



UNIFEI UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO DE ITAJUBÁ

APRESENTAÇÃO

SOLICITANTE: PRFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE

SOLICITADO: FAPEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e
Extensão de Itajubá

**NATUREZA DO
TRABALHO:** SERVIÇOS DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA PARA
ELABORAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETO DE
VIA DE ACESSO

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico

Flávia Cristina Barbosa	Engenheira Civil
Nº CREA: MG 187.842/D	ART: 004355736

Coordenação

Geraldo Lúcio Tiago Filho	Engenheiro Mecânico
Nº CREA: MG 22.508/D	ART: 004348198

Elaboração

Aloisio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Denis de Souza Silva	Engenheiro Hídrico
Thales Tito Borges	Engenheiro Ambiental
Rafael Nobre Leite	Engenheiro Civil
Ursula Wilberg Costa	Engenheira Hídrica
Raquel Silva Costa	Eng. Ambiental e Sanitarista
Andréa Silva Faneca	Est. Engenharia Ambiental
Marcos Vinicius de Moraes	Est. Engenharia Civil
Francisco Chicone Neto	Est. Engenharia Civil
William Baradel	Est. Engenharia Civil
Vinícius Silveira Formiga	Est. Engenharia Civil

SUMÁRIO

1	OBJETO	6
2	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	7
2.1	Definição dos Parâmetros de Voo	7
2.2	Captura de Imagens	8
2.3	Equipamento utilizado.....	8
2.4	Rastreamento Geodésico de Pontos de Controle	10
2.5	Processamento das Informações	12
3	ESTUDO GEOTÉCNICO.....	13
3.1	Características pedológicas e geológicas do local	13
3.2	Ensaio Laboratoriais	16
4	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	16
1.1	Metodologia Aplicada.....	16
1.2	Método Racional	16
1.2.1	Coeficiente de Escoamento Superficial	17
1.2.2	Duração da chuva e Período de retorno.....	19
1.2.3	Intensidade de Precipitação.....	20
1.2.4	Vazão	22
5	PROJETO GEOMÉTRICO	22
5.1	Parâmetros de concepção do acesso viário	23
5.1.1	Classificação das Vias	23
5.1.2	Veículo de Projeto.....	23
5.1.3	Largura das Vias	24
5.1.4	Velocidade Diretriz	24
5.2	Apresentação do projeto geométrico	24
5.2.1	Em Planta:.....	24
5.2.2	Em Perfil:.....	24
5.3	Locação do sistema viário	24
6	PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	25
6.1	Taludes Projetados	25
6.2	Resumo das Quantidades	26
6.3	Método de Cálculo Utilizado	27
6.4	Orientações do Projeto	27
6.4.1	Serviços Topográficos	28
6.4.2	Desmatamento, Destocamento e Limpeza.....	28
6.4.3	Corte do Terreno.....	29
6.4.4	Aterro	30
6.4.5	Material de Aterro	31
7	PROJETO DE DRENAGEM.....	31

8	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	46
8.1	Método Utilizado	46
8.2	Parâmetros de Dimensionamento	47
8.2.1	Número “N”	47
8.2.2	Índice de Suporte do Subleito (CBR).....	48
8.3	Determinação das Espessuras das Camadas dos Pavimentos.....	49
8.3.1	Dimensionamento do Pavimento das Calçadas	53
8.3.2	Especificações de Serviços	54
9	PROJETO DE PAISAGISMO.....	55
9.1	Critério de Seleção das Espécies	55
9.2	Espécies Escolhidas	56
9.3	Especificações de Plantio	57
9.3.1	Fornecimento	57
9.3.2	Preparo Geral do Solo	57
9.3.3	Plantio	57
9.3.4	Plantio das Gramíneas - Taludes	58
9.3.5	Plantio das Gramíneas – Canteiro e Faixa Verde	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	ANEXOS DO PROJETO.....	60
	ANEXO I – PLANILHA DE LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	61
	ANEXO II – RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS	69

1 OBJETO

A multinacional indiana ACG Worldwide é a segunda maior fabricante mundial de cápsulas rígidas para medicamentos e vai implantar em Pouso Alegre, a unidade ACG do Brasil.

Esta unidade industrial estará preparada para fabricação de cápsulas rígidas de gelatina, filmes de barreira para embalagens e equipamentos farmacêuticos. O empreendimento, que pode gerar até 300 empregos diretos, já está em implantação.

O presente relatório apresenta as memórias descritivas e de cálculo dos projetos necessários para a construção do acesso à unidade da ACG do Brasil, sendo estes: Levantamento Planialtimétrico, Estudos Geotécnicos, Estudos Hidrológicos, Projeto de Geometria do Acesso, Projeto de Terraplenagem, Projeto de Drenagem, Projeto Paisagístico, Projeto de Sinalização Viária e Projeto de Pavimentação.

Aqui estão descritos alguns conceitos básicos de cada projeto, para melhor entendimento de como foram realizados os trabalhos, bem como todas as demais informações necessárias relativas à execução da obra.

2 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

A área de levantamento totalizou cerca de 457.850,00 metros quadrados e envolve toda a área de implantação da nova via de acesso à ACG do Brasil, conforme apresentado na Figura 2-1, a seguir.



Figura 2-1 - Polígono de levantamento.

2.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO

A altitude de voo foi definida em 90,00 metros em relação ao ponto de decolagem, definida preliminarmente de modo a eliminar qualquer possibilidade de colisão do drone com as interferências existentes (redes aéreas, remanescentes florestais e outras).

As linhas de voo foram espaçadas em cerca de 30 metros lateralmente e limitadas à área do levantamento, não sendo realizados deslocamentos em área externa ao polígono apresentado na Figura 2-1.

A velocidade de percurso ao longo das linhas de voo foi de 20 a 30 km/h, conforme a direção e intensidade do vento.

O sobrevoo ocorreu entre às 11:30 e 12:30 horas, para se valer da melhor condição de iluminação natural.

A Figura 2-2, que se segue, apresenta o ponto de pouso e decolagem do drone (ícone verde) e as linhas de voo definidas sobre a área de levantamento.



Figura 2-2 – Planejamento do voo.

A extensão total de deslocamento do drone foi de 12.362,00 metros, incluindo duas missões pré-definidas.

2.2 CAPTURA DE IMAGENS

As imagens estáticas foram captadas manualmente, com sobreposição frontal de 90% e lateral de 80%.

O ângulo de visada foi de 90° para baixo durante todo o percurso.

As imagens foram captadas em resolução de 4.000 x 3.000 pixels e ISO 100, com tempo de exposição variável para compensação da luminosidade, sem geração de arraste de pixels.

2.3 EQUIPAMENTO UTILIZADO

A seguir é apresentado o equipamento utilizado para execução dos serviços relacionados: Drone Dji MavicPro, apresentado na Figura 2-3.



Figura 2-3 - Drone Dji MavicPro.

O drone está equipado com uma câmera fotográfica DJI FC220, (apresentada já montada no drone na Figura 2-3) com as seguintes características:

- Resolução das fotos: 4.000 x 3.000 pixels (12 Mega Pixel);
- Profundidade de bits: 24 bits;
- Distância Focal: 22 a 77mm equivalente;
- ISO (sensibilidade): 100;
- Abertura do obturador: f/2,8;
- Tempo de exposição: variável para compensação da luminosidade;
- Ângulo de visada: 90° para baixo;
- Todas as imagens são armazenadas com coordenadas geográficas.
- Gravação de vídeo 4K em até 30FPS, ou vídeo 1080p em até 96 FPS;
- Sistema óptico: 9 elementos em 9 grupos, incluindo elemento esférico;
- Sensor CMOS de 1/2.3";
- Campo de visão (FOV) de 78.8°;
- Apontamento horizontal e vertical de 90°;
- Giroscópio de 3 eixos de liberdade;
- Distância focal de 20 mm.

2.4 RASTREAMENTO GEODÉSICO DE PONTOS DE CONTROLE

Não é possível garantir a exatidão dos dados processados apenas a partir das coordenadas geográficas aquisitadas e armazenadas pelo drone nas imagens aéreas.

Para que o modelo digital de elevações resultante do levantamento aéreo apresente boa exatidão com o terreno imageado é necessário utilizar pontos de controle, com coordenadas topográficas conhecidas e precisas.

Neste trabalho, os pontos de controle foram obtidos por pós processamento de dados GNSS, a partir de pontos rastreados em equipamento GPS Diferencial de uma camada (DGPS Magellam Pro Mark 3 – L1).

Foi estabelecido um ponto de controle para processamento dos demais pontos rastreados. O ponto denominado *Base* foi estabelecido sobre uma laje de telhado no interior da indústria de processamento de batatas existente no local.



Figura 2-4 – Localização da Base 01.

A base não foi utilizada para o georreferenciamento do modelo, servindo apenas ao propósito de servir de estação de referência para o pós-

processamento dos demais pontos de controle rastreados, que podem ser vistos na Figura 2-5 a seguir.

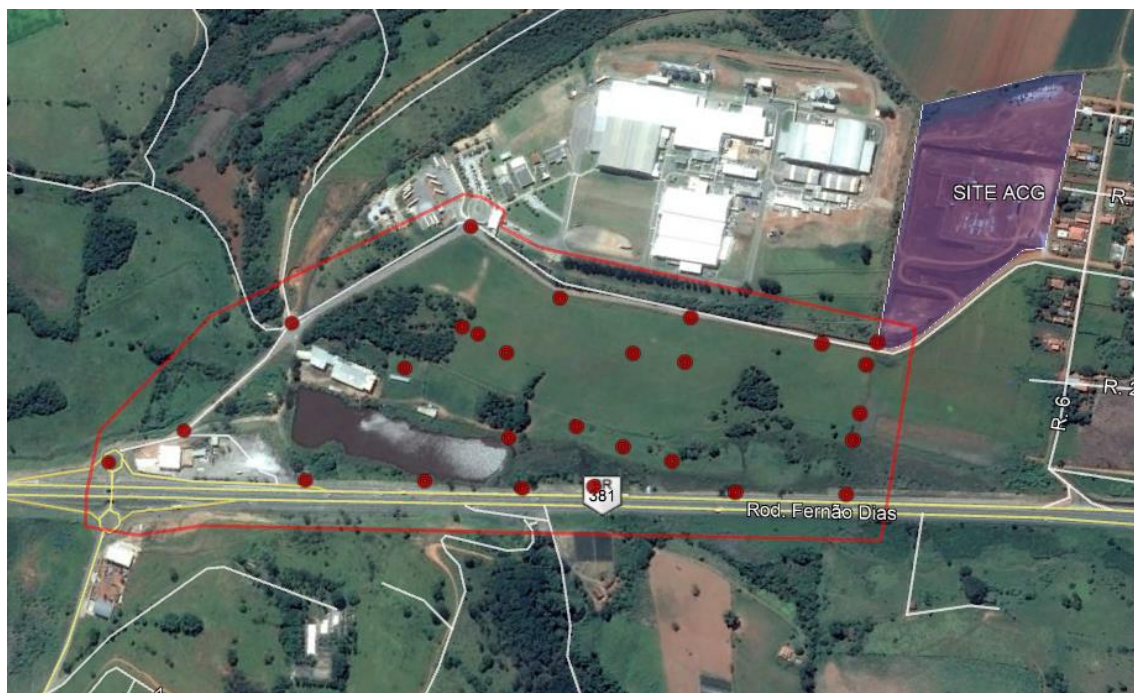


Figura 2-5 - Pontos de controle rastreados.

Os pontos rastreados passaram por processo de correção ortométrica utilizando o software MapGeo 2015 v1.0 (IBGE, 2015).

As coordenadas e alturas ortométricas dos pontos são apresentadas na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 - Pontos de controle.

NOME	Longitude	Latitude	Mapgeo 2015 v1.0	Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica (m)
BA00	45° 53' 58.61847"W	22° 18' 14.85984"S	-2,64	821,917	824,557
R214	45° 54' 08.18942"W	22° 18' 39.96779"S	-2,63	829,149	831,779
R213	45° 54' 04.34537"W	22° 18' 27.40077"S	-2,64	822,519	825,159
R212	45° 54' 05.91002"W	22° 18' 29.36388"S	-2,64	823,272	825,912
R211	45° 54' 07.19491"W	22° 18' 31.48338"S	-2,63	822,16	824,79
R210	45° 54' 02.22489"W	22° 18' 51.83464"S	-2,62	881,196	883,816
R109	45° 54' 04.91760"W	22° 18' 50.85996"S	-2,62	870,836	873,456
R108	45° 54' 09.98469"W	22° 18' 48.69965"S	-2,62	843,245	845,865
R107	45° 54' 12.84428"W	22° 18' 49.00022"S	-2,62	829,912	832,532
R106	45° 54' 10.78083"W	22° 18' 39.07114"S	-2,63	821,89	824,52

NOME	Longitude	Latitude	Mapgeo 2015 v1.0	Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica (m)
R105	45° 54' 09.45323"W	22° 18' 34.07322"S	-2,63	821,002	823,632
R104	45° 54' 07.56297"W	22° 18' 27.54837"S	-2,64	820,909	823,549
R103	45° 54' 06.82467"W	22° 18' 24.15864"S	-2,64	820,95	823,59
R102	45° 54' 05.31326"W	22° 18' 19.53420"S	-2,64	820,466	823,106
R101	45° 54' 03.84115"W	22° 18' 13.70368"S	-2,64	828,035	830,675
BA00	45° 53' 58.61847"W	22° 18' 14.85984"S	-2,64	821,917	824,557
N117	45° 54' 06.96290"W	22° 18' 40.56969"S	-2,63	834,252	836,882
N116	45° 54' 04.10276"W	22° 18' 24.04420"S	-2,64	819,841	822,481
N115	45° 53' 59.24682"W	22° 18' 19.77173"S	-2,64	828,946	831,586
N114	45° 53' 57.90673"W	22° 18' 23.08643"S	-2,64	843,445	846,085
N113	45° 53' 58.46072"W	22° 18' 23.77556"S	-2,64	843,084	845,724
N112	45° 53' 59.77257"W	22° 18' 24.92772"S	-2,64	840,166	842,806
N111	45° 54' 01.35650"W	22° 18' 30.89972"S	-2,63	848,299	850,929
N110	45° 54' 02.41961"W	22° 18' 33.20552"S	-2,63	850,37	853
N109	45° 54' 04.66494"W	22° 18' 41.36085"S	-2,63	847,643	850,273
N108	45° 54' 03.71806"W	22° 18' 42.08803"S	-2,63	853,041	855,671
N107	45° 54' 03.12781"W	22° 18' 39.62103"S	-2,63	853,311	855,941
N106	45° 54' 00.28841"W	22° 18' 33.97205"S	-2,63	861,242	863,872
N105	45° 53' 57.70982"W	22° 18' 28.11949"S	-2,64	857,421	860,061
N104	45° 53' 52.94129"W	22° 18' 24.67062"S	-2,64	865,783	868,423
N103	45° 53' 55.42053"W	22° 18' 14.60094"S	-2,65	826,308	828,958
N102	45° 53' 59.70462"W	22° 18' 07.96467"S	-2,65	819,677	822,327
N100	45° 54' 00.41866"W	22° 18' 03.73568"S	-2,65	818,746	821,396

2.5 PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Nesta etapa foi realizado o processamento das imagens aéreas capturadas e das coordenadas geodésicas dos pontos de controle para obtenção dos seguintes produtos:

- Nuvem de pontos do terreno;
- Modelo tridimensional georreferenciado da área levantada, baseado nas cotas do terreno, com remoção das camadas de vegetação, edificações e outras interferências;
- Extração de curvas de nível do terreno natural com espaçamento vertical de 1 metro;

- Vetorização de todos os elementos definidores do terreno como linhas de pés e cristas de taludes, canaletas superficiais, guias, sarjetas, edificações, postes, árvores, redes elétricas aéreas, caminhos, acessos e outras, conforme a realidade local;
- Compilação de planta-baixa em formato AutoCad contendo os resultados do aerolevanteamento topográfico (apresentada no arquivo FAPEPE-PMPA-ACG-TOP-PE-01-R00);
- Geração de imagem aérea ortorretificada de alta resolução (5,0 a 10,0 cm por pixel) da área levantada, e apresentação sob a carta topográfica elaborada (apresentada no arquivo FAPEPE-PMPA-ACG-TOP-PE-02-R00).

3 ESTUDO GEOTÉCNICO

Os estudos geotécnicos tiveram como objetivo a caracterização das formações geológicas ocorrentes, no sentido de definir as condições de subleito para implantação da via.

O programa de prospecção geotécnica foi elaborado após o reconhecimento de superfície da área de implantação da estrutura, tendo em consideração as características geológicas da região e a informação geotécnica necessária ao desenvolvimento do projeto.

A campanha de prospecção constou de 2 sondagens manuais a trado com coleta de amostras deformadas para realização de ensaios.

A localização dos furos é apresentada nas plantas de projeto.

3.1 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS DO LOCAL

Com relação à geologia, o município de Pouso Alegre – MG possui predominantemente depósitos aluviais (ENa), uma pequena parcela de rochas metassedimentares que compõem a Formação Pouso Alegre (NP3pa) e grandes complexos gnáissicos em seu entorno (NP2cm e NP2sjm).

Os depósitos aluviais possuem como característica – Aquíferos granulares, livres, com espessura de até 10-15m, permeabilidade entre 5 e 10 m/dia e

porosidade efetiva da ordem de 10%. Águas um pouco salobras em algumas áreas.

A Formação Pouso Alegre apresenta um Aquífero granular superficial. Capacidade de produção variável em função da sua espessura e composição granulométrica.

Gnássico-Granítico – Sistema aquífero em meio fissurado. Baixas permeabilidade e porosidade. Pouco explotados através de poços. Apresentam baixa a média capacidade de produção. Águas alcalinas e com dureza elevada.

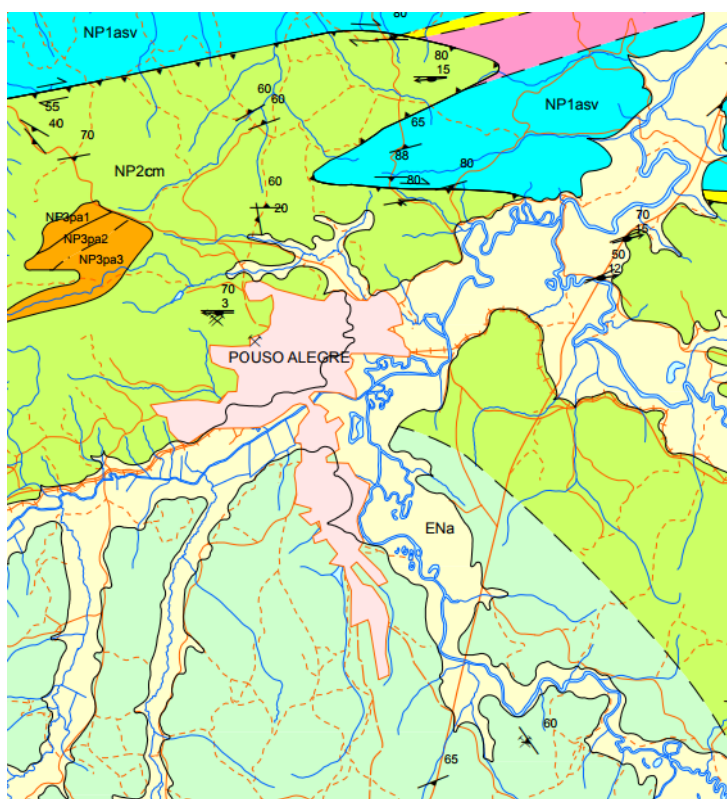


Figura 3-1 – Mapa Geológico de Pouso Alegre

Fonte: RIBEIRO, 2011

Onde:

ENa: Depósitos fluviais, cascalho, areia e lama.

NP3pa: Formação Pouso Alegre - brecha polimítica; conglomerado polimítico, arenito feldspatolítico e pelito; arenito feldspatolítico e arcóseo.

NP2cm: Complexo gnáissico Cachoeira de Minas - ortognaisses granodioríticos a tonalíticos. Localmente fácies migmatítica, ortopiroxênio, granulito máfico

3.2 ENSAIOS LABORATORIAIS

Com o objetivo de caracterizar os solos ocorrentes no subleito da via projetada, as amostras deformadas foram submetidas a ensaios de identificação: umidade higroscópica, análise granulométrica, determinação dos limites de Atterberg e ensaio de Compactação.

Os resultados obtidos são apresentados no Anexo II.

