



PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DA RUA K. GUAÇUÍ/ES

VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO

Consultoria:



Vitória | ES
2023



SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	9
2	MAPA DE LOCALIZAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	11
3	ESTUDOS.....	13
3.1	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....	14
3.1.1	IMPLANTAÇÃO DE REDE DE APOIO BÁSICO COM MARCOS DE CONCRETO.....	14
3.1.2	PROCESSAMENTO DE VETORES	15
3.1.3	AJUSTAMENTO DE VETORES.....	15
3.1.4	IRRADIAÇÃO DOS PONTOS	19
3.1.5	INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO	19
3.1.6	APRESENTAÇÃO	21
3.2	ESTUDO HIDROLÓGICO	22
3.2.1	INTRODUÇÃO	22
3.2.2	METODOLOGIA.....	23
3.2.3	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	23
3.2.4	PLUVIOMETRIA	27
3.2.5	PEDOLOGIA	37
3.2.6	USO DO SOLO.....	38
3.2.7	MÉTODOS E PARÂMETROS PARA A DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DO PROJETO	38
3.2.8	DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO	43
3.2.9	CONCLUSÃO	45
3.3	ESTUDO GEOLÓGICO	46



3.3.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS	46
3.3.2	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	51
3.4	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	52
3.4.1	GENERALIDADES	52
3.4.2	ESTUDO DAS CAMADAS DO PAVIMENTO EXISTENTE	52
3.4.3	INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO	53
3.4.4	ESTUDO DE OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS	56
3.4.5	APRESENTAÇÃO	57
4	<u>PROJETOS.....</u>	59
4.1	PROJETO GEOMÉTRICO	60
4.1.1	DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA	60
4.1.2	CRITÉRIOS DE PROJETO	60
4.1.3	CARACTERÍSTICAS PLANIMÉTRICAS.....	61
4.1.4	CARACTERÍSTICAS ALTIMÉTRICAS	61
4.1.5	SEÇÕES TRANSVERSAIS	61
4.1.6	CADERNETA DE LOCAÇÃO DO EIXO	62
4.1.7	APRESENTAÇÃO	62
4.2	PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	64
4.2.1	DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	64
4.2.2	METODOLOGIA	64
4.2.3	RESULTADOS	66
4.2.4	APRESENTAÇÃO	67
4.3	PROJETO DE DRENAGEM	70



4.3.1	DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	70
4.3.2	CONCEPÇÃO.....	71
4.3.3	METODOLOGIA.....	71
4.3.4	RESULTADOS	76
4.3.5	APRESENTAÇÃO	76
4.4	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	78
4.4.1	INTRODUÇÃO	78
4.4.2	PARÂMETROS DE PROJETO	78
4.4.3	RESULTADO FINAL.....	85
4.5	PROJETO DE INTERFERÊNCIAS URBANAS	87
4.5.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	87
4.5.2	APRESENTAÇÃO	87
4.6	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	88
4.6.1	GENERALIDADES	88
4.6.2	DESCRIÇÃO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E MATERIAIS	88
4.6.3	SINALIZAÇÃO VERTICAL	88
4.6.4	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	93
4.6.5	APRESENTAÇÃO	97
5	<u>MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO.....</u>	<u>98</u>
6	<u>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA</u>	<u>122</u>



LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - Representação da captação de sinais dos satélites	14
Figura 2 - Representação da captação de irradiações	19
Figura 3 – Mapa climático do Espírito Santo, segundo a classificação de Koppen...24	
Figura 4 – Espacialização das zonas climáticas do município de Guaçuí-ES e médias das temperaturas máximas e mínimas mensais	25
Figura 5 – Distribuição anual de temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) em Guaçuí.....	26
Figura 6 – Direção x Frequências dos ventos na região de estudo.....	26
Figura 7 – Velocidade em m/s e direção dos ventos na região de estudo.	27
Figura 8 - Histograma de Distribuição de Precipitação e Número Médio Mensal de Dias Chuvosos no período de 1940 a 2021 na estação Pluviométrica Guaçuí	30
Figura 9 - Precipitação Total Anual do período de 1940 a 2021, na estação Pluviométrica Guaçuí	30
Figura 10 –Número de dias chuvosos para a estação Guaçuí.....	31
Figura 11- Precipitação Máxima Mensal em 1 dia para período de 1940 a 2021 na estação Pluviométrica Guaçuí.....	31
Figura 12 – Precipitação Máxima de 1 dia anual para a estação Guaçuí	32
Figura 13 - Curvas de altura x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí.....	36



Figura 14 - Curvas de intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí	36
Figura 15 – Mapa Geológico de Guaçuí.....	51
Figura 16 - Espessura necessária de sub-base.	81
Figura 17 - Espessura da base cimentada em função do número N.....	82



LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas dos vértices do IBGE.	15
Tabela 2 - Coordenadas UTM dos Pontos de Apoio no Sistema SIRGAS 2000.....	16
Tabela 3 – Características da Estação Pluviométrica Utilizada.....	27
Tabela 4 - Histórico da precipitação mensal para o período de 1940 a 2021, na estação Guaçuí.....	28
Tabela 5 – Precipitações diárias máximas anuais medidas na estação Guaçuí entre os anos 1940 a 2021.....	33
Tabela 6 – Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí	34
Tabela 7 – Precipitações máximas (em mm), para a estação Pluviométrica Guaçuí, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.	35
Tabela 8 – Intensidades máximas (em mm/min), para a estação Pluviométrica Guaçuí, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.	35
Tabela 9 – Período de Recorrência.....	38
Tabela 10 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: Manual de hidrologia do DNIT	42
Tabela 11 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: KNOX COUNTY TENNESSEE (2014)	43
Tabela 12 – Métodos para cálculo de vazão	44
Tabela 13 – Quantidade mínima de furos em função da extensão da via.....	53



Tabela 14 – Análise Estatística do Subleito	56
Tabela 15 – Empolamento e Fator de Conversão de Volumes de Terra	66
Tabela 16 – Resumo dos volumes de terraplenagem	66
Tabela 17 – Coeficientes de rugosidade de Manning (η).....	76
Tabela 18 – Dimensionamento da Rede de Drenagem Pluvial	77
Tabela 19 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.	79
Tabela 20 - Espessura e resistência dos blocos de revestimento.....	82
Tabela 21 - Lista de interferências	87



1 APRESENTAÇÃO

A **AVANTEC Engenharia Ltda.**, sediada na Avenida Fernando Ferrari, nº 1080, Centro Empresarial América, Torre Norte, sala 503, Mata da Praia Vitória/ES, inscrita sob o CNPJ nº 05.844.663/0001-06, em atendimento às atribuições que lhe são devidas, vem por meio deste encaminhar o **Projeto Executivo De Pavimentação e Drenagem da Rua K, no município de Guaçuí/ES**, contendo os seguintes itens:

- Estudos Topográficos;
- Estudos Hidrológicos;
- Estudos Geológicos e Geotécnicos;
- Projeto Geométrico;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Drenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Projeto de Sinalização; e
- Projeto de Interferências.

No **Projeto Executivo de Engenharia de Pavimentação e Drenagem da Rua K, no Município de Guaçuí/ES** foi contemplada a seguinte rua:

RUA	ESTACAS						EXTENSÃO (m)
	INICIAL			FINAL			
Rua K	0	+	0,00	6	+	17,130	137,13



O seguinte Projeto Executivo é constituído pelo(s) seguinte(s) volume(s):

- **VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO**, contendo as metodologias, critérios e normas utilizados na elaboração dos estudos e projetos.
- **VOLUME 02 – PROJETO DE EXECUÇÃO**, contendo os desenhos relativos ao projeto, detalhes e informações necessárias à execução da obra.
- **VOLUME 03 – ORÇAMENTO**, contendo orçamento da obra.

AVANTEC ENGENHARIA LTDA

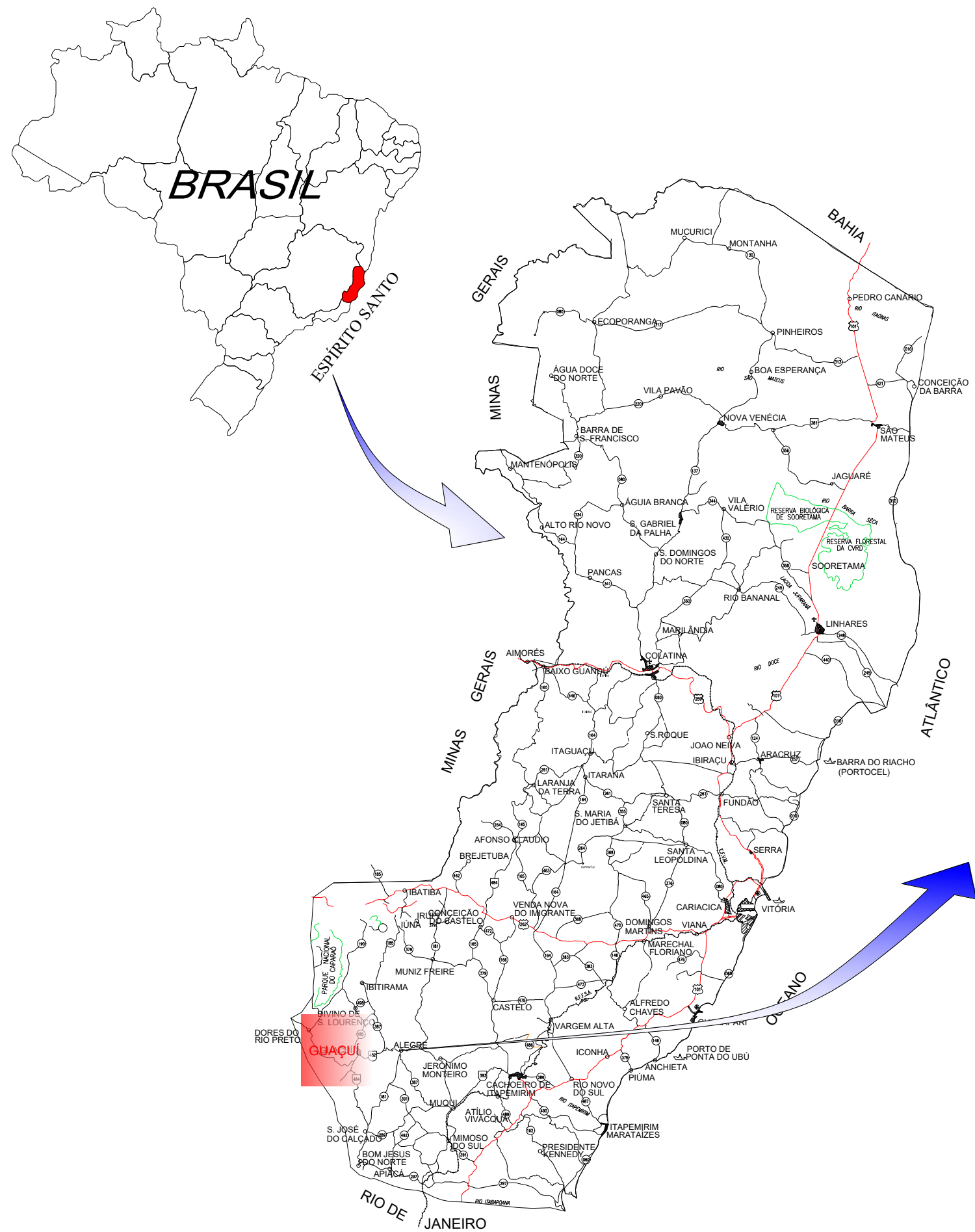
Eng.º Thiago Gomes Bonomo

CREA: ES-018427/D



2 MAPA DE LOCALIZAÇÃO/LOCALIZAÇÃO

Apresenta-se a seguir o *Mapa de Situação / Localização* destacando o presente empreendimento no contexto nacional e estadual, bem como a região de inserção, principais localidades e a rede de transporte no entorno do município da Guaçuí/ES.



CONVENÇÃO	
	RUA CONTEMPLADA NO PROJETO

219200.0000

219600.0000



219200.0000

219600.0000



PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAÇUI



CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DA RUA K

TÍTULO: MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LOCAL: RUA K, LOT. INDUSTRIAL, GUAÇUI-ES

COORDENADOR: Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO

CREA: ES-018427/D

ESCALA: 1/4000

FORMATO: A3

PRANCHA:

AUTOR DO PROJETO: Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO

CREA: ES-018427/D

REVISÃO: R. o

DATA: 2023

MAP-01



3 ESTUDOS

Adiante está apresentada toda metodologia adotada nos estudos preliminares aos projetos executivos.

- Estudos Topográficos;
- Estudos Hidrológicos;
- Estudos Geológicos; e
- Estudos Geotécnicos.

3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

O estudo topográfico objetivou a preparação da base planialtimétrica cadastral suficientemente detalhada para permitir o desenvolvimento do projeto geométrico e demais projetos correlatos.

Adiante está apresentado descritivo no que tange a poligonal base e marcos georreferenciados, base para a irradiação dos pontos, levantamento cadastral e do sistema de drenagem de greide e grotas existente.

3.1.1 IMPLANTAÇÃO DE REDE DE APOIO BÁSICO COM MARCOS DE CONCRETO

Em Fevereiro de 2023 as equipes foram mobilizadas para o Loteamento Industrial no município de Guaçu-ES, e após análise e planejamento dos serviços foram iniciados os trabalhos de campo. Para o presente levantamento topográfico foi necessário implantar, próximo à área de levantamento, um marco com GPS Geodésico (Base). O transporte de coordenadas para o marco Base, foi feito através de uma triangulação geodésica medida com o equipamento GPS Prexiso (dupla frequência – L1 e L2) da marca Prexiso, modelo Prexiso, e o equipamento Trimble NetR5 da base de referência GNSS da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC): CEFE (RBMC-93960).

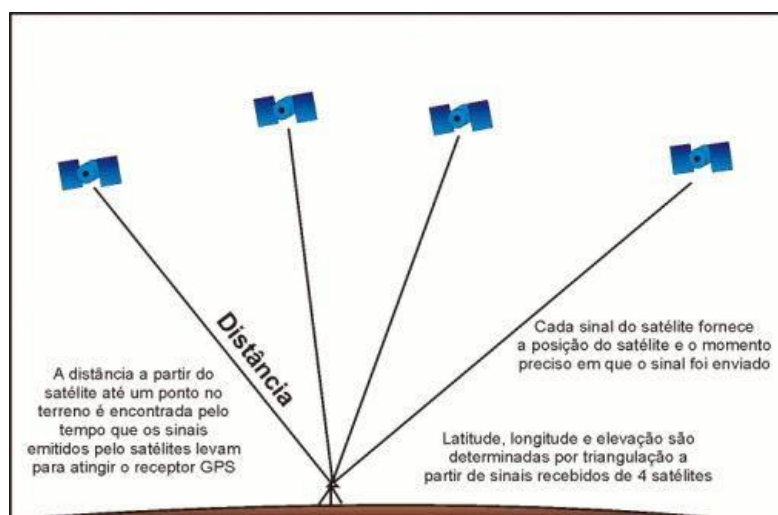


Figura 1 - Representação da captação de sinais dos satélites

Foi feita uma sessão de rastreamento no modo estático com duração média de 40 minutos

para todos o marco.

OBS.: RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – É a rede de vértices Geodésicos Brasileira, dotada de receptores GNSS (GPS e GLONASS) rastreando a constelação de satélites GPS e GLONASS, vinte quatro horas e sete dias por semana, ininterruptamente. Os dados observados pelos receptores da RBMC são disponibilizados no site do IBGE (www.ibge.gov.br).

3.1.2 PROCESSAMENTO DE VETORES

O processamento foi feito usando o programa TopconTolls da Topcon. A solução do processamento de todos os vetores foi feita com fixação da ambigüidade.

3.1.3 AJUSTAMENTO DE VETORES

O ajustamento dos vetores processados foi feito com o programa Topcon Tools. A injeção do ajustamento foi feita a partir do vértice CEFE (RBMC- 93960) cujas monografias foram baixadas do site do IBGE (www.ibge.gov.br). As coordenadas dos vértices do IBGE são mostradas na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Coordenadas dos vértices do IBGE.

SISTEMA DE REFERENCIA SIRGAS 2000 (WGS-84)					
Vértice	LATITUDE	LONGITUDE	ESTE	NORTE	ALT. ELIPS.
CEFE	20° 18' 38,8600" S	40° 19' 10,0376" W	362.241,724	7.753.574,912	14,314

O processamento e o ajustamento foram feitos no sistema de referência WGS-84.

OBS.: As altitudes ortométricas (“altitudes reais”) foram calculadas com o programa MAPGEO-2015 do IBGE, que apresentam uma incerteza de +/- 17 cm.

As coordenadas dos marcos utilizados para o cálculo da área estão apresentadas abaixo no sistema SIRGAS 2000, Tabela 2.

O Datum Planimétrico adotado foi o **SIRGAS-2000** – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. O sistema de projeção adotado foi o **UTM** – Universal Transverso Mercator, fuso **24** – MC – **39o WGr**.

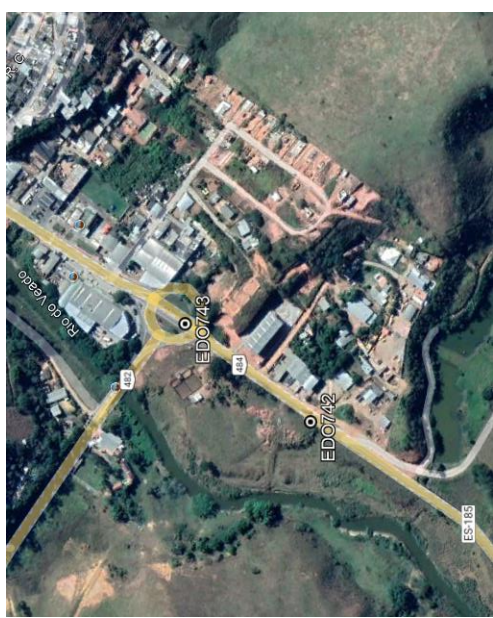


Tabela 2 - Coordenadas UTM dos Pontos de Apoio no Sistema SIRGAS 2000.

MARCO	NORTE	ESTE	COTA
EDO742	7697864.5480	219369.0120	584.957
EDO743	7698037.9760	219449.1140	582.152

		MONOGRAFIA DE MARCO				 avantec Soluções em Engenharia	
		AVANTEC ENGENHARIA					
		VÉRTICE DA REDE GPS DE GUAÇUÍ					
Código do Ponto	EDO742	Nome do Ponto	EDO742		Município / UF :		GUAÇUÍ/ES
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS - SIRGAS 2000					
DESVIO PADRÃO		GEODÉSICA		UTM		Fatores	
$\sigma = 0,0017$		$\phi = 20^{\circ}47'52.73531''$ S		N = 7 697 864,5480		Fator de Escala	
$\sigma = 0,0018$		$\gamma = 41^{\circ}41'45.10400''$ W		E = 219 369,0120		Conv. Meridiana	
Alt. Geom.(h) =		578,834	$\sigma = 0,0019$	Altitude Ortom.(H)=		0°5'28,31"	

		MONOGRAFIA DE MARCO		 avantec Soluções em Engenharia	
		AVANTEC ENGENHARIA			
		VÉRTICE DA REDE GPS DE GUAÇUÍ			
Código do Ponto	EDO743	Nome do Ponto	EDO743	Município / UF :	GUAÇUÍ/ES
COORDENADAS GEOGRÁFICAS			COORDENADAS - SIRGAS 2000		
DESVIO PADRÃO			UTM		
$\sigma = 0,0017$ $\sigma = 0,0018$			$\phi =$	20°47'47.14364" S	N = 7 698 037,9760
			$\gamma =$	41°41'42.23597" W	E = 219 449,1140
Alt. Geom.(h) =		576,029	$\sigma = 0,0019$	Altitude Ortom.(H)=	582,152





Localização: Marco geodésico está implantado as margens da BR-484, em Loteamento Industrial, Guaçuí-ES.

Descrição: Uma chapa de metal fixada em um marco de concreto cravado no solo com a inscrição EDO743.

3.1.4 IRRADIAÇÃO DOS PONTOS

O levantamento topográfico da nuvem de pontos consistiu em pontos irradiados a partir da poligonal acima citada, utilizando a Estação Total TS02. Esse método consiste em cadastrar irradiações a partir dos pontos de apoio georreferenciados lançados em campo por meio do cadastro da poligonal e marcos geodésicos.

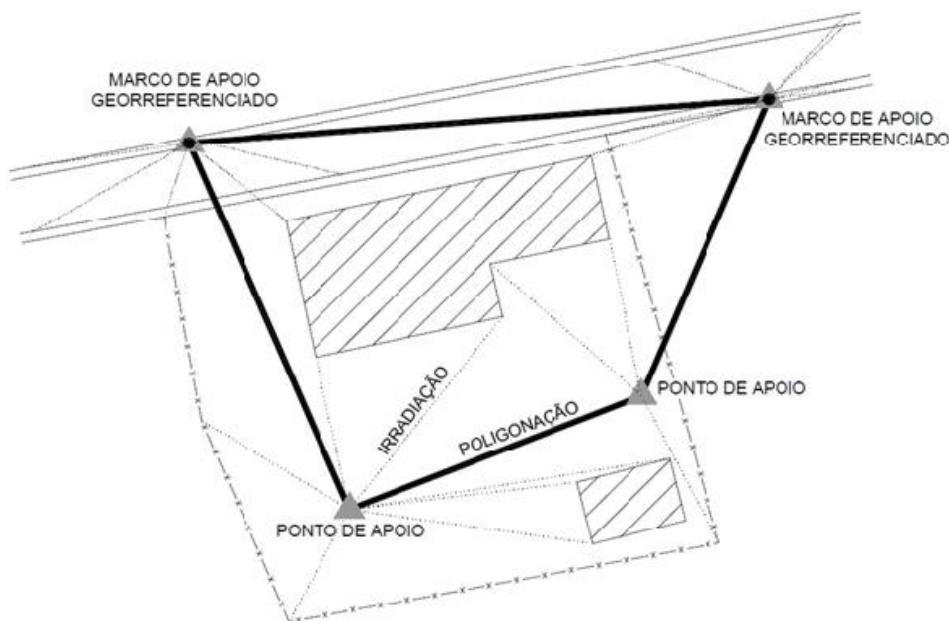


Figura 2 - Representação da captação de irradiações

3.1.5 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO

Adiante está apresentado o Inventário Fotográfico do levantamento planialtimétrico cadastral.







