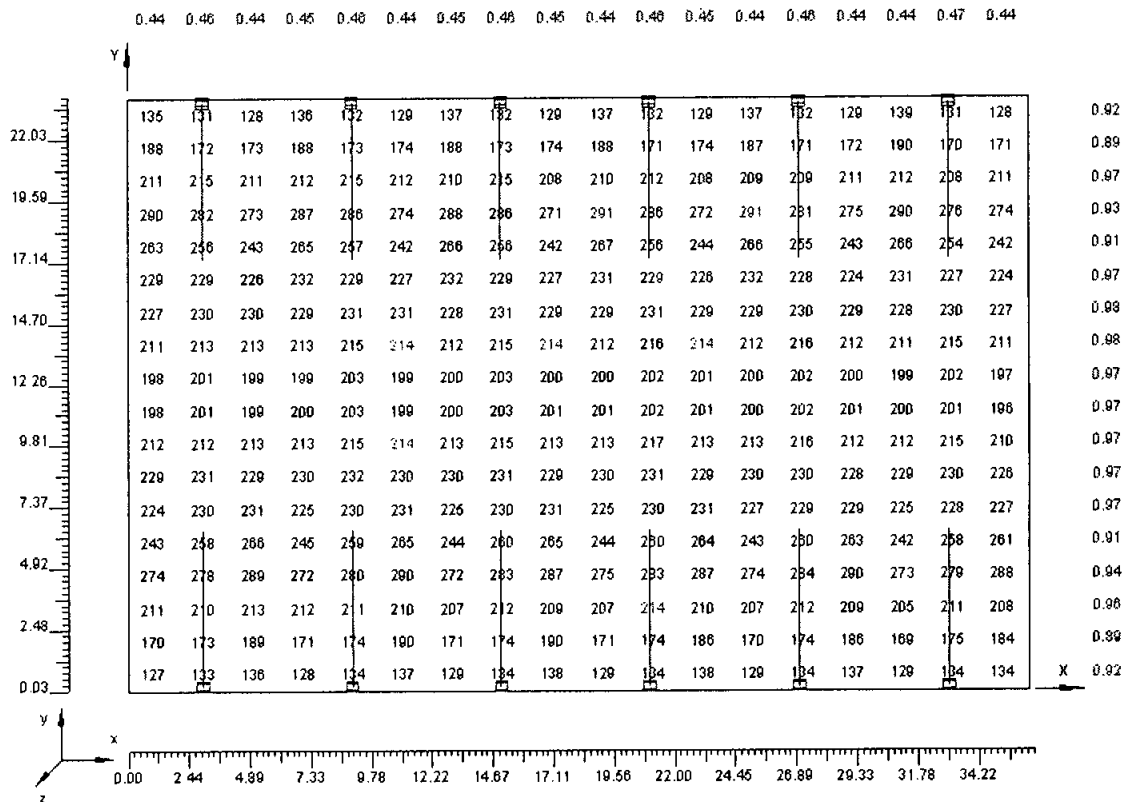
##### a) Quadro Resumo

A seguir, apresentamos um quadro contendo um resumo dos resultados luminotécnicos e parâmetros de montagem obtidos a partir das simulações luminotécnicas realizadas.

| PARÂMETROS LUMINOTÉCNICOS E DE MONTAGEM |                             |                                  |                            |                            |                    |
|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| Parâmetros                              | "Quebra-luz"<br>(Pergolado) | Túnel Principal<br>Setor 1       | Túnel Principal<br>Setor 2 | Túnel Principal<br>Setor 3 | Túnel<br>Adjacente |
| Número de Filas                         | 2                           | 2                                | 2                          | 2                          | 1                  |
| Distância entre Filas                   | 23,5m                       | 10,2m                            | 10,2m                      | 10,2m                      | -                  |
| Espaçamento Entre Projetores            | 6,0m                        | 1,5m                             | 4,5m                       | 7,0m                       | 5,1m               |
| Altura de Montagem                      | 7,5m                        | 6,0m                             | 6,0m                       | 6,0m                       | 3,4m               |
| Inclinação                              | 40°                         | 0°                               | 0°                         | 0°                         | 15°                |
| Instalação                              | Parede                      | Teto                             | Teto                       | Teto                       | Parede             |
| Número Total de Projetores              | 12                          | 24                               | 8                          | 34                         | 32                 |
| Iluminação Média Mínima Desejada        | 200 lux - noite             | 900 lux - dia<br>300lux - noite  | 300 lux                    | 200 lux                    | 100 lux            |
| Desuniformidade Máxima aCeitável        | 3                           | 3                                | 3                          | 3                          | 5                  |
| Iluminação Média Calculada              | 214 lux - noite             | 989 lux - dia<br>385 lux - noite | 339 lux                    | 217 lux                    | 138 lux            |
| Desuniformidade Calculada               | 2,29                        | 1,67 - dia<br>2,11 - noite       | 1,67                       | 2,5                        | 2,88               |

*b) Região do "Quebra-luz" - Período Noturno*



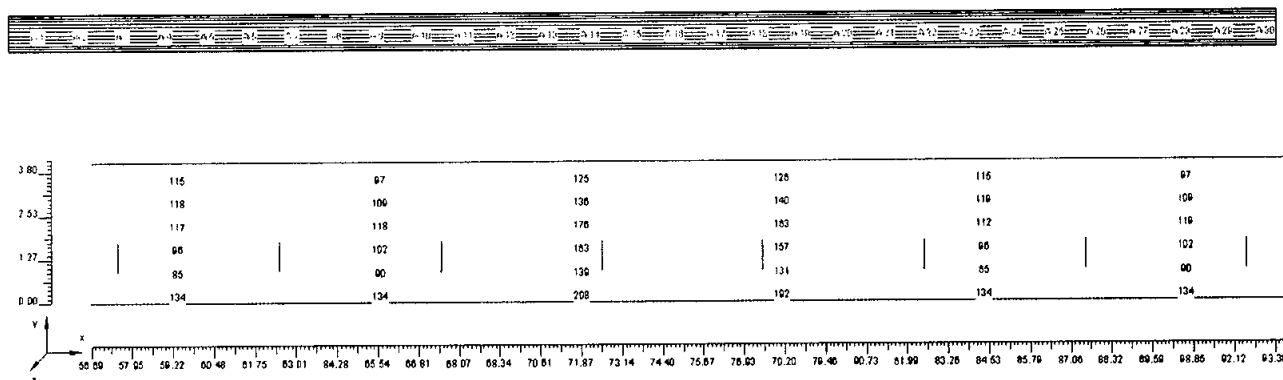


|         |      |     |
|---------|------|-----|
| Méd     | 214  | lux |
| Mín     | 127  | lux |
| Máx     | 291  | lux |
| Mín/Méd | 0.59 |     |
| Mín/Máx | 0.44 |     |
| Méd/Máx | 0.74 |     |