4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

1.1 METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência de chuvas. Essa relação permite ainda a obtenção de precipitações máximas para diferentes Tempos de Concentração – t_c , e Períodos de Retorno – TR. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva a grandeza utilizada é a Precipitação Excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial.

As vazões de projeto podem ser estimadas através de métodos estatísticos diretos e indiretos. Estas metodologias são determinadas de acordo com as dimensões das áreas de drenagem, da seguinte forma:

- Sub-bacias com áreas de até 5 km²: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 5 km² e 10 km²: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área acima de 10 km²: utiliza-se o Método de Ven Te Chow.

Desta forma, para a bacia de projeto com área de 1,145 Km², utilizou-se o método racional.

1.2 MÉTODO RACIONAL

O método mais utilizado para o cálculo da vazão a partir da transformação de chuva em vazão para análise em pequenas bacias hidrográficas é o método racional, devido à simplicidade de aplicação e facilidade do conhecimento e controle dos parâmetros necessários.

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva apresente uma intensidade constante, uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia, e que sua duração seja maior ou igual ao tempo de concentração na bacia. Como a intensidade de chuva decresce com o aumento da duração, a descarga máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração da bacia.

Este método, descrito matematicamente pela Equação 1, representa uma relação entre a vazão máxima de escoamento superficial e a intensidade de precipitação, dependendo das seguintes variáveis para a sua determinação: tipo de solo e do uso da terra, duração e intensidade da chuva e características físicas da rede de drenagem existente.

$$Q_P = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

Equação 1

Onde:

QP: Vazão de projeto (m³/s);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);

A: Área de drenagem (km²).

1.2.1 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “run off”. Variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial.

Portanto, são necessários cuidados na escolha do coeficiente, considerando as condições futuras de urbanização da bacia, que pode ser estimada através de uma média ponderada de cada uso e de sua respectiva área, caso a bacia apresente usos heterogêneos do solo.

Para a área de drenagem da fábrica da ACG Pouso Alegre foi utilizada uma média ponderada, obtida a partir da aplicação da Equação 2, para determinação do coeficiente de escoamento superficial de cada bacia, sendo que os valores de “C” foram estabelecidos de acordo com as condições de uso e ocupação do solo, conforme relacionado no Quadro 4.1.

$$C = \sum P_i \cdot C_i$$

Equação 2

Onde:

C: Coeficiente de escoamento superficial para cada bacia (adimensional);

Pi: Porcentagem da área de cada tipo de uso e ocupação. (adimensional);

Ci: Coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de uso e ocupação do solo (adimensional).

Quadro 4.1 - Coeficiente de Escoamento Superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “C”
Comércio	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Área da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos	

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "C"
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35
Zonas florestais e vegetação densa	0,25

(Fonte: Brasil, 2005.)

O cálculo ponderado do coeficiente de escoamento superficial (C) leva em consideração os valores estabelecidos no Quadro 4.1 e o uso e ocupação do solo em cada sub-bacia, conforme mostrado na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 -Coeficiente de escoamento superficial

USO DO SOLO	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	C
Área verde (m²)	84860.98	4443.05	47745.83	24650.75	44903.71	15275.46	0.18
Asfalto (m²)	1354.63	882.12	10264.13	1304.16	2593.90	7355.98	0.83
Residencial (m²)	9751.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
Pavimento (m²)	53986.46	0.00	38046.07	0.00	0.00	2121.96	0.88
Telhado (m²)	17113.61	0.00	25095.84	0.00	0.00	0.00	0.85
C ponderado	0.51	0.29	0.59	0.21	0.22	0.43	
Área total (m²)	167067.06	5325.17	121151.87	25954.91	47497.60	24753.40	

1.2.2 DURAÇÃO DA CHUVA E PERÍODO DE RETORNO

Para obtenção da intensidade de chuva a ser utilizada no projeto, foram estipulados os parâmetros de tempo de duração do evento de chuva e o período de retorno.

Para aplicação no método racional, é necessário utilizar um tempo de duração de chuva igual ou inferior ao tempo de concentração na bacia, que pode ser determinado considerando o ponto de contribuição da sub-bacia do terreno mais distante em relação ao ponto mais à jusante. Para pequenas sub-bacias, a equação 3 é a mais recomendada.

$$t_c = 10 + \frac{L}{90}$$

Equação 3

Onde:

tc: tempo de concentração do escoamento superficial em cada sub-bacia (h);

L: distância entre o ponto de contribuição mais à montante e o ponto mais à jusante da bacia (m);

Tabela 4-2 - Tempo de concentração do escoamento

SUB-BACIA	L	tc
SB1	512.75	0.26162
SB2	74.43	0.18045
SB3	376.09	0.23633
SB4	81.4873	0.18176
SB5	198.65	0.20345
SB6	300.09	0.22224

1.2.3 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

Com base em observações das precipitações pluviométricas, armazenados em séries históricas de dados de chuva, determina-se uma relação entre as intensidades, as durações e as frequências destas precipitações, o que permite a avaliação das precipitações máximas para diferentes durações e períodos de retorno (adaptado de SANTOS, 2010).

Portanto, segundo Santos (2010), considera-se a intensidade máxima de chuva como sendo o volume de precipitação que ocorre por unidade de tempo para uma chuva com determinada frequência e duração igual ao tempo de concentração da bacia.

Para o cálculo da intensidade de precipitação utiliza-se a equação de chuvas intensas da estação pluviométrica mais próxima ou representativa da área de estudo, no caso a estação ANEEL-02245089, de Silvianópolis (de coordenadas geográficas: Lat. 22°02'S, Long. 45°50'W e Altitude de 870 m). As informações de precipitação foram coletadas durante um período de 26 anos, e a equação é utilizada somente para chuvas de duração entre 10 e 1440 minutos. A referida equação é apresentada a seguir, pela Equação .

$$i = \frac{666,8940 \cdot T^{0,184}}{(t + 20,877)^{0,635}}$$

Equação 4

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a localização da estação utilizada em relação a área de projeto. A referida equação é apresentada a seguir, onde:

I: Intensidade da chuva (mm/h);

t: duração da chuva (min);

T: período de retorno (anos).



Figura 4-1 - Localização da estação pluviométrica em relação à área de projeto.

Com o valor da intensidade de precipitação para a cidade de Silvanópolis é possível determinar a chuva máxima de projeto para o município de Pouso Alegre e, assim, estudar o comportamento da drenagem natural.

Tabela 4-3 - Intensidade de chuva

SUB-BACIA	I (mm/h)
SB1	173.722
SB2	174.147
SB3	173.854
SB4	174.140
SB5	174.026
SB6	173.928

1.2.4 VAZÃO

A vazão calculada sintetiza as considerações e cálculos realizados em relação ao tempo de concentração do escoamento e à intensidade de chuva, ao coeficiente de escoamento superficial e a área de contribuição de cada sub-bacia do projeto, conforme mencionado anteriormente no início do item 4.3. Assim, a Tabela 4-4 apresenta os valores determinados para a vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s).

Tabela 4-4 - Cálculo de vazão

SUB-BACIA	C	I (mm/h)	A (m²)	Q (m³/s)
SB1	0.513	173.722	167067.055	4.139
SB2	0.288	174.147	5325.169	0.074
SB3	0.594	173.854	121151.872	3.473
SB4	0.213	174.140	25954.905	0.267
SB5	0.215	174.026	47497.604	0.495
SB6	0.433	173.928	24753.401	0.518

5 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico é a base do projeto viário como um todo, pois dele decorre uma série de condicionantes para os demais, procura-se como regra geral, escolher uma solução que seja compatível com os demais projetos.

O Projeto Geométrico foi concebido tendo como objetivo a interligação entre a Estrada Municipal e a Unidade Fabril da ACG do Brasil e tendo como base os estudos topográficos e os estudos geotécnicos associados à visita técnica “*in loco*”. Para o desenvolvimento do greide da via foram adotadas cotas que

possibilitassem uma melhor compensação de volumes de corte e aterro e a projeção horizontal de menor interferência nas áreas de mata.

5.1 PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO

A seguir, descrevem-se os parâmetros de concepção adotados para a via de acesso.

5.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

A classificação da via, bem como as informações de tráfego, fundamenta para que o planejamento do sistema viário seja baseado na identificação das necessidades de deslocamento.

A via projetada neste trabalho visa compor o sistema viário local atendendo à Unidade Fabril da ACG do Brasil de forma funcional e classifica-se como via local, com velocidade diretriz de 30 Km/h.

5.1.2 VEÍCULO DE PROJETO

O veículo de projeto adotado foi o veículo tipo SR, denominado genericamente por Semirreboque. Representa os veículos comerciais articulados, com comprimento próximo ao limite para veículos articulados, sendo constituídos normalmente de uma unidade tratora simples com um semirreboque.

A consideração de um ou outro tipo de veículo para fins de balizamento do projeto geométrico de uma via depende fundamentalmente da finalidade da via e dos volumes (e composições) previstos pelo tráfego a ser por ela atendido.

Este tipo de veículo possui raio mínimo de giro de 6,00 m, este parâmetro influencia diretamente nos raios mínimos de curvatura projetados para a via. Devido a este fator o raio mínimo de curvatura utilizado no projeto foi de 6,00 m. Apenas a rótula central possui 5,5 m, mas a largura da pista de 12,00 m permite de forma confortável o movimento de rotação.

5.1.3 LARGURA DAS VIAS

A largura da via foi definida pela Prefeitura Municipal de Pouso Alegre, tendo por base a funcionalidade do projeto e pode ser observada na seção transversal apresentada na planta do projeto geométrico.

5.1.4 VELOCIDADE DIRETRIZ

Para que o veículo de projeto (SR) consiga prosseguir sob o raio de curvatura mínimo de projeto (6,00 m) a velocidade diretriz da via deve ser de 40 km/h.

5.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico está apresentado nas pranchas FAPEPE-PMPA-ACG-GEO-PE-03-R00 e FAPEPE-PMPA-ACG-GEO-PE-04-R00, contendo os elementos a seguir.

5.2.1 EM PLANTA:

Indicação dos eixos projetados com estacas marcadas a cada 20 (vinte) metros, ou menos quando necessário;

Definição dos elementos cadastrais contidos na faixa do projeto.

5.2.2 EM PERFIL:

Comprimento e percentagens das rampas;

Comprimento das projeções horizontais e verticais de concordância;

Afastamento entre o PIV e a parábola;

Estaqueamento da linha locada, com estacas indicadas de 20 em 20 metros;

Perfil do terreno natural, pelo eixo projetado.

5.3 LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

O método de cálculo para a elaboração do projeto geométrico utilizado foi o analítico, através de microprocessador programável. Através deste processo foram calculados todos os pontos de intersecção de eixos de vias, elementos de curvas, além dos demais elementos essenciais ao projeto.

Tendo em vista as características do Sistema Viário projetado, sugere-se que seja adotada a seguinte metodologia para sua exata locação no campo:

- Partindo-se de uma das linhas-base, definida por marco de concreto existente no campo, determinar uma poligonal de referência, preferencialmente fechada, tal que seus vértices sejam os pontos notáveis dos eixos das vias, a saber: PC, PI, PT e pontos de intersecção de vias.
- O erro máximo de fechamento tolerável, para efeito de locação, será de 1:2000, ou seja, um centímetro de erro para cada vinte metros medidos.

No Anexo I é apresentado o relatório de locação do alinhamento horizontal e vertical da via de acesso.

6 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

No Projeto de Terraplenagem são calculados os volumes de movimentação de terra para implantação do sistema viário. Neste projeto são definidas as proporções dos taludes, analisando a capacidade do solo para estabilidade dos cortes e corpos de aterro.

O cálculo de volume de terraplenagem foi executado através da modelagem tridimensional do terreno acabado, elaborada a partir dos perfis longitudinais das vias e notas de serviço do pavimento acabado.

Neste documento são apresentadas recomendações construtivas e métodos antierosivos necessários para garantir a estabilidade dos taludes projetados.

6.1 TALUDES PROJETADOS

Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de 45° ou razão de 1 por 1 (vertical e horizontal). Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal).

Nos taludes serão executadas obras de proteção contra erosão, com o plantio de grama pelo processo de enleivamento.

Os cálculos dos volumes de movimentação de terra foram desenvolvidos através do método computacional com modelagem tridimensional.

6.2 RESUMO DAS QUANTIDADES

Definidas as características geométricas dos segmentos, das seções tipos e através do programa computacional Autocad Civil 3D, são geradas automaticamente superfícies de projeto e seções transversais com áreas de cortes e aterros calculadas, sendo assim geradas automaticamente as planilhas de Volumes para cortes e aterro, apresentadas na prancha 03-FAPEPE-PMPA-ACG-TRP-PE-06-R00.

A seguir apresenta-se o resumo de quantidades do projeto de terraplenagem.

Corte de material de 1ª categoria, carga, transporte, descarga e espalhamento, medido no corte.....3.694,12 m³

Compactação de aterro em camadas de 0,20 m de espessura, com grau de compactação maior ou igual à 100% P.N., medido no aterro compactado.....375,33 m³

Volume de bota-fora.....3.318,79 m³

Área de plantio de grama para recobrimento dos taludes.....3.077,80 m³

Para elaboração de quantitativo, é considerado para fins de medição e acerto financeiro os empolamentos de materiais escavados e/ou desmontados, conforme valores apresentados abaixo:

- Argilas: 22 a 27%
- Areias: 11 a 16%
- Rocha: 60 a 70%

Neste projeto foi considerado o valor de 25%, por se tratar de material argiloso.

6.3 MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

Todos os elementos analíticos foram calculados através de microprocessador programável, com erro máximo tolerável de +/- 0,05 m, tendo como fundamento teórico o estudo econômico e as normativas técnicas em vigor.

6.4 ORIENTAÇÕES DO PROJETO

O projeto de terraplenagem somente poderá ser executado após o levantamento das informações obtidas através do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, do Projeto Geométrico, que fixa os elementos geométricos básicos, e dos Estudos Geotécnicos, que fornecem especificações de materiais e executivas.

Os serviços de terraplanagem consistirão da limpeza da faixa de movimentação de terra, extração e remoção de materiais inadequados para fundação dos aterros, execução de cortes e aterros, operação de acabamento da plataforma e dos taludes dos cortes e aterros, execução de drenagem superficial e profunda, conforme recomendações do projeto.

Tendo em vista a topografia do terreno, o projeto de terraplanagem teve os seguintes condicionantes, que deverão ser seguidos durante a execução.

- a. Por ocasião da execução das obras de terraplenagem deverá ser observado atentamente o comportamento do terreno.
- b. Todas as árvores e arbustos existentes que não impeçam os trabalhos serão devidamente protegidos e conservados.
- c. Os transportes serão efetuados através de meios apropriados, evitando sujar ruas e estradas e, em caso de inobservância ou acidente deverá ser providenciada a imediata remoção do material e a limpeza da via de circulação.
- d. O número de ensaios tecnológicos sob os aterros e cortes será o necessário e suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material compactado. Serão realizados no mínimo os ensaios geotécnicos recomendados pela ABNT.
- e. Depois de lograda a inclinação definitiva dos taludes, a superfície será aplainada e retirado o material solto e compactado.
- f. A via projetada deverá obedecer às cotas apresentadas na planta de terraplanagem.
- g. Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de +/- 45° ou razão

- de 1 por 1 (vertical e horizontal),
- h. Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal), recomenda-se que sua execução tenha uma sobrelargura de ao menos um metro e que após sua execução seja executado corte com motoniveladora de forma que este aterro seja formado exatamente com inclinação de 34 graus.
 - i. Em todos os taludes, serão executadas obras de proteção contra erosão, com plantio de grama, em toda extensão do talude.
 - j. Os serviços deverão ser executados obedecendo as Normas e Especificações Gerais das normativas vigentes.

6.4.1 SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

Os serviços topográficos consistirão de implantação de referência de nível, locação da área a ser aterrada, nivelamento de cortes e de plataforma.

A locação deverá ser executada conforme projeto executivo, cabendo à **fiscalização** realizar as verificações para o real cumprimento da geometria de projeto.

6.4.2 DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO E LIMPEZA

O desmatamento compreende o corte e a remoção e toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade e tipo. O destocamento e limpeza compreendem as operações de remoção total dos tocos e raízes, de escavação e remoção da camada de solo orgânico, na profundidade indicada pela fiscalização, e dos matacões encontrados nessa profundidade.

Compreende-se, ainda, como operação de limpeza, a demolição de alicerces de construções existentes dentro da faixa de serviço e a remoção conveniente dos entulhos resultantes, desde que tal demolição possa ser processada através da utilização de tratores de esteiras.

O material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza, será removido para bota-fora ou estocado. A remoção ou estocagem dependerá de eventual utilização, a critério da fiscalização, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências do corpo da obra, nem a sua deposição nos locais de aterros. É proibido proceder à queima do material em referência.

No caso de jazidas de empréstimos, o material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza deverá ser estocado em local determinado pela **fiscalização** ou constante do projeto, podendo eventualmente ser retransportado para as áreas de onde for retirado o material de empréstimo, após seu conveniente acabamento e acerto.

Nas áreas destinadas a cortes, a camada correspondente à média de 30 (trinta) centímetros abaixo do perfil natural deverá ficar isenta de tocos e raízes.

Os locais de bota-fora dos materiais provenientes do desmatamento, destocamento e limpeza, salvo no caso de reutilização, serão indicados pela fiscalização e/ou no projeto executivo.

Nenhum movimento de terra na área destinada à implantação dos aterros poderá ser iniciado enquanto as operações de desmatamento, destocamento e limpeza nas áreas devidas não tenham sido totalmente concluídas.

6.4.3 CORTE DO TERRENO

Os trabalhos deverão ser executados com a cautela e segurança indispensáveis à preservação da vida dos operários e de forma a não colocar em perigo propriedades vizinhas.

O excesso de material, quando não aproveitado, deverá ser enviado ao bota-fora determinado no projeto.

Nenhuma escavação poderá ser executada com profundidade tal que cause desconfinamento do terreno de fundação de prédios vizinhos seja por diferença de nível, seja por efeito de percolação de água.

O talude deverá ser imediatamente protegido após a sua execução.

Em casos de presença de veios de água ou de ser atingido a nível freático e não previsto no projeto, será requerida de imediato a presença de especialista para não vir a ser comprometida a estabilidade do maciço.

6.4.4 ATERRO

Os materiais a serem utilizados no aterro devem ter características uniformes e permitir a obtenção do grau de compactação mínimo especificado para o trabalho em causa.

Em caso de algum deve ser admitida a utilização de turfas, argilas orgânicas nem materiais com matéria orgânica, micáceas ou diatomáceas devendo ainda ser evitado o emprego de materiais expansivos. Igualmente, não será permitida a inclusão de troncos, tocos e raízes nos aterros.

O material dos cortes locais, que venham a ser utilizados para aterro, deve passar por processo de exame e aprovação.

Deverão ser observadas as recomendações da ABNT NB-501 (projeto) que estabelece o controle tecnológico obrigatório na execução de aterros em qualquer dos seguintes casos:

- Aterros com responsabilidade de suporte de fundações, pavimento ou estrutura de contenção;
- Aterros com altura superiores a 1 metro;
- Aterros com volumes superiores a 1.000 m³.

Os aterros e/ou reaterros, independentemente de sua área e volume, serão executadas em camadas com espessura máxima de 20 cm de terra empolada.

Em qualquer das circunstâncias, o corpo de aterro deverá atingir 98% de grau de compactação em relação ao ensaio do Proctor Normal. Para confirmação da observância desta forma, a Fiscalização recolherá amostras e procederá aos testes necessários.

A camada final de terraplenagem (CFT) deve apresentar grau de compactação de 100% do Ensaio de Proctor Normal, desvio de umidade em relação a ótima de +/- 1%, CBR \geq 7% e expansão \leq 3%.

Somente será aceita a compactação mecânica, independentemente do volume ou dimensões da área de aterro ou reaterro.

Quando os aterros e/ou reaterros forem executados junto a prédios, vizinhos, muro de arrimo, cortinas de concreto ou taludes existentes, a compactação deverá ser feita por processo que evite fortes vibrações que ocasionarão abalos ou solapamentos nos prédios vizinhos ou terrenos limítrofes.