3.1.6 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se no **Volume 02 – Projeto de Execução**, o Levantamento Planialtimétrico em formato A1 e/ou A3 (ABNT), o resultado do levantamento executado.

3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO

3.2.1 INTRODUÇÃO

O ambiente de uma região é o resultado dos ajustes entre os vários forçantes que compõem o seu meio físico e biótico que evoluíram no tempo geológico através de relações mútuas e multidirecionais que fazem com que fatores do meio físico atuem sobre o meio biótico e são por ele influenciados. A inserção do homem no meio altera o equilíbrio das forças, conduzindo a um novo estado de equilíbrio em um ambiente diferente do original.

O regime hídrico é um dos principais forçantes do ambiente, pois apresenta relação direta com outros fatores do meio físico, enquanto atua no meio biótico como um dos principais limitante da fauna e flora. As intervenções humanas no meio devem estar em consonância com seu regime hídrico para que seja sustentável. Desta forma, o conhecimento dos diversos fatores que compõem o mesmo, como fluviométrica, pluviosidade média, distribuição de chuvas, regime de cheias, energia das chuvas, umidade relativa do ar, entre outros é de vital importância para a sustentabilidade das intervenções antrópicas.

Obras horizontais como estradas e seus componentes interceptam linhas de drenagem, as quais são caminhos naturais de cursos d'água perenes ou temporários, cujos regimes hídricos devem ser compreendidos, de modo que as estruturas de drenagem sejam dimensionadas em conformidade com as condições impostas pelo ambiente e não venham a ser prejudicadas durante eventos pluviométricos.

O ajuste de distribuições estatísticas aos dados de vazão é normalmente utilizado para a previsão de cheias com diferentes períodos de retorno para rios que possuem série histórica considerável de dados; porém, quando se trata de cursos d'água com pouco ou nenhum dado hidrológico, o uso de modelos matemáticos que transformam chuva em vazão tem sido a alternativa preferida por profissionais da área.

Modelos matemáticos são ferramentas que visam à simulação da realidade, devendo ser utilizados quando uma situação se apresenta complexa o suficiente para que o estudo, em meio real, se torne inviável (Ford, 1999). O maior benefício do uso de modelos matemáticos para simular sistemas é a facilidade com que se identificam

falhas e/ou eventos que possam vir a ocorrer, sendo mais fácil e seguro modificá-los no projeto antes da aplicação deste no meio real (Felício, 2007).

A Instrução de Serviço IS-203: Estudos Hidrológicos, anexo B3 das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários define e especifica os serviços constantes nos estudos hidrológicos nos projetos de engenharia rodoviária projeto básico e projeto executivo, sendo, desta forma, o norteador do presente documento. Desta forma, o presente relatório tem o objetivo de apresentar a metodologia e os resultados dos estudos hidrológicos executados para dar suporte ao Projeto de Pavimentação e Drenagem da Rua K, município de Guaçuí/ES, sob responsabilidade da Avantec Soluções em Engenharia LTDA.

3.2.2 METODOLOGIA

Para a realização dos estudos, foram realizadas as seguintes ações:

- Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais, estudos existentes, que permitiram a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região, e mais especificamente, da área em que se localiza o empreendimento em tela.
- Coleta de elementos que permitiram a definição das dimensões e demais características físicas da bacia de contribuição (forma, declividade, tipo de solo, recobrimento vegetal) tais como: levantamentos aerofotogramétricos, cartas geográficas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos e/ou outras cartas disponíveis.

3.2.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A área do empreendimento se enquadra na seguinte zona climática, segundo a classificação climática de Koppen (Figura 3):

Cfa: Clima subtropical úmido, com verão quente. As temperaturas são superiores a 22°C no verão e a do mês mais frio é inferior a 18 °C. A precipitação média é de 60 mm de chuva no mês mais seco. Se caracteriza por apresentar chuvas durante todos

os meses do ano.

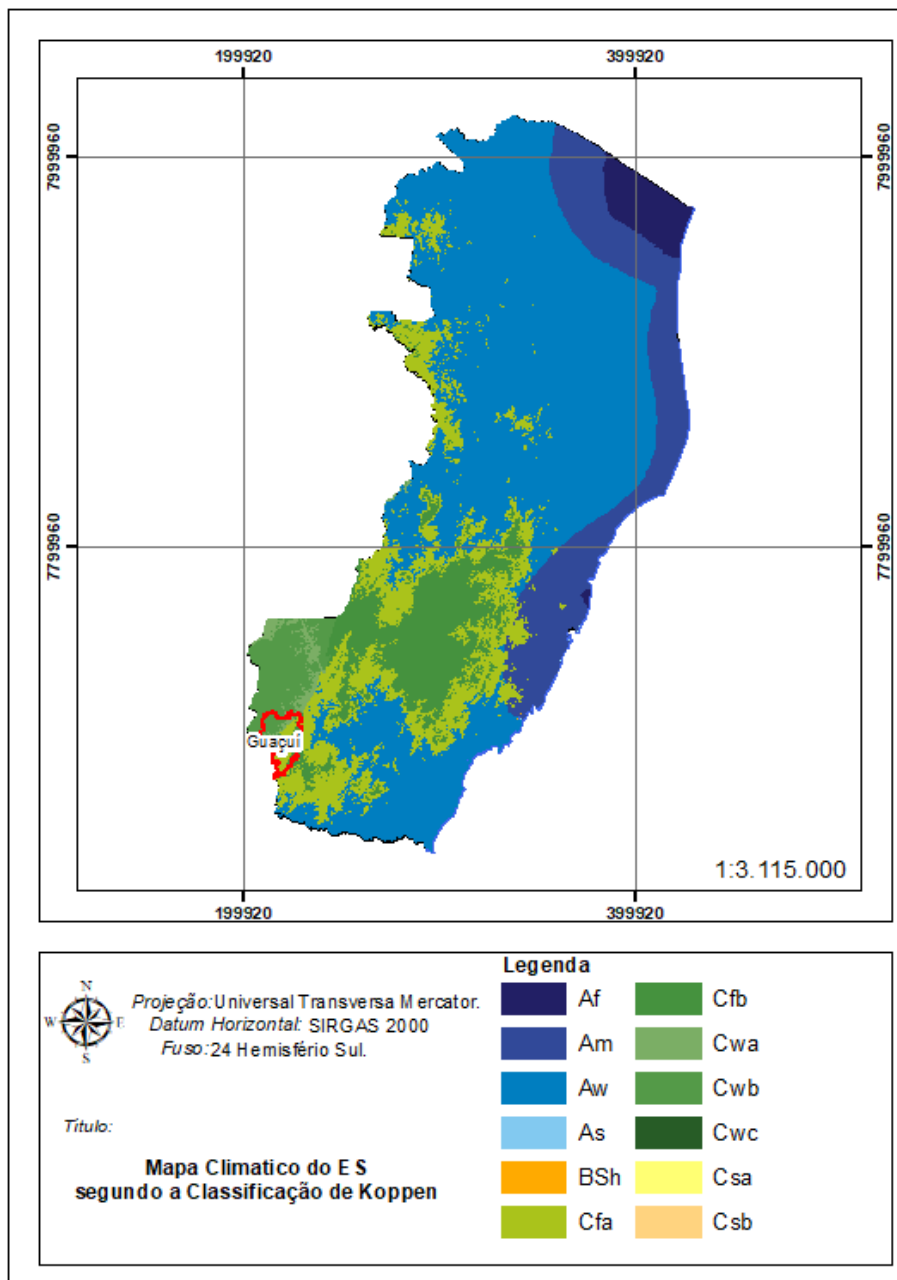


Figura 3 – Mapa climático do Espírito Santo, segundo a classificação de Köppen.

Destaque para o Município de Guaçuí

Segundo EMCAPA/NEPUT (1999), o município de Guaçuí é abrangido por três zonas climáticas (Figura 4): Zona 1 – Terras frias acidentadas e chuvosas, Zona 2 – Terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas e Zona 3 – Terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosa/seca, sendo que a zona 1 abrange 16,80% do

município, a Zona 2 32,44% e a Zona 3 abrange 50,76% da área, estando a área de estudo incluída na Zona 2. Na Zona 1, as temperaturas do mês mais frio variam de 7,3 a 9,4 °C. Já as Zonas 2 e 3, variam de 9,4 a 11,8°C. As temperaturas máximas variam, em média, durante o ano, respectivamente, de 25,3°C a 27,8°C, e de 27,8 a 30,7°C nas Zonas 2 e 3.

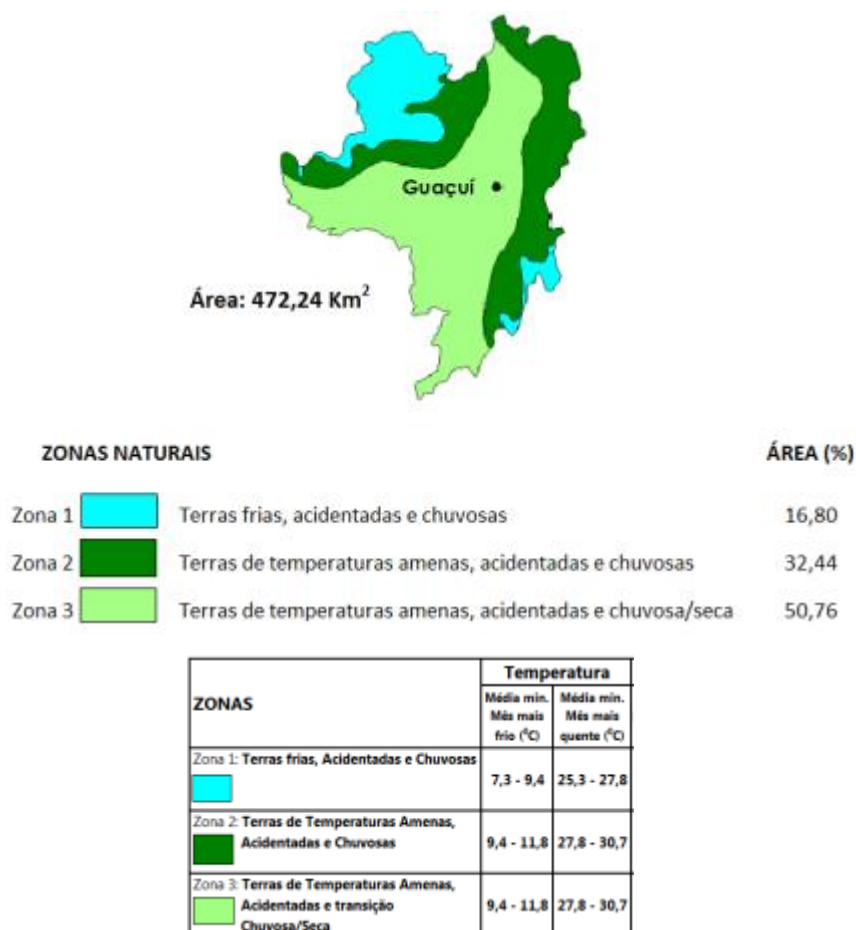


Figura 4 – Espacialização das zonas climáticas do município de Guaçuí-ES e médias das temperaturas máximas e mínimas mensais

Fonte: EMCAPA/NEPUT (1999).

A Figura 5 apresenta a distribuição mensal das temperaturas médias mínimas e máximas anuais para o município de Guaçuí. Em Guaçuí, as temperaturas médias variam de 18,1°C a 24,4°C, as máximas, variam de 30,8°C a 24,9°C e as mínimas, de 18,8°C a 12,1°C (INCAPER, 2023).

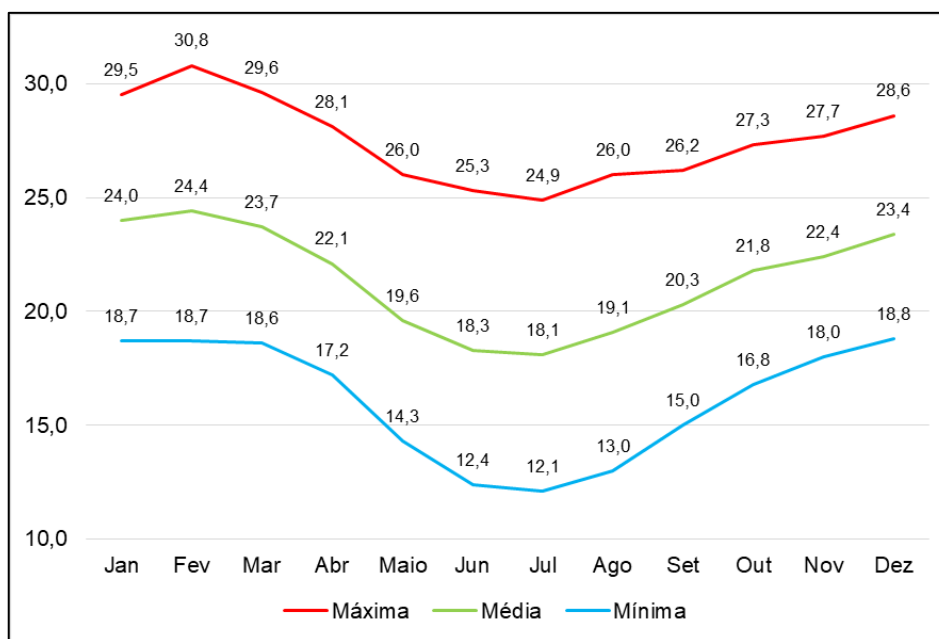


Figura 5 – Distribuição anual de temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) em Guaçuí.

Fonte: Incaper, 2020.

A Figura 6 e a Figura 7 apresentam, respectivamente, a direção e frequência dos ventos e a direção e velocidade dos ventos na área. Verifica-se que na área de estudo, prevalecem ventos com direção sul, sendo os ventos vindos de sul-sudeste os que apresentam as maiores velocidades.



Figura 6 – Direção x Frequências dos ventos na região de estudo.

Fonte: Projeto de P&D COSERN - ANEEL, 2003.

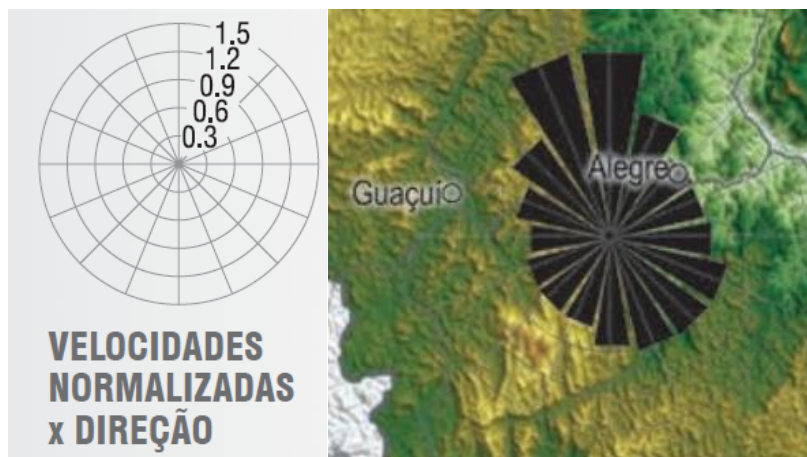


Figura 7 – Velocidade em m/s e direção dos ventos na região de estudo.

Fonte: Projeto de P&D COSERN - ANEEL, 2003.

3.2.4 PLUVIOMETRIA

3.2.4.1 COLETA DE DADOS

Na escolha da estação pluviométrica foram adotados os seguintes parâmetros:

- Localização da estação em relação ao trecho;
- Série histórica mínima de 30 anos;
- Dados pluviométricos recentes e atualizados;

Foram adotados os dados da estação pluviométrica “Guaçu”, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e localizada no município de Guaçu/ES.

Tabela 3 – Características da Estação Pluviométrica Utilizada

Código	Estação	Município	Estado	Altitude (m)	Coordenadas	
					Latitude	Longitude
2041001	Guaçu	Guaçu	ES	576	-20,7736	-41,6817

Fonte: Agência Nacional das Águas - ANA.

3.2.4.2 HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÕES

A Tabela 4 apresenta os totais mensais de precipitação medidos na estação Guaçu juntamente com os valores de máximas, mínimas e médias mensais e anuais.



Tabela 4 - Histórico da precipitação mensal para o período de 1940 a 2021, na estação Guaçuí