$F_d = E_{máx}/E_{mín} = 2,29$



## c) Túnel Adjacente (Ciclofaixa e Pedestres)

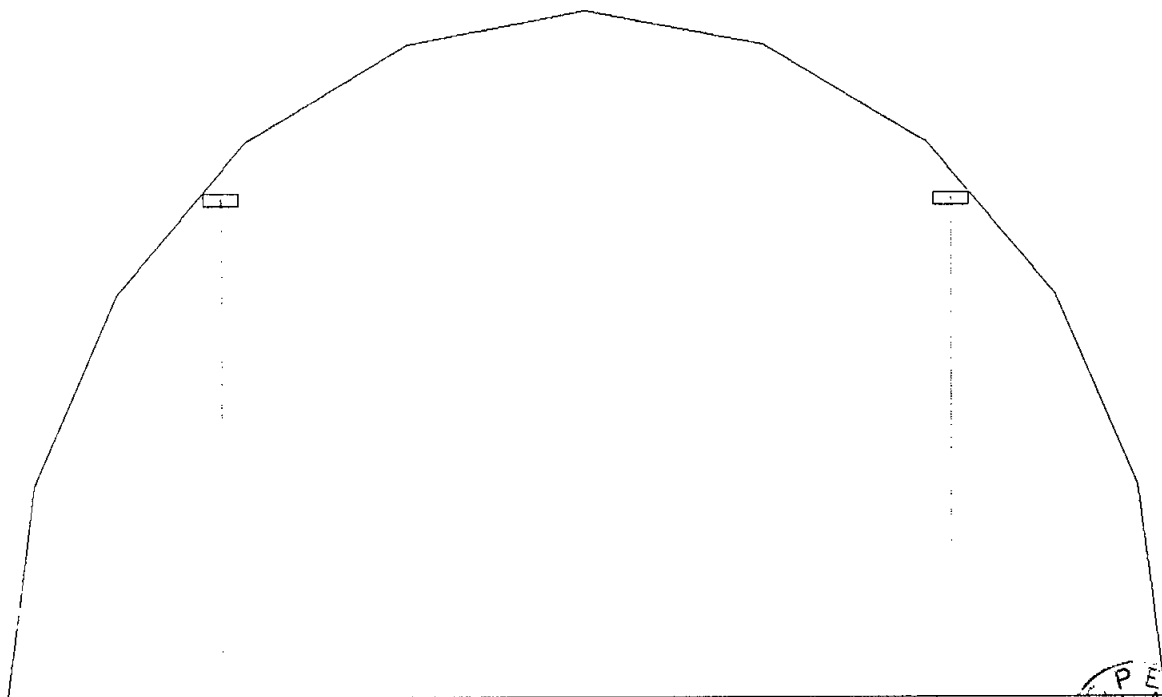
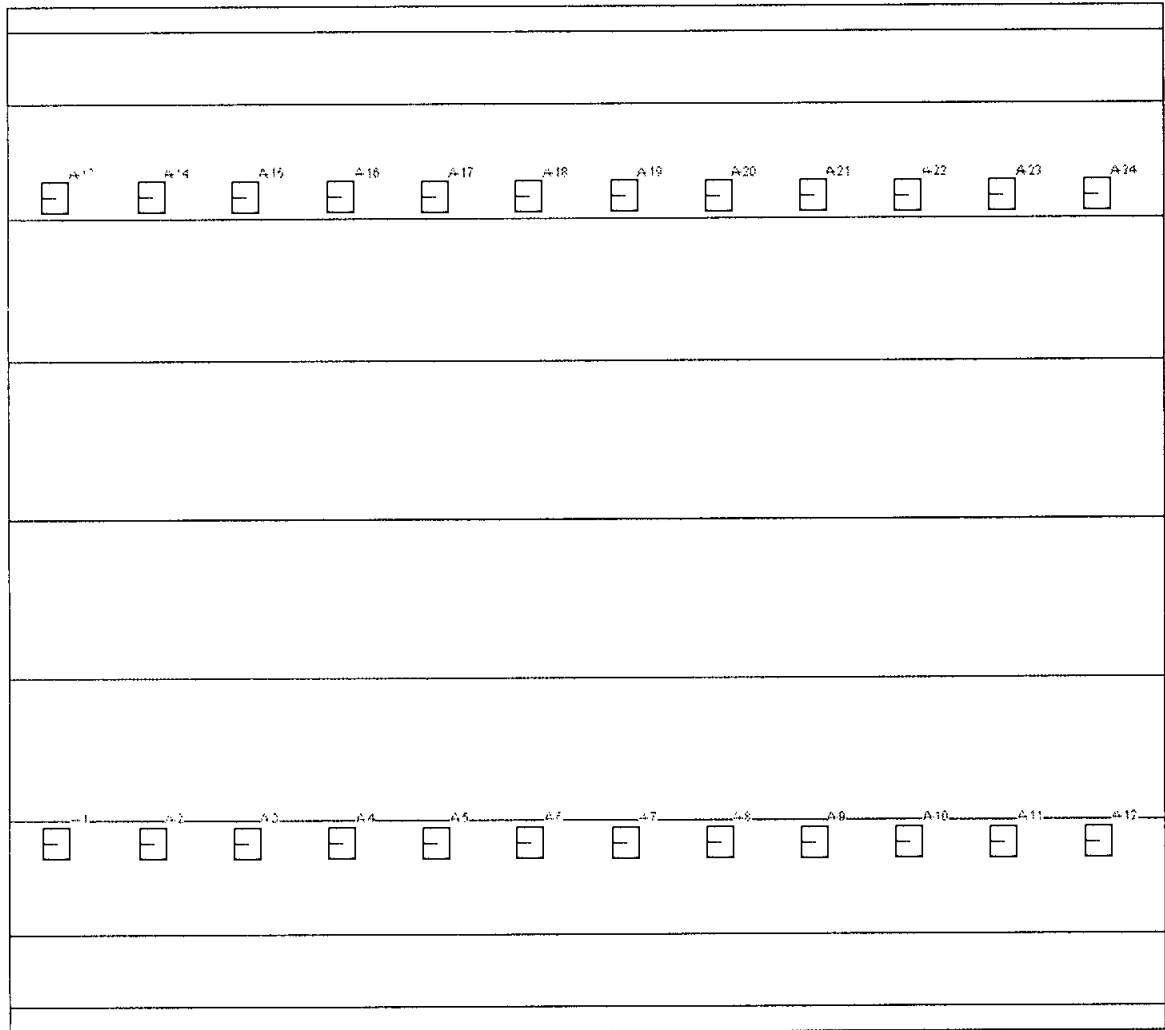