6.4.5 MATERIAL DE ATERRO

Fica a critério da contratante a escolha da jazida de material de aterro ou mesmo a utilização do material proveniente do corte, desde que o material atenda as seguintes condicionantes:

- No caso de compactação de solos com mais de 20% passante na peneira n° 200 (siltes e argilas) deverão ser utilizados rolos compactadores tipo pé-de-carneiro e a espessura da camada compactada deverá ser menor que 30 cm (após a compactação). Nos locais sem acesso a rolos, deverão ser empregados “sapos” mecânicos e espessura máxima da camada de 20 cm.
- Quando o aterro for constituído por solos grossos (areias e pedregulhos) com menos de 12% passante na peneira n° 200, deverão ser utilizados rolos vibratórios e/ou placas vibratórias (nos locais sem acesso a rolos). Recomenda-se frequência de vibração entre 25 e 40 Hz. A máxima espessura de camada compactada deverá ser de 40 cm.
- Deverão ser ainda adequadamente selecionadas e controladas as seguintes variáveis: peso mínimo do rolo compactador, comprimento da pata dos rolos pé-de-carneiro, velocidade de passagem do rolo (sempre inferior a 8 km/h) e número de passagens do rolo.

7 PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem objetiva definir os dispositivos de coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem ao mesmo.

A coleta da vazão calculada em função do escoamento superficial é realizada a partir da instalação de diversos dispositivos hidráulicos coletores ao longo da bacia que em conjunto são responsáveis pela coleta completa do escoamento superficial no ponto mais à jusante. Os dispositivos utilizados neste projeto são

canaleta, caixa, escada hidráulica, bacia de contenção, muro de ala e sarjeta, com base em projetos padrões do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT e do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

O sistema de canaletas adotado é responsável pela coleta do escoamento superficial e o dimensionamento foi realizado a partir do software *Canal – Sistema para dimensionamento de canais*, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. A seguir é mostrada a relação entre dispositivo hidráulico e a referente sub-bacia de contribuição – Tabela 7-1.

Tabela 7-1 - Dispositivos de coleta de água

DISPOSITIVO DE COLETA	SUB-BACIA DE CONTRIBUIÇÃO
Canaleta 1.1 - Proteção de corte	SUB-BACIA 2
Canaleta 1.2 - Proteção de corte	
Canaleta 1.3 - Proteção de corte	
Canaleta 1.4 - Proteção de corte	
Canaleta 1.5 - Proteção de corte	
Canaleta 2.1 - Proteção de corte	SUB-BACIA 4
Canaleta 2.2 - Proteção de corte	
Canaleta 2.3 - Proteção de corte	
Canaleta 2.4 - Proteção de corte	
Canaleta 2.5 - Proteção de corte	
Canaleta 2.6 - Proteção de corte	
Canaleta 2.7 - Proteção de corte	
Canaleta 2.8 - Proteção de corte	
Canaleta 3.1 - Proteção de corte	SUB-BACIA 5
Canaleta 3.2 - Proteção de corte	
Canaleta 3.3 - Proteção de corte	
Canaleta 3.4 - Proteção de corte	
Canaleta 3.5 - Proteção de corte	
Canaleta 3.6 - Proteção de corte	
Canaleta 3.7 - Proteção de corte	
Trecho de tubulação 3.8 - Direcionamento, entrega	SUB-BACIAS 1 E 2
Canaleta 4.0 – Trecho de tubulação	
Canaleta 4.1 - Direcionamento	
Canaleta 4.2 – Direcionamento, entrega	SUB-BACIA 3
Trecho de tubulação 5.0 - Direcionamento	
Canaleta 5.1 - Direcionamento, entrega	
Trecho de tubulação 5.2 – Direcionamento, entrega	

As parâmetros de entrada para o dimensionamento das canaletas no software *Canal* são mostrados a seguir, de acordo com as figuras retiradas do próprio software.