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Máx	Min	Méd	Média Anual
1940	328,3	202,9	351,1	85,0	21,0	16,9	41,4	8,6	84,4	180,4	286,6	157,0	1.763,6	351,1	8,6	147,0	1.465,2
1941	315,6	141,8	270,8	157,2	24,2	7,9	99,2	16,3	89,9	119,0	189,1	390,5	1.821,5	390,5	7,9	152,0	1.465,2
1942	329,9	111,1	73,8	100,5	41,8	22,8	11,0	14,3	54,0	146,9	119,9	549,3	1.575,3	549,3	11,0	131,0	1.465,2
1943	206,0	209,0	256,7	71,1	15,4	53,4	14,9	26,2	24,9	159,2	112,8	289,9	1.439,5	289,9	14,9	120,0	1.465,2
1944	119,1	220,6	129,5	165,9	48,4	11,3	42,3	2,7	10,4	89,0	83,9	325,5	1.248,6	325,5	2,7	104,0	1.465,2
1945	387,9	125,6	293,0	131,7	70,1	51,3	14,6	38,5	14,7	106,1	280,9	332,7	1.847,1	387,9	14,6	154,0	1.465,2
1946	185,2	47,8	188,7	114,9	40,2	52,7	0,7	21,5	52,6	111,6	187,0	178,7	1.181,6	188,7	0,7	98,0	1.465,2
1947	145,6	97,7	259,5	37,9	80,7	2,5	68,2	145,5	24,9	139,1	165,1	267,3	1.434,0	267,3	2,5	120,0	1.465,2
1948	61,4	276,6	71,9	32,4	19,7	39,0	38,8	16,8	16,7	105,0	386,2	479,9	1.544,4	479,9	16,7	129,0	1.465,2
1949	268,8	186,3	209,4	144,0	33,4	9,1	1,2	14,0	25,8	220,4	131,4	113,7	1.357,5	268,8	1,2	113,0	1.465,2
1950	117,7	7,5	132,7	52,9	32,7	38,5	5,4	0,0	86,3	161,0	363,5	174,2	1.172,4	363,5	0,0	98,0	1.465,2
1951	107,2	107,8	184,8	42,3	34,2	36,7	9,3	17,6	1,4	40,6	40,5	385,0	1.007,4	385,0	1,4	84,0	1.465,2
1952	399,1	403,1	177,4	152,5	21,4	32,5	47,6	29,4	76,3	131,7	248,0	208,8	1.927,8	403,1	21,4	161,0	1.465,2
1953	103,2	227,1	42,3	125,7	73,7	1,7	7,5	17,0	46,0	80,7	236,6	424,7	1.386,2	424,7	1,7	116,0	1.465,2
1954	6,5	129,7	69,0	67,7	58,6	29,0	12,8	11,5	11,2	37,1	37,8	262,2	733,1	262,2	6,5	61,0	1.465,2
1955	220,2	16,1	87,4	128,4	66,5	42,8	2,5	0,0	6,1	78,2	230,0	192,5	1.070,7	230,0	0,0	89,0	1.465,2
1956	21,4	13,7	182,2	35,9	70,1	31,8	37,4	34,1	29,9	90,5	146,1	340,5	1.033,6	340,5	13,7	86,0	1.465,2
1957	201,4	154,4	116,0	96,1	135,0	19,6	5,4	1,8	105,2	38,7	284,7	422,6	1.580,9	422,6	1,8	132,0	1.465,2
1958	123,3	75,0	135,8	128,8	110,6	35,4	69,2	2,8	69,0	180,8	174,9	189,2	1.294,8	189,2	2,8	108,0	1.465,2
1959	266,2	32,9	140,5	64,4	12,2	35,6	3,4	10,4	30,6	83,0	319,9	319,6	1.318,7	319,9	3,4	110,0	1.465,2
1960	213,9	99,3	287,8	46,7	47,0	25,4	21,4	10,2	64,0	44,4	223,8	259,8	1.343,7	287,8	10,2	112,0	1.465,2
1961	435,6	90,0	154,8	129,2	23,2	8,4	24,2	0,0	0,0	91,4	97,0	260,8	1.314,6	435,6	0,0	110,0	1.465,2
1962	349,8	280,4	24,3	38,8	74,3	22,2	31,3	0,0	107,6	78,9	217,0	423,4	1.648,0	423,4	0,0	137,0	1.465,2
1963	73,3	111,2	31,0	101,8	11,8	16,5	7,0	10,0	0,0	27,6	233,3	158,7	782,2	233,3	0,0	65,0	1.465,2
1964	269,3	339,8	124,2	164,9	47,3	32,4	93,7	25,0	6,2	275,6	207,8	357,0	1.943,2	357,0	6,2	162,0	1.465,2
1965	249,8	235,4	245,6	65,2	125,6	20,6	53,9	24,5	72,3	241,2	197,6	151,3	1.683,0	249,8	20,6	140,0	1.465,2
1966	198,3	24,1	52,0	132,6	79,4	20,3	44,2	13,0	45,0	127,0	354,3	267,2	1.357,4	354,3	13,0	113,0	1.465,2
1967	313,0	162,1	234,3	131,8	45,3	13,1	12,3	13,0	24,3	29,7	269,5	243,9	1.492,3	313,0	12,3	124,0	1.465,2
1968	212,8	303,3	144,8	117,6	25,3	9,2	54,9	34,0	88,0	177,3	86,6	129,4	1.383,2	303,3	9,2	115,0	1.465,2
1969	219,9	73,9	204,0	75,3	8,2	81,9	15,2	34,1	17,1	142,8	325,3	440,6	1.638,3	440,6	8,2	137,0	1.465,2
1970	225,4	20,5	122,4	107,1	6,3	29,5	59,6	62,3	65,6	222,9	252,0	203,0	1.376,6	252,0	6,3	115,0	1.465,2
1971	88,2	54,8	144,0	66,9	29,4	62,6	9,1	50,5	126,3	259,9	393,6	224,3	1.509,6	393,6	9,1	126,0	1.465,2
1972	89,8	247,2	166,0	163,9	14,7	6,4	98,4	28,2	82,4	86,8	202,6	238,8	1.425,2	247,2	6,4	119,0	1.465,2
1973	129,0	103,6	238,8	39,0	92,2	9,4	6,0	43,4	16,4	96,7	149,6	219,6	1.143,7	238,8	6,0	95,0	1.465,2
1974	254,0	70,6	278,2	207,4	74,8	40,0	5,4	2,2	2,6	191,6	149,2	212,8	1.488,8	278,2	2,2	124,0	1.465,2
1975	244,4	79,8	135,0	42,4	53,0	15,4	62,8	0,0	45,0	110,0	282,0	196,6	1.266,4	282,0	0,0	106,0	1.465,2
1976	60,0	77,8	73,1	44,0	105,5	1,0	59,0	43,0	155,7	134,6	132,2	251,7	1.137,6	251,7	1,0	95,0	1.465,2
1977	114,0	3,3	103,4	218,3	36,8	18,1	0,0	5,4	75,5	108,2	330,1	384,9	1.398,0	384,9	0,0	117,0	1.465,2
1978	129,1	181,1	29,1	49,4	92,0	8,0	75,2	14,1	57,1	198,7	137,7	268,3	1.239,8	268,3	8,0	103,0	1.465,2
1979	486,2	315,4	274,8	118,7	37,5	5,9	21,1	43,6	35,9	81,3	321,4	224,5	1.966,3	486,2	5,9	164,0	1.465,2
1980	366,1	147,9	59,4	195,0	90,8	12,8	3,3	61,3	19,4	52,9	106,9	236,0	1.351,8	366,1	3,3	113,0	1.465,2
1981	200,9	75,4	135,9	70,0	37,3	30,5	23,0	78,2	21,2	137,1	374,0	201,3	1.384,8	374,0	21,2	115,0	1.465,2
1982	192,4	10,4	340,9	202,8	34,8	39,2	17,0	33,8	28,3	69,5	301,9	293,2	1.564,2	340,9	10,4	130,0	1.465,2
1983	392,6	163,5	132,9	294,0	76,3	12,0	59,4	2,0	109,8	185,7	358,2	317,1	2.103,5	392,6	2,0	175,0	1.465,2
1984	216,2	26,3	179,8	105,7	10,7	4,6	3,7	72,3	53,0	184,2	287,2	411,0	1.554,7	411,0	3,7	130,0	1.465,2
1985	782,8	137,2	270,1	56,2	44,5	6,0	30,4	31,2	121,4	116,8	394,2	280,2	2.271,0	782,8	6,0	189,0	1.465,2
1986	149,6	146,6	104,0	65,4	18,2	8,8	56,8	182,9	29,0	34,6	142,4	245,7	1.184,0	245,7	8,8	99,0	1.465,2
1987	284,4	57,0	288,1	229,2	93,7	26,5	18,4	5,3	79,6	188,7	220,0	424,7	1.915,6	424,7	5,3	160,0	1.465,2
1988	151,0	155,0	181,8	135,0	110,0	26,0	8,6	1,2	10,9	196,9	166,2	216,9	1.359,5	216,9	1,2	113,0	1.465,2
1989	244,2	213,0	104,9	42,5	43,5	97,9	52,6	15,8	55,3	143,2	258,4	124,7	1.396,0	258,4	15,8	116,0	1.465,2
1990	35,5	107,5	96,4	31,7	37,0	10,1	54,2	28,9	65,3	160,1	171,5	176,9	975,1	176,9	10,1	81,0	1.465,2
1991	276,8	179,1	331,7	65,8	25,3	13,2	19,8	38,5	89,6	74,5	239,3	260,0	1.613,6	331,7	13,2	134,0	1.465,2
1992	168,8	78,1	52,4	126,1	117,1	15,5	51,0	60,7	109,7	123,3	189,7	282,5	1.374,9	282,5	15,5	115,0	1.465,2
1993	228,0	24,6	170,0	196,1	44,0	18,6	0,6	12,6	58,2	28,8	128,5	360,6	1.270,6	360,6	0,6	106,0	1.465,2
1994	359,3	26,9	278,3	155,3	118,4	67,0	17,9	2,6	7,8	91,7	90,5	149,0	1.364,7	359,3	2,6	114,0	1.465,2
1995	83,6	168,4	108,6	57,6	83,2	3,7	13,5	13,6	26,6	190,6	294,1	423,6	1.467,1	423,6	3,7	122,0	1.465,2
1996	124,3	129,4	207,5	89,6	69,2	7,4	5,9	20,9	184,6	97,5	298,3	200,3	1.434,9	298,3	5,9	120,0	1.465,2
1997	337,4	105,9	200,4	60,7	16,1	19,2	4,7	32,4	125,8	127,5	190,9	220,7	1.441,7	337,4	4,7	120,0	1.465,2
1998	339,6	197,7	158,5	33,0	38,4	11,5	0,9	51,0	23,6	84,1	298,9	152,3	1.389,5	339,6	0,9	116,0	1.465,2
1999	141,5	139,6	360,9	36,8	10,8	61,8	7,6	13,6	36,7	119,8	332,1	324,2	1.585,4	360,9	7,6	132,0	1.465,2
2000	319,3	175,6	144,0	68,2	20,1	16,7	11,3	47,8	65,7	169,4	219,1	351,5	1.608,7	351,5	11,3	134,0	1.465,2
2001	244,1	86,0	156,1	45,7	52,5	22,0	2,8	2,0	99,9	92,4	435,1	196,3	1.434,9	435,1	2,0	120,0	1.465,2

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Máx	Min	Méd	Média Anual
2002	269,9	311,4	64,5	31,1	71,1	5,1	35,1	4,5	108,4	88,9	249,9	313,0	1.552,9	313,0	4,5	129,0	1.465,2
2003	545,5	25,1	145,0	77,4	19,9	0,0	11,7	118,3	44,0	88,1	128,0	274,1	1.477,1	545,5	0,0	123,0	1.465,2
2004	408,9	258,6	264,1	233,6	18,0	38,5	61,7	25,2	1,3	145,4	192,3	481,0	2.128,6	481,0	1,3	177,0	1.465,2
2005	192,9	249,4	444,9	114,7	56,1	44,4	19,8	49,2	130,7	42,1	373,3	451,4	2.168,9	451,4	19,8	181,0	1.465,2
2006	49,5	69,6	427,7	99,5	26,6	14,6	2,0	21,4	88,4	153,7	277,5	392,3	1.622,8	427,7	2,0	135,0	1.465,2
2007	458,3	218,6	24,0	149,5	33,5	1,2	6,8	2,4	1,3	82,0	142,4	402,1	1.522,1	458,3	1,2	127,0	1.465,2
2008	278,4	290,6	220,6	253,9	32,3	16,7	5,2	18,1	80,4	50,4	399,0	458,0	2.103,6	458,0	5,2	175,0	1.465,2
2009	405,8	172,4	315,4	187,9	15,3	37,7	12,5	84,6	116,5	217,8	159,4	349,5	2.074,8	405,8	12,5	173,0	1.465,2
2010	69,3	64,5	217,8	106,2	62,4	8,1	25,9	9,1	36,1	111,2	358,6	433,4	1.502,6	433,4	8,1	125,0	1.465,2
2011	47,9	60,7	626,6	101,6	15,7	26,1	17,3	5,3	15,6	168,6	228,7	281,8	1.595,9	626,6	5,3	133,0	1.465,2
2012	225,2	13,4	123,4	85,1	94,9	28,0	6,1	45,4	109,8	60,9	259,7	63,3	1.115,2	259,7	6,1	93,0	1.465,2
2013	271,1	95,5	308,0	58,4	67,6	26,1	16,4	24,2	48,7	126,8	176,4	460,1	1.679,3	460,1	16,4	140,0	1.465,2
2014	64,3	47,9	78,0	163,5	8,3	4,3	30,5	12,4	18,0	43,0	234,5	120,1	824,8	234,5	4,3	69,0	1.465,2
2015	2,5	46,1	91,6	96,5	79,3	62,3	9,3	5,5	92,8	64,3	68,8	220,0	839,0	220,0	2,5	70,0	1.465,2
2016	149,1	103,2	208,7	36,2	20,0	37,6	11,8	2,7	84,0	116,7	315,1	279,8	1.364,9	315,1	2,7	114,0	1.465,2
2017	101,0	195,3	43,3	81,1	89,3	48,4	27,7	5,7	0,0	19,4	252,6	164,1	1.027,9	252,6	0,0	86,0	1.465,2
2018	147,1	276,1	213,6	176,9	34,2	6,1	7,3	54,6	23,4	57,6	277,4	292,8	1.567,1	292,8	6,1	131,0	1.465,2
2019	17,8	264,0	231,2	85,8	36,2	3,6	0,0	14,6	29,6	24,5	331,4	210,4	1.249,1	331,4	0,0	104,0	1.465,2
2020	453,2	272,0	246,4	61,4	73,6	9,5	6,4	95,0	16,8	175,1	164,1	277,5	1.851,0	453,2	6,4	154,0	1.465,2
2021	211,2	411,6	156,6	65,4	0,0	39,3	4,2	14,3	9,0	200,7	182,0	258,3	1.552,6	411,6	0,0	129,0	1.465,2
Máx	782,8	411,6	626,6	294,0	135,0	97,9	99,2	182,9	184,6	275,6	435,1	549,3					
Min	2,5	3,3	24,0	31,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	37,8	63,3					
Méd	222,9	142,2	182,4	105,2	49,8	24,5	25,2	28,1	53,9	118,7	230,0	282,3					

Fonte: HIDROWEB ANA, 2023.

A Figura 8 apresenta o histograma de distribuição das precipitações pluviométricas médias mensais e máximas diárias; bem como o número médio mensal de dias chuvosos para o período de 1940 a 2021 na estação Pluviométrica Guaçuí (código 2041001).

Verifica-se que o período mais chuvoso ocorre de outubro a março, sendo que, dentre estes, o mês de dezembro foi o que apresentou a maior média mensal, cerca de 282,3 mm e maior número de dias chuvosos no período analisado. A estação seca se estende entre abril a setembro, sendo o mês de junho o que a menor média pluviométrica no período, 24,5 mm. Observa-se que na estação chuvosa, os maiores totais mensais variam 97,9 mm e 782,2 mm. Os mínimos mensais registrados em cada mês variam entre 0 e 63,3 mm.

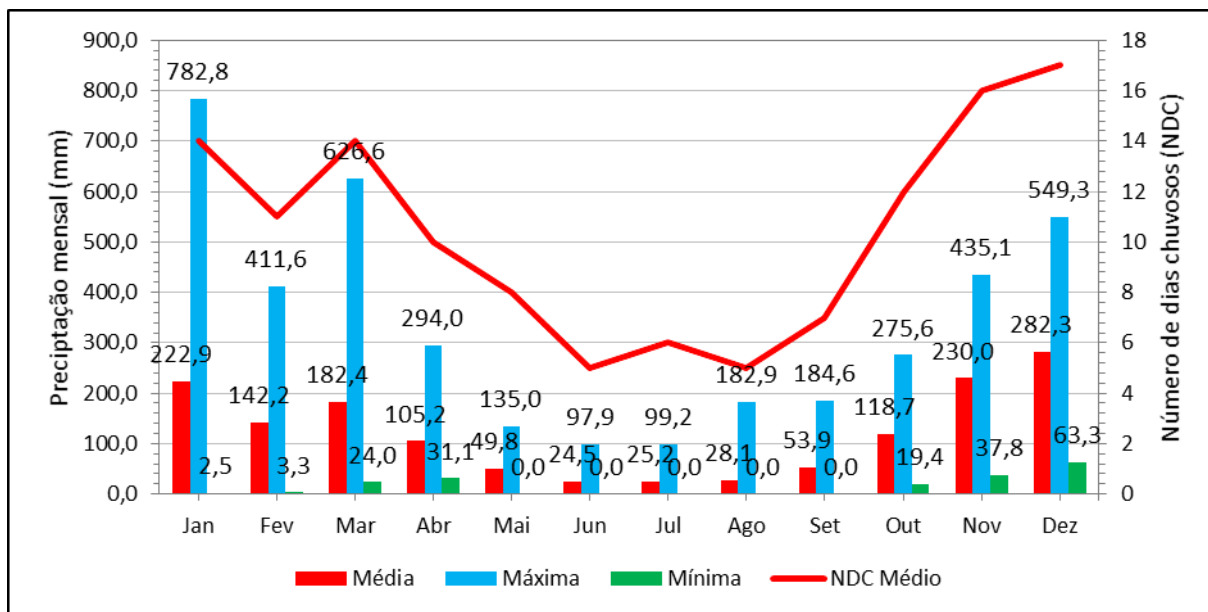


Figura 8 - Histograma de Distribuição de Precipitação e Número Médio Mensal de Dias Chuvosos no período de 1940 a 2021 na estação Pluviométrica Guaçuí

A Figura 9 apresenta a precipitação total anual na estação Pluviométrica Guaçuí (código 2041001), no período de 1940 a 2021. A precipitação média total para o período foi de 1465,2 mm por ano.

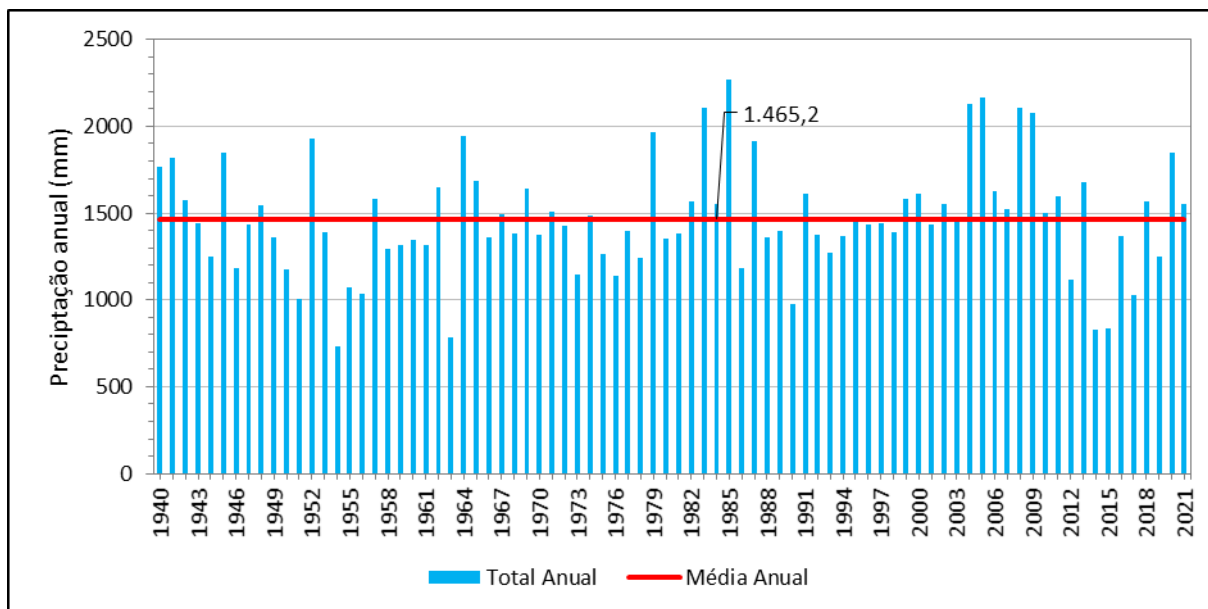


Figura 9 - Precipitação Total Anual do período de 1940 a 2021, na estação Pluviométrica Guaçuí

Conforme Figura 10, as chuvas na região são bem distribuídas ao longo do ano. Em média, o número de dias chuvosos no ano, varia de 5 a 17 dias por mês, sendo que a

estação chuvosa, concentra a maior quantidade de dias chuvosos.

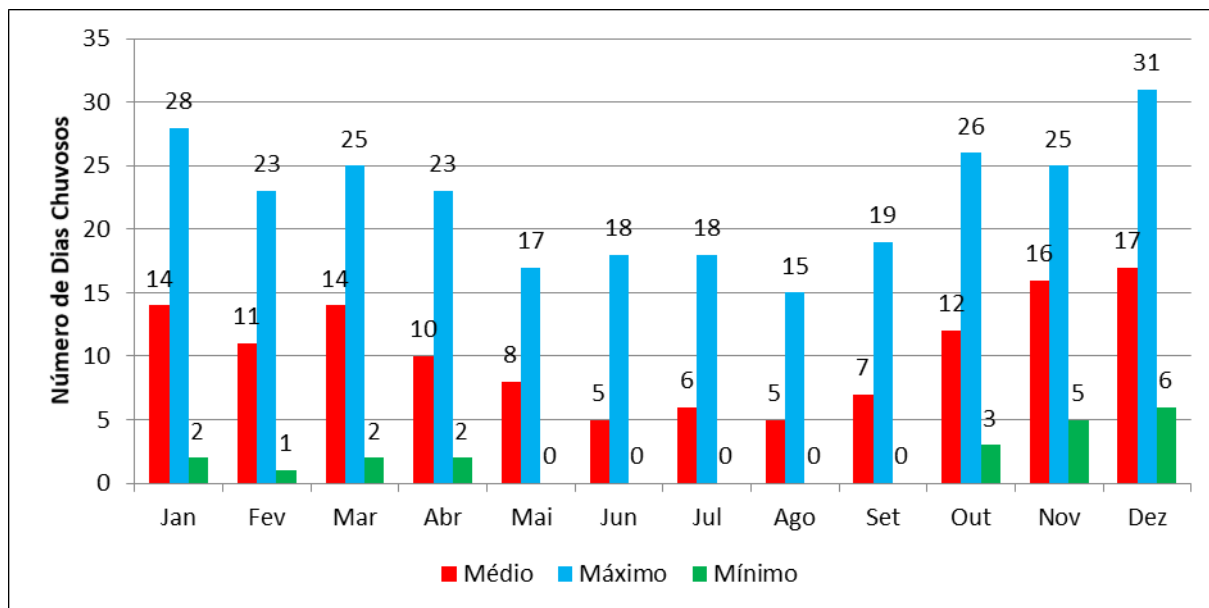


Figura 10 –Número de dias chuvosos para a estação Guaçuí

A Figura 11 apresenta a precipitação máxima de 1 dia para o período de 1940 a 2021 na região de estudo. Verifica-se que, à exceção do mês de junho, em todos os meses do ano já ocorreram precipitações maiores que 50 mm em 1 dia, sendo que a maior das máximas ocorreu no mês de janeiro (125 mm). A Figura 12 apresenta a série histórica de máxima de 1 dia anual.