|         |      |     |
|---------|------|-----|
| Méd     | 138  | lux |
| Mín     | 84   | lux |
| Máx     | 242  | lux |
| Mín/Méd | 0.61 |     |
| Mín/Máx | 0.35 |     |
| Méd/Máx | 0.57 |     |

$$Fd = E_{máx}/E_{mín} = 2,88$$

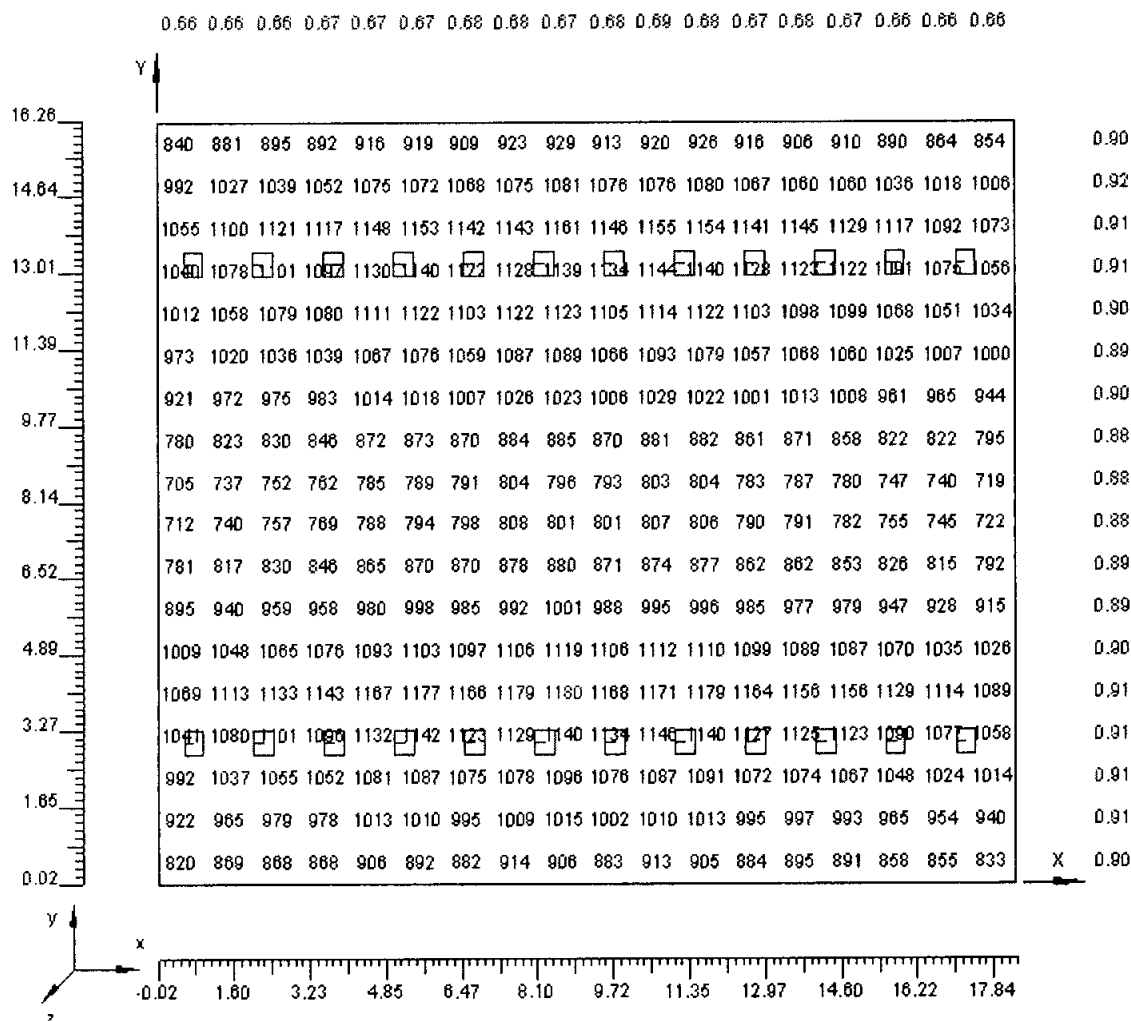
UP E  
583

d) Túnel Principal - Setor 1



PE  
384  
COM. 116

d.1) Período Diurno

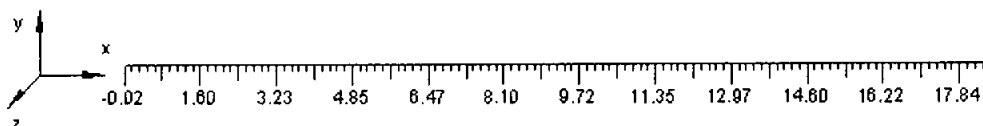