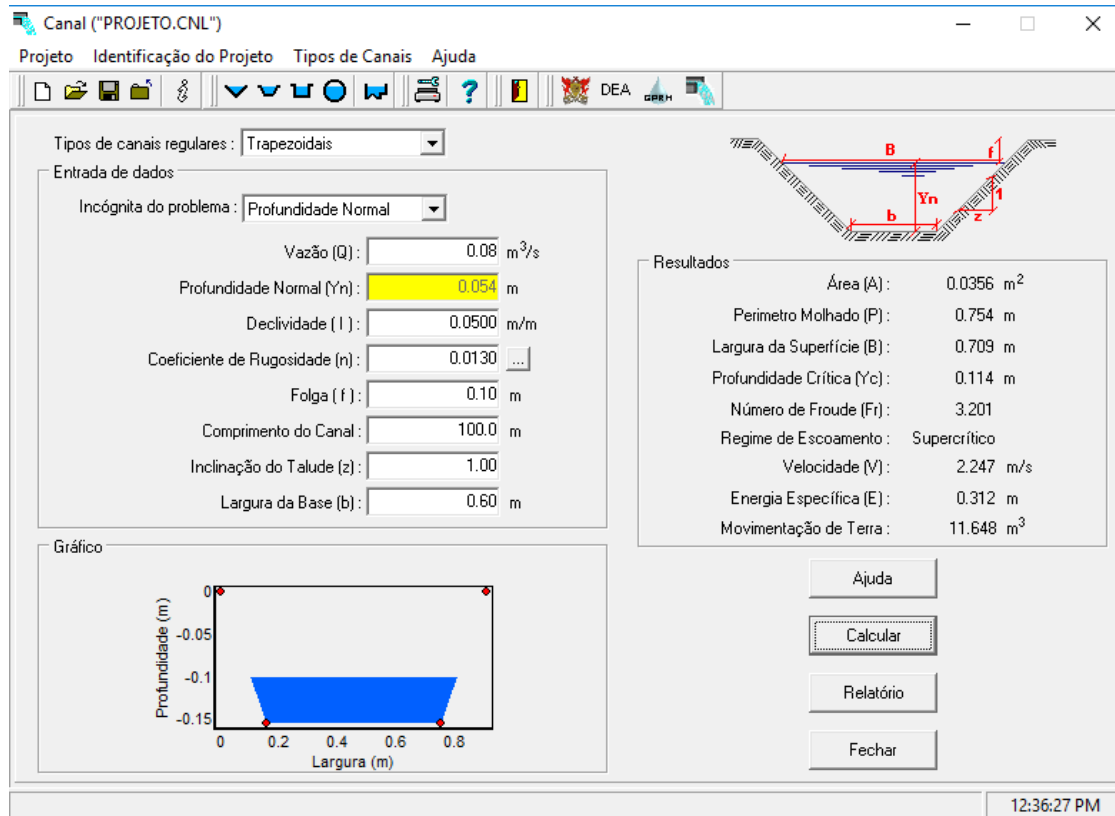


Figura 7-1 - Canaleta 1.1

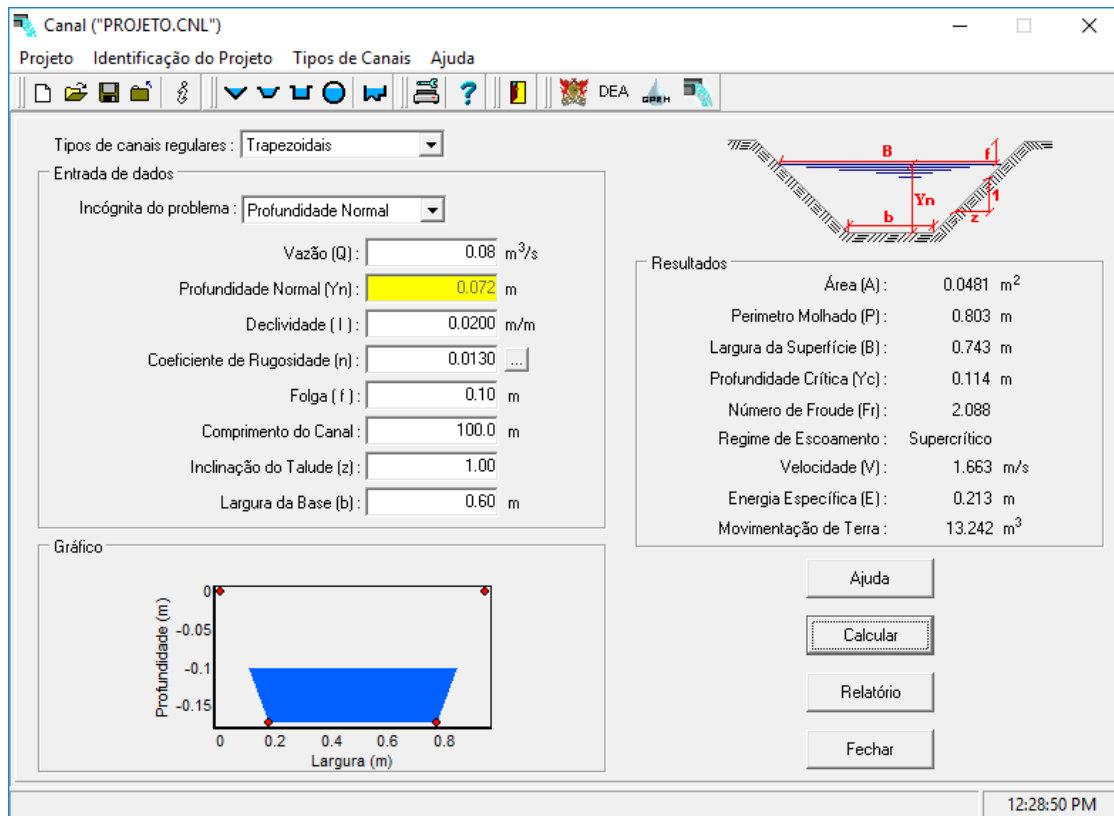


Figura 7-2 - Canaleta 1.2

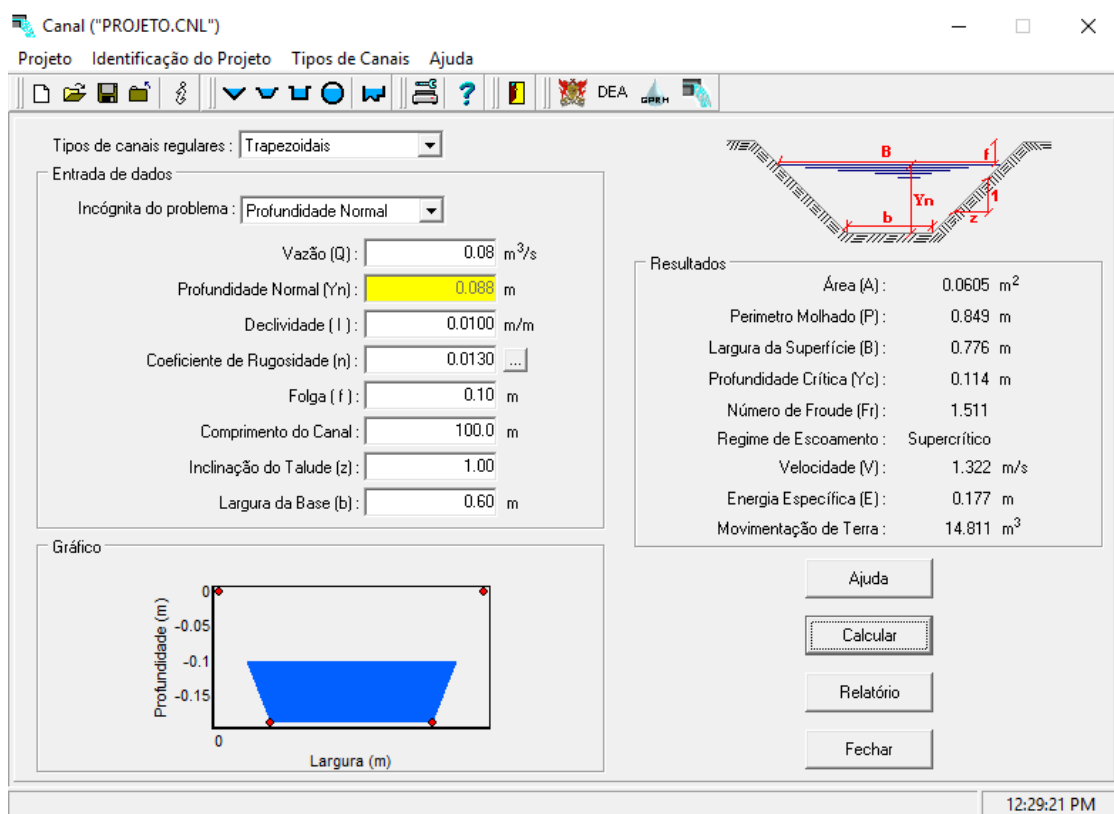


Figura 7-3 - Canaleta 1.3

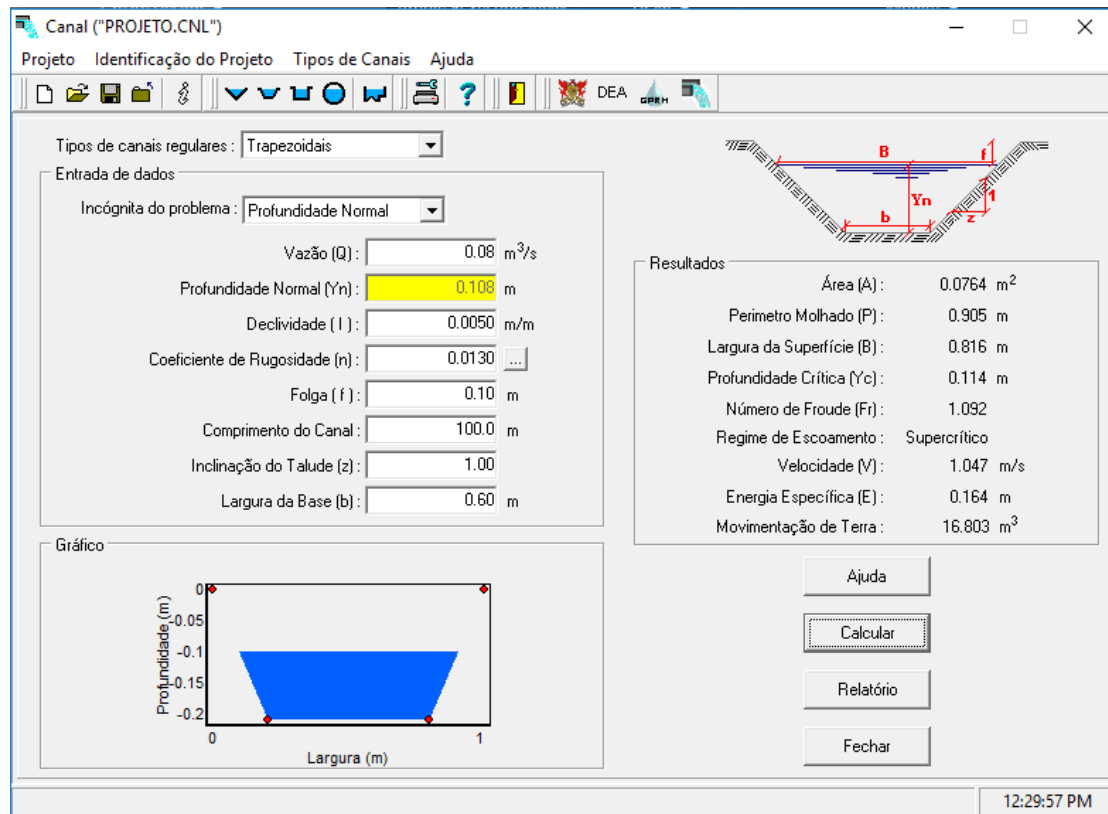


Figura 7-4 - Canaleta 1.4

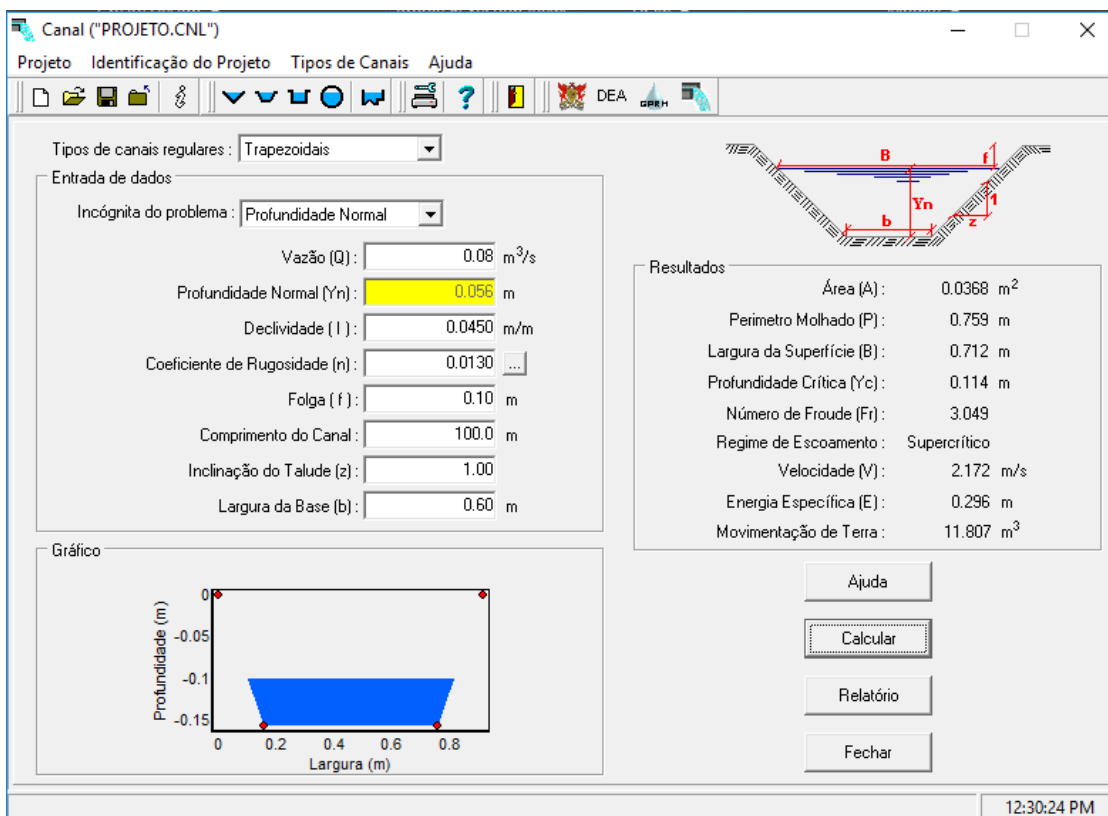


Figura 7-5 - Canaleta 1.5

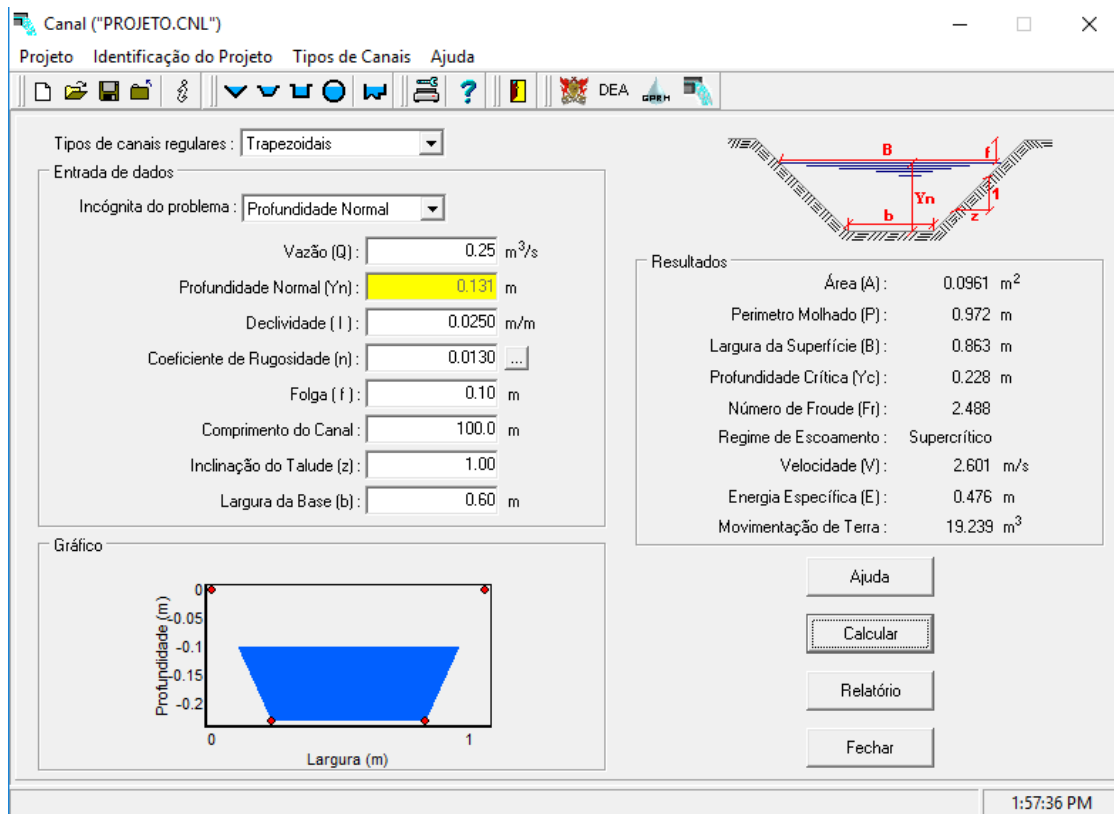


Figura 7-6 - Canaleta 2.1

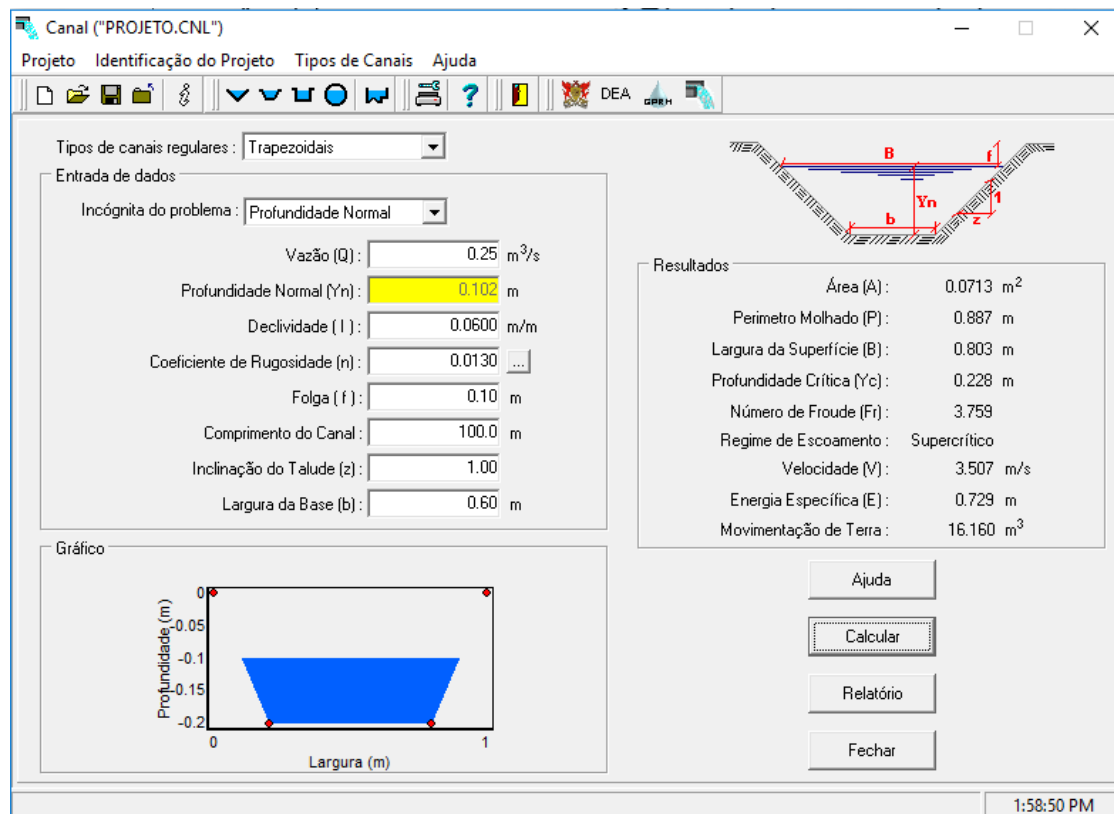


Figura 7-7 - Canaleta 2.2

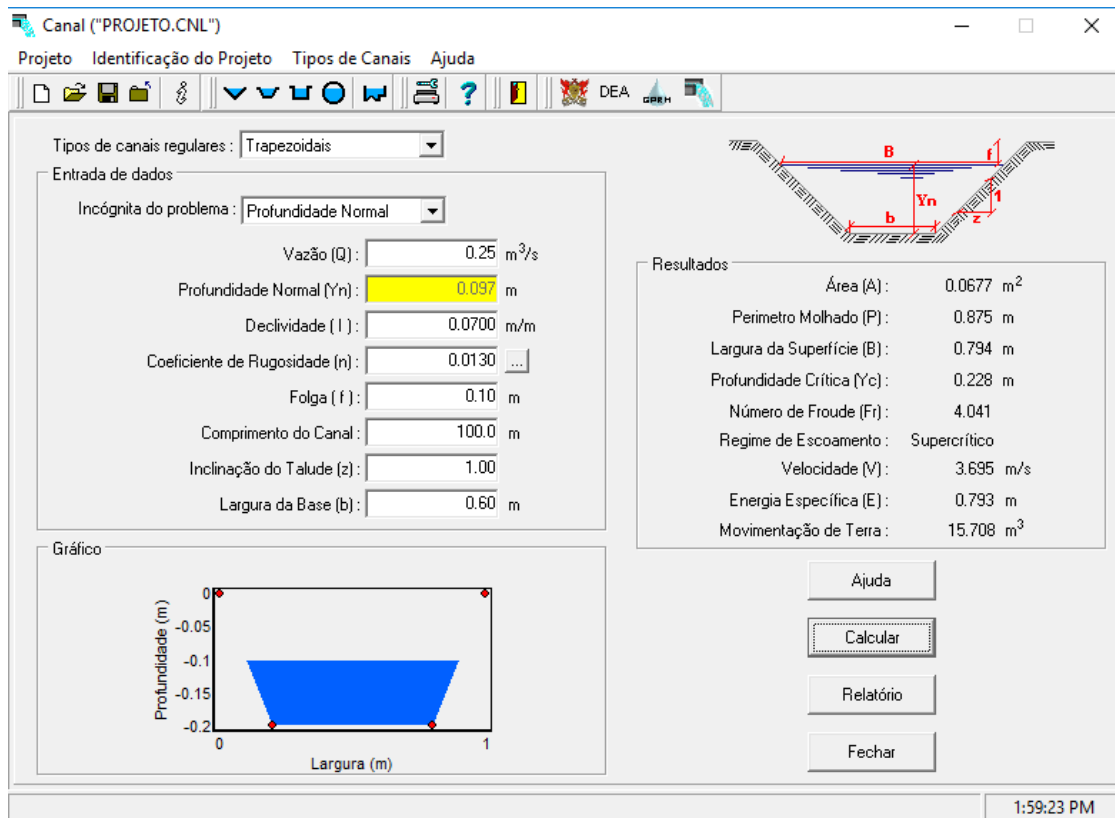


Figura 7-8 - Canaleta 2.3

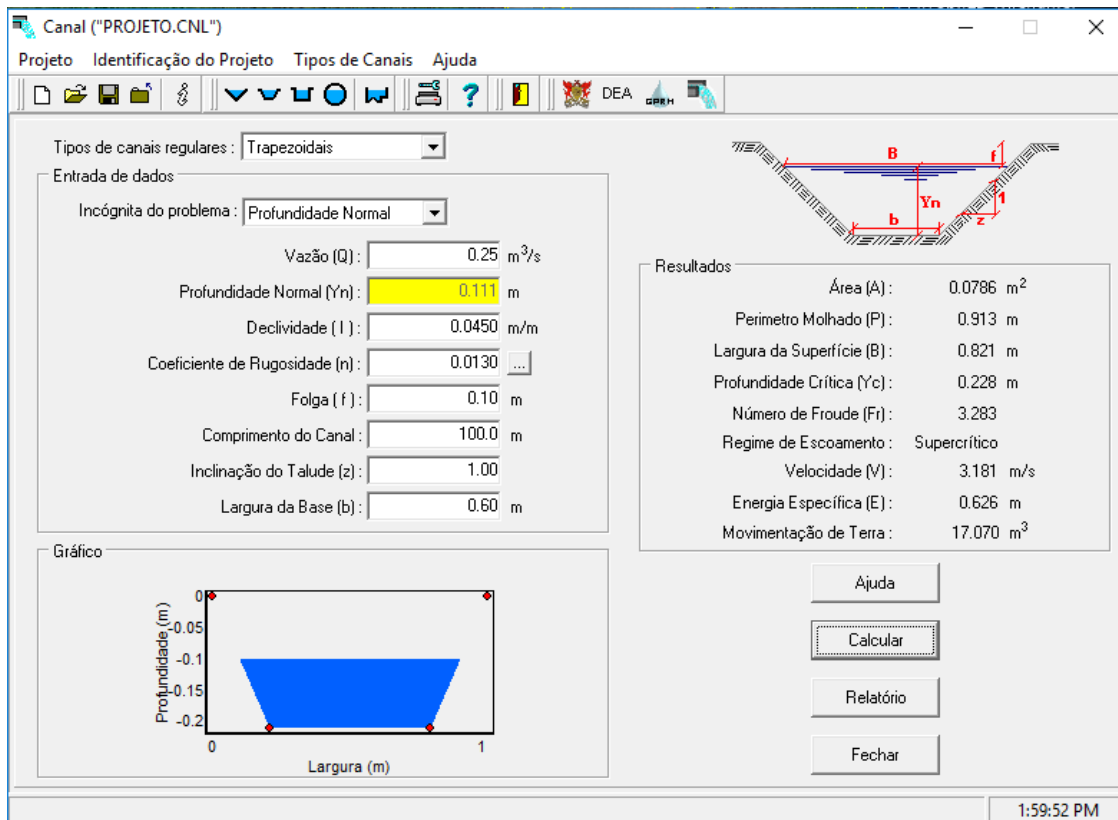


Figura 7-9 - Canaleta 2.4

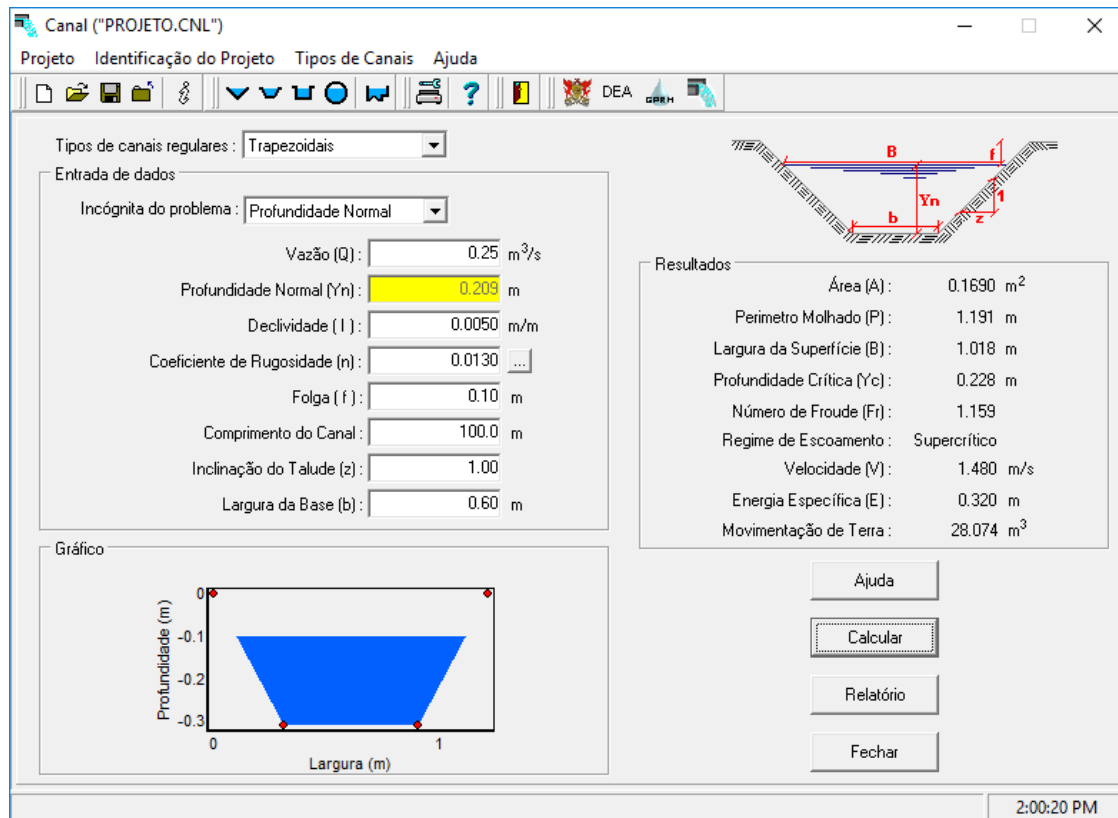


Figura 7-10 - Canaleta 2.5

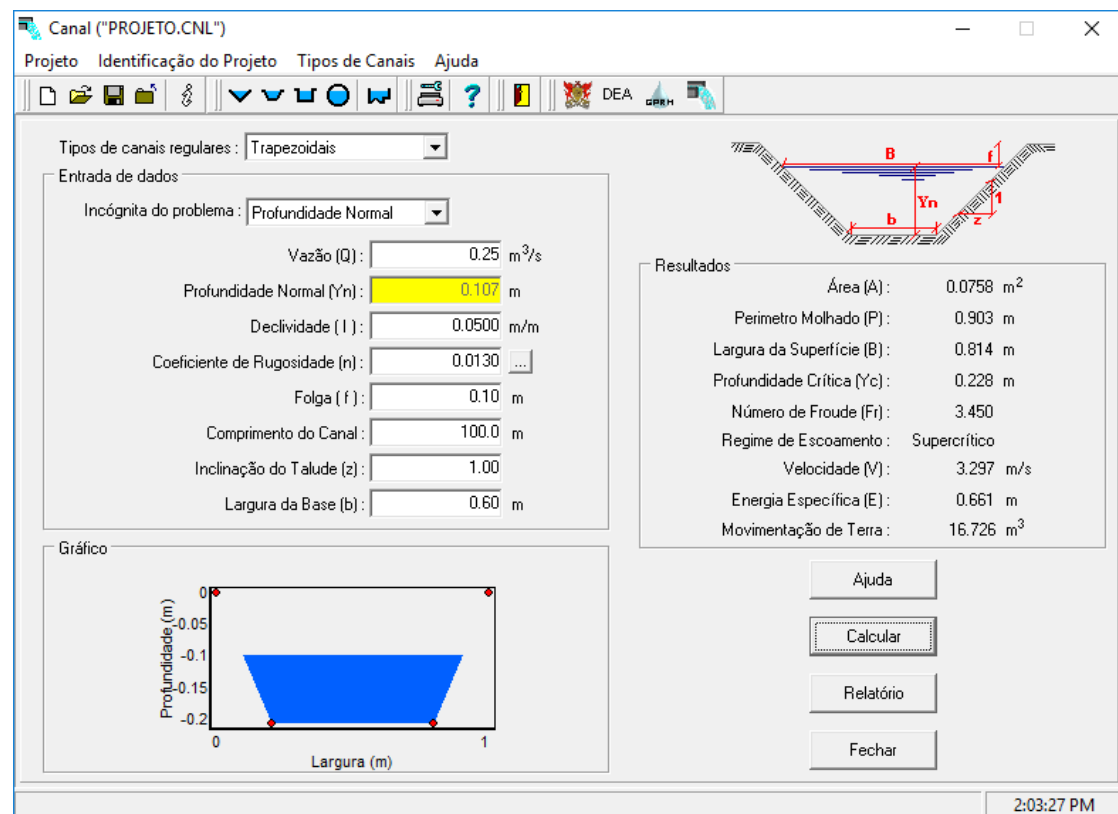


Figura 7-11 - Canaleta 2.6

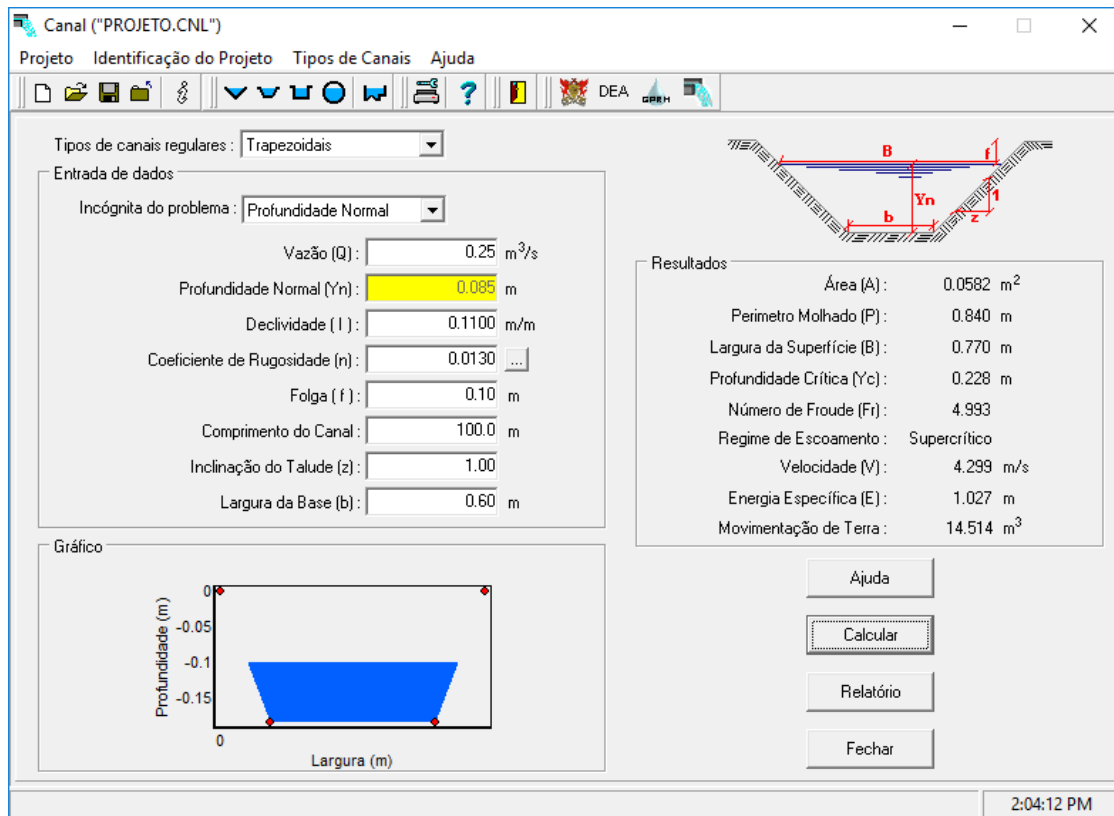


Figura 7-12 – Canaleta 2.7

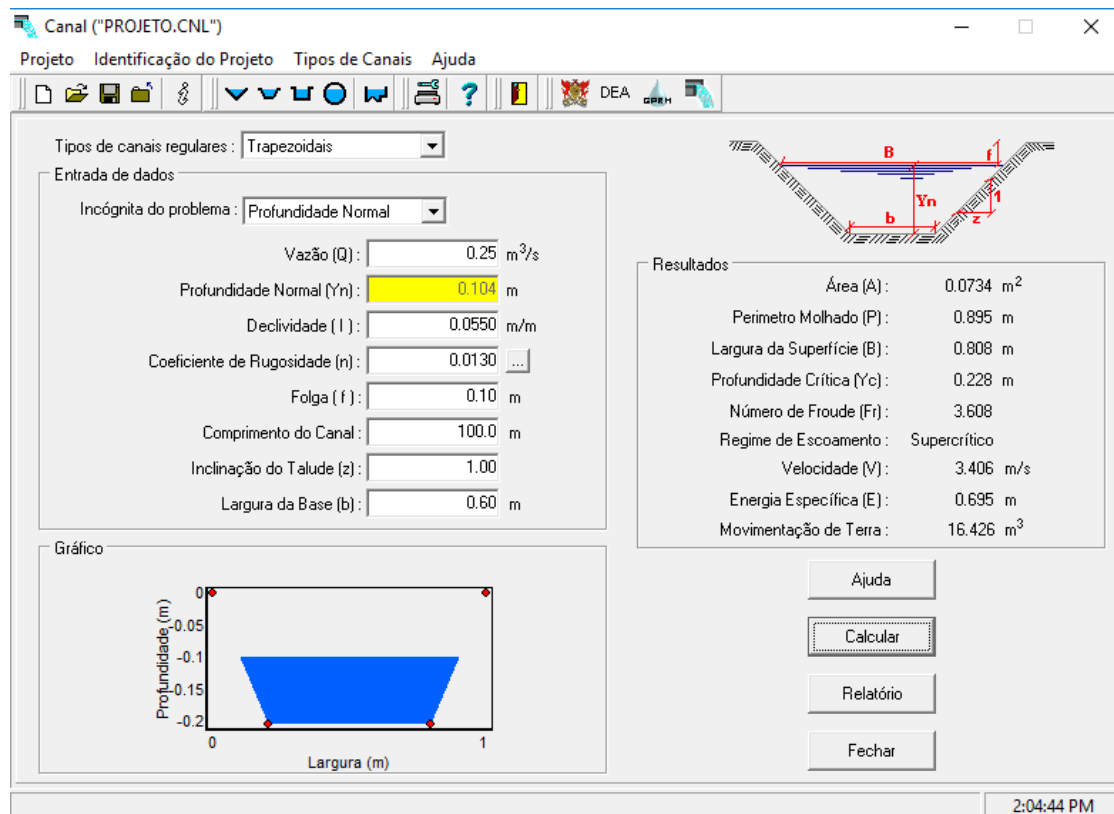


Figura 7-13 – Canaleta 2.8

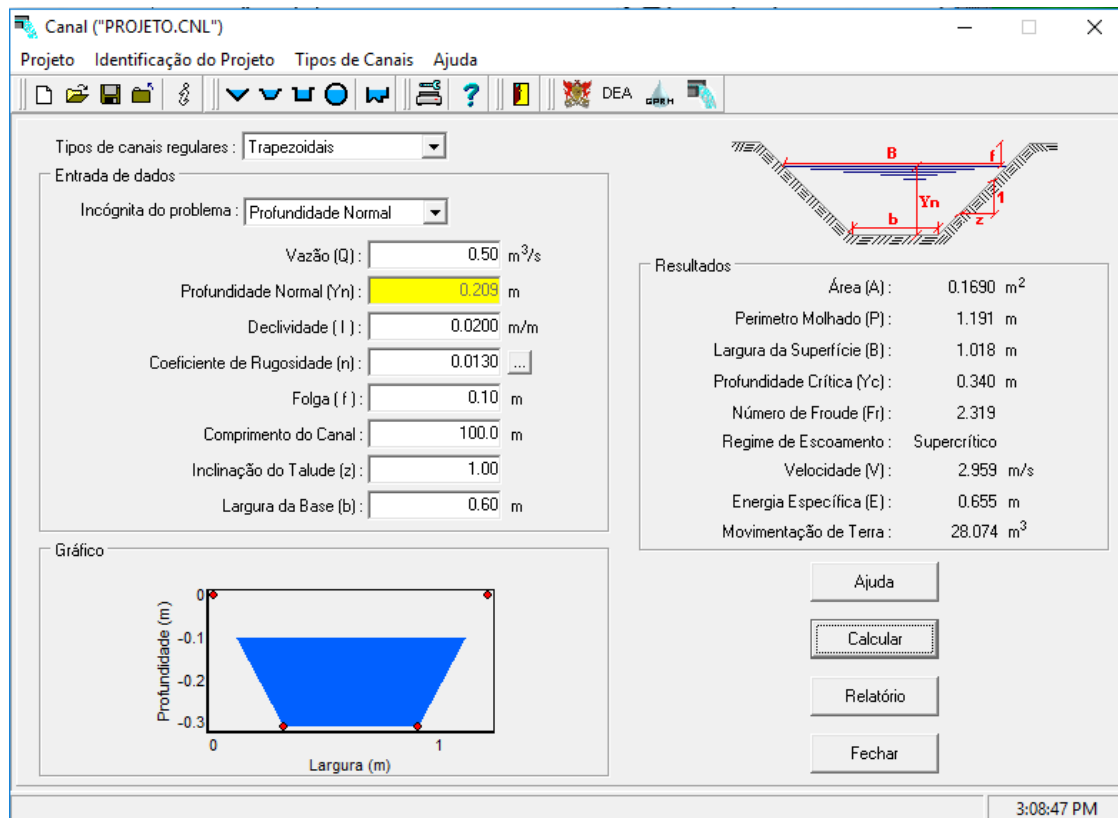


Figura 7-14 - Canaleta 3.1

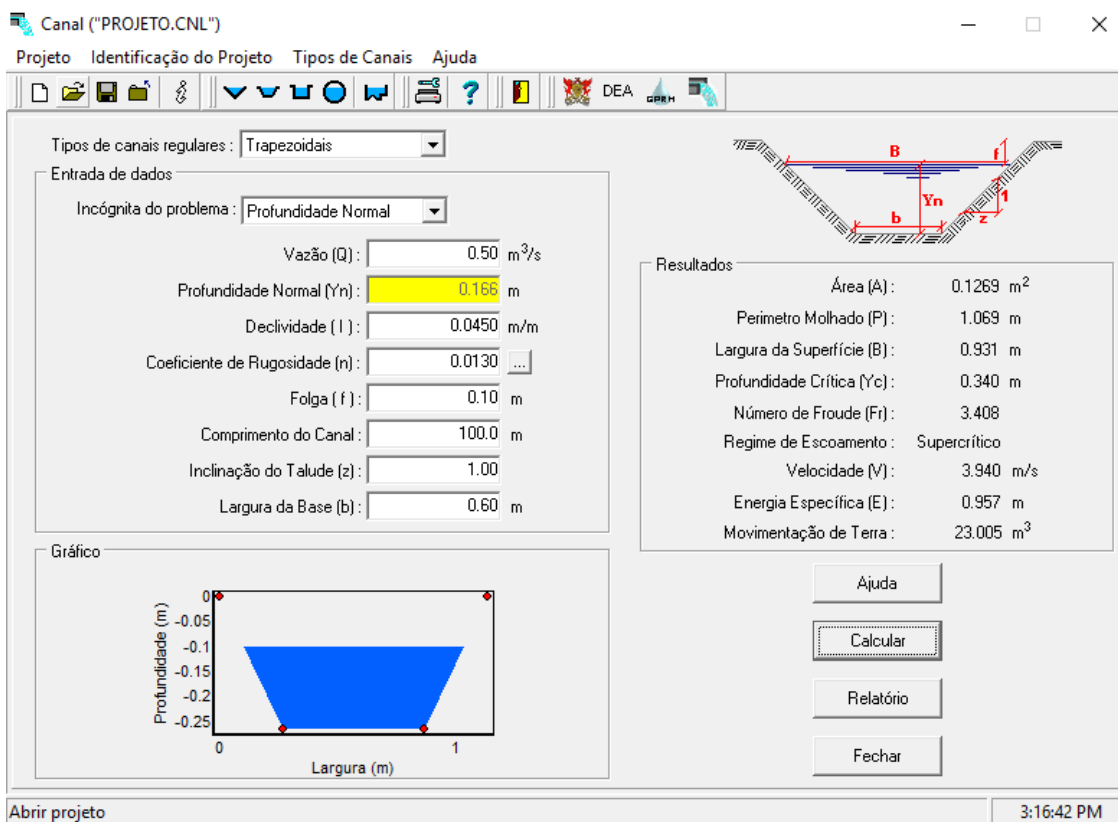


Figura 7-15 - Canaleta 3.2

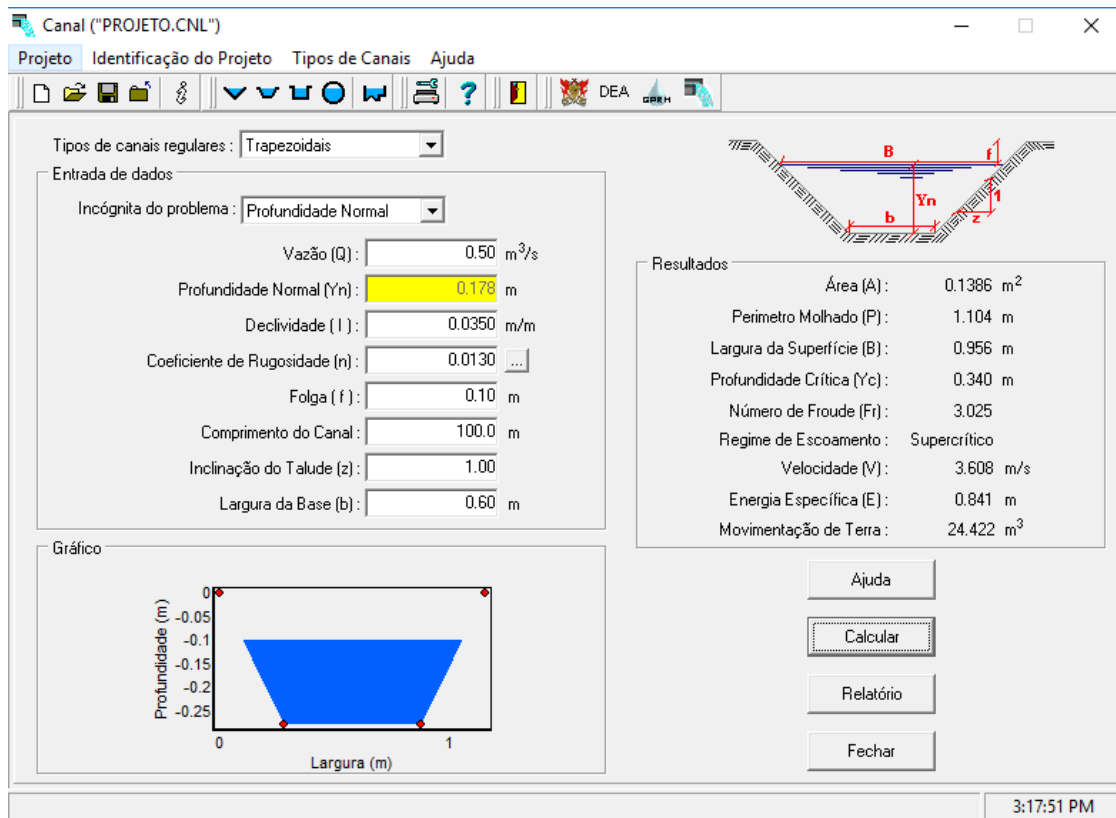


Figura 7-16 - Canaleta 3.3

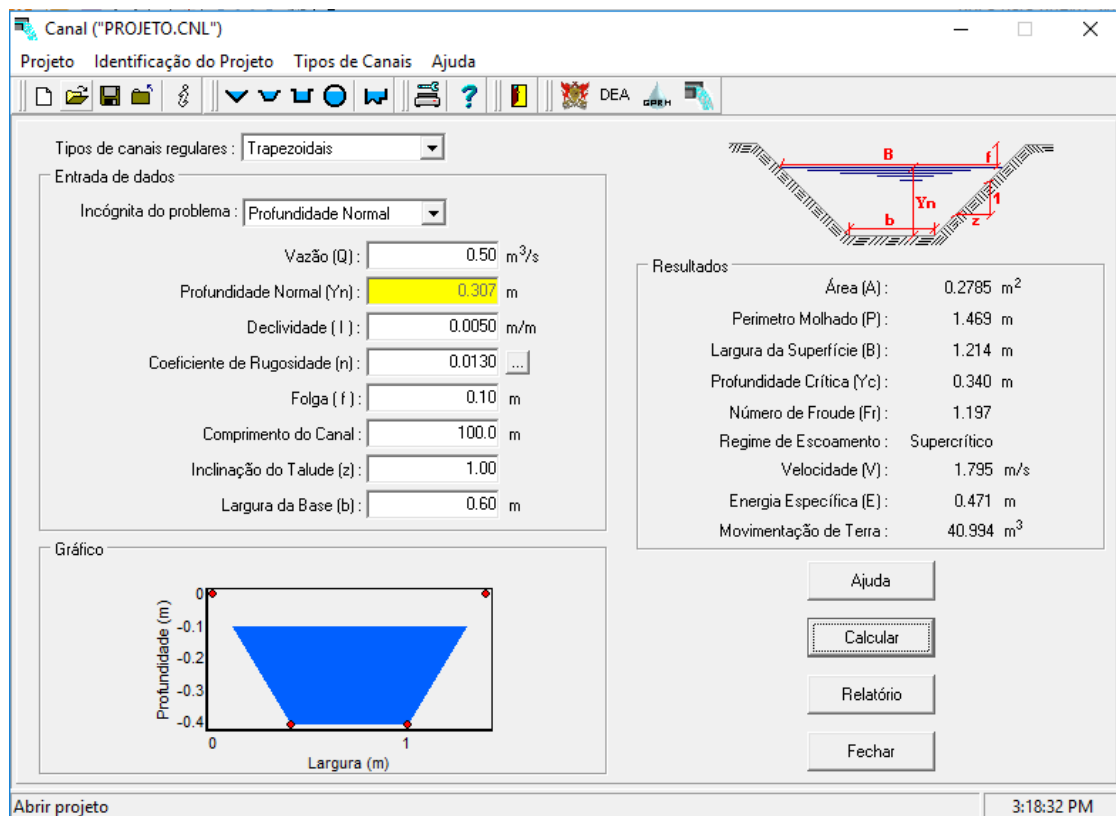