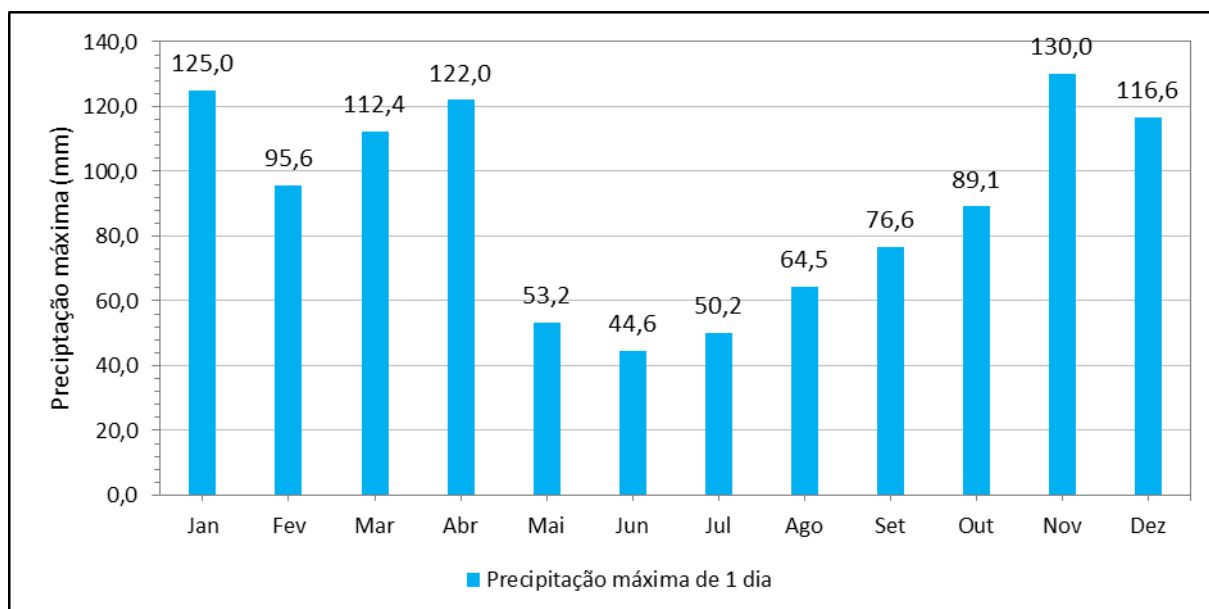


Figura 11- Precipitação Máxima Mensal em 1 dia para período de 1940 a 2021 na estação Pluviométrica Guaçuí

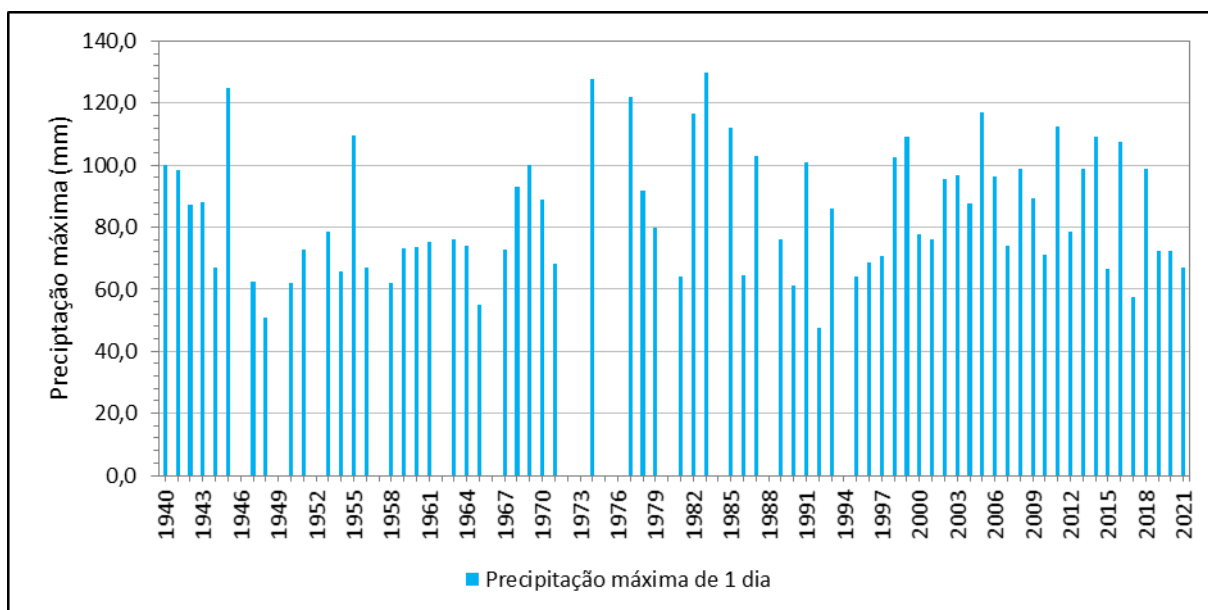


Figura 12 – Precipitação Máxima de 1 dia anual para a estação Guaçuí

3.2.4.3 EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

Para localidades desprovidas de dados pluviográficos de longa duração, o método Chow-Gumbel tem sido utilizado de maneira eficiente para a determinação da relação intensidade-duração-frequência. A metodologia para obtenção da equação de intensidade-duração-frequência de chuvas está apresentada em Almeida, Reis e Mendonça (2017) e resumida a seguir.

- Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia;
- Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de 1 dia, estimando as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de 24 horas;
- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de durações menores. Para o caso em apreço, foram consideradas durações de precipitação de 5, 10, 15,

20, 25 e 30 minutos, 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas;

- Apropriação das intensidades pluviométricas a partir da relação entre alturas pluviométricas e durações;
- Definição de equações de chuvas intensas no formato estabelecido pela Equação (1):

$$i = \frac{kT^m}{(t + t_0)^n} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

i representa a intensidade máxima de chuva (mm/min);

t é a duração da chuva (minutos),

T é o tempo de retorno (anos),

k, m, t_0 e n são os parâmetros que se deseja determinar com base nos dados pretéritos de chuva de uma determinada estação pluviométrica.

O ajuste do modelo estabelecido por meio da Equação 1 é realizado com auxílio da Programação Não Linear (PNL), aplicada com a ferramenta Solver, disponível na planilha do Microsoft Excel, com a seguinte função objetivo (Equação 2):

$$\min f_0 = \sum_T \sum_t (i_{\text{método}} - i_{\text{equação}}) \quad \text{Equação 2}$$

A Tabela 5 apresenta as precipitações diárias máximas anuais medidas na estação Guaçu entre os anos 1940 a 2021. Esta estação apresenta dados consistidos até o ano de 2005 e dados não consistidos até o ano de 2021. Os anos com falhas de registro foram excluídos da análise de chuvas.

Tabela 5 – Precipitações diárias máximas anuais medidas na estação Guaçu entre os anos 1940 a 2021

Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)
1940	100,0	1961	75,4	1982	116,6	2003	96,7
1941	98,6	1962		1983	130,0	2004	87,6
1942	87,3	1963	76,1	1984		2005	117,2
1943	88,2	1964	74,0	1985	112,0	2006	96,2
1944	66,9	1965	55,2	1986	64,5	2007	74,2
1945	125,0	1966		1987	103,0	2008	98,7
1946		1967	73,0	1988		2009	89,5

Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)
1947	62,6	1968	93,2	1989	76,0	2010	71,3
1948	50,7	1969	100,1	1990	61,4	2011	112,4
1949		1970	89,1	1991	101,0	2012	78,4
1950	62,1	1971	68,3	1992	47,6	2013	98,7
1951	73,0	1972		1993	85,9	2014	109,3
1952		1973		1994		2015	66,8
1953	78,8	1974	128,0	1995	64,3	2016	107,4
1954	65,8	1975		1996	68,5	2017	57,6
1955	109,6	1976		1997	70,8	2018	98,7
1956	67,2	1977	122,0	1998	102,6	2019	72,3
1957		1978	92,0	1999	109,2	2020	72,6
1958	62,0	1979	80,0	2000	77,6	2021	67,2
1959	73,4	1980		2001	76,3		
1960	73,8	1981	64,1	2002	95,6		

A Tabela 6 apresenta o ajuste probabilístico de Gumbel das máximas de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno desses dados para a estação Guaçuí.

Tabela 6 – Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí

Período de retorno (anos)	Máxima (mm)
2	81,68
5	100,94
10	113,69
15	120,88
25	129,80
50	141,75
75	148,69
100	153,61

A Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam as alturas e intensidades pluviométricas, respectivamente, associadas a diferentes períodos de retorno e diferentes durações, estimadas para a estação Lúna. Estas foram obtidas a partir da transformação das precipitações máximas com duração de 1 dia em precipitações máximas com diferentes durações, de acordo com os fatores de frequência propostos por Ven Te Chow desenvolvidos para o Brasil pelo extinto Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE, 1986).

Tabela 7 – Precipitações máximas (em mm), para a estação Pluviométrica Guaçuí, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração (min)		Período de Retorno (anos)							
		2	5	10	15	20	25	50	100
1440	24h	93,12	115,07	129,60	137,80	143,55	147,97	161,59	175,12
720	12h	79,15	97,81	110,16	117,13	122,01	125,77	137,35	148,85
600	10h	76,35	94,36	106,27	113,00	117,71	121,33	132,51	143,60
480	8h	72,63	89,75	101,09	107,49	111,97	115,42	126,04	136,59
360	6h	67,04	82,85	93,31	99,22	103,35	106,54	116,35	126,08
60	1h	39,11	48,33	54,43	57,88	60,29	62,15	67,87	73,55
30	30 min	28,94	35,76	40,28	42,83	44,61	45,99	50,22	54,43
25	25 min	26,34	32,54	36,66	38,97	40,60	41,85	45,70	49,53
20	20 min	23,44	28,97	32,63	34,69	36,14	37,25	40,68	44,09
15	15 min	20,26	25,03	28,20	29,98	31,23	32,19	35,16	38,10
10	10 min	15,63	19,31	21,75	23,13	24,09	24,83	27,12	29,39
5	5min	9,84	12,16	13,70	14,56	15,17	15,64	17,08	18,50

Tabela 8 – Intensidades máximas (em mm/min), para a estação Pluviométrica Guaçuí, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração (min)		Período de Retorno (anos)							
		2	5	10	15	20	25	50	100
1440	24h	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12
720	12h	0,11	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,19	0,21
600	10h	0,13	0,16	0,18	0,19	0,20	0,20	0,22	0,24
480	8h	0,15	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,26	0,28
360	6h	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32	0,35
60	1h	0,65	0,81	0,91	0,96	1,00	1,04	1,13	1,23
30	30 min	0,96	1,19	1,34	1,43	1,49	1,53	1,67	1,81
25	25 min	1,05	1,30	1,47	1,56	1,62	1,67	1,83	1,98
20	20 min	1,17	1,45	1,63	1,73	1,81	1,86	2,03	2,20
15	15 min	1,35	1,67	1,88	2,00	2,08	2,15	2,34	2,54
10	10 min	1,56	1,93	2,18	2,31	2,41	2,48	2,71	2,94
5	5min	1,97	2,43	2,74	2,91	3,03	3,13	3,42	3,70

A Figura 13 apresenta as curvas de altura e duração para diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí, enquanto a Figura 14 mostra as curvas de intensidade e duração para a mesma estação pluviométrica.

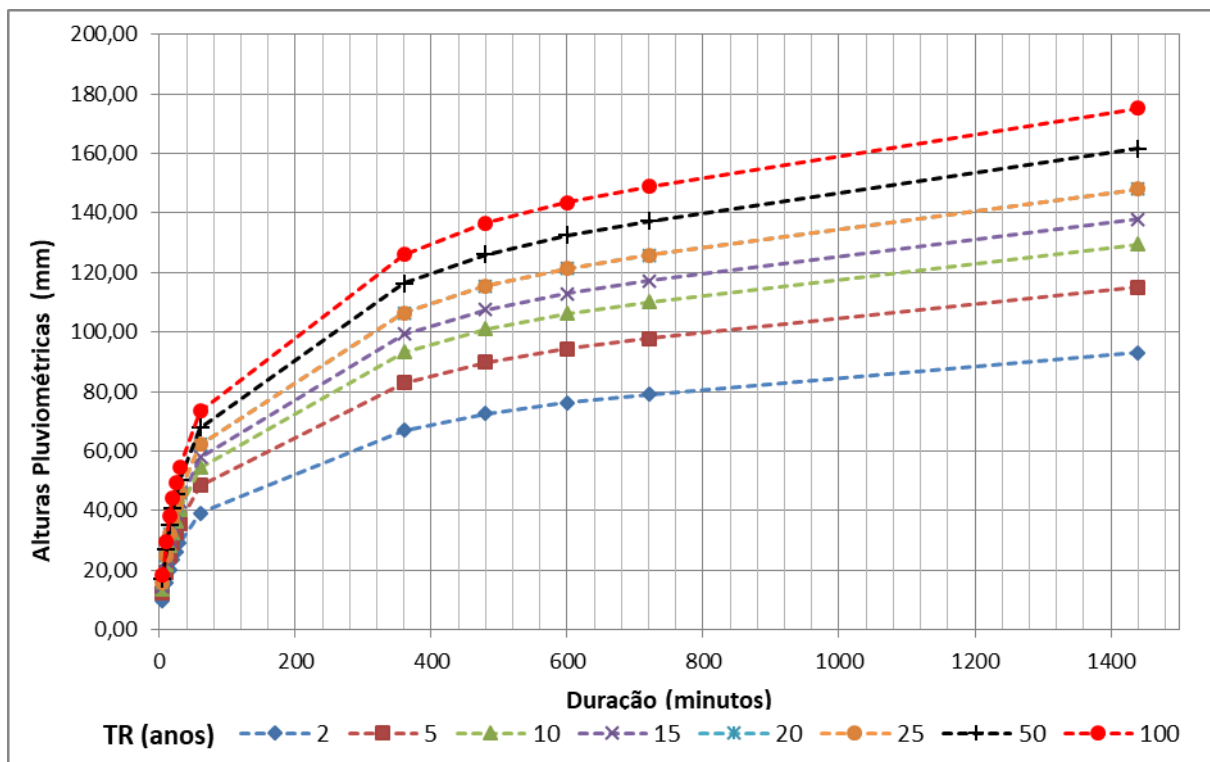


Figura 13 - Curvas de altura x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí.

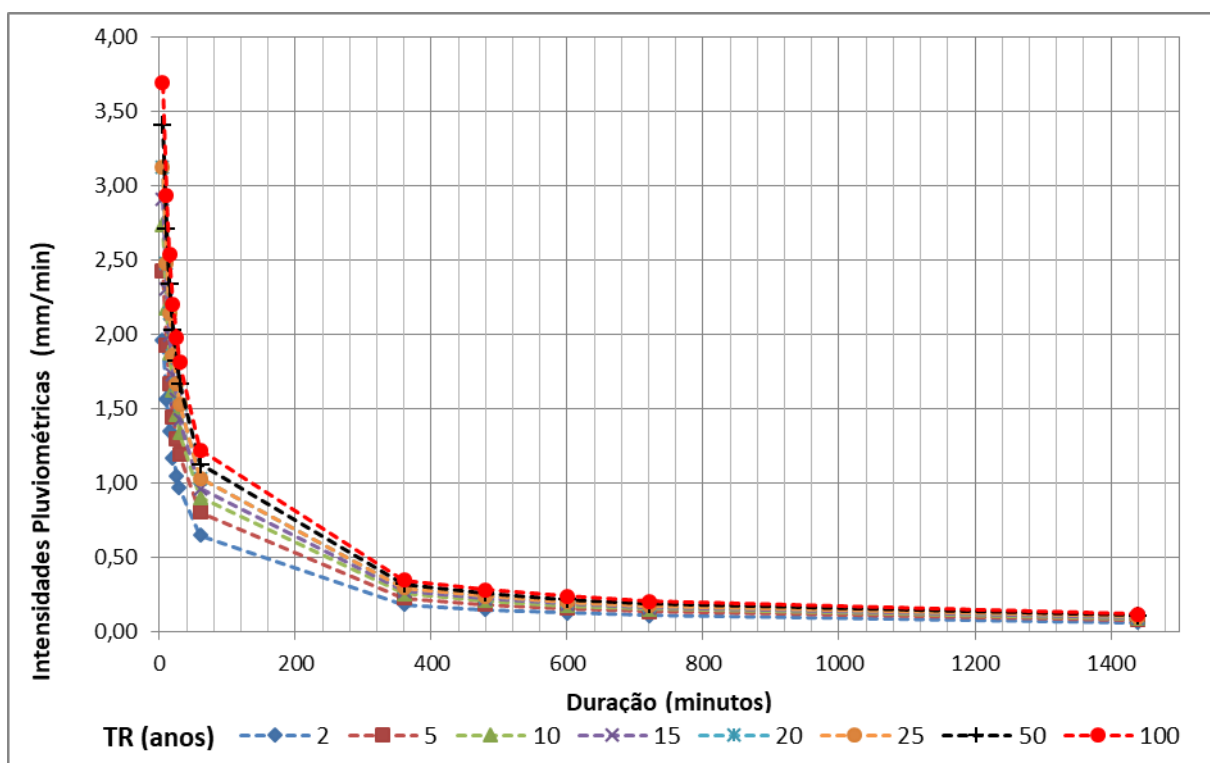


Figura 14 - Curvas de intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno para a estação Pluviométrica Guaçuí

A equação a seguir apresenta a relação intensidade-duração-frequência das chuvas para a região onde será implantado o projeto ajustada aos dados da estação Pluviométrica Guaçuí.

$$i = \frac{15,497 \times T^{0,143}}{(t + 11,270)^{0,749}}, \text{ em mm/min}$$

Sendo:

i : intensidade da chuva em mm/min

T : Tempo de retorno, em anos

t : Tempo de duração, em minutos.

3.2.5 PEDOLOGIA

Na área de intervenção foi identificado presença de Latossolo Amarelo. A seguir são apresentadas as características desse solo:

- Latossolo Amarelo: os Latossolos são solos de intemperização intensa e comumente caracterizados como solos antigos, com presença de horizonte diagnóstico latossólico e de características gerais como argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, associadas a uma boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura mais grosseira em climas mais secos.

Os Latossolo Amarelos apresentam cor amarela uniforme em profundidade, assim como o teor de argila. Nota-se sua ocorrência no relevo plano ou suavemente ondulado, sendo favorável à mecanização agrícola e não favorecendo a erosão, mas os problemas de compactação limitam a utilização deste solo (Embrapa, 2021).

3.2.6 USO DO SOLO

A região estudada apresenta uso do solo voltado a ocupação residencial e urbana em expansão.

3.2.7 MÉTODOS E PARÂMETROS PARA A DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DO PROJETO

3.2.7.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA

O Tempo de Recorrência (TR) ou período de retorno é o tempo em anos para que determinado fenômeno hidrológico ocorra pelo menos uma vez. Na engenharia, o tempo de retorno irá determinar a segurança e durabilidade da obra. Em drenagem, esse tempo de retorno irá direcionar o dimensionamento, de modo que a estrutura projetada resista ao evento sem risco de superação.

O TR adotado para os estudos das descargas de pico da bacia foi definido em função do tipo de obra previsto para o escoamento de tais descargas. Em linhas gerais, foram adotados os valores descritos na Tabela 9, conforme IS-203 DNIT (DNIT, 2006).

Tabela 9 – Período de Recorrência.

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Drenagem Sub-superficial	1
Drenagem Superficial	5 a 10
Bueiro Tubular	15 (Canal) e 25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (Canal) e 50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: Manual de Drenagem do DNIT.

3.2.7.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração (TC) de uma bacia hidrográfica é o tempo de percurso que o escoamento leva para atingir a saída, desde o ponto mais remoto até ao ponto de interesse. Esse é o intervalo de tempo em que todos os pontos da bacia irão contribuir com vazão para o seu exutório (DNIT, 2005).

Ao longo dos anos foram desenvolvidos uma variedade de expressões para a determinação do tempo de concentração. Isso porque, há inúmeros fatores envolvidos em sua análise que irão influenciar na determinação da descarga de projeto. Em linhas gerais, a descarga máxima da bacia é proporcional ao inverso do seu tempo de concentração (DNIT, 2005; SILVEIRA, 2005).

As formulações são obtidas, de modo geral, pelas características da bacia hidrográfica como área, comprimento do talvegue, rugosidade do córrego ou canal e a declividade dos mesmos e algumas possuem algum parâmetro que leva em conta a ocupação da bacia (DNIT, 2005; KIBLER, 1982).

Para o presente trabalho foram consideradas as formulações que na avaliação do Manual de Hidrologia do DNIT (2005), possuem faixa de aplicação tanto para pequenas quanto para grandes bacias, além daquelas que consideram características de cobertura vegetal, as quais encontram-se descritas a seguir.

Conforme preconizado pelo Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005), a fórmula do DNOS considera além das características morfométricas da bacia, características de tipo de solo e de cobertura vegetal, ademais, a aplicação desta é indicada para qualquer tamanho de bacia.

$$T_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{I^{0,4}} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

T_c = tempo de concentração, em minutos,

A = área da bacia, em ha,

L = comprimento do curso d'água, em m,

I = declividade, em %.

K = depende das características da bacia, conforme descrito a seguir:

- Terreno arenoargiloso, coberto de vegetação intensa, com elevada absorção $K=2$;
- Terreno comum, coberto de vegetação, absorção apreciável $K=3$;
- Terreno argiloso, coberto de vegetação, absorção média $K=4$;
- Terreno de vegetação média, pouca absorção $K=4,5$;
- Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção $K=5$;
- Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção $K=5,5$.

Para todas as bacias analisadas o o valor de k adotado é equivalente a 5.

A fórmula de George Ribeiro é aplicável para qualquer tamanho de bacia (DNIT, 2005) e é apresentada a seguir:

$$T_c = \frac{16L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot i)^{0,04}} \quad \text{Equação 4}$$

sendo, TC = tempo de concentração, em minutos,

L = comprimento do talvegue, em km,

i = declividade em m/m, e

p = parâmetro dado pela proporção da bacia coberta por vegetação, que varia de 0 a 1.

A aplicação da fórmula de Kirpich Modificada é indicada para uma grande faixa de áreas. Estudos em bacias médias e grandes, com dados de enchentes observadas, demonstraram que a aplicação do fluviograma unitário triangular do U.S. Soil Conservation Service fornece resultados pertinentes às observações, se forem adotados tempos de concentração 50% maiores do que os calculados pela expressão proposta por KIRPICH. Assim propõe-se a seguinte formulação (DNIT, 2005):

$$T_c = 85,2 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 5}$$

sendo, TC = tempo de concentração, em minutos,

L = comprimento do talvegue, em km, e

H = desnível máximo do talvegue, em m.

Para todas as bacias em estudo foram adotados p= 0,1.

A fórmula de Passini é aplicável a bacias de qualquer tamanho. A seguir é apresentada a fórmula de Pasini (DNIT, 2005):

$$T_c = 6,42 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

tc = tempo de concentração, em minutos;

A = Área da bacia em km²;

L = desenvolvimento do talvegue principal, em km;

I = declividade em m/m;

A fórmula de Ventura também é aplicável a qualquer tamanho de bacia (DNIT, 2005):

$$T_c = 7,62 \sqrt{\frac{A}{I}} \quad \text{Equação 7}$$

sendo, TC = tempo de concentração, em minutos,

A = área da bacia, em km²,

I = declividade, em m/m.