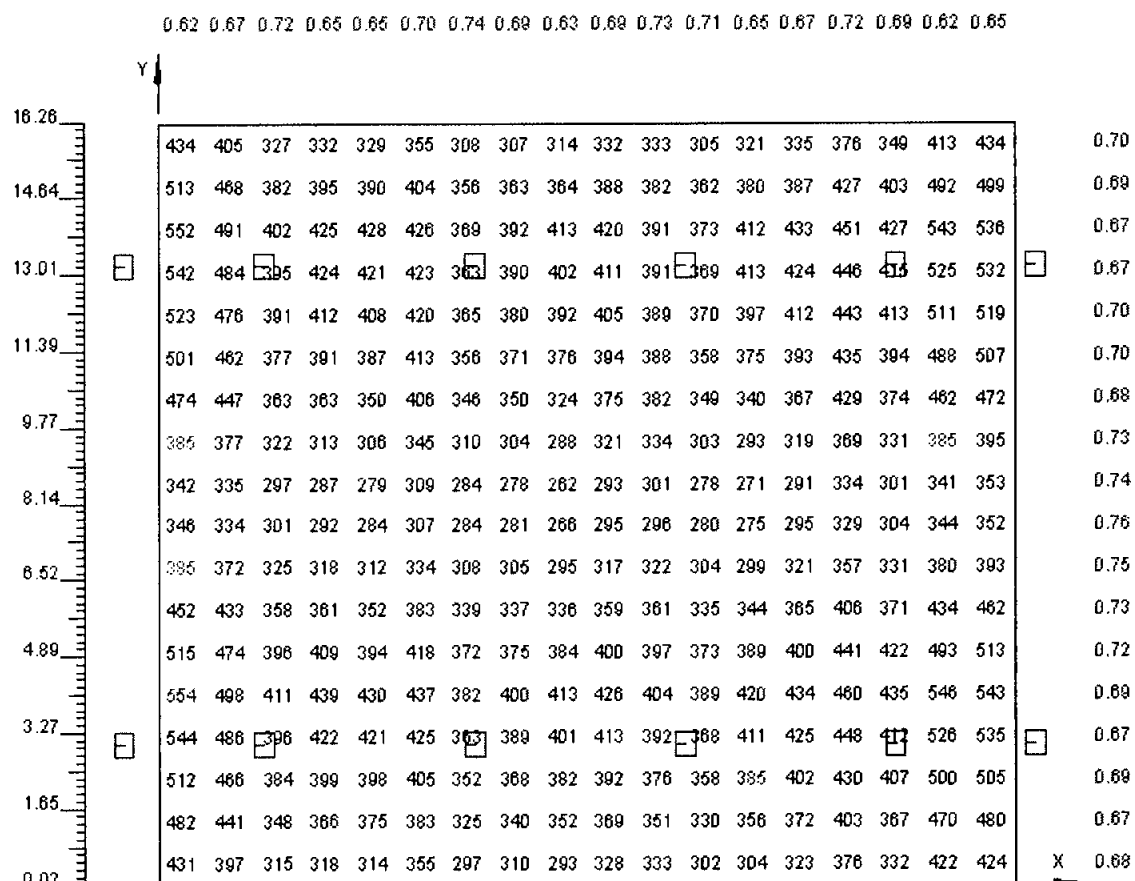


|         |      |     |
|---------|------|-----|
| Méd     | 989  | lux |
| Mín     | 705  | lux |
| Máx     | 1180 | lux |
| Mín/Méd | 0.71 |     |
| Mín/Máx | 0.60 |     |
| Méd/Máx | 0.84 |     |

$F_d = E_{máx}/E_{mín} = 1,67$



d.2) Periodo Noturno



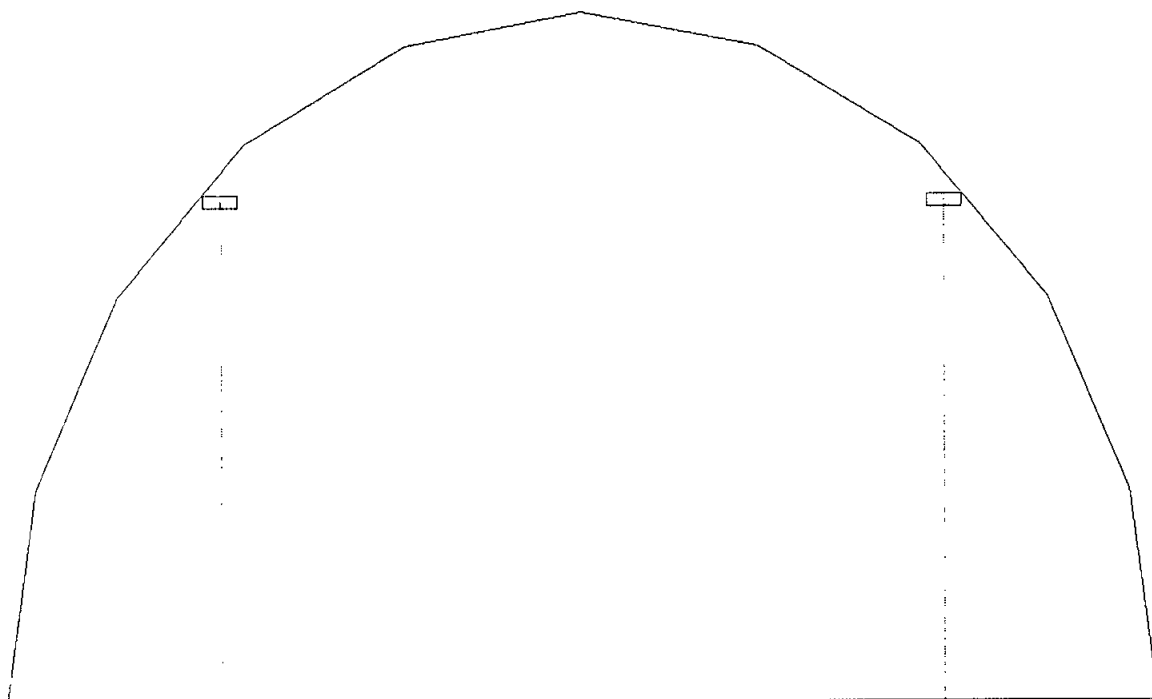
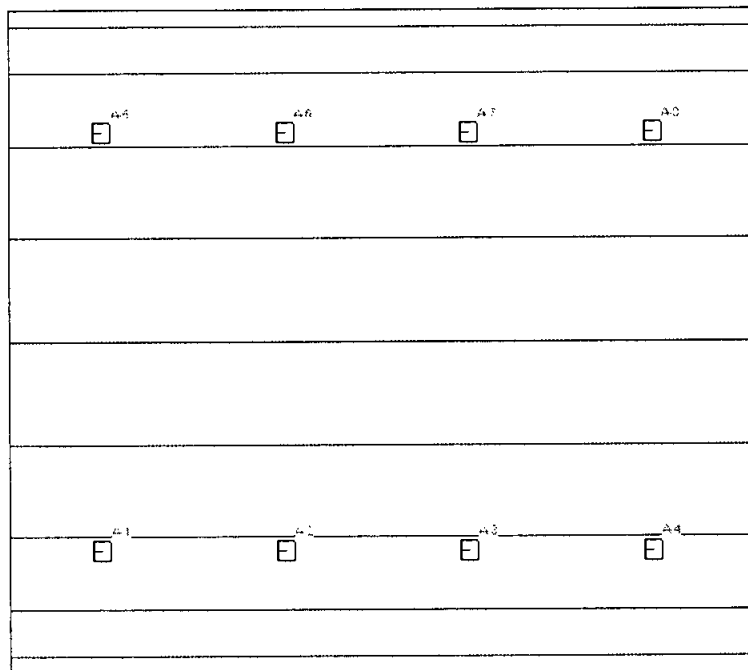
Méd 385 lux  
 Mín 262 lux  
 Máx 554 lux