Figura 7-17 - Canaleta 3.4

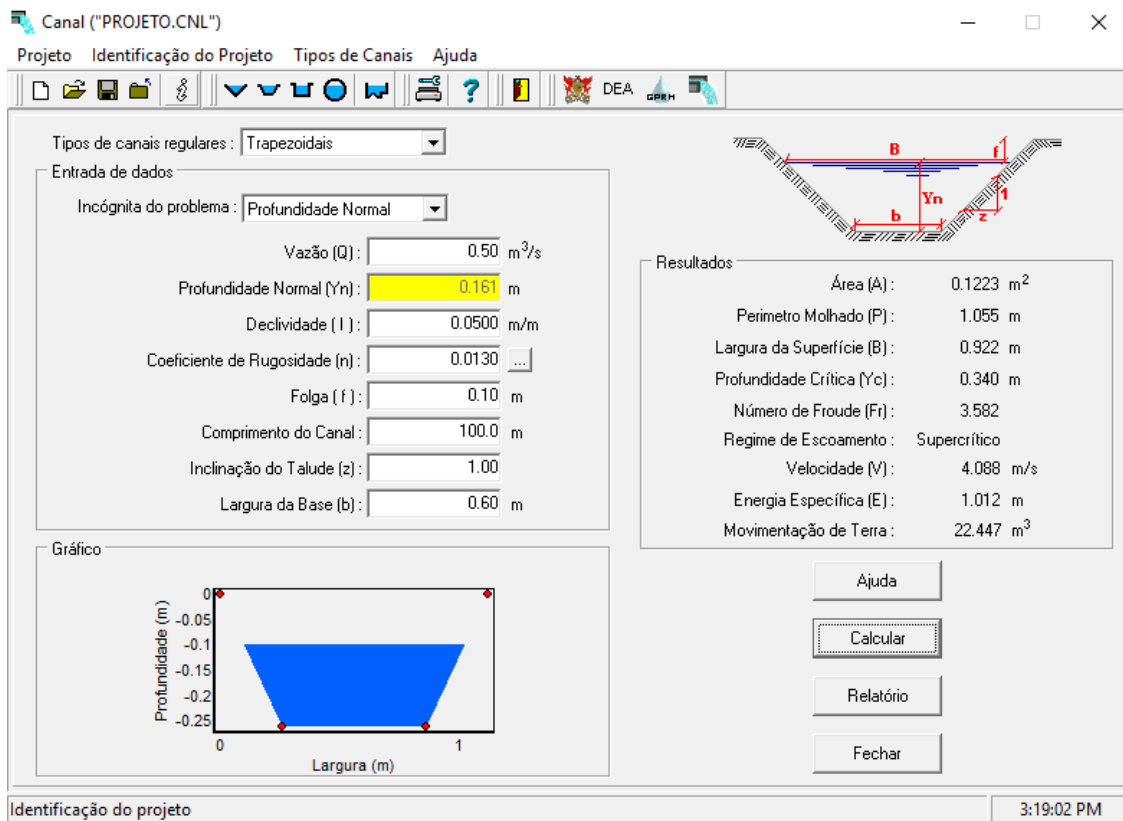


Figura 7-18 - Canaleta 3.5

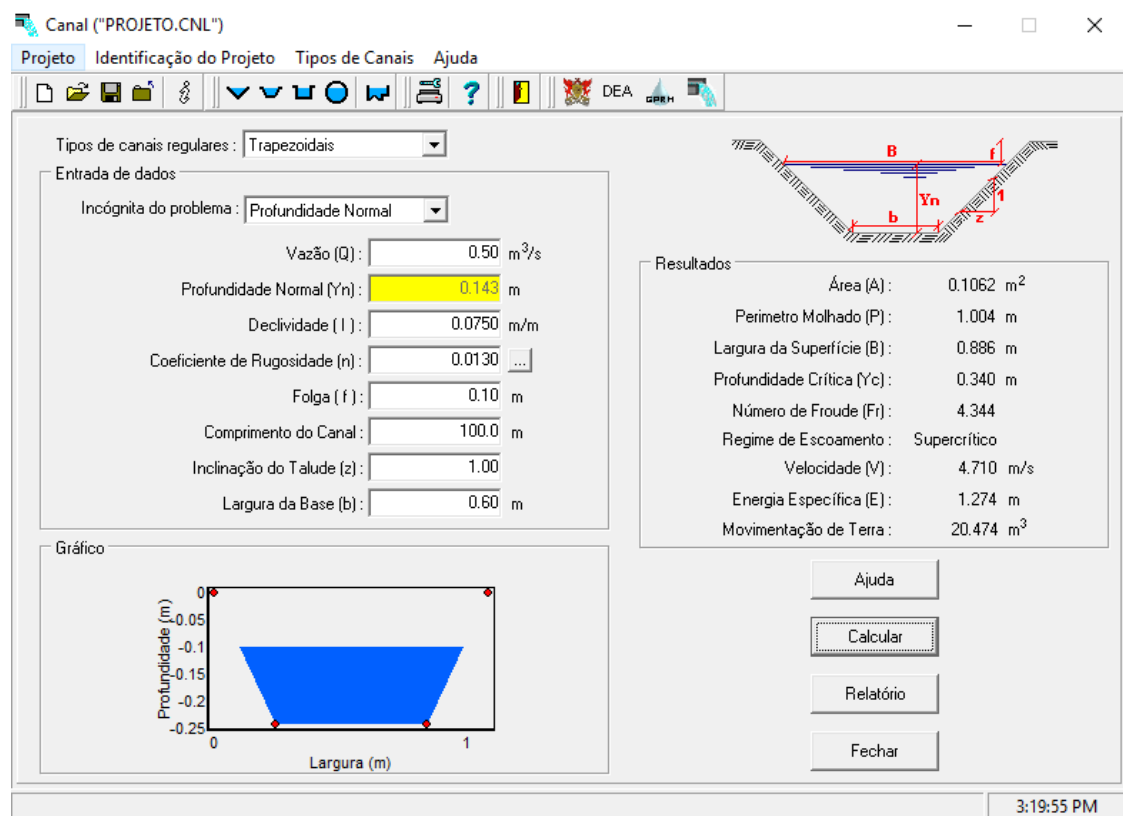


Figura 7-19 - Canaleta 3.6

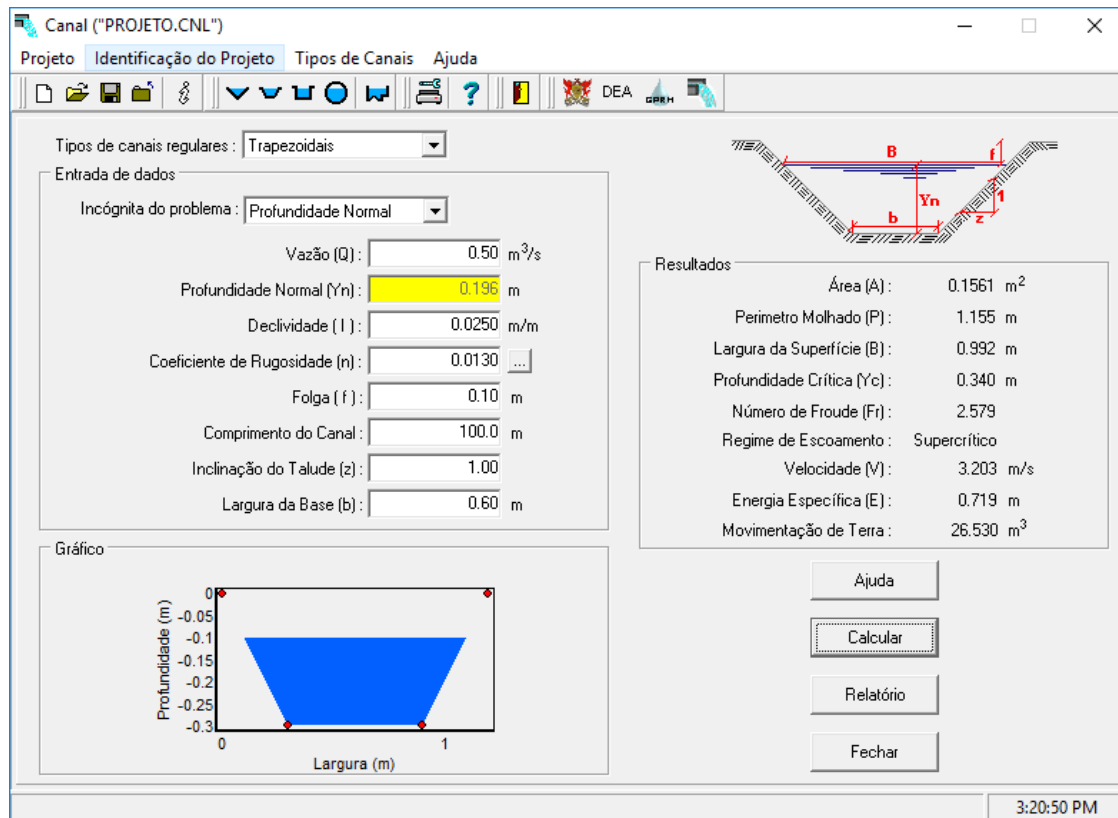


Figura 7-20 - Canaleta 3.7

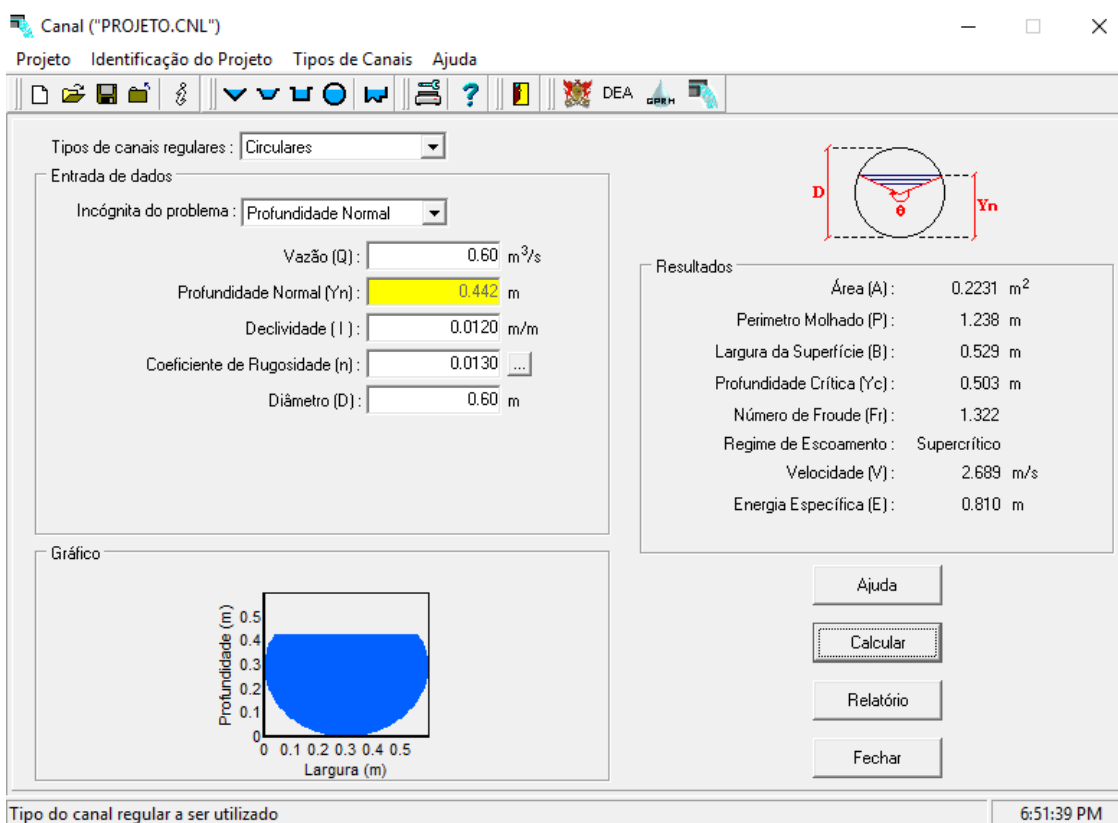


Figura 7-21 - Trecho de tubulação 3.8

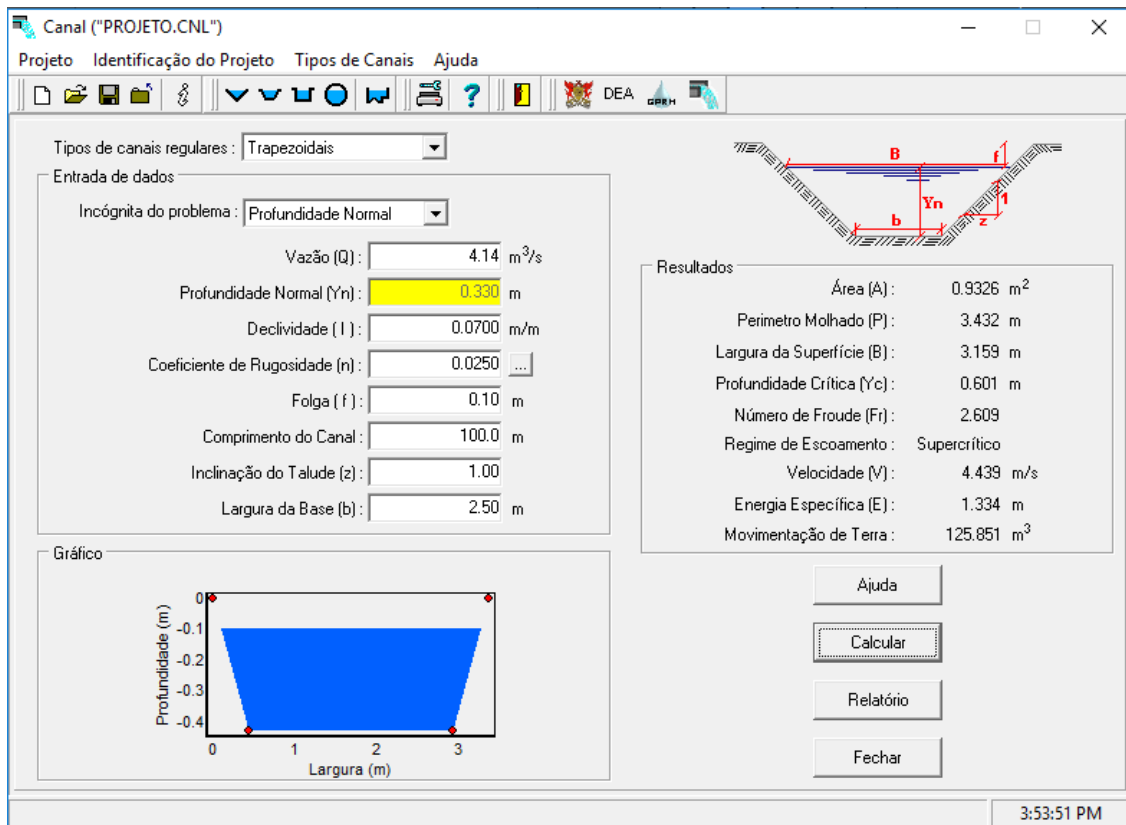


Figura 7-22 - Canaleta 4.1

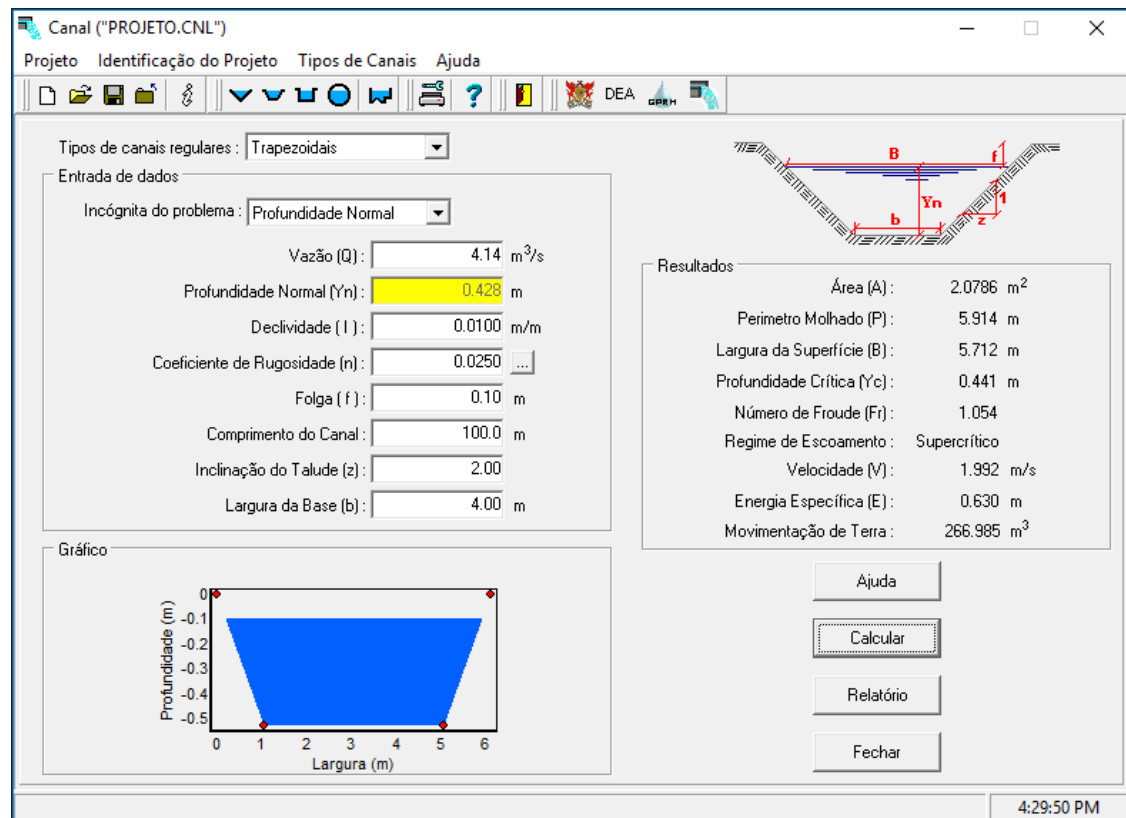


Figura 7-23 - Canaleta 4.2

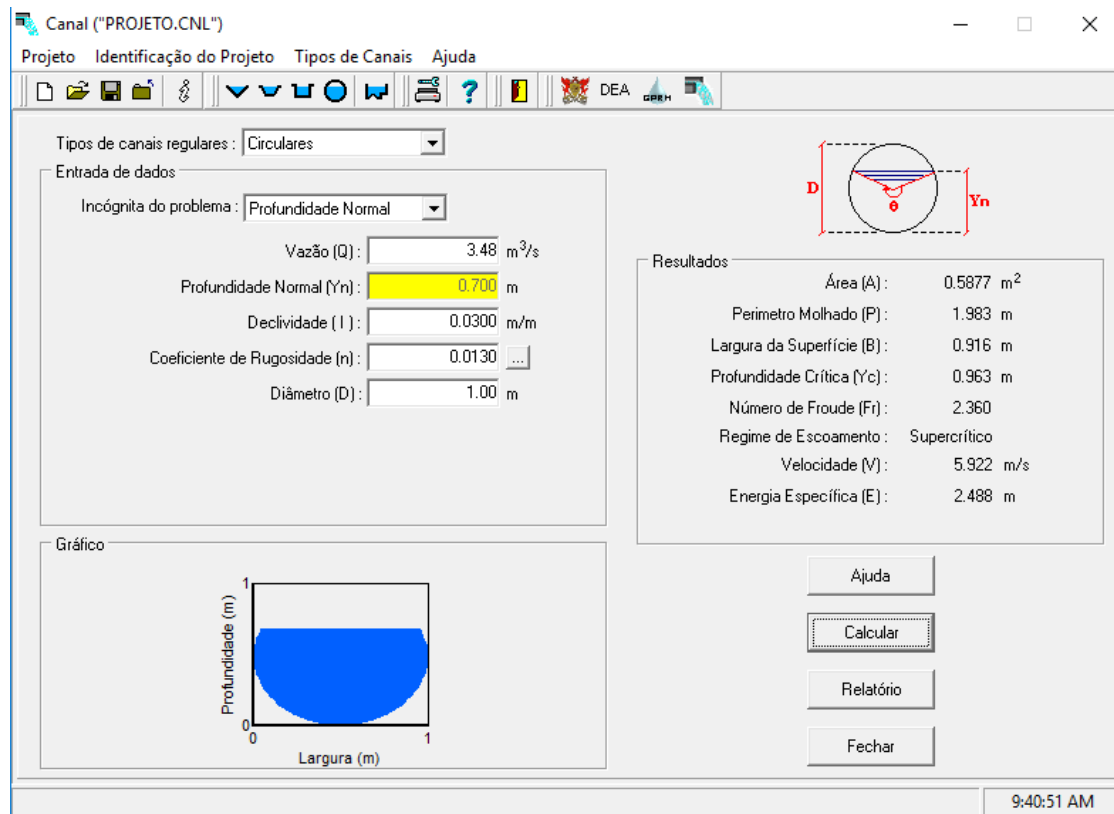


Figura 7-24 - Trecho de tubulação 5.0

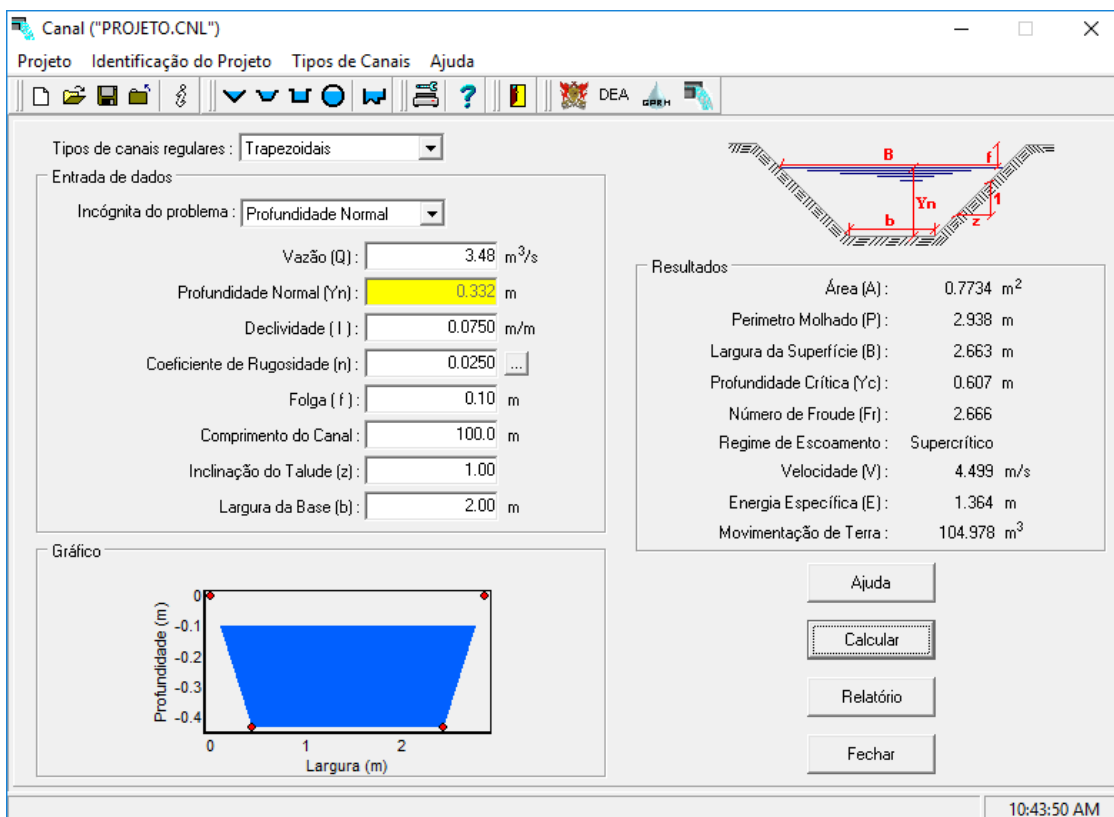


Figura 7-25 - Canaleta 5.1

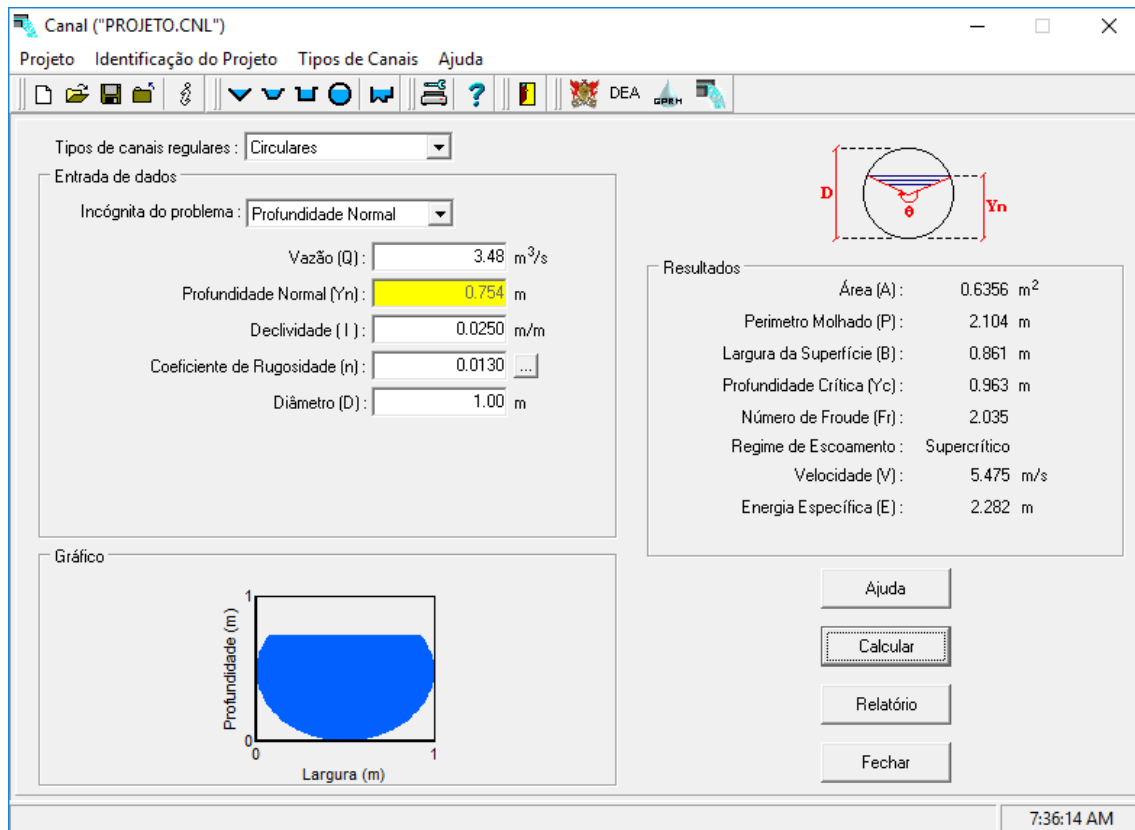


Figura 7-26 - Trecho de tubulação 5.2

8 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer o detalhamento e o dimensionamento de uma estrutura que possa suportar economicamente as repetições de eixo padrão em condições de conforto e segurança para o usuário da via projetada.

O dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento foi determinado em conformidade com as condições gerais indicadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

8.1 MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Engº Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e do tipo do tráfego solicitante.

Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, em função do material granular, como os dados geotécnicos e das características do tráfego solicitante, este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

Um projeto de pavimento flexível deve atender limitações de tensões que possam provocar ruptura por cisalhamento, deformações permanentes e deformações recuperáveis ou elásticas.

8.2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Na aplicação do método citado, é necessária a obtenção dos seguintes parâmetros:

8.2.1 NÚMERO “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 10 anos.

Para o cálculo de volume veículos a ser considerado no acesso ao empreendimento utilizou-se a Tabela de Taxas de Geração de Viagens Diárias, desenvolvida pelo *Institute of Transportation Engineers* – ITE, apresentado no **Anexo V – Taxas de Geração de Viagens Diárias – ITE**.

Com base nesta Tabela foi possível determinar o número de gerações de viagem do empreendimento, adotando o uso de solo de Indústria Leve Geral, levando-se em conta as características da Unidade Fabril da ACG.