Para o cálculo do tempo de concentração (TC) de cada sub-bacia, foram utilizados os métodos considerados mais adequados para as mesmas, levando-se em consideração sua área e outras características físicas e de uso do solo.

Tendo em vista que é possível encontrar diferentes valores do TC a depender da formulação empregada, motivo pelo qual, este introduz incertezas no dimensionamento da vazão de pico, o tempo de concentração foi obtido a partir da média de três métodos apropriados para as sub-bacias em estudo, tendo sido escolhidos para cada sub-bacia, aqueles que apresentaram o menor desvio padrão entre si.

Para as sub-bacias cujo TC médio resultou em valores menores que 10 minutos, adotou-se TC mínimo de 10 minutos, conforme recomendado pelo Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (IPR-724/2006).

3.2.7.3 COEFICIENTE DE DEFLÚVIO (C)

O coeficiente de escoamento, no método racional, é um parâmetro que assimila a quantidade de chuva de uma determinada bacia que irá escoar na superfície do solo, o qual é função do tipo de solo, uso e ocupação e declividade da bacia em análise. A determinação precisa deste parâmetro é fundamental para a aplicação do método racional (ASARE-KYEI; FORKUOR; VENUS, 2015).

O Manual de Hidrologia Básica (2005) desenvolvidas pelo DNIT disponibiliza alguns valores para o coeficiente de runoff, os quais se encontram apresentados na Tabela 10. No entanto, estas tabelas são limitadas quanto ao uso e ocupação do solo de áreas rurais. Por este motivo, complementarmente utilizou-se os valores do coeficiente de escoamento definidos na Tabela 11 (KNOX COUNTY TENNESSEE, 2014), a qual fornece valores de coeficiente de deflúvio para algumas categorias de tipo e de uso do solo.

Para obter o coeficiente de deflúvio da área estudada, calculou-se, a média ponderada dos coeficientes das diferentes superfícies que a compõem, empregando o software ArcMap 10.8.1, sendo os pesos proporcionais às áreas dessas superfícies.

Tabela 10 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: Manual de hidrologia do DNIT

TIPOS DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “c”
Comércio	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial	
Área 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
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
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

Fonte: Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005).



Tabela 11 – Valores para o coeficiente de escoamento (c). Fonte: KNOX COUNTY TENNESSEE (2014)

Uso e Ocupação do Solo	Coeficiente de Deflúvio (C) por grupo hidrológico de solos (A, B, C ou D)											
	A			B			C			D		
Declividade do terreno	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%	< 2%	2-6%	>6%
Floresta	0,08	0,11	0,14	0,10	0,14	0,18	0,12	0,16	0,20	0,15	0,20	0,25
Macega (Capoeira)	0,14	0,22	0,30	0,20	0,28	0,37	0,26	0,35	0,44	0,30	0,40	0,50
Pastagem	0,15	0,25	0,37	0,23	0,34	0,45	0,30	0,42	0,52	0,37	0,50	0,62
Área rural	0,14	0,18	0,22	0,16	0,21	0,28	0,20	0,25	0,34	0,24	0,29	0,41
Área urbana 20% de impermeabilidade	0,22	0,26	0,29	0,24	0,28	0,34	0,28	0,32	0,40	0,31	0,35	0,46
Área urbana 25% de impermeabilidade	0,25	0,29	0,32	0,28	0,32	0,36	0,31	0,35	0,42	0,34	0,38	0,46
Área urbana 30% de impermeabilidade	0,28	0,32	0,35	0,30	0,35	0,39	0,33	0,38	0,45	0,36	0,40	0,50
Área urbana 38% de impermeabilidade	0,30	0,34	0,37	0,33	0,37	0,42	0,36	0,40	0,47	0,38	0,42	0,52
Área urbana 65% de impermeabilidade	0,33	0,37	0,40	0,35	0,39	0,44	0,38	0,42	0,49	0,41	0,45	0,54
Área Industrial	0,85	0,85	0,86	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,86	0,86	0,88
Área urbana 85% de impermeabilidade	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89	0,90
Rua Asfaltada	0,76	0,77	0,79	0,80	0,82	0,84	0,84	0,85	0,89	0,89	0,91	0,95
Estacionamento	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97
Solo Exposto	0,65	0,67	0,69	0,66	0,68	0,70	0,68	0,70	0,72	0,69	0,72	0,75
Afloramento rochoso	0,9											
Massa d'água	1,0											

3.2.8 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO

As vazões de projeto podem ser calculadas a partir de métodos indiretos (empíricos) baseados em equações de chuvas intensas representativas da região. A tabela a seguir indica os métodos que foram empregados para a obtenção das vazões de

projeto:

Tabela 12 – Métodos para cálculo de vazão

Áreas de Drenagem	Método
Bacias com $A \leq 1 \text{ Km}^2$	Racional
Bacias com $1 \text{ Km}^2 < A \leq 4 \text{ Km}^2$	Racional modificado
Bacias com $A > 4 \text{ Km}^2$	H. U. T

3.2.8.1 METODO RACIONAL E MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

O método racional relaciona dados como intensidade da chuva, área da bacia e características da cobertura da bacia hidrográfica estudada e é dado pela Equação 3:

$$Q = \frac{c \cdot i \cdot A}{3,6} \quad \text{Equação 3}$$

de médio porte com áreas superiores a 1 km^2 , são introduzidos coeficientes redutores das chuvas de ponta designados Coeficientes ou Fatores de Distribuição. O mais comum desses fatores é dado pela Equação 4:

$$n = A^{-0,10} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

A = área da bacia hidrográfica, em km^2 .

Assim o método racional modificado é dado por (Equação 5):

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot n}{3,60} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

Q = vazão máxima, em m^3/s ;

c = coeficiente de deflúvio;

i = intensidade da chuva, em mm/h ;

A = área da bacia hidrográfica, em km^2 .

n = fator de distribuição = $A^{-0,10}$



3.2.9 CONCLUSÃO

Os estudos hidrológicos tiveram o objetivo de apresentar os métodos e procedimentos norteadores do dimensionamento dos dispositivos de drenagem, que envolvem, obras-arte-corrente (bueiros e galerias, obras de drenagem superficial), obras-de-arte-especial (pontes, pontilhões), canais, valetas, canaletas, entre outros. O dimensionamento das estruturas de drenagem será apresentado no capítulo de Projeto de Drenagem.

3.3 ESTUDO GEOLÓGICO

O presente estudo foi desenvolvido tendo como base as diretrizes da Instrução de Serviço **IS-202 – Estudos Geológicos** do DNIT, de maneira a propiciar o conhecimento adequado das unidades geológicas e os aspectos das litologias constituintes da área em estudo.

3.3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

O Estado do Espírito Santo situa-se na Província Estrutural Mantiqueira, a sudeste do Cráton São Francisco (Almeida 1976, 1977). A província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozóico com direção preferencial NE-SW. Em decorrência do fato de a partir da divisa do Rio de Janeiro com o Espírito Santo ocorrer uma mudança de direção de NE-SW para N-S alguns autores tem incluído este trecho na faixa Araçuaí (Alkmim & Mashark 1998) sendo esta uma das feições estruturais mais importantes da Faixa Ribeira.

As rochas magmáticas do Orógeno Araçuaí foram agrupadas segundo a seguinte sistemática: 1) hierarquização tectônica (γ_1 = pré- a sincolisional, γ_2 = sin- a tardicolisional, γ_3 = tardi- a póscolisional, γ_4 = pós- tectônico); 2) Classificação química (I = tipo I cordilheirano; S = tipo S; C = chanockito) (geologia da Folha Se-24-V-A-III – Rio Doce). O magmatismo pré a sinorogênico inclui os granitóides γ_1S e γ_1I . γ_1S é representada pelo Granito Brasilândia e γ_1I é composto por tonalitos foliados e granodioritos, esses granitóides normalmente apresentam fenocristais foliados deformados, geralmente ortoclásio, e uma matriz biotítica foliada, podendo apresentar enclaves estirados segundo a foliação gnáissica. Predominam texturas miloníticas. Datação U-Pb indica idade de cristalização em 595 Ma (Silva Leite, 2003).

Na porção norte do Cinturão Móvel Ribeira, no Estado do Espírito Santo, são reconhecidos três complexos metamórficos paralelos à costa, correspondendo a três domínios crustais: Complexo Juiz de Fora, Complexo Alegre (Complexo Paraíba do Sul) e Complexo Costeiro (Wiedemann et al. 1986, Campos Neto e Figueiredo 1990). O Complexo Alegre, de idade brasileira, é separado de ambas as unidades por zonas de cisalhamento dúctil, compondo-se de rochas supracrustais dobradas (biotita-gnaisses, kinzigitos, gnaisses bandados, migmatitos, quartzitos, quartzos xistos,

gnaisse calciossilicáticos e mármore) e ortogneisses de composições diversas. As estruturas exibem um trend geral NE-SW a NNW-SSE e o estilo de deformação e metamorfismo aponta para um cavalgamento de leste para oeste, em direção ao cráton do São Francisco. Um plutonismo granitóide/charnockitóide do final do Proterozóico/início do Cambriano intrude essas unidades crustais e marca os estágios finais de um ciclo tectônico (Wiedemann ET al. 2002). O Maciço intrusivo de Várzea Alegre é parte de tal evento magmático, encontrando-se encaixado em gnaisse para e orto-derivados do Complexo Alegre.

O município de Guaçu se encontra sob os domínios das feições geológicas NP2rdp, NP3rp, NP3y1les, NP3y1lma, NP3y2spck, NPbjgn, PP2ipagn, PP2jfgl, Q2a e E1y4sb. NPps (Complexo Paraíba do Sul)

O Terreno Paraíba do Sul aflora como uma klippe sinformal complexamente dobrada sobre o Terreno Ocidental. É constituído por ortogneisses paleoproterozóicos do Complexo Quirino e por um conjunto metassedimentar rico em intercalações de mármore dolomíticos e de idade ainda incerta, denominado de Complexo Paraíba do Sul (Tupinambá, M. et. al., 2007). A comparação entre este segmento da Faixa Ribeira e o segmento meridional da Faixa Araçuaí, ainda em andamento, sugere a continuidade lateral do Domínio Juiz de Fora para o denominado Domínio Externo e o prolongamento dos Domínios Cambuci e Costeiro do Terreno Oriental para o Domínio Interno da Faixa Araçuaí. Neste sentido, os metassedimentos do Grupo Rio Doce e os ortogneisses equivalentes ao Tonalito Galiléia poderiam ser correlacionados às unidades litoestratigráficas do Domínio Cambuci, enquanto os metassedimentos de alto grau atribuídos ao Complexo Paraíba do Sul e ortogneisses da porção leste do Estado do Espírito Santo poderiam ser correlatos às unidades do Domínio Costeiro, incluindo o arco Rio Negro.

A geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra resultantes dos processos atuais e pretéritos ocorridos sobre a litologia. As formas de relevo se alternam entre as regiões como resultado da ação conjunta dos componentes da natureza, que, por sua vez, também são influenciados em diferentes proporções pelas formas de relevo. O objetivo principal da caracterização geomorfológica de uma região é representar as formas atuais da

superfície e também incluir informações a respeito da morfometria, morfogênese e morfocronologia dos terrenos.

Os procedimentos adotados para a identificação dos domínios geomorfológicos nas áreas referente ao município de Guaçu foram construídos a partir de adaptações da metodologia empregada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), que em 1981 desenvolveu o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (tabela 7). Esta metodologia obteve resultados bem satisfatórios para o entendimento do relevo, fazendo com que Florenzano (2008), Pires Neto (1992), Florenzano & Csordas (1993), desenvolvessem mapeamentos geomorfológicos em diferentes regiões do estado aplicando adaptações desta mesma metodologia. Os principais critérios adotados nestes trabalhos são o de declividade dominante das vertentes e amplitude do relevo.

Grupo Rio Doce (NP2rdp): Formação Palmital do Sul – biotita xisto com intercalações de rocha metavulcânica de composição dacítica e gnaisses com intercalações de quartzito micáceo, calcissilicáticas e talco xisto.

Grupo Raposo (NP3rp): gnaiss kinzigítico com quartzito subordinado e grafita-biotitacordierita-granada-sillimanita gnaiss com bancos de calcissilicática, quartzito e anfibolito.

Ortognaiss Estrela (NP3y1les): A rocha apresenta uma composição graníticogranodiorítica a tonalítica, com fácies metamórfica anfibolito alto. Trata-se de um gnaiss granitoide leuco a mesocrático, de cor branco-acinzentada, granulação média a grosseira e porfiroblástico. A foliação marcada pelos agregados de biotita e anfibólio. Possui uma matriz composta por quartzo, feldspato e biotita que envolve porfiroblastos de feldspato esbranquiçados, às vezes mal formados, geralmente tabulares, contendo inclusões de biotita e quartzo, podendo atingir até 5cm de dimensões. Estes porfiroblastos estão geralmente dispostos segundo a foliação da rocha, estando às vezes transversal a mesma.

Gnaiss Tonalítico Manhauçu (NP3y1lma): A rocha possui cor esverdeada e aspecto maciço, cortada por filões de material leucocráticos. É um ortognaiss de composição granodiorítica, trondhjemítica a tonalítica, possuindo porções de anfibólio-biotita gnaiss, geralmente com orientação predominante N-S, mas geralmente isotrópico. Macroscopicamente observa-se plagioclásio, anfibólio, pouco quartzo e biotita e ao

microscópio plagioclásio, hornblenda, biotita, quartzo e opacos.

Suíte São João do Paraíso (NP3y2spck): Charnockito a leucogranito com enclaves de granada gnaisses, rochas máficas e calcissilicáticas. Corresponde a corpos plutônicos de estrutura claramente diatexítica, dada pelo predomínio de porções leucossomáticas sobre aquelas meso e melanossomáticas, pela presença abundante de estruturas prévias (foliações, bandamentos) descontínuas e rompidas e de enclaves de rochas de composições variadas e refratárias, como, por exemplo, anfibolitos, rochas calcissilicáticas, rochas metaultramáficas, biotita gnaisses e granadabiotita gnaisses.

Unidade Bom Jesus do Itabapoana (NPbjign): A rocha dominante é o (ortopiroxênio)-granada-biotita gnaisse. Possui cor cinzenta a esverdeado e tem como característica marcante uma grande heterogeneidade estrutural e composicional, por ser uma rocha que, em geral, apresenta-se francamente migmatítica e ocorre associada a bandas e lentes de composições diversas: biotita gnaisse, sillimanita-granada-biotita gnaisse, anfibolito, rocha calcissilicática, gondito e olivina-diopsídio mármore.

O (ortopiroxênio)-granada-biotita gnaisse é uma rocha que se apresenta comumente em alto grau de migmatização. Leucossomas ocorrem em bandas quartzo-feldspáticas de composição tonalítica a granodiorítica, associadas a melanossomas ricos em biotita e magnetita.

Ipanema (PP2ipgn): Os biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses predominam nesta unidade. Estes gnaisses possuem um bandamento marcante, cor cinza-esbranquiçada, granulação média e marcante foliação gnáissica. Microscopicamente possuem textura lepidoblástica e subordinadamente granoblástica. A mineralogia essencial é composta por plagioclásio de composição andesina ($An=30$), quartzo, biotita e feldspato potássico. Os acessórios são zircão e apatita. Já os biotita-granada gnaisses apresentam também a textura lepidoblástica e subordinadamente granoblástica e a mineralogia essencial é composta por plagioclásio de composição andesina ($An=30-35$), quartzo, feldspato potássico e granada. Como acessórios o zircão, apatita e opacos. Localmente ocorrem intercalações de rochas calcissilicáticas.

Complexo Juiz de Fora (PP2ifgl): engloba paragneisses com paragênese diagnósticas para a fácies granulito que ocorrem na porção centrooeste da cidade de



Juiz de Fora e cercanias. Caracterizada pela associação de duas unidades litológicas, intimamente relacionadas: 1) Unidade Comendador Venâncio, na qual predomina a sequência charnockítica, e 2) Unidade Raposo que inclui produtos retrometamórficos dos granulito da Unidade Comendador Venâncio.

Depósitos fluviais argilo-arenosos recentes (Q2a): São litologicamente diferenciados em depósitos aluvionares ou areias brancas. O primeiro tipo constitui depósitos de areias quartzosas grossas, de grãos angulosos mal selecionados, conglomeráticas, micáceas, com intercalações argilo-sílticas e argilosas. Relacionados em sua maioria ao Rio Doce e suas planícies de inundação. Nas demais áreas em que ocorrem, as aluviões mostram uma composição com mais cascalho, areia e argila.

As areias brancas são quartzosas, de granulação média a grossa, mal selecionadas. Esses depósitos se estendem por algumas centenas de metros segundo uma direção leste-oeste acima do Grupo Barreiras parecendo representar antigos canais fluviais. São regularmente explorados para fins de construção civil.

Suíte Serra do Bonfim (E1y4sb): Nesta suíte são englobados os anfibólio granitoides miloníticos a ultramiloníticos com texturas granoblásticas, blastomiloníticas e augen, que inicialmente foram designados de Granito Miracema.

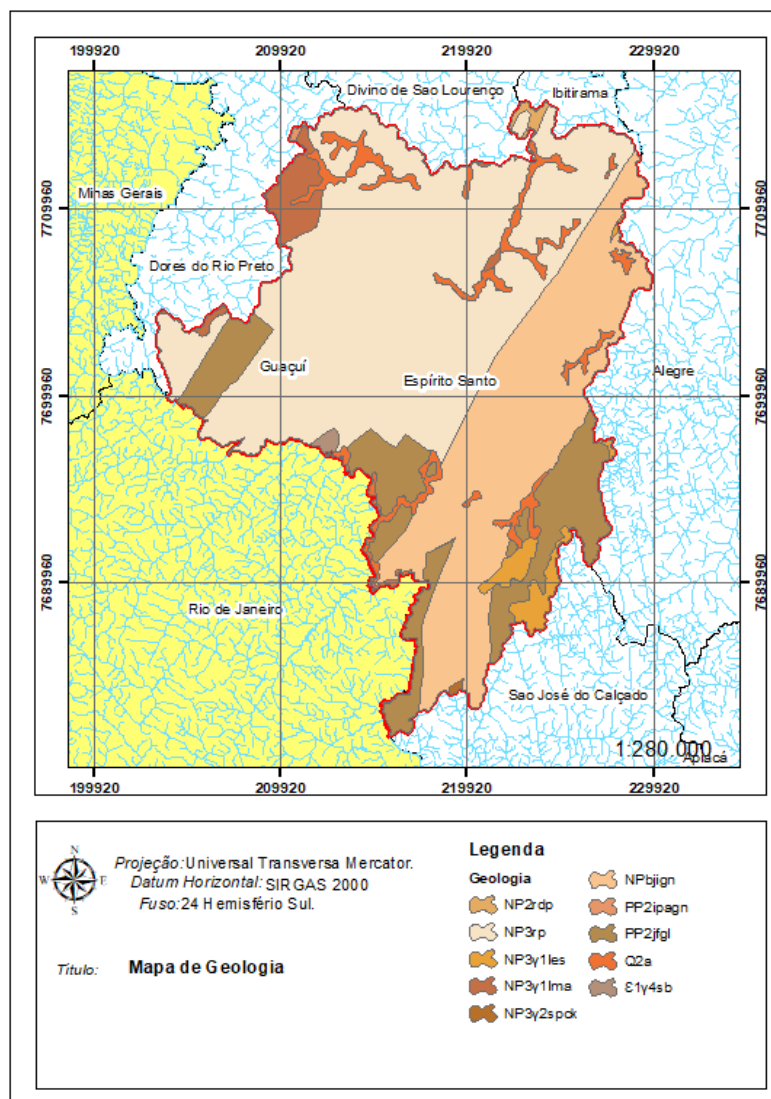


Figura 15 – Mapa Geológico de Guaçuí.

Fonte: Recorte de CPRM (2015)

3.3.2 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Em relação aos aspectos hidrogeológicos o sistema aquífero da região possui uma produtividade geralmente muito baixa, porém localmente baixa, sendo que fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos. Segundo a Carta Hidrogeológica da CPRM (2016), a vazão do sistema varia de 0,04 a 0,4 m³/h/m.

3.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente estudo foi desenvolvido seguindo as diretrizes da Instrução de Serviço **IS-206 – Estudos Geotécnicos** do DNIT, de maneira a propiciar o conhecimento adequado dos materiais que compõem o subleito, bem como dos disponíveis nas imediações (solo, areia e brita) para serem empregados como insumos durante a execução da obra.

3.4.1 GENERALIDADES

Os Estudos Geotécnicos envolvem atividades que visam à interpretação dos resultados obtidos nos serviços geotécnicos, a definição de valores de parâmetros para cálculos e a aplicação de modelos representativos de problemas de obras geotécnicas, em implantação de vias e rodovias.

Os estudos geotécnicos devem ser desenvolvidos em harmonia com os estudos geológicos. Devem compor o elenco de obras geotécnicas:

- subleito para pavimentação;
- empréstimo de solo;
- fundação de OAE;
- fundação de OAC;
- aterro sobre solo mole;
- aterro em encosta íngreme;
- talude de corte;
- muro de arrimo;
- contenções de talude e encostas.

3.4.2 ESTUDO DAS CAMADAS DO PAVIMENTO EXISTENTE

3.4.2.1 PLANO DE SONDAGENS

Os furos de sondagem a trado do pavimento existente foram executados em intervalos máximos entre furos de acordo com a Tabela 13, alternando sua posição (lado esquerdo, eixo e lado direito) e profundidade de mínima de 1,50m abaixo do greide, conforme o **Plano de Sondagens** submetido à aprovação da Fiscalização,

respeitando as orientações dispostas no Termo de Referência, bem como as diretrizes técnicas estabelecidas pela Instrução IPR 726, IS-206 e ISF-207 do IPR/DNIT.