Mín/Méd 0.68  
 Mín/Máx 0.47  
 Méd/Máx 0.69

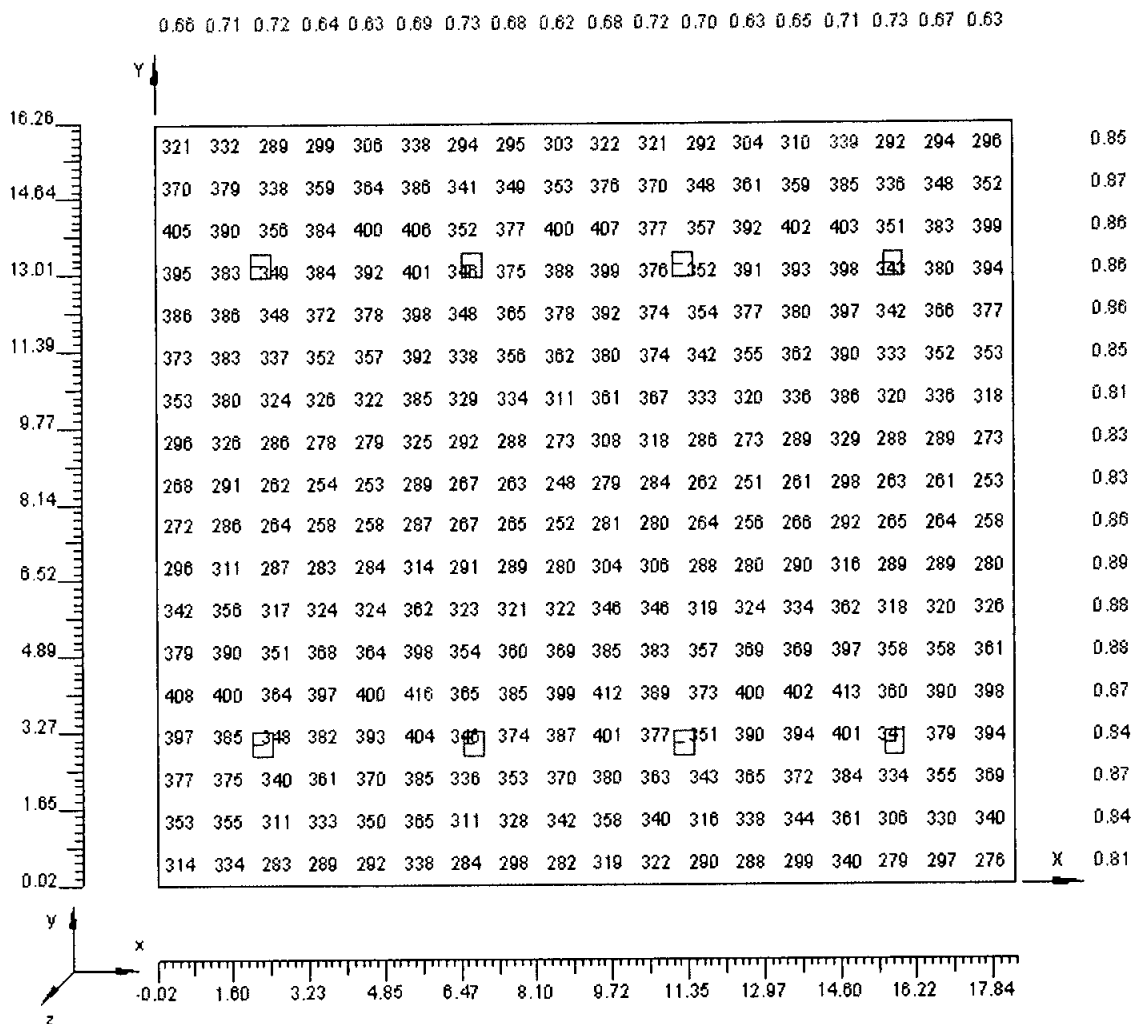
$F_d = E_{máx}/E_{mín} = 2,11$

P.F.  
586

e) Túnel Principal - Setor 2



CPE  
587



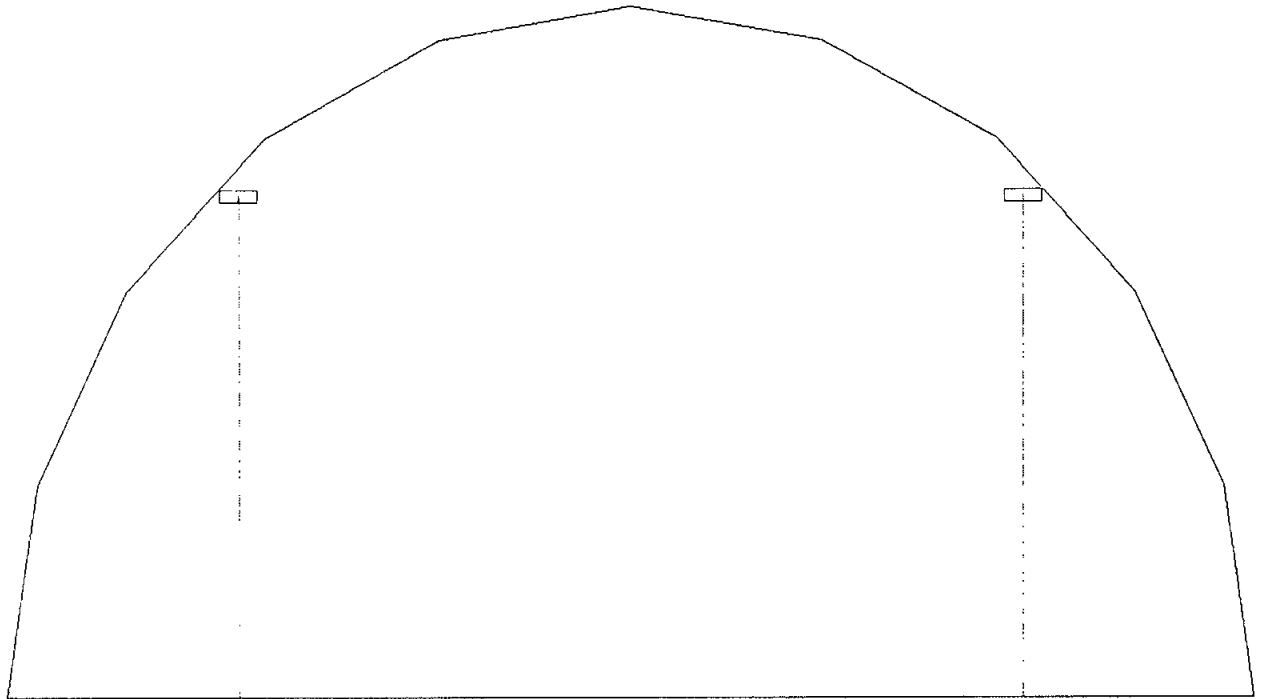
|         |      |     |
|---------|------|-----|
| Méd     | 339  | lux |
| Mín     | 248  | lux |
| Máx     | 416  | lux |
| Mín/Méd | 0.73 |     |
| Mín/Máx | 0.60 |     |
| Méd/Máx | 0.82 |     |

$F_d = E_{máx}/E_{mín} = 1,67$

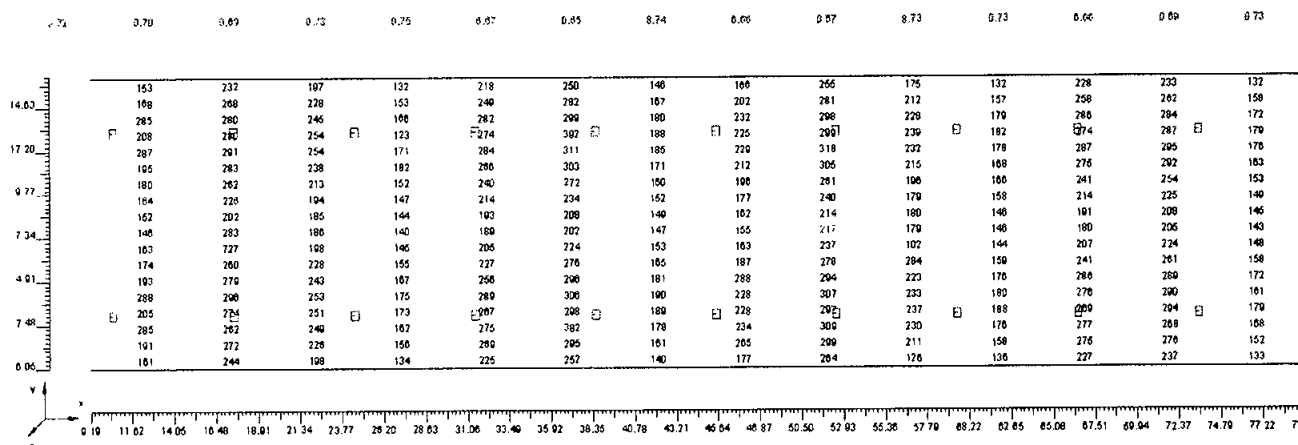


f) Túnel Principal - Setor 3

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A-10 | A-11 | A-12 | A-13 | A-14 | A-15 | A-16 | A-17 | A-18 | A-19 | A-20 | A-21 | A-22 | A-23 |      |      |      |
| A-1  | A-2  | A-3  | A-4  | A-5  | A-6  | A-7  | A-8  | A-9  | A-10 | A-11 | A-12 | A-13 | A-14 | A-15 | A-16 | A-17 |



589



|         |      |     |
|---------|------|-----|
| Méd     | 217  | lux |
| Mín     | 130  | lux |
| Máx     | 325  | lux |
| Mín/Méd | 0.60 |     |
| Mín/Máx | 0.40 |     |
| Méd/Máx | 0.67 |     |

$$Fd = E_{máx}/E_{mín} = 2,5$$

#### 4.10.6 Resultados Luminotécnicos

Os resultados luminotécnicos apresentados neste documento consideram o valor do coeficiente de manutenção de 80% e apenas serão garantidos com a execução das instalações inteiramente em conformidade com os parâmetros e especificações técnicas constantes do projeto.

A Consultora não se responsabiliza por resultados obtidos com a execução das instalações diferentemente do indicado em projeto e nas especificações técnicas.