Número de Viagens geradas pelo empreendimento:

- Número de Empregados estimado: 500;
- Taxa (ITE): 3,02/empregado;
- Número de Viagens: $500 * 3,02$ viagens diárias = 1510 viagens diárias.

Assim o valor total de viagens geradas pelo empreendimento, quando este estiver em pleno funcionamento, é de 1510 viagens. Essa produção de viagens é estipulada para o ano de projeto: 2028 (10º ano após implantação), em que o empreendimento esteja em pleno funcionamento.

Como o empreendimento irá atrair elevada incidência de veículos pesados, o veículo de projeto adotado foi o veículo tipo SR, denominado genericamente por Semirreboque. Representa os veículos comerciais articulados, com comprimento próximo ao limite para veículos articulados, sendo constituídos normalmente de uma unidade tratora simples com um semirreboque.

Assim, é possível, então, calcular o “N” característico do projeto através da equação:

$$N = 365.TDMA.FV.FR.FD$$

Onde:

TDMA = Tráfego Diário Médio Anual (1510)

FV = Fator de Veículos (eixo padrão/7,77)^{4,32}

FR = Fator Climático Regional (adotado=1,0)

FD = Fator Direcional (Pista Simples = 50%)

O valor de número N para o período de projeto citado acima obtido foi de **N = 4,5 x 10⁵**.

8.2.2 ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento da Avenida de acesso foi adotado o valor de CBR de 7%. Este valor foi adotado tendo em vista que o acesso será implantado sobre aterro compactado, portanto o valor de CBR pode ser estabelecido pelo projetista.

Para o dimensionamento do pavimento da Avenida de acesso foi adotado o valor de CBR de 14%, com base nos estudos geotécnicos.

Durante a execução, nos trechos em que for identificado CBR inferior a 7% deverá ser executado um reforço no subleito visando atingir o valor mínimo de 7%.

8.3 DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

O método do DNIT recomenda as espessuras mínimas apresentadas no Quadro 8.1 que se segue.

Quadro 8.1 – Tipo de Revestimento em Função do Tráfego

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos Betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, 2006.

As espessuras mínimas do revestimento são obtidas em função do número “N”. Conforme apresentado anteriormente, para o número “N” igual a $4,5 \times 10^5$, como aponta a estimativa de tráfego, as camadas de Revestimento podem ser constituídas por Tratamento Superficial, no entanto tendo em vista a característica de tráfego predominantemente representada por veículos pesados, será utilizado o concreto betuminoso com 5,0 cm de espessura.

A determinação das espessuras das demais camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

$$R \times KR + B \times KB \geq h_{20} \quad (1)$$

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad (2)$$

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (3)$$

Onde:

R = espessura do revestimento;

B = espessura da camada de base;

H20 = espessura sobre a sub-base;

h20 = espessura da sub-base;

Hn = espessura sobre o reforço do subleito;

hn = espessura do reforço do subleito;

Hm = espessura total do pavimento;

KR, KB, KS, KREF = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras **Hm**, **Hn**, e **H20** são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 1.1, ou da expressão a seguir, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{0,598} \quad (4)$$

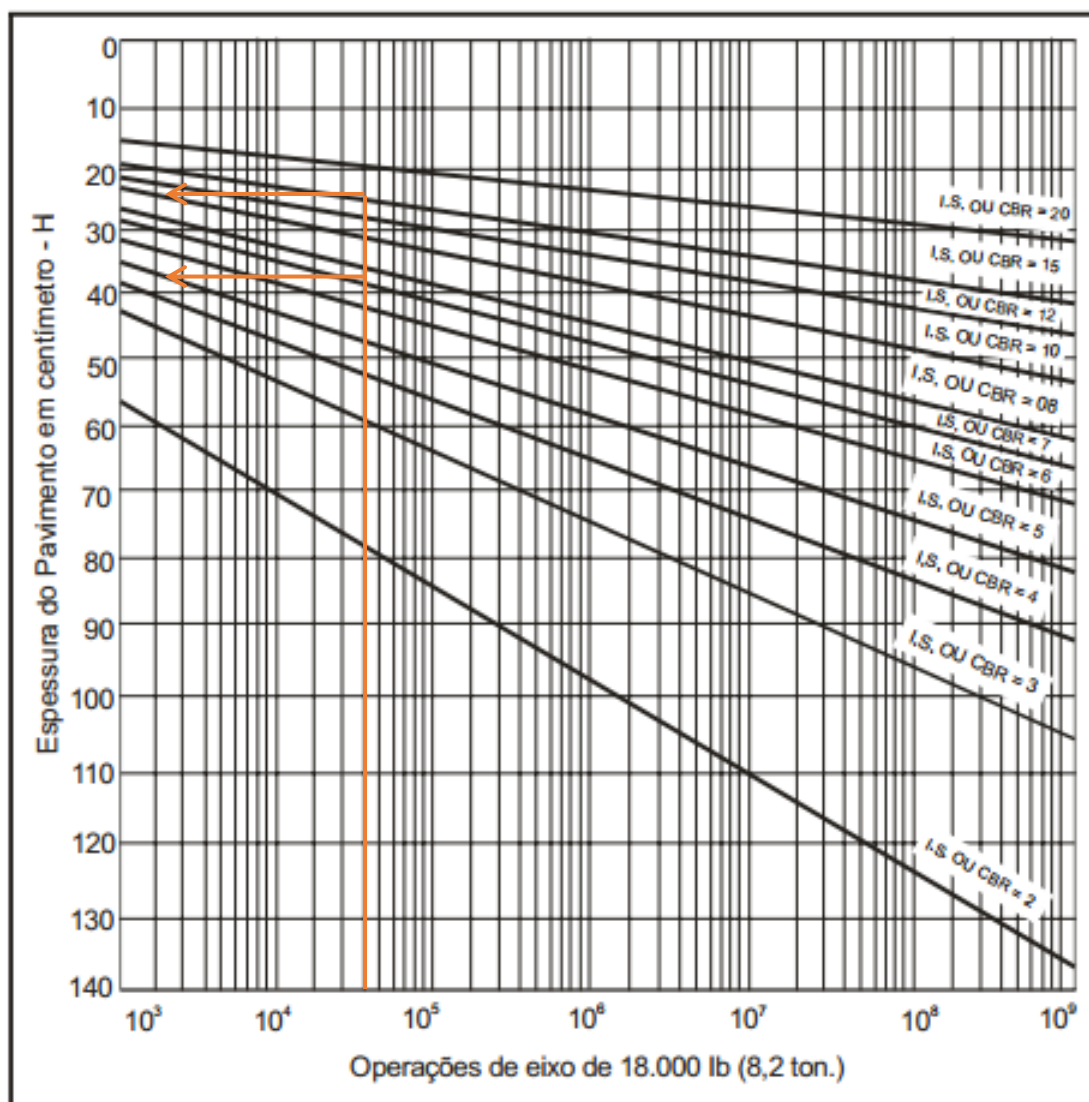


Figura 8-1 – Ábaco de Determinação da Espessura do Pavimento.

Fonte: DNIT, 2006.

O método de dimensionamento do DNIT faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso.

Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são apresentados no Quadro 8.2 que se segue.

Quadro 8.2 – Coeficientes Estruturais

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00

Componentes do Pavimento	Coefficiente k
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ²	1,70
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm ²	1,40
Idem, com resistência a compressão a dias entre 28 e 21 kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

Fonte: DNIT, 2006.

Para determinação das espessuras do pavimento das vias serão adotados os seguintes coeficientes:

- Concreto betuminoso: K = 2,00;
- Base granular: K = 1,0;
- Sub-base granular: K = 1,0;
- CBR do subleito = 7% e 14%.

Assim, com a resolução das inequações e atentando-se para as espessuras mínimas das camadas indicadas pelas instruções de execução em vigor, têm-se as espessuras das camadas do **pavimento dimensionado**:

- Revestimento

Avenida: 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ.

Acesso ACG: 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ.

- Base

Avenida: 15 cm de Base de Brita Graduada Simples - BGS. (CBR ≥ 80%, Expansão ≤ 0,5%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Acesso ACG: 20 cm de Solo Brita (CBR ≥ 30%, Expansão ≤ 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

- Sub-Base e Reforço de Subleito

Avenida: 15 cm de Solo Brita (CBR \geq 30%, Expansão \leq 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

A seguir apresentam-se as camadas da Seção Transversal Tipo dos pavimentos projetados:

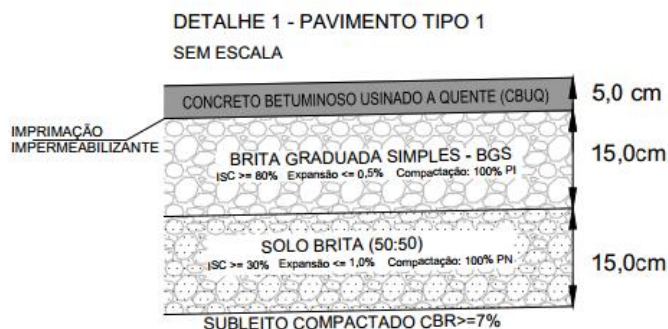


Figura 8-2 – Pavimento Tipo 1.

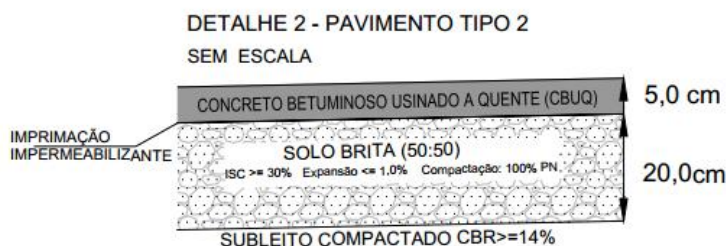


Figura 8-3 – Pavimento Tipo 2.

8.3.1 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DAS CALÇADAS

Por se tratar de vias exclusivas para pedestres, o tráfego é considerado leve, assim adotou-se o pavimento com resistência característica à compressão simples (fck), medida aos 28 dias de idade, igual ou superior a 35 MPa e com as dimensões mínimas padronizadas pela NBR 9.781 de 2013 – Peças de Concreto para Pavimentação.

A Figura que se segue apresenta os croquis de dimensionamento do pavimento adotado:

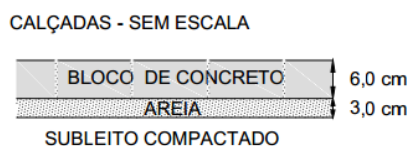


Figura 8-4 – Pavimento Intertravado – 6 cm

Para o confinamento do pavimento serão instaladas guias de concreto com medidas de 100x20x12 cm (Comprimento x Altura x Largura). Essas são as dimensões mínimas padronizadas para as guias, e são utilizadas principalmente em residências, jardins, praças, ruas internas de condomínios, etc. Apresentam cantos arredondados, criando um todo harmonioso com os pisos intertravado e valorizando o trabalho de paisagístico. As guias deverão ser de concreto de boa qualidade e bem acabados. Por essa razão, é desejável que sejam pré-moldados ou moldados no local, devendo ser fabricadas com concreto de resistência característica à compressão simples (fck), medida aos 28 dias de idade, igual ou superior a 25 MPa.

8.3.2 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS

Para a execução das camadas deverá seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente - DNER - ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Solo Brita – DNIT – ES 303/97;
- Brita Graduada Simples – ET-DE-P00/008;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97.
- Execução de Pavimento Intertravado com peças de concreto - ABNT - NBR 15.953.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/008 indicada para a execução da camada de BGS, pertence ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Esta especificação foi escolhida devido ao fato de que a revisão da especificação de serviço desse material no DNIT ainda não está aprovada.

Nota: O pavimento existente na avenida de acesso á Yoki, deverá ser demolido para a perfeita execução do novo pavimento. O material demolido poderá ser usado para a execução de bases em pavimentação do entorno.

9 PROJETO DE PAISAGISMO

O projeto de paisagismo em um empreendimento é de relevante importância, visto que as espécies arbóreas implantadas no mesmo possuem um grande valor social e ambiental. O plantio de espécies arbóreas proporciona um maior conforto ambiental para os ocupantes do empreendimento e demais indivíduos da região, visto que através deste é possível efetuar a manutenção da temperatura média local, qualidade do ar, aspecto visual, porte, dimensões das vias, entre outros efeitos.

O projeto em questão buscou embasamento em artigos técnicos científicos e cartilhas as quais possam orientar ao desenvolvimento do mesmo, sendo entre eles o Manual de Arborização Urbana do Estado de São Paulo e Manual de Arborização da CEMIG.

9.1 CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

A fim de se manter uma maior diversificação das espécies, com intenção de diminuir a perda arbórea devido a proliferação de pragas ou doenças, adotou-se alguns parâmetros sugeridos pelo Manual de Arborização da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), tais são:

- 10% (dez por cento) da mesma espécie;
- 20% (vinte por cento) do mesmo gênero;
- 30% (trinta por cento) da mesma família.

Para uma correta elaboração de tal projeto, alguns outros critérios foram adotados, assim como:

- Escolha de espécies nativas, as quais o bioma local seja adequado para as mesmas;
- Escolha de espécies exóticas que possam se desenvolver plenamente na região;
- Escolha de espécies com porte adequado para o sistema viário projetado;
- Espécies com potencial ornamental e funcional;
- Disponibilidade de tais espécies em viveiros próximos ao empreendimento.
- Distribuição intercalada das espécies.
- Por orientação da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), quando o eixo da rua estiver no sentido Norte-Sul, deve-se locar a rede no lado Oeste, e quando o eixo da rua estiver no sentido Leste-Oeste, a

rede será locado no lado Norte, deixando assim, o leste e sul destinado ao plantio das mudas.

9.2 ESPÉCIES ESCOLHIDAS

A escolha das espécies do sistema viário se deu de forma a indicação das espécies que melhor supram as necessidades provenientes do sistema viário, como sombreamento, adequação com os demais projetos. Assim, a Tabela que se segue apresenta as espécies escolhidas para o plantio:

SISTEMA VIÁRIO				
ESPECIE	FAMÍLIA	GÊNERO	NOME CIENT.	QUANT
Pata de Vaca	<i>Clethraceae</i>	<i>Bauhinia</i>	Bauhinia blakeana	9
Quaresmeira	<i>Melastomataceae</i>	<i>Tibouchina</i>	Tibouchina granulosa	9
Manacá da Serra	<i>Melastomataceae</i>	<i>Tibouchina</i>	Tibouchina mutabilis	9
Cássia Aleluia	<i>Leguminosae-Caesalpinoideae</i>	<i>Cassia</i>	Senna Macranthera	10
Jacarandá	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Jacaranda</i>	Jacaranda cuspidifolia	10
Ipê-roxo	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia</i>	Tabebuia heptaphylla	9
Ipê-amarelo	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Handroanthus</i>	Handroanthus albus	10
Resedá	<i>Lytharaceae</i>	Resedaceae	Lagerstroemia indica	10
Cinamomo	<i>Meliáceas</i>	Cinnamomum	Melia azedarach	9
Jasmim Manga	<i>Apocynaceae</i>	Plumeria	Plumeria rubra	9
TOTAL				94
CANTEIRO				
Palmeira-das-Canárias	<i>Arecaceae</i>	<i>Dypsis</i>	Phoenix canariensis	12

Para a vegetação rasteira foi escolhida a grama amendoim, uma forragem com pequenas flores amarelas. Este tipo de gramínea não necessita de podas periódicas como os outros tipos de grama e tem crescimento muito rápido: por volta de três meses.

9.3 ESPECIFICAÇÕES DE PLANTIO

9.3.1 FORNECIMENTO

A vegetação deve ser sadia e estar em pleno desenvolvimento, não devendo apresentar formas raquíticas e pragas.

As mudas devem ser plantadas o mais rapidamente possível. A permanência das mudas no local da obra não poderá exceder um período superior a 48h.

Todas as mudas deverão ser fornecidas com embalagens onde o sistema radicular esteja consolidado no substrato.

A altura mínima e o DAP das árvores (diâmetro à altura do peito) deverão, no mínimo e obrigatoriamente, 1,50 e 0,20 m.

9.3.2 PREPARO GERAL DO SOLO

O terreno deverá ser limpo em sua totalidade; devendo ser retirados os restos de construção, lixo, pedras e resíduos vegetais.

Mapear todas as interferências subterrâneas de instalações elétricas, hidráulicas, etc, a fim de evitar danificações durante a execução do plantio.

A camada superficial das áreas ajardinadas deverá ser constituída por terra de boa qualidade, com espessura mínima de 0,15m.

Reverter a terra a uma profundidade mínima de 0,25m, e incorporar calcário dolomítico na quantidade de 120g/m², para atingir ph=6,5 e matéria orgânica na proporção de 500g/m².

Aguardar no mínimo 10 dias, antes de iniciar o plantio, mantendo o solo úmido.

Antes de o plantio deixar a terra regularizada em nível.

9.3.3 PLANTIO

A cova das árvores e palmeiras deverá ter, quando possível, 0,80 x 0,80 x 0,80m.

Adicionar adubo na seguinte proporção: 1 kg de adubo orgânico por cova, 300 g de adubo mineral npk-10-10-10 por cova.

Colocar a muda na cova nivelando o colo com a parte superior da terra.

Seguir as distâncias das mudas e especificações do projeto.

As mudas de árvores e palmeiras deverão ser protegidas com a utilização de tutores.

Irrigar as espécies plantadas de acordo com a necessidade, mantendo o solo levemente úmido.

9.3.4 PLANTIO DAS GRAMÍNEAS - TALUDES

Os interstícios das placas de grama deverão ser preenchidos com a mistura de terra na seguinte proporção por m³ de terra: 1/4 matéria orgânica e 3/4 de terra tipo solo.

Após o plantio, compactar as placas levemente com soquete, de forma a pressioná-las contra a terra, sem haver compactação excessiva, e cobrir o gramado com solo leve ou areia grossa.

Nota: irrigar, no máximo 24 hs após o plantio, com quantidade de água e frequência necessárias a garantir o correto desenvolvimento das espécies plantadas.

Toda a grama plantada nas áreas de talude deverá ser estaqueada nas 4 extremidades de cada tapete.

9.3.5 PLANTIO DAS GRAMÍNEAS – CANTEIRO E FAIXA VERDE

A irrigação inicial deve ser abundante e diária até o surgimento dos primeiros brotos. Depois, a periodicidade será variável de 1 a 4 vezes por semana, de acordo com a temperatura e umidade do ar.

Limpar periodicamente todas as áreas, removendo o lixo dos canteiros, ervas daninhas e pragas.

Todas as árvores deverão ser limpas periodicamente, visando a redução do número de galhos finos ou ramos ladrões.

Irrigar o gramado abundantemente após a cobertura.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5681 - NB 501. Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7250. Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos. Rio de Janeiro, 1982.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.

CEPAGRI. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_569.html>

DYER, K.R. Estuaries - A Physical Introduction. 2 ed. Chichester, England, John Wiley & Sons. 1997.

GOOGLE EARTH – Programa Google Earth. 2017.

HIDROWEB - ANA - Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>.

SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. 173 p.

RIBEIRO, André et al. Mapa geológico: folha Pouso Alegre. 2011.

Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida /Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.