Tabela 13 – Quantidade mínima de furos em função da extensão da via.

Extensão da via	Quantidade de furos
< 120 m	1 (um) furo
120 a 200m	2 (dois) furos
200 a 300m	3 (três) furos
300 a 400m	4 (quatro) furos
> 400m	5 (cinco) furos

As amostras dos furos executados foram coletadas para a realização de ensaios de Caracterização Física (Análise granulométrica por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade) e Caracterização Mecânica (Compactação, expansão e determinação do ISC).

3.4.3 INVENTÁRIO FOTOGRÁFICO

Apresenta-se a seguir o inventário fotográficos dos furos a trado e SPT realizados na Rua K, Guaçu/ES.



ST-01



ST-02



ST-03

3.4.3.1 ENSAIOS LABORATORIAIS

As amostras dos furos executados foram coletadas para a realização de ensaios de Caracterização Física (Análise granulométrica por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade) e Caracterização Mecânica (Compactação, expansão e determinação do ISC).

O Boletim de Sondagem das Camadas de Pavimento está apresentado ao final deste capítulo.

Todas as amostras coletadas foram submetidas aos ensaios de Caracterização Física e de Caracterização Mecânica, a saber:

- **Caracterização Física:** Análise granulométrica por peneiramento (DNER-ME 080/94), Limite de Liquidez (DNER-ME 122/94) e Limite de Plasticidade (DNER-ME 082/94);
- **Caracterização Mecânica:** Compactação (DNER-ME 162/94), Expansão e Determinação do ISC (DNER-ME 049/94).

A partir dos resultados da Caracterização Física, de cada amostra, foi definido o Índice Grupo (IG) e a classificação TRB.

Observação: os ensaios de compactação foram executados com uso da energia

equivalente à:

- *Amostas do subleito: Proctor Normal (12 golpes);*
- *Amostas da camada de base: Proctor Modificado (55 golpes).*

3.4.3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com os dados obtidos nos ensaios de laboratório foi calculado o ISC de projeto para o dimensionamento do pavimento. Desta forma foi aplicada a análise estatística para obtenção do valor mínimo provável, para a definição do ISC de projeto, de forma que fosse definido com segurança um valor adequado para o dimensionamento do pavimento. A análise estatística do subleito foi calculada através das equações apresentadas a seguir, conforme preconiza o Manual de Pavimentação do DNIT:

- **Equação 01: Média aritmética**

$$X_m = \frac{\sum X}{N}$$

- **Equação 02: Desvio Padrão**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - X_m)^2}{N - 1}}$$

- **Equação 03: Valor mínimo provável, estatisticamente**

$$X_{\min} = X_m - \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} - 0,68\sigma$$

- **Equação 04: Valor máximo provável, estatisticamente**

$$X_{\max} = X_m + \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} + 0,68\sigma$$

Onde:

N = Número de amostras;

X = valor individual;

X_m = média aritmética;

σ = desvio padrão;

$X_{\min}$ = valor mínimo provável, estatisticamente;

$X_{\max}$ = valor máximo provável, estatisticamente.

Apresenta-se a seguir a análise estatística dos ensaios de subleito considerando as equações oficiais do Manual de Pavimentação do DNIT para o valor mínimo/máximo provável dos parâmetros em estudos, para os trechos estudados (Tabela 14).

Tabela 14 – Análise Estatística do Subleito

Parâmetro estatístico	Limites		Granulometria									Ensaio de Compactação - 26 golpes				IG
	LL	IP	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót.	Dmax.	Exp.	ISC	
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
$\bar{X}$	34,67	14,13	100,00	100,00	100,00	100,00	98,23	96,10	93,77	81,90	55,00	16,87	1,701	0,77	14,73	
σ	5,64	10,57	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	2,90	3,89	7,28	6,39	2,49	0,083	0,37	3,15	
$X_{\min}$	26,64	NP	100,00	100,00	100,00	100,00	96,29	91,97	88,23	71,53	45,89	13,32	1,582	0,25	10,25	
$X_{\max}$	42,70	29,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,30	92,27	64,11	20,42	1,819	1,29	19,22	19,22	

Portanto, para efeito de dimensionamento da estrutura do pavimento, foi adotado para ISC de projeto o valor de:

ISC de projeto = 10,00%

3.4.4 ESTUDO DE OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS

A investigação geotécnica das ocorrências de materiais teve como objetivo cadastrar e caracterizar as possíveis fontes dos insumos necessários para a execução das obras de pavimentação, drenagem, terraplenagem, obras-de-arte especiais, etc.

3.4.4.1 PEDREIRA

No que tange aos estudos geotécnicos relativos aos materiais britados a serem empregados na obra, foi identificada a pedreira (P-01) comercial mais próxima, listada a seguir:

- P-01 – Pedreira Minerasul;

Conforme o *croqui de localização* apresentado no **Volume 2 – Projeto de Execução**, a pedreira P-01 localiza-se no município de Cachoeiro de Itapemirim, a 85,14 km do



Canteiro de Obras.

A pedreira é ocorrência comercial, ambientalmente licenciada para a exploração de agregado, e possui potencial técnico e capacidade operacional para o atendimento ao empreendimento.

3.4.4.2 AREAL

No decorrer das investigações de campo foi identificado areal passível de indicação como fornecedor de areia para as obras do empreendimento, a saber:

- A-01 – Areal São Domingos;

Conforme o *croqui de localização* apresentado no **Volume 2 – Projeto de Execução**, o areal A-01 localiza-se na Zona Rural, do município de Guaçuí, a 8,58 km do Canteiro de Obras.

3.4.4.3 BOTA-FORA

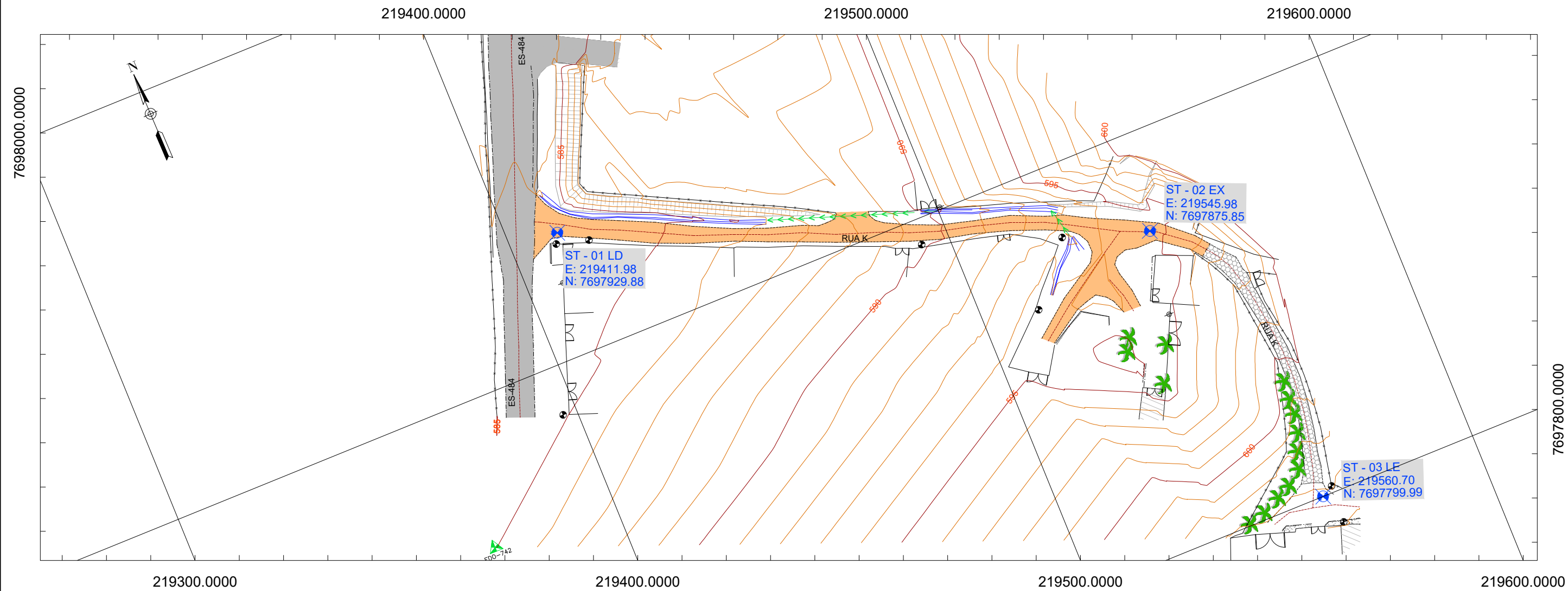
Todo resíduo proveniente da obra e que venha a ser descartado serão realizados pela contratante

3.4.5 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos:

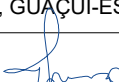
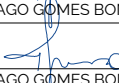
- Plano de Sondagem;
- Boletim de Sondagem;
- Resumo dos Ensaios.

No **Volume 02 – Projeto de Execução** estão apresentados os Croquis de Ocorrência em formato A3 (ABNT).



CONVENÇÃO:

	Furos de sondagem
	Edificações
	Calçada projetada
	Bordo projetado
	Guia de travamento
	Cerca existente
	Curvas de nível
	Estacas projetadas
	Poste de concreto existente
	Poste padrão existente
	Portão

	PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAÇUÍ				
	CONSULTORIA: AVANTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA				
PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DA RUA K					
TÍTULO: PLANO DE SONDAGEM					
LOCAL: RUA K, LOT. INDUSTRIAL, GUAÇUÍ-ES					
COORDENADOR:  Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO		CREA: ES-018427/D	ESCALA: 1/1000	FORMATO: A3	PRANCHA: SON-01
AUTOR DO PROJETO:  Engº Civil: THIAGO GOMES BONOMO		CREA: ES-018427/D	REVISÃO: R. o	DATA: 2023	

 			ESTUDOS GEOTÉCNICOS		
			RESUMO DOS ENSAIOS		
			PROJETO DE ENGENHARIA VIÁRIA		
FURO			ST-01	ST-02	ST-03
POSIÇÃO			LD	LE	o
PROFUNDIDADE (m)			0 a 1,5	0 a 1,5	a
GRANULOMETRIA	PENEIRAS (%)	2"	100,00	100,00	100,00
		1 1/2"	100,00	100,00	100,00
		1"	100,00	100,00	100,00
		3/4"	100,00	100,00	100,00
		3/8"	97,00	99,70	98,00
		Nº4	93,20	99,00	96,10
		Nº10	89,50	97,10	94,70
		Nº40	73,50	86,20	86,00
		Nº200	47,70	59,60	57,70
LIMITE LIQUIDEZ (%)			30,20	41,00	32,80
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)			4,00	25,10	13,30
EQUIVALENTE DE AREIA			-	-	-
IG			3	11	6
CLASSIFICAÇÃO TRB			A - 4	A - 7 - 6	A - 6
COMPACTAÇÃO	LAB.	UMID. (%)	14,00	18,50	18,10
		DENS.(g/cm³)	1,794	1,673	1,635
	CAMPO	UMID. (%)	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-
	% COMPACTAÇÃO		-	-	-
ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA	C.P.C. / 12 GOLPES	UMID. (%)	14,00	18,50	18,10
		DENS. (g/cm³)	1,794	1,673	1,635
		EXP.	0,77	1,14	0,41
		I.S.C.	17,90	11,60	14,70
	C.P.C. / 26 GOLPES	UMID. (%)	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-
		EXP.	-	-	-
		I.S.C.	-	-	-
	C.P.C. / 55 GOLPES	UMID. (%)	-	-	-
		DENS. (g/cm³)	-	-	-
		EXP.	-	-	-
		I.S.C.	-	-	-
	EXP. FINAL		0,77	1,14	0,41
	I.S.C. FINAL		17,90	11,60	14,70
CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA			ARGILA COM PEDREGULHO, COR MARROM	ARGILA, COR MARROM	ARGILA, COR AMARELA



4 PROJETOS

Adiante, apresenta-se a metodologia completa adotada na elaboração dos projetos executivos:

- Projeto Geométrico;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Drenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Projeto de Interferências urbanas; e
- Projeto de Sinalização.

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico tem por objetivo a definição geométrica do segmento em estudo em seus aspectos ligados ao comportamento horizontal, vertical longitudinal e vertical transversal. O projeto geométrico foi desenvolvido através das informações topográficas fornecidas. As definições do Projeto Geométrico constituem as informações básicas necessárias para o desenvolvimento dos demais projetos.

O Projeto Geométrico foi elaborado a partir dos seguintes itens:

- Critérios de projeto;
- Características planimétricas;
- Características altimétricas.

4.1.1 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Este item foi desenvolvido em estreita consonância com as seguintes disposições normativas:

- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT (DNIT/IPR 706, 1999);
- Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (DNIT/IPR 740, 2010);
- IS-208: Instrução de Serviço para Elaboração do Projeto Geométrico (DNIT/IPR 726, 2006);
- IS-234: Instrução de Serviço para Elaboração do Projeto Geométrico de Rodovias - Áreas Urbanas (DNIT/IPR 726, 2006).

4.1.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

De maneira geral, as características técnicas de Projeto Geométrico referem-se aos projetos de vias urbanas, no que concerne à: largura de pista, concordância vertical e horizontal com vias existentes, abaulamento transversal, visando em todos os casos, a utilização da pista para o tráfego projetado.

A geometria foi desenvolvida considerando o traçado das vias existentes, buscando adequá-las às características técnicas necessárias para atendimento do tráfego projetado, e, em todos os casos, atendendo às características geotécnicas e planialtimétricas da região.

4.1.3 CARACTERÍSTICAS PLANIMÉTRICAS

O projeto geométrico em planta constou do processamento eletrônico dos dados da topografia e lançamento do projeto em ambiente computacional. Esta rotina resultou nos seguintes elementos:

- Desenho da faixa de levantamento com curvas de nível espaçadas de 1,00 metro;
- Estaqueamento do eixo a cada 20,00m, com indicação dos pontos notáveis das curvas de concordância.

4.1.4 CARACTERÍSTICAS ALTIMÉTRICAS

A partir da geometria planimétrica definida e lançados os perfis topográficos da (s) via (s) de interesse, por meio do Autocad CIVIL 3D, fez-se a correção do greide vertical existente, visando as menores movimentações de terra possível.

As características altimétricas constam do desenho do perfil geométrico do terreno, onde são representados os seguintes elementos:

- Linha de greide de terraplenagem projetada;
- Anotação de rampas e contra-rampas;
- Elementos de concordância vertical.

4.1.5 SEÇÕES TRANSVERSAIS

As características transversais foram definidas a partir da geometria planimétrica e altimétricas das vias estudadas, de acordo com cada seguimento de pista, com as seguintes características:



- Pista de Rolamento: Largura 5 m.
- Calçadas: Largura mínima de: 1,20m no lado esquerdo da via, e variável, conforme edificações existentes, no lado direito da via;
- Abaulamento transversal: 2% bidirecional a partir do eixo central da pista.

4.1.6 CADERNETA DE LOCAÇÃO DO EIXO

Apresenta-se a seguir a Caderneta de Locação do Eixo projetado estaqueado e com indicação de pontos notáveis da geometria.

4.1.7 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se no **Volume 02 – Projeto de Execução**, o Projeto Geométrico em formato A3 (ABNT).

LOCAÇÃO DO EIXO - RAMO 0			
RUA K, LOTEAMENTO INDUSTRIAL, GUAÇUÍ-ES			
Estaca	Pontos Notáveis	Norte	Este
0+0,000		7.697.934,19	219.407,65
1+0,000		7.697.925,73	219.425,78
1+13,852	PC	7.697.919,87	219.438,33
2+0,000		7.697.917,33	219.443,92
2+17,764	PT	7.697.910,63	219.460,38
3+0,000		7.697.909,85	219.462,47
4+0,000		7.697.902,86	219.481,21
4+5,822	PC	7.697.900,82	219.486,66
5+0,000		7.697.896,18	219.500,06
5+9,648	PT	7.697.893,39	219.509,29
5+10,997	PC	7.697.893,02	219.510,59
6+0,000		7.697.890,07	219.519,09
6+8,186	PT	7.697.886,58	219.526,49
6+17,130		7.697.882,35	219.534,37

4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O Projeto de Terraplenagem foi desenvolvido tendo em vista os elementos fornecidos pelo Projeto Geométrico, bem como, o conhecimento das características geotécnicas dos solos que compõe a área de projeto, visando atendimento às prescrições técnicas do DNIT, de forma a assegurar perfeita execução, segurança, redução de custos, viabilização de manutenção e facilitação às possíveis modificações.

4.2.1 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

O projeto foi desenvolvido em estreita consonância com as seguintes disposições normativas:

- Manual de Implantação Básica de Rodovia do DNIT (DNIT/ IPR 742, 2010);
- DNIT 104/2009-ES: Terraplenagem – Serviços preliminares;
- DNIT 105/2009-ES: Terraplenagem – Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009-ES: Terraplenagem – Cortes;
- DNIT 107/2009-ES: Terraplenagem – Empréstimos;
- DNIT 108/2009-ES: Terraplenagem – Aterros;
- DNIT IS-209: Projeto de Terraplenagem;
- DNIT IS-243: Projeto de Terraplenagem para Projeto Executivo de Engenharia de para Construção Rodovias Vicinais;
- ABNT NBR 5681/1980: Controle Tecnológico de Aterros em obras de Edificações;
- ABNT NBR 11.682/1991: Estabilidade de Taludes.

4.2.2 METODOLOGIA

O Projeto de Terraplenagem consistiu na definição das seções transversais tipo para todos os casos previstos no projeto geométrico. A partir das seções tipo, foram gabaritadas, através do Software AutoCad Civil 3D, todas as seções geradas por interpolação correspondentes às estacas definidas pelos eixos de referência do projeto, contendo as plataformas com suas variações de largura, inclinações

transversais, taludes e offsets, quando necessário. Em suma, constou das seguintes etapas:

- Gabaritagem e Otimização das Seções Transversais;
- Processamento dos Volumes;
- Fator de compensação (empolamento);
- Cálculo dos Volumes de Terraplenagem.

4.2.2.1 GABARITAGEM E OTIMIZAÇÃO DAS SEÇÕES

O volume de terraplenagem, estaca por estaca, em cortes e em aterros, foi calculado a partir do processamento do perfil longitudinal e vertical do terreno natural, do greide projetado e das cadernetas de seções transversais.

Ao desenho das seções efetivou-se a gabaritagem da plataforma de terraplanagem obedecendo as informações concernentes às seções transversais típicas, tais como superelevação e offsets.

4.2.2.2 PROCESSAMENTO DOS VOLUMES

Os volumes de terraplenagem foram gerados a partir das cotas do terreno natural e do pavimento acabado definido no Projeto de Geométrico. O processamento dos volumes foi efetuado após a gabaritagem das seções transversais, sendo obtido mediante aplicação do método da semissoma.

Vale ressaltar que para o caso de aterros, o volume cubado na terraplenagem corresponde a espessura do topo do terreno natural até a fibra inferior do pavimento projetado. O volume acima do aterro será quantificado, em outros materiais, junto a estrutura de pavimento.

4.2.2.3 FATOR DE COMPENSAÇÃO (EMPOLAMENTO)

A partir do cálculo dos volumes foi efetuado o cálculo da distribuição de materiais de todo o trecho. Na efetivação da compensação, foi inserido o fator de homogeneização

(fator de empolamento), que correlaciona o peso específico aparente do material compactado com o peso específico aparente do material no seu estado natural. Os valores utilizados, na ausência de estudos específicos, foram aqueles apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Empolamento e Fator de Conversão de Volumes de Terra

Material	Densidade no Estado Natural (km/m³)	Densidade do Material Solto (km/m³)	Porcentagem de empolamento (%)	Fator de conversão (ϕ_1)
Argila Seca	1620	1170	40	0,72
Argila molhada	2100	1500	40	0,72
Terra Seca	1020	750	15 a 35	0,87 a 0,74
Terra Molhada	2100	1680	25	0,80
Pedregulho Seco	1470	750	10 a 15	0,87 a 0,74
Pedregulho Molhado	2340	2130	10 a 15	0,91 a 0,87
Pedra Calcárea	2640	1590	65	0,77
Areia Seca	1320	1140	10	0,85
Areia Molhada	1470 a 2340	1290 a 2130	10 a 15	0,60
Pedra Arenosa	3400	1440	65	0,60
Piçarra	2640	1590	65	0,60
Escória de Minério	2640	1050	65	0,60
Escória de Fundação	1560	930	65	0,60

Fonte: Manual da Caterpillar; Sistema de Custos de Obras e Serviços e Engenharia - SCO

4.2.3 RESULTADOS

4.2.3.1 VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

A Tabela 16 apresenta o resumo da cubação dos volumes de terraplenagem, enquanto que no final do capítulo, apresenta-se a folha de cubação detalhando os volumes de corte e aterro estaca a estaca para cada via projetada.

Tabela 16 – Resumo dos volumes de terraplenagem

Ruas	Volume (m³)	
	Escavação e carga	Compactação de aterro 100% PN
Ramo 0 – Rua K	245,37	14,68

4.2.3.2 NOTA DE SERVIÇO

As Notas de Serviço do Pavimento Acabado estão apresentadas no final do capítulo, com indicação das cotas de projeto e terreno natural, larguras de pista em relação ao



eixo, inclinações transversais, taludes e offsets.

4.2.4 APRESENTAÇÃO

Apresentam-se a seguir as Folhas de Cubação e as Notas de Serviço do Pavimento Acabado. No **Volume 02 – Projeto de Execução**, apresenta-se o Projeto de Terraplenagem em formato A1 e/ou A3 (ABNT).