## 4.11 PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

### 4.11.1 Introdução

O Projeto de Desapropriação em questão abrange os terrenos e edificações/benfeitorias na área de abrangência da obra, situados fora da faixa de domínio da rodovia (localmente com largura de 90 m), apenas na lateral direita da MG-010, sentido Belo Horizonte - Confins, uma vez que na outra margem da rodovia o traçado se desenvolve exclusivamente dentro da faixa de domínio.

Todo o traçado no lado direito da rodovia encontra-se situado em zona urbana do Bairro Canaã, no Município de Belo Horizonte, divisa com o Município de Santa Luzia.

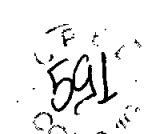
O projeto contempla um total de 5 (cinco) cadastros técnicos (CT), envolvendo:

- CT-01 e CT-02, que abrange 2 (dois) lotes de um mesmo proprietário e uma edificação situada em ambos os lotes. Os cadastros técnicos foram elaborados considerando que a edificação faz parte do CT-01; o CT-02 envolve apenas o terreno do lote nº 2. A desapropriação atinge integralmente a edificação com terreno remanescente nos dois lotes;
- CT-03, que envolve a desapropriação de parte (fundos) de um lote, atingindo benfeitorias (muro e canil); a edificação será integralmente preservada;
- CT-04, que contempla a desapropriação de parte (fundos) de um lote, envolvendo, como medida preventiva, benfeitorias (área de churrasqueira e muro), ainda que o "off-set" não tenha atingido-as; a edificação principal será integralmente preservada;
- CT-05, que se trata da desapropriação mais significativa, envolvendo parte de terreno indiviso, sem edificações e benfeitorias.

### 4.11.2 Levantamentos de Campo Realizados

O levantamento de campo foi realizado em duas etapas de trabalho.

A primeira etapa foi realizada por equipe de topografia, envolvendo o levantamento/cadastramento da faixa de implantação/abrangência do projeto: divisa de terrenos e lotes; confrontações das propriedades e imóveis; edificações e benfeitorias; identificação dos proprietários dos imóveis; etc.



Na segunda etapa, a equipe de desapropriação, coordenada por um técnico especialista, realizou o cadastramento de todos os proprietários atingidos (vistoria dos terrenos e lotes; análise, avaliação e detalhamento das edificações e benfeitorias, inclusive registro fotográfico; identificação de plantações, etc.).

#### **4.11.3 Faixa de Desapropriação**

Conforme acordado com a Diretoria de Engenharia do DER/MG, com vistas a minimizar as desapropriações, estabeleceu-se que a desapropriação para o presente projeto deveria envolver a faixa situada entre o limite da faixa de domínio atual (localmente com largura de 90 m) e uma largura de 3 m além dos “off-sets”.

#### **4.11.4 Croquis de Desapropriação**

Os croquis de desapropriação, desenhados na escala 1:2.000 ou 1:500, dependendo da área do cadastro técnico, contêm:

- o cadastramento/levantamento topográfico local;
- a geometria do projeto;
- os limites dos terrenos a serem desapropriados, suas confrontações e lançamento dos CP's;
- a indicação da poligonal de contorno com as deflexões e distâncias dos alinhamentos, estaca inicial e final em relação ao eixo de projeto do Ramo de Acesso ao Centro Administrativo e respectivas coordenadas UTM;
- o sombreamento da área a desapropriar e respectiva área, etc.

#### **4.11.5 Pesquisa de Mercado e Homogeneização dos Valores para Determinação dos Valores Unitários Básicos dos Terrenos**

##### ***4.11.5.1 Pesquisa de Mercado***

Com vistas à estimativa dos valores de desapropriação, foram realizadas pesquisas de preços de transações imobiliárias atuais (compra e venda de imóveis similares aos terrenos a serem desapropriados), no mês de setembro/2008, junto ao mercado imobiliário no Município de Belo Horizonte, mais especificamente no Bairro Canaã.

502

Os resultados das pesquisas foram trabalhados analiticamente, objetivando a homogeneização dos valores, visando à definição dos valores unitários básicos dos terrenos.

Foram realizadas 6 (seis) pesquisas, conforme sintetizado a seguir:

a) Pesquisa 1:

- Fonte: José Ximenes Imobiliária
- Endereço: Rua Santa Rita Durão, nº 301 - Funcionários - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 2191-5959
- Informante: João Carlos Tortonelli (Avaliador); e-mail: carlostortonelli@hotmail.com.br
- Para lotes acima de 360,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 278,00 p/m<sup>2</sup>.

b) Pesquisa 2:

- Fonte: Rio Doce Imóveis
- Endereço: Rua Guarapari, nº. 176 - Santa Amélia - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 3448-2700
- Informante: Felipe Menezes (Corretor)
- Para lotes acima de 360,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 333,00 p/m<sup>2</sup>.

c) Pesquisa 3:

- Fonte: CSBrasil – Consultoria de Imóveis
- Endereço: Rua Rio de Janeiro, nº. 462 - Conjunto 1511 - Centro - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 3072-8713/3075-4060/9292-9247
- Informante: Rock Hudson Ribeiro Machado (Perito/Avaliador) - CRECI: 15-891 (4ª Região)
- Para lotes acima de 360,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 278,00 p/m<sup>2</sup>.

d) Pesquisa 4:

- Fonte: José Ximenes Imobiliária
- Endereço: Rua Santa Rita Durão, nº 301 - Funcionários - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 2191-5959
- Informante: João Carlos Tortonelli (Avaliador); e-mail: carlostortonelli@hotmail.com.br
- Para gleba acima de 10.000,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 250,00 p/m<sup>2</sup>.

593

## e) Pesquisa 5:

- Fonte: Rio Doce Imóveis
- Endereço: Rua Guarapari, nº. 176 - Santa Amélia - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 3448-2700
- Informante: Felipe Menezes (Corretor)
- Para gleba acima de 10.000,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 180,00 p/m<sup>2</sup>.

## f) Pesquisa 6:

- Fonte: CSBrasil – Consultoria de Imóveis
- Endereço: Rua Rio de Janeiro, nº. 462 - Conj. 1511- Centro - Belo Horizonte/MG
- Tel.: (31) 3072-8713/3075-4060/9292-9247
- Informante: Rock Hudson Ribeiro Machado (Perito/Avaliador) - CRECI: 15-891 (4ª Região)
- Para gleba acima de 10.000,00 m<sup>2</sup>: oferta: R\$ 100,00 p/m<sup>2</sup>.