ANEXOS DO PROJETO

ANEXO I – PLANILHA DE LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

ALINHAMENTO: ACESSO À ACG DO BRASIL

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	0.000+0.000	7.533.241.120	407.425.584
FIM:	0.000+8.735	7.533.236.239	407.418.340

ESTACAS INTERMEDIARIAS:

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	8.735	ÂNGULO:	236° 01' 33.6501"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	0.000+8.735	7.533.236.239	407.418.340
PI:		7.533.225.116	407.401.833
CC:		7.533.194.774	407.446.281
PT:	2.000+6.622	7.533.205.691	407.397.487

ESTACAS INTERMEDIARIAS:

1.000+0.000	7.533.228.949	407.409.783
2.000+0.000	7.533.212.039	407.399.356

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	43° 24' 54.8910"	TIPO:	ESQUERDO
RAIO:	50.000		
DESENVOLVIMENTO:	37.887	TANGENTE:	19.905
FLECHA:	3.546	AFASTAMENTO:	3.816
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	36.987	CORDA:	214° 19' 06.2045"
δ20:	11° 27' 32.9612"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	2.000+6.622	7.533.205.691	407.397.487
FIM:	4.000+6.002	7.533.167.261	407.388.889

ESTACAS INTERMEDIARIAS:

3.000+0.000	7.533.192.636	407.394.566
-------------	---------------	-------------

4.000+0.000

7.533.173.118

407.390.200

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	39.380	ÂNGULO:	192° 36' 38.7590"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	4.000+6.002	7.533.167.261	407.388.889
PI:		7.533.146.457	407.384.235
CC:		7.533.194.552	407.266.905
PT:	6.000+8.233	7.533.128.371	407.372.947
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	5.000+0.000	7.533.153.800	407.385.075
	6.000+0.000	7.533.135.494	407.377.074

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	19° 21' 27.1924"	TIPO:	DIREITO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	42.232	TANGENTE:	21.319
FLECHA:	1.779	AFASTAMENTO:	1.805
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	42.031	CORDA:	202° 17' 22.3552"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	6.000+8.233	7.533.128.371	407.372.947
FIM:	10.000+6.331	7.533.062.117	407.331.599
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	7.000+0.000	7.533.118.389	407.366.717
	8.000+0.000	7.533.101.422	407.356.128
	9.000+0.000	7.533.084.455	407.345.539
	10.000+0.000	7.533.067.488	407.334.950

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	78.098	ÂNGULO:	211° 58' 05.9514"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	10.000+6.331	7.533.062.117	407.331.599
PI:		7.533.045.923	407.321.492
CC:		7.532.995.936	407.437.641
PT:	12.000+4.216	7.533.027.451	407.316.679
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	11.000+0.000	7.533.050.149	407.325.009
	12.000+0.000	7.533.031.512	407.317.811

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	17° 21' 55.0253"	TIPO:	ESQUERDO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	37.885	TANGENTE:	19.089
FLECHA:	1.433	AFASTAMENTO:	1.449
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	37.740	CORDA:	203° 17' 08.4388"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	12.000+4.216	7.533.027.451	407.316.679
FIM:	20.000+2.729	7.532.874.059	407.276.715
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	13.000+0.000	7.533.012.177	407.312.700
	14.000+0.000	7.532.992.823	407.307.657
	15.000+0.000	7.532.973.469	407.302.615
	16.000+0.000	7.532.954.115	407.297.572
	17.000+0.000	7.532.934.761	407.292.530
	18.000+0.000	7.532.915.407	407.287.487
	19.000+0.000	7.532.896.053	407.282.445
	20.000+0.000	7.532.876.699	407.277.403

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	158.512	ÂNGULO:	194° 36' 10.9261"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	20.000+2.729	7.532.874.059	407.276.715
PI:		7.532.871.190	407.275.968
CC:		7.532.905.574	407.155.753
PT:	20.000+8.657	7.532.868.360	407.275.085

ESTACAS INTERMEDIARIAS:

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	02° 43' 02.1826"	TIPO:	DIREITO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	5.928	TANGENTE:	2.965
FLECHA:	0.035	AFASTAMENTO:	0.035
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	5.928	CORDA:	195° 57' 42.0174"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	20.000+8.657	7.532.868.360	407.275.085
FIM:	30.000+0.612	7.532.685.109	407.217.937
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	21.000+0.000	7.532.857.531	407.271.708
	22.000+0.000	7.532.838.438	407.265.754
	23.000+0.000	7.532.819.345	407.259.800
	24.000+0.000	7.532.800.252	407.253.845
	25.000+0.000	7.532.781.159	407.247.891
	26.000+0.000	7.532.762.066	407.241.937
	27.000+0.000	7.532.742.973	407.235.982
	28.000+0.000	7.532.723.880	407.230.028
	29.000+0.000	7.532.704.786	407.224.074
	30.000+0.000	7.532.685.693	407.218.120

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	191.955	ÂNGULO:	197° 19' 13.1087"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	30.000+0.612	7.532.685.109	407.217.937
PI:		7.532.664.883	407.211.630
CC:		7.532.647.895	407.337.269
PT:	32.000+2.587	7.532.643.708	407.212.339
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	31.000+0.000	7.532.666.228	407.213.621
	32.000+0.000	7.532.646.294	407.212.279

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	19° 14' 22.4838"	TIPO:	ESQUERDO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	41.974	TANGENTE:	21.187
FLECHA:	1.758	AFASTAMENTO:	1.783
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	41.777	CORDA:	187° 42' 01.8668"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	32.000+2.587	7.532.643.708	407.212.339
FIM:	34.000+15.878	7.532.590.446	407.214.124
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	33.000+0.000	7.532.626.305	407.212.922
	34.000+0.000	7.532.606.316	407.213.592

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	53.292	ÂNGULO:	178° 04' 50.6249"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	34.000+15.878	7.532.590.446	407.214.124
PI:		7.532.573.486	407.214.692
CC:		7.532.586.260	407.089.194
PT:	36.000+9.612	7.532.556.988	407.210.719
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	35.000+0.000	7.532.586.326	407.214.194
	36.000+0.000	7.532.566.410	407.212.608

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	15° 27' 44.0120"	TIPO:	DIREITO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	33.733	TANGENTE:	16.970
FLECHA:	1.136	AFASTAMENTO:	1.147
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	33.631	CORDA:	185° 48' 42.6309"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	36.000+9.612	7.532.556.988	407.210.719
FIM:	41.000+1.181	7.532.467.965	407.189.275
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	37.000+0.000	7.532.546.889	407.208.286
	38.000+0.000	7.532.527.445	407.203.603
	39.000+0.000	7.532.508.001	407.198.919
	40.000+0.000	7.532.488.557	407.194.236
	41.000+0.000	7.532.469.113	407.189.552

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	91.569	ÂNGULO:	193° 32' 34.6369"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	41.000+1.181	7.532.467.965	407.189.275
PI:		7.532.452.937	407.185.656
CC:		7.532.438.693	407.310.800
PT:	42.000+11.939	7.532.437.481	407.185.806
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	42.000+0.000	7.532.449.407	407.186.260

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	14° 05' 54.6205"	TIPO:	ESQUERDO
RAIO:	125.000		
DESENVOLVIMENTO:	30.758	TANGENTE:	15.457
FLECHA:	0.945	AFASTAMENTO:	0.952
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	30.681	CORDA:	186° 29' 37.3267"
δ20:	04° 35' 01.1845"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	42.000+11.939	7.532.437.481	407.185.806
FIM:	46.000+0.100	7.532.369.324	407.186.466
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	43.000+0.000	7.532.429.420	407.185.884
	44.000+0.000	7.532.409.421	407.186.078
	45.000+0.000	7.532.389.422	407.186.272
	46.000+0.000	7.532.369.423	407.186.466

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	68.161	ÂNGULO:	179° 26' 40.0164"

ALINHAMENTO: ESTRADA MUNICIPAL – AVENIDA DE ACESSO À ACG E À YOKI

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	0.000+0.000	7.533.528.459	407.304.595
FIM:	2.000+0.429	7.533.488.078	407.302.619
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	1.000+0.000	7.533.508.483	407.303.617
	2.000+0.000	7.533.488.507	407.302.640

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	40.429	ÂNGULO:	182° 48' 07.3996"

CURVA CIRCULAR

DESCRIÇÃO	ESTACA	NORTE	ESTE
PC:	2.000+0.429	7.533.488.078	407.302.619
PI:		7.533.471.425	407.301.804
CC:		7.533.485.145	407.362.547
PT:	3.000+12.953	7.533.456.740	407.309.697
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			

3.000+0.000

7.533.468.720

407.304.839

CARACTERÍSTICAS DA CURVA CIRCULAR

PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
AC:	31° 03' 30.1825"	TIPO:	ESQUERDO
RAIO:	60.000		
DESENVOLVIMENTO:	32.524	TANGENTE:	16.672
FLECHA:	2.190	AFASTAMENTO:	2.273
		AZIMUTE	
COMPRIM. CORDA:	32.128	CORDA:	167° 16' 22.3083"
δ20:	09° 32' 57.4677"		

TANGENTE

Descrição	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	3.000+12.953	7.533.456.740	407.309.697
FIM:	15.000+17.742	7.533.241.120	407.425.584
ESTACAS INTERMEDIARIAS:			
	4.000+0.000	7.533.450.533	407.313.033
	5.000+0.000	7.533.432.916	407.322.502
	6.000+0.000	7.533.415.299	407.331.970
	7.000+0.000	7.533.397.682	407.341.438
	8.000+0.000	7.533.380.066	407.350.907
	9.000+0.000	7.533.362.449	407.360.375
	10.000+0.000	7.533.344.832	407.369.843
	11.000+0.000	7.533.327.215	407.379.312
	12.000+0.000	7.533.309.599	407.388.780
	13.000+0.000	7.533.291.982	407.398.248
	14.000+0.000	7.533.274.365	407.407.717
	15.000+0.000	7.533.256.748	407.417.185

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	244.789	ÂNGULO:	151° 44' 37.2171"

ANEXO II – RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Umidade Higroscópica

$H_{\text{hig}} = 5,17\%$

Limite de plasticidade

Para que seja possível obter o limite de plasticidade (LP), é necessário inicialmente calcular a umidades (H), por meio da seguinte fórmula:

$$H = \frac{P_{\text{cápsula}} + \text{solo úmido} - P_{\text{cápsula}} + \text{solo seco}}{P_{\text{cápsula}} + \text{solo seco} - P_{\text{cápsula}}} \times 100$$

Por conseguinte foi possível obter a Tabela 1 para a amostra:

Tabela 2 - Dados do Limite de Plasticidade

Número Da Cápsula	Peso da Cápsula	Peso da Cápsula + solo úmido	Peso da cápsula + solo seco	H %
57	5,06	7,57	7,11	22,44
63	6,45	8,49	7,75	56,92
40	6,75	8,75	8,25	33,33
61	6,86	8,76	8,25	36,69
47	7,07	8,72	8,28	36,36

O LP é obtido a partir das médias dos teores de umidade, entretanto, os valores de humidade não podem se diferirem em 5% da respectiva média, logo é necessário verificar se cada valor de umidade atende a este critério.

$$LP = \frac{\sum H_i}{i}$$

O limite de plasticidade é de 37,15%. Ao aplicar a verificação é possível obter os seguintes valores:

$$LP + 5\% \times LP = 39,01\%$$

$$LP - 5\% \times LP = 35,29\%$$

Então, as umidades devem estar situadas entre 35,29% e 39,01%. As umidades das cápsulas 57, 63 e 40 não atendem ao critério, logo elas não serão consideradas para o novo cálculo do limite de plasticidade, onde obteve-se:

$$LP = 36,53\%$$

Limite de Liquidez

Para determinar o limite de liquidez (LL), inicialmente é necessário calcular a Umidade (H), por meio da fórmula:

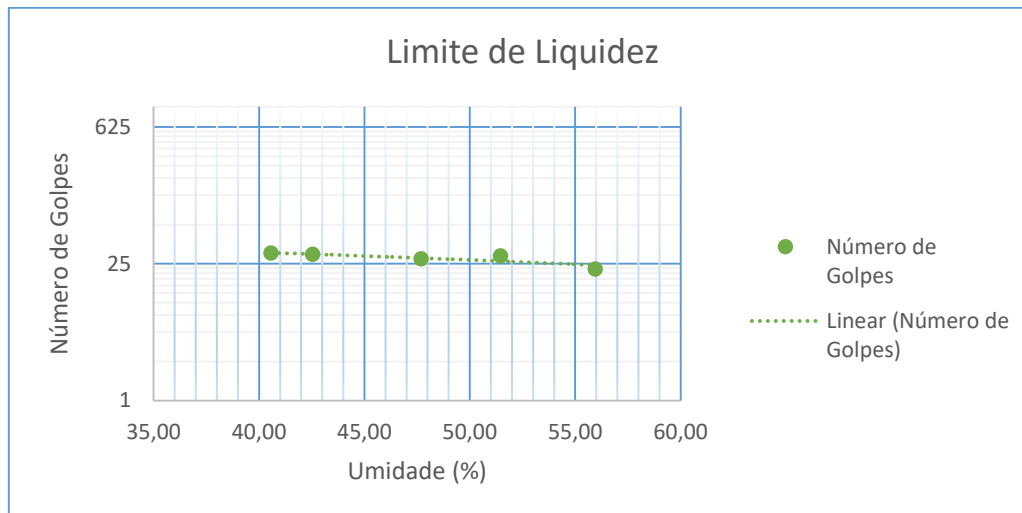
$$H = \frac{P_{\text{cápsula} + \text{solo úmido}} - P_{\text{cápsula} + \text{solo seco}}}{P_{\text{cápsula} + \text{solo seco}} - P_{\text{cápsula}}} \times 100$$

Em seguida, com os dados obtidos no ensaio para as amostras, é possível obter a seguinte Tabela 2:

Tabela 3 - Dados do Limite de Liquidez

Ensaio	Número de Golpes	Número da cápsula	Peso da cápsula	Peso da cápsula + solo úmido	Peso da cápsula + solo seco	H (%)
1	32	48	6,43	8,89	8,18	40,57
2	31	52	6,54	9,89	8,89	42,55
3	30	36	6,91	9,5	8,62	51,46
4	28	39	5,98	8,55	7,72	47,70
5	22	49	6,13	9,53	8,31	55,96

Posteriormente, é necessário construir o gráfico, no qual os teores de umidade deverão ficar no eixo das abcissas em escala linear, e o número de golpes deverá estar no eixo das ordenadas em escala logarítmica. Logo:



Por meio da análise do gráfico, sabe-se que o limite de liquidez é obtido em 25 golpes, então:

$$LL = 52\%$$

Índice de Plasticidade

O Índice de Plasticidade (IP) é obtido através da diferença numérica entre o Limite de liquidez (LL) e o Limite de plasticidade (LP), ou seja: $IP = LL - LP$.

Assim, temos:

- $IP = 15,44$

Granulometria

Foi realizado o peneiramento fino nas duas amostras, a fim de obter a porcentagem passante de cada peneira e a curva granulométrica. Para tanto foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Qf = \frac{Ph \times 100 - Pi (100 + Hhig)}{Ph \times 100} \times N$$

Onde:

Qf – porcentagem de material passado em cada peneira;

Ph – peso do material submetido à sedimentação;

Hhig – umidade higroscópica (%);

N - porcentagem de material que passa na #2,00 mm.

Com o ensaio, foi possível obter a tabela e a curva granulométrica:

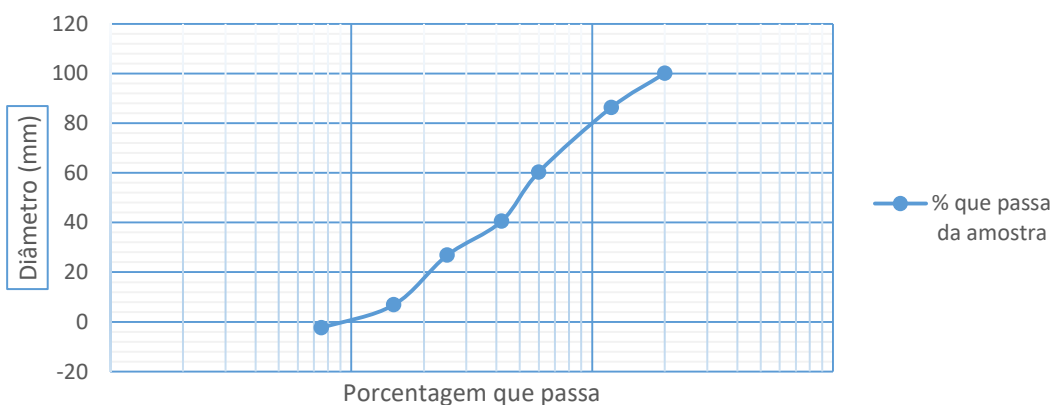
Tabela 4 - Dados do Ensaio de Peneiramento

Peneiras	Diâmetro (mm)	Peso #	Retido com peneira	Amostra Retida (g)	Peso retido acumulado Pi	Porcentagem passante – Qf %
16	1,2	371,36	382,24	10,88	10,88	86,26
30	0,6	314,85	335,45	20,6	31,48	60,26
40	0,42	323,14	338,83	15,69	47,17	40,45
50	0,25	310,43	321,26	10,83	58	26,78
100	0,15	305,05	320,87	15,82	73,82	6,81
200	0,075	302,08	309,43	7,35	81,17	2,47

Porcentagem do material que passa na #10 - (N): **100**

Umidade Higroscópica (Hhig): **5,17**

Distribuição Granulométrica



Compactação

Os dados do ensaio de compactação foram organizados na Tabela 4, onde a umidade (H) foi obtida por meio da fórmula:

$$H = \frac{P_{\text{cápsula}} + \text{solo úmido} - P_{\text{cápsula}} + \text{solo seco}}{P_{\text{cápsula}} + \text{solo seco} - P_{\text{cápsula}}} \times 100$$

A fim de obter a curva granulométrica, inicialmente foi necessário calcular o “peso do solo compactado”. Esse valor é obtido subtraindo-se o “peso do cilindro” do “peso do cilindro + solo compactado”. O próximo passo consiste em calcular o peso específico aparente do solo úmido (Y) por meio da fórmula:

$$\gamma = \frac{\text{Peso do solo compactado}}{\text{Volume do cilindro}}$$

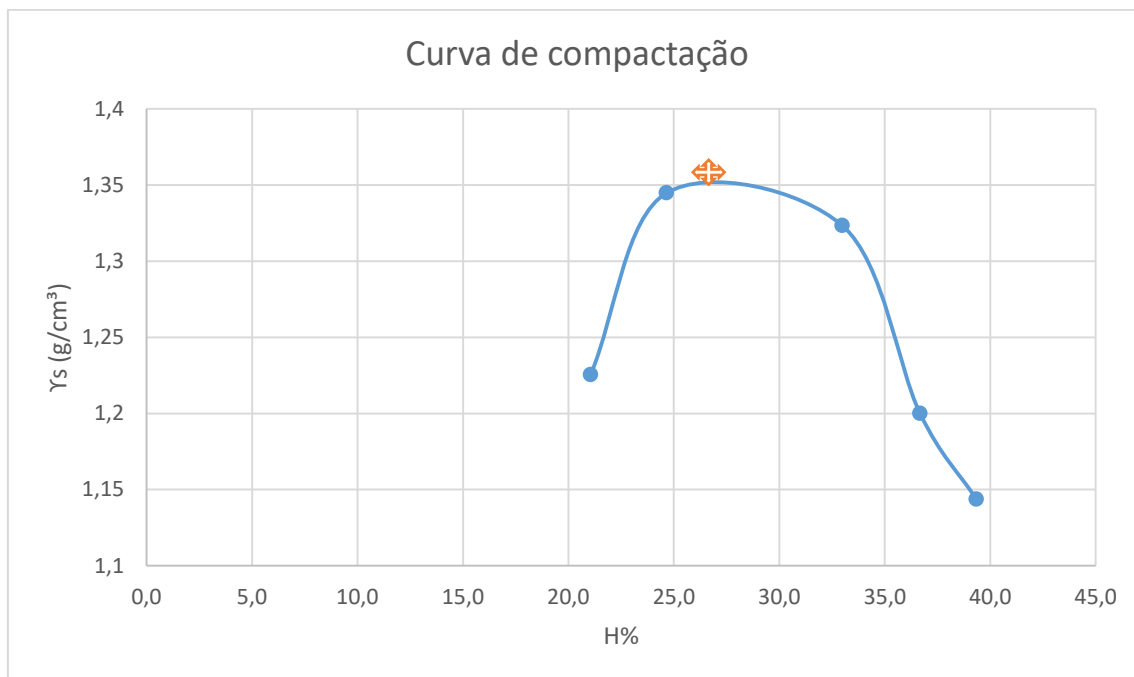
Utilizando os valores de Y e H, é possível calcular o peso específico seco (Ys) pela fórmula:

$$\gamma_s = \gamma \times \frac{100}{100 + H}$$

Tabela 5 - Dados do Ensaio de Compactação

Ensaio	Peso do solo compactado + Cilindro (g)	Peso do solo compactado (g)	Peso específico aparente (Y) g/cm ³	H (%)	Peso específico aparente seco (Ys) g/cm ³
1	3839,1	1509,5	1,48	21,1	1,22
2	4035,1	1705,5	1,67	24,6	1,34
3	4120,2	1790,6	1,75	33,0	1,32
4	4074,5	1738,5	1,64	36,7	1,20
5	4025,3	1689,3	1,59	39,3	1,143

Utilizando a umidade (H) e o peso específico aparente seco (Ys), obteve-se o seguinte gráfico:



Classificação HRB

Com os dados obtidos no laboratório é possível classificar o solo do Subleito do Acesso à ACG:

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS: Sugestão do Highway Research Board-HRB adotada pela AASHTO

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)	6 máx.		NP	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Assim o solo do subleito local pode ser considerado como excelente a bom.