FOLHA DE CUBAÇÃO - RAMO 0
RUA K, LOTEAMENTO INDUSTRIAL - GUAÇUÍ/ES

Estaca	Área Corte (m²)	Volume de Corte (m³)	Área de Aterro (m²)	Volume de Aterro (m³)	Volume de Corte Acum (m³)	Volume de Aterro Acum (m³)
0+0,000	1,53	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00
1+0,000	1,55	30,89	0,14	2,90	30,89	2,90
2+0,000	1,68	32,38	0,25	3,87	63,27	6,76
3+0,000	2,72	44,07	0,00	2,46	107,35	9,22
4+0,000	1,81	45,34	0,06	0,59	152,69	9,81
5+0,000	2,94	47,46	0,12	1,75	200,14	11,56
6+0,000	1,56	45,23	0,20	3,11	245,37	14,68

NOTA DE SERVIÇO DO PAVIMENTO ACABADO - RAMO 0
RUA K, LOTEAMENTO INDUSTRIAL, GUAÇUÍ/ES

Lado Esquerdo									Eixo				Lado Direito					
Offset			Calçada			Rua			Estaca	Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	Rua			Calçada		
Altura (m)	Cota (m)	Afast (m)	Inclin, (%)	Cota (m)	Afast (m)	Inclin, (%)	Cota (m)	Afast (m)					Afast (m)	Cota (m)	Inclin, (%)	Afast (m)	Cota (m)	Inclin, (%)
-0,176	584,051	-3,876	1,00%	584,227	-3,700	-2,00%	584,066	-2,500	0+0,000	584,116	584,116	0,000	2,500	584,166	2,00%	3,700	584,327	1,00%
0,634	585,400	-4,334	1,00%	584,766	-3,700	-2,00%	584,605	-2,500	1+0,000	584,655	584,656	0,001	2,500	584,705	2,00%	4,074	584,870	1,00%
-0,083	585,299	-3,783	1,00%	585,382	-3,700	-2,00%	585,221	-2,500	2+0,000	585,271	585,331	0,060	2,500	585,321	2,00%	3,716	585,482	1,00%
0,964	587,504	-4,664	1,00%	586,540	-3,700	-2,00%	586,380	-2,500	3+0,000	586,430	586,539	0,109	2,500	586,480	2,00%	3,867	586,642	1,00%
0,067	588,307	-3,767	1,00%	588,240	-3,700	-2,00%	588,080	-2,500	4+0,000	588,130	588,141	0,011	2,500	588,180	2,00%	4,341	588,347	1,00%
0,727	590,852	-4,815	1,00%	590,125	-4,087	-2,00%	589,960	-2,500	5+0,000	590,010	590,058	0,048	2,500	590,060	2,00%	4,543	590,229	1,00%
0,395	592,604	-4,317	1,00%	592,209	-3,922	-2,00%	592,046	-2,500	6+0,000	592,096	592,003	-0,093	2,500	592,146	2,00%	3,837	592,308	1,00%

4.3 PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem tem por objetivo proteger as vias em estudo, das águas que, de algum modo, possam prejudicá-las ou, com elas interferirem. Com esse intuito, foi desenvolvido um projeto de escoamento de águas visando à captação, condução e deságue em local seguro, das águas precipitadas diretamente sobre as vias.

Os escoamentos superficiais podem ocorrer em dois tipos de regime: permanente ou não-permanente. A nível de projeto, o escoamento permanente é o adotado com vazões máximas previstas para um determinado sistema hidráulico.

A Drenagem de vias urbanas é realizada em dois tipos de sistema, sendo o sistema inicial denominado de microdrenagem e composto por pavimento das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões ($\varnothing < 1,50\text{m}$). São dimensionados para escoar vazões relativamente pequenas. O segundo sistema de drenagem, denominado de macrodrenagem, é constituído por canais naturais ou artificiais, sejam abertos ou fechados, de maiores dimensões. O bom funcionamento desses sistemas auxiliam na prevenção e minimização de danos às propriedades, à saúde provocadas por doenças de veiculação hídrica, entre outros.

No contexto urbano, a drenagem é necessária para criar condições de circulação de veículos e pedestres, por ocasião de ocorrência de chuvas frequentes, como também evitar danos às propriedades e riscos de perdas humanas por ocasião de temporais mais fortes (FUNASA, 2018).

4.3.1 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

- Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (DNIT/ IPR 724, 2006);
- IS-210: Instrução de Serviço para elaboração de Projeto de Drenagem (DNIT/IPR 726, 2006).
- ABNT NBR 17015:2022 – Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis
- ABNT NBR 15396:2018 – Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-moldadas – Requisitos e métodos de ensaios

- ABNT NBR 8890:2018 – Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios

4.3.2 CONCEPÇÃO

A Contratada elaborou os Estudos Hidrológicos com a finalidade de realizar o dimensionamento das redes a implantar, bem como o redimensionamento da drenagem existente e, dessa forma, indicar a sua possível substituição, quando for o caso.

Dessa forma, foi prevista a remoção da valeta existente e implantação de nova rede na Rua K com ligação a rede existente.

A elaboração do projeto de drenagem consistiu das seguintes etapas básicas:

- a) Análise da topografia local para delimitação das áreas de contribuição, identificação dos caimentos e direcionamentos das águas pluviais, bem como, das estruturas ou corpos receptores;
- b) Posicionamento dos dispositivos de drenagem, conforme necessidade;
- c) Dimensionamento hidráulico da rede.

A drenagem superficial da pista será realizada com meio-fio de concreto, tipo MFC-05, padrão DNIT. O meio-fio de concreto MFC-05 é um dispositivo de drenagem superficial integrante do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem, do DNIT, Publicação IPR-736, 5ª Edição.

O Presente Projeto de Drenagem de águas pluviais é composto dos seguintes dispositivos:

- Meio-fio;
- Caixa de Passagem (CLP);
- Caixas-raio (CR, tipo 1);
- Bueiros simples tubulares de concreto armado, classe PA1
- Poços de visita.

4.3.3 METODOLOGIA

De maneira geral, buscou-se adotar as premissas básicas do roteiro metodológico do Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (DNIT/ IPR 724, 2006), no que concerne à Drenagem de Travessias Urbanas, conforme segue:

4.3.3.1 POSICIONAMENTO DOS POÇOS DE VISITA (PV) E CAIXAS COLETORAS

Os Poços de Visita (PV) foram inseridos na rede com espaçamento máximo de 60m e sempre que houve necessidade de mudanças na direção da rede, declividade ou dimensão da galeria ou na confluência de redes.

Foi prevista a instalação de uma caixa de passagem para captação da água escoada pela valeta existente, após captação, a encaminha para caixa ralo. As caixas ralo com grelha foram previstas sempre que a capacidade de escoamento do meio-fio for excedida. As caixas de ralos foram ligadas aos poços de visita por intermédio de ramais de ralo com diâmetro mínimo de 0,30m e declividade mínima de 0,50%.

4.3.3.2 VAZÕES A ESCOAR PARA A JUSANTE

O deflúvio a ser escoado para jusante é determinado por meio do divisor de águas de cada bacia que contribua diretamente para a seção de interesse. Esta área irá escoar a água de chuva diretamente para as estruturas coletoras.

4.3.3.2.1 Tempo de Retorno (TR)

Para os sistemas de microdrenagem, empregou-se tempo de retorno de 15 anos.

4.3.3.2.2 Bacia de Contribuição

Devido a ausência de talvegues na área de projeto, para a determinação das áreas de contribuição, foi realizada a divisão de cada bacia em outras áreas menores que contribuem nos diversos poços de visita. O resultado da divisão dessas áreas está indicado em hectares (ha) e encontra-se apresentado em planta.

4.3.3.2.3 Coeficiente de Impermeabilidade (c)



O coeficiente de impermeabilidade em função da área de interesse por meio do cruzamento de informações de uso e ocupação do solo e de tipo de solo conforme valores tabelados e apresentados nos estudos hidrológicos.

4.3.3.2.4 Coeficiente de distribuição (C_d)

Conforme Manual de Drenagem do DNIT, o coeficiente de distribuição (n) ou abatimento pode ser aplicado como segue:

- $n = 1$, se $A < 1$ ha;
- $n = A^{-0,15}$, se $A > 1$ ha.

4.3.3.2.5 Tempo de concentração

O tempo de concentração (t_c) para drenagem de sistemas de microdrenagem foi determinado a partir da equação:

$$t_c = t_p + t_e$$

Onde:

t_p = tempo de percurso – tempo de escoamento dentro da galeria ou canal;

t_e = tempo de entrada – tempo gasto pelas chuvas caídas nos pontos mais distantes da bacia para atingirem o primeiro ralo ou seção considerada.

O tempo de entrada t_e pode ser calculado pelas formulações de tempo de concentração descrita nos estudos hidrológicos, sendo que o tempo de entrada mínimo adotado em sistemas urbanos foi de $t_e = 10$ minutos.

4.3.3.2.6 Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica em mm/h foi determinada a partir da Equação de Chuvas Intensas, conforme apresentado no capítulo de estudos hidrológicos.

4.3.3.2.7 Coeficiente de Deflúvio (C_e)



O coeficiente de deflúvio poderá ser obtido conforme critério de Fantoli pela fórmula:

$$f = m. (i. tc)^{1/3}$$

Onde:

- $m = 0,0725 \times c$ (coeficiente de impermeabilidade),
- i = intensidade pluviométrica
- tc = tempo de concentração (t).

4.3.3.2.8 Vazão a escoar

As vazões a escoar em l/s, podem ser obtidas através do método racional que segue:

$$Q = 2,78. A. C_d. i. C_e$$

Sendo:

- Q = Vazão de escoamento superficial (l/s);
- A = Área de contribuição (ha);
- i = Intensidade pluviométrica (mm/h);
- C_d = Coeficiente de distribuição;
- C_e = Coeficiente de deflúvio;

Nas galerias de jusante as vazões parciais são somadas cumulativamente às de montante.

4.3.3.3 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE

4.3.3.3.1 Declividade

As declividades mínima e máxima de rede foi estabelecida de forma a atender os critérios de velocidade mínima de 0,80 m/s e máxima de 4,5 m/s (tubos de concreto).

4.3.3.3.2 Diâmetro e Recobrimento

O diâmetro mínimo empregado na rede de drenagem foi de 0,40m e para os ramais, Ø 0,40 e Ø 0,30. Nas mudanças de diâmetro os tubos foram alinhados pela geratriz

inferior, evitando assim, verificação de remanso.

O recobrimento mínimo adotado foi de $h = 0,5D + 0,40$ m acima da geratriz superior do tubo, para redes em concreto.

4.3.3.3.3 Tirante hidráulico normal

O Tirante hidráulico normal (y/D) da seção pode ser obtido por meio de valores tabelados e disponibilizados na literatura e no Manual de Drenagem do DNIT.

No presente projeto, considerou-se tirante mínimo de 20% e máximo de 85% do diâmetro do coletor circular

4.3.3.3.4 Tirante hidráulico crítico

O tirante crítico (y_c) define o regime de escoamento, conforme segue:

- $y_c > y$ o regime é supercrítico;
- $y_c = y$ o regime é crítico;
- $y_c < y$ o regime é subcrítico.

Pode ser obtido pela expressão:

$$\frac{y_c}{D} = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot D^{5/2}}$$

Onde:

- y_c = tirante crítico;
- Q = vazão (m^3/s);
- D = diâmetro do tubo (m);

4.3.3.3.5 Velocidade

A velocidade pode ser calculada por meio da equação da continuidade e de Manning, conforme segue:

$$v = \frac{R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}}{\eta}$$

Sendo:

- v = velocidade (m/s);
- R_h = raio hidráulico (m);
- i = declividade da rede (m/m);
- η = coeficiente de rugosidade de Manning

Os coeficientes de rugosidade de Manning adotados foram os apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Coeficientes de rugosidade de Manning (η)

Tipo de conduto	Mínimo	Máximo	Valor usual
Alvenaria de Tijolos	0,014	0,017	0,015
Tubos de concreto armado	0,011	0,015	0,013
Galeria celular de concreto – pré-moldada	0,012	0,014	0,013
Galeria celular de concreto – forma de madeira	0,015	0,017	0,015
Galeria celular de concreto – forma metálica	0,012	0,014	0,013
Tubos de ferro fundido	0,011	0,015	0,011
Tubos de aço	0,009	0,011	0,011
Tubos corrugados de metal			
68x13mm	0,019	0,021	0,021
76x25mm	0,021	0,025	0,025
152x51mm	0,024	0,028	0,028
Tubos corrugados polietileno	0,018	0,025	0,025
Tubos de PVC	0,009	0,011	0,011
Tubos de PEAD	0,009	0,0012	0,010

4.3.4 RESULTADOS

Apresenta-se na Tabela 18 o dimensionamento hidráulico da rede de drenagem de águas pluviais.

4.3.5 APRESENTAÇÃO

No **Volume 02 – Projeto de Execução** apresenta-se o Projeto de Drenagem (planta, perfil e projetos tipo) em formato A3 (ABNT).



Tabela 18 – Dimensionamento da Rede de Drenagem Pluvial

 						PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DA RUA K, GUAÇUÍ/ES												EST. PLUV.: 2041001						TR: 10					
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE DRENAGEM URBANA												K 15,497 b 11,27 η = 0,013						a 0,143 c 0,749											
REDE A IMPLANTAR PV-01 A PV-PROJETADO																													
POÇOS DE VISITA - PV						DEFLÚVIO A ESCOAR PARA JUSANTE												GALERIA DE JUSANTE											
LOCAÇÃO		COTAS (m)				BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO PARCIAL						VAZÃO TOTAL A ESCOAR (L/s)			DECLIVIDADE	DIMENSÕES	TIRANTE		VELOCIDADE	COMPRIMENTO	TEMPO PERCURSO						
Nº	Estaca	TOPO	FUNDO	PROF.	NÍVEL D'ÁGUA	ÁREA (ha)	COEF. IMPERM C	ÁREA TOTAL (ha)	COEF. DISTR. Cd	TEMPO CONC. (min)	INT. PLUV. (mm/h)	COEF. DEFL. Ce	VAZÃO PARCIAL (l/s)	REDE SIMPLES	REDE DUPLA	REDE TRIPLA	1º = Terreno 2º = Rede (m/m)		% (m)	% (m)				(m/s)	(m)	(min.)			
PV-01	Rua K 6 + 8,00	592,94	591,63	1,31	591,83	2,05	0,60	2,05	0,90	10,00	130,89	0,48	319,4	319,4				0,1000 0,1000	0,40	49% 0,196	89% 0,356	5,22	48,00	0,15					
PV-02	Rua K 4 + 0,00	588,14	586,83	1,31	587,05	0,33	0,60	2,38	0,88	10,15	130,20	0,48	50,2	369,6				0,0787 0,0825	0,40	56% 0,224	89% 0,356	5,10	31,00	0,10					
PV-03	Rua K 2 + 9,00	585,70	584,27	1,43	584,61	0,22	0,60	2,60	0,87	10,25	129,75	0,48	33,6	403,2				0,0322 0,0350	0,40	85% 0,340	89% 0,356	3,54	49,00	0,23					
PV-PROJETADO	Rua K 0 + 0,00	584,12	582,56																										

4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.4.1 INTRODUÇÃO

Para elaboração do Projeto de Pavimentação foram avaliadas as características dos solos de fundação (subleito) bem como das ocorrências de materiais naturais disponíveis na região (empréstimos, pedreiras e areais), de forma a conceber, da maneira mais econômica possível, uma estrutura apta a resistir aos esforços impostos pelo tráfego atuante, bem como às intempéries.

4.4.2 PARÂMETROS DE PROJETO

4.4.2.1 NÚMERO N (TRÁFEGO ATUANTE)

Tendo em vista a implantação de uma estrutura de pavimento, faz-se necessário a caracterização e determinação do tráfego existente na região com o objetivo de subsidiar o dimensionamento do Projeto de Pavimentação.

Com base na Instrução de Projeto de Pavimentação 02/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo em conjunto de visitas a campo, torna-se possível caracterizar o tráfego das vias constituintes do projeto de pavimentação em função dos veículos que a utilizam, como:

Tráfego Leve – Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de 10^5 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.

A Tabela 19, apresentada a seguir, correlaciona a classificação da via conforme a função predominante e o volume médio diário de veículos estimado da faixa mais carregada com o número N característico – parâmetro que será utilizado no dimensionamento do pavimento. Com essas estimativas tem-se uma projeção do tráfego a ser gerado ao longo da vida útil de projeto, considerando uma taxa de crescimento de 5% ao ano.

Tabela 19 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO	VOLUME INICIAL ⁽¹⁾		EQUIVALENTE / VEÍCULO	N	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO / ÔNIBUS			
Via local	Leve	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Vias locais e coletoras	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	$5,00 \times 10^5$
Vias coletoras e estruturais	Meio pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	$1,40 \times 10^6$ a $3,10 \times 10^6$	$2,00 \times 10^6$
	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	$1,00 \times 10^7$ a $3,30 \times 10^7$	$2,00 \times 10^7$
	Muito pesado	12	> 10.000	1.001 a 2.000	5,90	$3,30 \times 10^7$ a $6,70 \times 10^7$	$5,00 \times 10^7$
Faixa exclusiva de ônibus	Médio	12		< 500		$3,00 \times 10^6$ ⁽²⁾	10^7
	Pesado	12		> 500		$5,00 \times 10^7$	$5,00 \times 10^7$
OBSERVAÇÕES:							
⁽¹⁾ Faixa mais carregada							
⁽²⁾ Majorado em função do tráfego (excesso de frenagens e partidas)							

Fonte: Instrução de Projeto 02/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

4.4.2.2 MÉTODO “ABCP – ET27”

Este procedimento foi adaptado pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland no Estudo Técnico nº 27 do trabalho original proposto pela BCA – British Cement Association, com a utilização de bases cimentadas.

O método utiliza, para o dimensionamento da estrutura do pavimento, dois gráficos de leitura simples e direta, fornecendo as espessuras necessárias das camadas constituintes do pavimento (sub-base, base, revestimento).

Sub-base

A Figura 16 fornece as espessuras necessárias de sub-base em função do valor de CBR do subleito e do número N de solicitações. Fica dispensada a utilização da camada de sub-base quando ocorrerem concomitantemente as situações: (i) $N < 5 \times 10^5$; (ii) $CBR_{\text{subleito}} > 20\%$.

Base

A espessura da camada de base será determinada em função do tráfego, conforme as



seguintes condições:

- $N < 1,5 \times 10^6$: não é necessária camada de base;
- $1,5 \times 10^6 \leq N < 1,0 \times 10^7$: a espessura mínima da camada de base cimentada será de 10,0 cm;
- $N \geq 10^7$, a espessura de base cimentada será determinada em através da Figura 17.

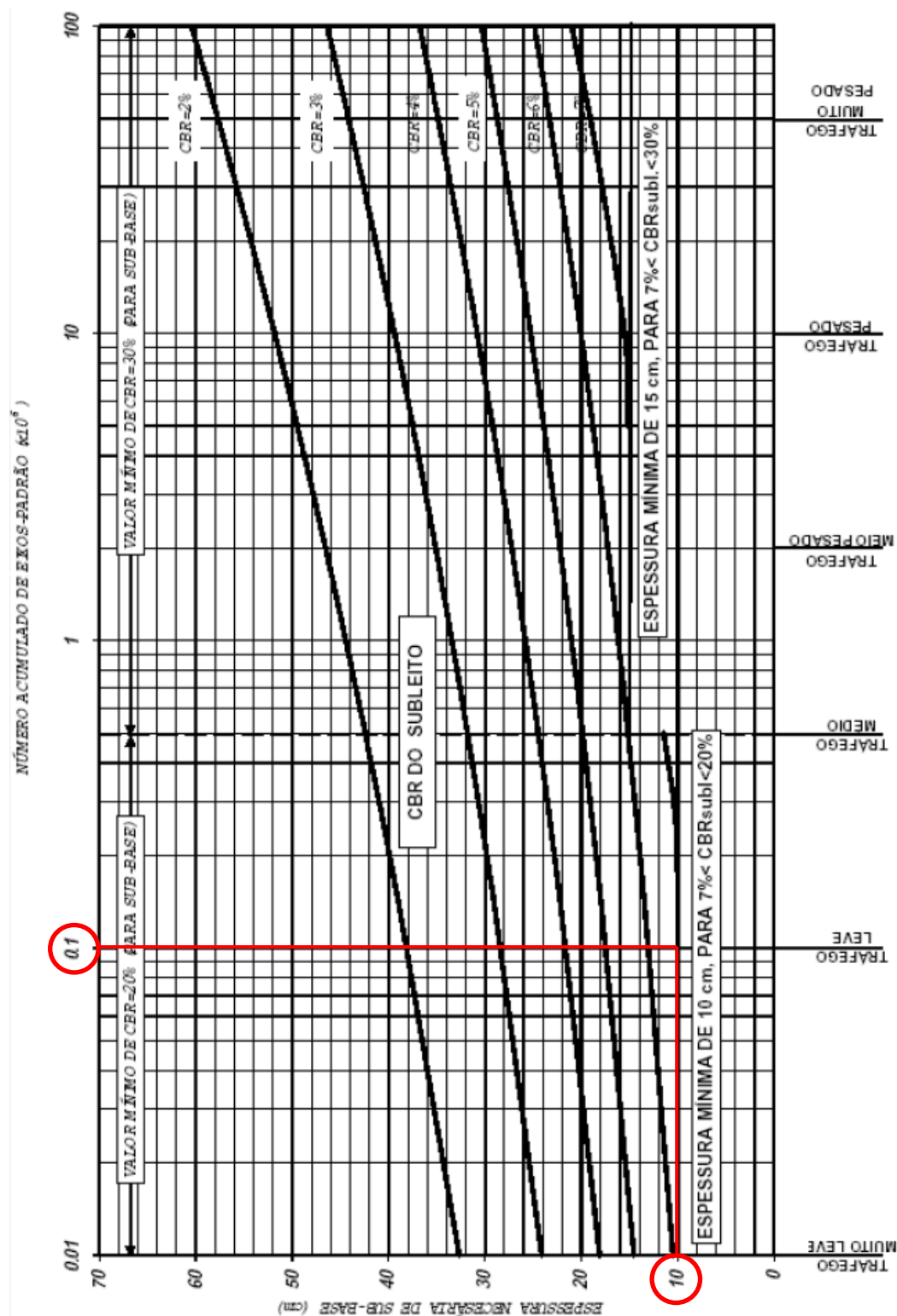


Figura 16 - Espessura necessária de sub-base.
Fonte: Boletim Técnico nº 27 da ABCP.