Os resultados de tal pesquisa estão consolidados no quadro PD-03 - “Ficha Cadastral do Terreno Referência”, constante do Anexo 3A - Projeto de Desapropriação.

#### ***4.11.5.2 Determinação dos Valores Unitários Básicos dos Terrenos***

Os valores empregados nos cálculos das desapropriações foram determinados pela média aritmética dos valores pesquisados, conforme a seguir sintetizado:

- Para lotes acima de 360,00 m<sup>2</sup>:
  - Valores Pesquisa 1, 2 e 3: R\$278,00 / R\$333,00 / R\$278,00 p/m<sup>2</sup>.
  - **Valor adotado = R\$ 296,33 p/m<sup>2</sup>.**
- Para gleba acima de 10.000,00 m<sup>2</sup>:
  - Valores Pesquisa 4, 5 e 6: R\$ 250,00 / R\$180,00 / R\$100,00 p/m<sup>2</sup>.
  - **Valor adotado = R\$ 176,66 p/m<sup>2</sup>.**



#### 4.11.6 Avaliação das Edificações, Benfeitorias e Plantações

##### 4.11.6.1 Edificações

A avaliação das edificações, ou seja, a definição do custo unitário/m<sup>2</sup> a ser aplicado nas desapropriações, foi efetuada a partir do estabelecimento do padrão de acabamento, conforme critérios do SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, a seguir reproduzidos.

| PADRÃO DE ACABAMENTO | CUSTO UNITÁRIO R\$/m <sup>2</sup> (ver obs.) | FACHADAS                                          | ESQUADRIAS                   | PISOS                                                                           | PAREDES E ACESSÓRIOS                                                                                                                         | FORROS                        |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| NORMAL (N)           | 592,41                                       | Pintura PVA sobre reboco (externo)                | Madeiras mistas ou semi-ocas | <b>Secos:</b> cerâmica;<br><b>Molhados:</b> cerâmica esmaltada inferior         | <b>Secas:</b> PVA sobre reboco;<br><b>Molhadas:</b> cerâmica esmaltada inferior.;<br><b>Acessórios:</b> louças e metais padrão popular       | PVA com laje inclinada        |
| POPULAR BAIXO (PB)   | 475,79                                       | Pintura sobre emboço; cal                         | Ferro; PVA; madeira inferior | <b>Secos:</b> cerâmica, granilite;<br><b>Molhados:</b> lajota cerâmica inferior | <b>Secas:</b> PVA sobre emboço;<br><b>Molhadas:</b> lajota cerâmica esmaltada inferior;<br><b>Acessórios:</b> louças e metais padrão popular | PVA; sem laje; forro de gesso |
| POPULAR MÍNIMO (PM)  | 392,66                                       | Cal sobre emboço; pintura sobre bloco de concreto | Ferro; madeira inferior      | <b>Secos:</b> cimentado comum;<br><b>Molhados:</b> cimentado liso               | <b>Secas:</b> Pintura sobre bloco de concreto;<br><b>Molhadas:</b> cimentado liso;<br><b>Acessórios:</b> plásticos de banheiro e cozinha     | Cal; sem forro                |

Obs.: Data base: fevereiro/2008

##### 4.11.6.2 Benfeitorias

As benfeitorias foram avaliadas com base em preços de materiais de construções e composições de custos constantes da Revista Informador das Construções (data base: fevereiro/2008), conforme a seguir sintetizado:

- Portão em metalon = R\$ 392,00 p/un;
- Muro de alvenaria em tijolos furados = R\$ 135,01 p/m;
- Muro de alvenaria em tijolos de blocos de concreto = R\$ 66,74 p/m;
- Muro de concreto ciclópico = R\$ 75,78 p/m<sup>3</sup>;
- Muro de concreto armado = R\$ 265,00 p/m<sup>3</sup>;
- Piso desempenado (área cimentada) = R\$ 9,80 p/m<sup>2</sup>;
- Viga em concreto = R\$ 505,27 p/m<sup>3</sup>;
- Alvenaria de tijolos furados = R\$ 21,15 p/m<sup>2</sup>;
- Garagem com cobertura em telha galvanizada e piso desempenado = R\$ 46,82 p/m<sup>2</sup>;
- Área coberta com telha colonial e piso cerâmico = R\$ 50,72 p/m<sup>2</sup>;
- Canil em telha com cobertura de amianto = R\$ 18,20 p/m<sup>2</sup>.



#### 4.11.6.3 Plantações

A avaliação de plantações (árvores frutíferas) foi efetuada com base no custo de reposição, fornecido pela EMATER (data base: fevereiro/2008), conforme sintetizado a seguir:

- Amora = R\$ 24,50/pé;
- Goiaba = R\$ 21,00/pé;
- Maracujá = R\$ 21,00/pé;
- Laranja = R\$ 48,50/pé;
- Limão = R\$ 48,50/pé;
- Mexerica = R\$ 48,50/pé.

#### 4.11.7 Apresentação do Projeto

A apresentação do Projeto de Desapropriação é feita através do **Anexo 3A - Projeto de Desapropriação**, constando dos seguintes documentos:

- Cadastros Técnicos - CT-01 a CT-05:
  - Ficha Cadastral do Terreno Avaliando - Quadro PD-01;
  - Identificação e Descrição das Edificações e Benfeitorias - Quadro PD-02;
  - Identificação e Descrição das Plantações - Quadro PD-03;
  - Croqui de Desapropriação - Quadro PD-04;
  - Detalhe da Edificação - Quadro PD-05;
  - Identificação e Descrição da Edificação - Quadro PD-05-A;
  - Memorial Descritivo da Área a Desapropriar - Quadro PD-06;
  - Laudo de Avaliação (Simplificado) - Quadro PD-07-A;
  - Laudo de Avaliação (Simplificado) - Quadro PD-07-B;
- Quadro Resumo de Desapropriação (Quadro PD-08);
- Ficha Cadastral do Terreno Referência (Quadro PD-03).