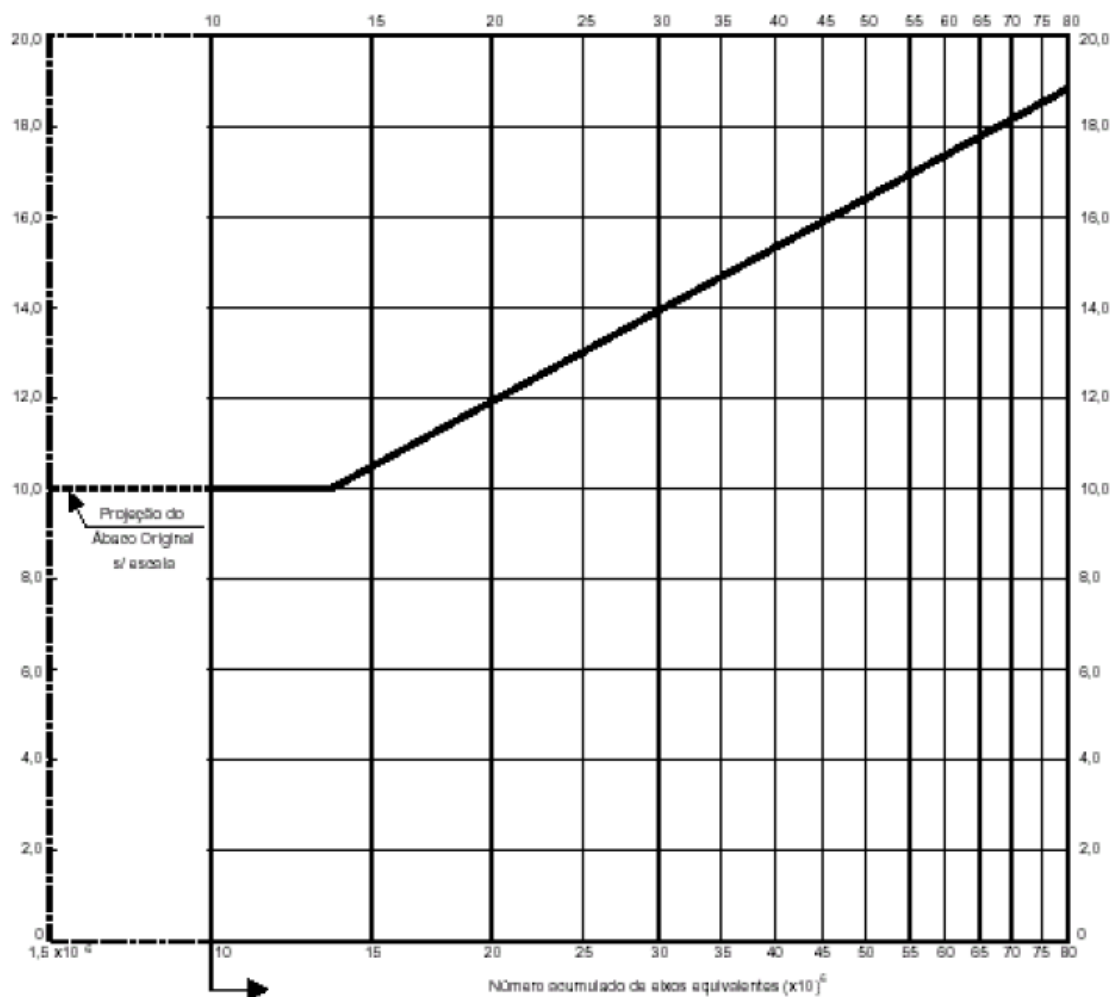


Figura 17 - Espessura da base cimentada em função do número N.
Fonte: Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

Revestimento

A espessura dos blocos do revestimento será de 6 a 10 cm em função do tráfego solicitante, conforme a tabela a seguir:

Tabela 20 - Espessura e resistência dos blocos de revestimento

TRÁFEGO	ESPESSURA DO REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5,00 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5,00 \times 10^5 < N \leq 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: Instrução de Projeto 06/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo.

4.4.2.2.1 Dimensionamento

O dimensionamento do acesso ao bairro contemplado no presente projeto com blocos pré-moldados de concreto levou em consideração: (i) o número N para o horizonte de projeto de 10 anos determinado nos Estudos de Tráfego; (ii) O ISC de projeto, definido nos Estudos Geotécnicos.

- **Parâmetros Adotados**

- Número N $_{10 \text{ anos}} = 1,0 \times 10^5$;
- ISC de projeto = **10,0%**.

- **Determinação da camada de sub-base (e_{SB})**

Apesar do número N ser inferior a 5×10^5 , o ISC de projeto é menor do que 20%, portanto a estrutura de pavimento requer uma camada de sub-base. Conforme a Figura 16, para as características do subleito existente e do tráfego incidente a espessura mínima necessária de sub-base para a proteção do sub-leito é igual a 10,0 cm, porém a espessura adotada foi de 0,00 cm:

$$e_{SB} = 0,0 \text{ cm}$$

- **Determinação da camada de base (e_B)**

Visto que o número N é inferior a $1,50 \times 10^6$, não é necessária camada de base. Porém, foi adotado base com espessura de 15,0 cm.

$$e_B = 15,0 \text{ cm}$$

Visando maior qualidade e segurança da estrutura de pavimentação projetada perante ao horizonte de projeto (10 anos) e ao tráfego gerado após a conclusão das obras, a consultora recomenda a compactação da camada de material granular com a utilização da energia equivalente à do proctor modificado (55 golpes), ou seja, indicação da espessura calculada para a sub-base, como camada de base.

- **Determinação da camada de revestimento (e_R)**

A espessura da camada de rolamento com blocos pré-moldados (6,0 cm) foi definida em função do tráfego, através da Tabela 20. Contudo, objetivando obter uma estrutura

de pavimento com maior capacidade de resistência aos agentes externos (tráfego e intempéries), a Consultora propõe a utilização de blocos com 8,0 cm de espessura:

$$e_R = 8,0 \text{ cm}$$

4.4.2.2.2 Vantagens do Pavimento com Blocos Pré-Moldados de Concreto

No que tange ao aspecto técnico, o pavimento com revestimento em blocos pré-moldados de concreto apresenta as seguintes vantagens:

Simplicidade: Os bloquetes são facilmente assentados sobre uma camada de areia ou pó de pedra, sem necessidade de ferramentas diferenciadas, máquinas ou mão de obra especializada.

Resistência: Os pisos intertravados são resistentes ao tráfego de pessoas e veículos. Sua resistência é medida em MPa (Mega Pascal). Cada tipo de tráfego requer uma resistência específica.

Durabilidade: Os bloquetes tem grande durabilidade. Sua característica estrutural permanece inalterada por muitos anos.

Utilização Imediata do Pavimento: Após o assentamento do piso intertravado, o tráfego pode ser liberado imediatamente, não necessitando de qualquer tempo de secagem, cura do material ou qualquer acabamento superficial.

Facilidade de execução: O assentamento dos bloquetes pode ser feito com mão de obra local, valorizando os recursos humanos de sua região.

Homogeneidade: O processo construtivo garante a homogeneidade de cor, tamanho e textura de seus pisos intertravados.

Estética: Os pisos intertravados com suas variadas formas, dimensões, cores e texturas podem criar composições personalizadas de rara beleza. Podem ser utilizados para ornamentação e sinalização dos mais variados tipos de obras.

Conforto Térmico: A coloração mais clara e homogênea dos bloquetes/piso intertravado, em relação aos outros produtos mais escuros, reduz significativamente a absorção de calor pela superfície do pavimento, melhorando em muito o conforto térmico e diminuindo a formação das ilhas de calor nos grandes centros urbanos, tornando sua aplicação ecologicamente correta.



Economia de Energia Elétrica: Os pisos intertravados, por sua coloração clara e fino acabamento, refletem a luz cerca de 30% a mais que outros tipos de pavimentos, gerando uma economia de até 60% na iluminação pública.

Segurança: Os bloquetes/pisos intertravados com suas superfícies antiderrapantes, mesmo sob chuva, não são escorregadios, aumentando a segurança, principalmente nos aclives, declives e curvas, do tráfego de veículos e pedestres.

Não Impermeabiliza o Solo: Os pisos intertravados, por serem assentados sobre pó de pedra ou areia, permitem a passagem da água da chuva, não impermeabilizando o solo e contribuindo para o controle das enchentes. Este fator o torna um produto ecologicamente correto.

Reutilização do Produto: Os bloquetes, após seu assentamento, podem ser retirados e reaproveitados em outra obra ou local com 100% de aproveitamento das peças.

Facilidade de Manutenção: O piso intertravado, após longo tempo de uso, pode ser removido total ou parcialmente com grande facilidade, sendo aproveitado no mesmo local ou em outra obra. Isto facilita a manutenção de canalizações subterrâneas e correção do leito trafegável.

4.4.3 RESULTADO FINAL

A estrutura adotada para a implantação do pavimento da rua K será constituída da seguinte maneira:

- Revestimento em blocos de concreto (35 MPa) intertravados, com dimensões de 20 x 10 cm, espessura de 8,0 cm, execução atendendo as normas de peças de concreto para pavimentação NBR 9780 e NBR 9781;
- Colchão de areia com espessura de 5,0 cm para assentamento dos blocos;
- Base estabilizada granulometricamente em Brita Graduada Simples (BGS) com espessura de 15,0 cm e energia de compactação correspondente ao Proctor Modificado (55 golpes), execução atendendo a especificação de serviço DNIT 141/2010-ES;
- Regularização e compactação do subleito com energia de compactação correspondente a do Proctor Intermediário (26 golpes), execução atendendo a



especificação de serviço DNIT 137/2010-ES.

A estrutura adotada para o passeio da rua K será constituída da seguinte maneira:

- Acabamento em ladrilho hidráulico podotátil;
- Concreto (20 MPa) moldado in loco, usinado, acabamento convencional, com espessura de 6,0 cm e com juntas transversais serradas a cada 1,50m.
- Lastro de brita com espessura de 4,0 cm.

Observação: para garantir o confinamento das peças pré-moldadas requerido para a estabilidade da estrutura de pavimento semi-rígido, a Consultora propõe a utilização de guias transversais de travamento, distribuídas em planta conforme os seguintes critérios:

- em rampas com inclinação entre 5,0% e 10,0%, distanciadas a cada 20,0m;
- no encontro com outros tipos de pavimentos.

Com o travamento, a transferência de carga entre os blocos alivia as pressões sobre o subleito, sub-base e base, reduzindo as possibilidades de deformações no pavimento.



4.5 PROJETO DE INTERFERÊNCIAS URBANAS

4.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para o Projeto de Interferências Urbanas foram levantadas os elementos que podem de alguma forma interferir com a execução da obra, contidas entre as linhas de *off-set* e/ou dentro da faixa de domínio da via.

O Projeto será apresentado em planta baixa, identificando os itens abaixo:

Tabela 21 - Lista de interferências

INFORMAÇÕES DE INTERFERÊNCIAS				
ITEM:	POSIÇÃO:	QUANT.		
		UND.	VOLUME UNT. (m³):	EXTENSÃO (m):
DEMOLIÇÃO DE MANILHA DE CONCRETO Ø400mm	LE	-	-	45,00
REMANEJAMENTO DE REDE DE ÁGUA	-	2	-	9,71
DEMOLIÇÃO DE CAIXA DE PASSAGEM	EST. 4+13,000	1	0,45	

4.5.2 APRESENTAÇÃO

O **Projeto de Interferências Urbanas**, em formato A3 e/ou A1 (ABNT), está apresentado no **Volume 2 – Projeto de Execução**.

4.6 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.6.1 GENERALIDADES

O Projeto de Sinalização foi elaborado segundo a Engenharia de Tráfego, objetivando basicamente: regulamentar o uso da Via, advertir o usuário sobre a ocorrência e natureza de situações potencialmente perigosas e informar eficientemente.

4.6.2 DESCRIÇÃO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E MATERIAIS

O projeto abrange a sinalização vertical e horizontal das vias. A segurança do usuário será obtida através do correto posicionamento e padronização de formas, cores, símbolos e dimensões, de modo a proporcionar identificação imediata e legibilidade fácil, considerada a velocidade diretriz na fixação dos padrões e dimensões.

A percepção da sinalização, à noite, em condições adversas de clima, é assegurada através de conveniente refletorização.

4.6.3 SINALIZAÇÃO VERTICAL

É um subsistema de sinalização viária, que se utiliza de placas, onde o meio de comunicação (sinal) está na posição vertical, fixado ao lado ou suspenso sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, diante símbolos e/ou legendas pré-reconhecidas e legalmente instituídas.

As placas, classificadas de acordo com as suas funções, são agrupadas em um dos seguintes tipos de sinalização vertical:

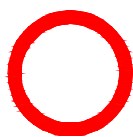
- Sinalização de Regulamentação;
- Sinalização de Advertência;
- Sinalização de Indicação.
- Sinalização De Regulamentação

Tem por finalidade informar aos usuários das condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias. Suas mensagens são imperativas e seu desrespeito

constitui infração.

4.6.3.1 FORMA E CORES

A forma padrão do sinal de regulamentação é a circular, nas seguintes cores:



OBRIGAÇÃO

Lado - 0,250m

Fundo - Branco

Tarja - Vermelha

Orla - Vermelha

Símbolo - Preto

Letras - Pretas

PROIBIÇÃO

Constituem exceção quanto à forma, os sinais “Parada Obrigatória” – R-1 e “Dê a Preferência” – R-2, com as seguintes características:



R-1

Fundo - Vermelho

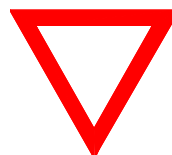
Fundo - Branco

Letras - Brancas

Orla - Vermelho

Orla Interna - Branca

Orla Externa - Vermelha



R-2

4.6.3.2 DIMENSÕES



SINAIS DE FORMA CIRCULAR

VIAS URBANAS DE TRÂNSITO RÁPIDO

Diâmetro - 0,750m

Tarja - 0,075m

Orla - 0,075m

VIA URBANA

Diâmetro - 0,500m

Tarja - 0,050m

Orla - 0,050m

VIA RURAL ESTRADA

Diâmetro - 0,750m

Tarja - 0,075m

Orla - 0,075m

VIA RURAL RODOVIA

Diâmetro - 1,00m

Tarja - 0,100m

Orla - 0,100m

SINAIS DE FORMA OCTOGONAL URBANA – R-1

Lado - 0,350m

Orla Interna Branca - 0,028m

Orla Externa Vermelha m - 0,014m

SINAIS DE FORMA OCTOGONAL RURAL ESTRADA – R-1

Lado - 0,350m

Orla Interna Branca - 0,028m

Orla Externa Vermelha m - 0,014m



SINAIS DE FORMA OCTOGONAL RURAL RODOVIA – R-1

Lado - 0,500m

Orla Interna Branca - 0,040m

Orla Externa Vermelha m - 0,020m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR URBANA – R-2

Lado - 0,900m

Orla - 0,150m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR RURAL ESTRADA – R-2

Lado - 0,900m

Orla - 0,150m

SINAL DE FORMA TRIANGULAR RURAL ESTRADA – R-2

Lado - 1,00m

Orla - 0,20m

4.6.3.3 SINALIZAÇÃO DE ADVERTÊNCIA

Tem por finalidade alertar aos usuários da via para condições potencialmente perigosas, indicando sua natureza. Suas mensagens possuem caráter de recomendação.

Forma Cores

A forma padrão do sinal de advertência é quadrada, devendo uma das diagonais ficar na posição vertical, nas seguintes cores:

Fundo - Amarelo



Orla Interna - Preta



Orla Externa - Amarela

Símbolo e/ou Legenda - Pretos

4.6.3.3.1 Dimensões

SINAIS DE FORMA QUADRADA

VIA URBANA

Lado - 0,450m

Orla Externa - 0,009m

Orla Interna - 0,018m

VIA RURAL ESTRADA

Lado - 0,500m

Orla Externa - 0,010m

Orla Interna - 0,020m

VIA RURAL RODOVIA

Lado - 0,600m

Orla Externa - 0,012m

Orla Interna - 0,024m

4.6.3.4 SINALIZAÇÃO DE INDICAÇÃO

Tem por finalidade identificar as vias, os destinos e os locais de interesse, bem como orientar condutores de veículos quanto aos percursos, os destinos, as distâncias e os serviços auxiliares, podendo também ter como função a educação do usuário. Suas mensagens possuem um caráter meramente informativo ou educativo, não constituindo imposição.

4.6.3.5 PLACAS DE LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE DESTINO

Posicionam o condutor ao longo do seu deslocamento, ou com relação a distâncias ou



ainda aos locais de destino.

4.6.3.6 PLACAS DE ORIENTAÇÃO DE DESTINO

Indicam ao condutor a direção que o mesmo deverá seguir para atingir determinados lugares, orientando seu percurso e distâncias.

4.6.3.7 PLACAS INDICATIVAS DE SENTIDO (DIREÇÃO)

CORES

Fundo	- Verde
Orlas Internas	- Brancas
Orla Externa	- Verde
Legenda	- Branca
Símbolos	- Rodovia Nacional (BR 101/262)

FORMAS E DIMENSÕES MÍNIMAS:

Largura	- 1.000m
Altura	- 0,400m
Altura da Letra	- 0,150m
Orla Interna e Tarja	- 0,020m
Orla Externa	- 0,010m

4.6.4 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

É um subsistema da sinalização viária que se utiliza de linhas, marcações, símbolos e legendas, pintados ou apostos sobre o pavimento das vias.

Tem como função organizar o fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

4.6.4.1 CARACTERÍSTICAS



Diferentemente dos sinais verticais, a sinalização horizontal mantém alguns padrões cuja mescla e a forma de coloração na via definem os diversos tipos de sinais.

4.6.4.2 PADRÃO DE TRAÇADO

Seu padrão de traçado pode ser:

CONTÍNUA: são as linhas sem interrupção pelo trecho da via onde estão demarcando; podem estar longitudinalmente ou transversalmente apostas à via.

TRACEJADA OU SECCIONADA: são linhas seccionadas com espaçamentos de extensão igual ou maior que o traço.

SÍMBOLOS E LEGENDAS: são informações escritas ou desenhadas no pavimento indicando uma situação ou complementando sinalização vertical existente.

4.6.4.3 CORES

A sinalização horizontal utilizada apresenta três cores:

AMARELA: para a regulação de fluxos de sentidos opostos;

VERMELHA: utilizada na regulação do espaço destinado ao deslocamento de bicicletas leves (ciclovias);

BRANCA: para a regulação de fluxos de mesmo sentido e na marcação de faixas de travessias de pedestres; na pintura de símbolos e legendas.

4.6.4.4 CLASSIFICAÇÃO

A sinalização horizontal é classificada em:

- Marcas longitudinais;
- Marcas transversais;
- Marcas de canalização;
- Inscrições no pavimento.

4.6.4.5 MARCAS LONGITUDINAIS



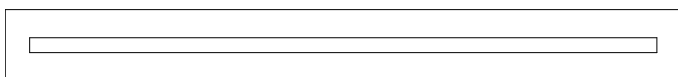
Separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada ao rolamento, a sua divisão em faixas, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo de um tipo de veículo, as reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem.

De acordo com a sua função as marcas longitudinais são subdivididas nos seguintes tipos:

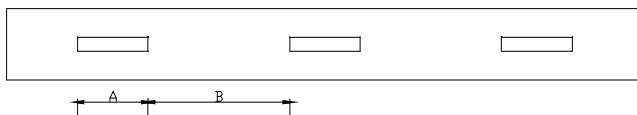
LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS OPOSTOS

(cor amarela)

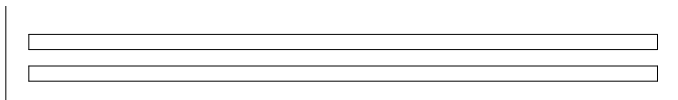
SIMPLES CONTÍNUA



SIMPLES SECCIONADA



DUPLA CONTÍNUA



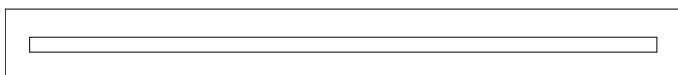
Largura das linhas: 0,120m

Distância entre as linhas: 0,120m

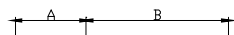
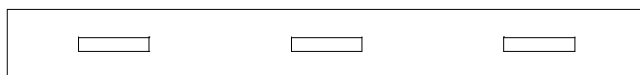
Relação entre A e B: 1:2

LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS DE MESMO SENTIDO

(cor branca)



Largura da Linha: 0,120m



Dimensões: A = 4,000m

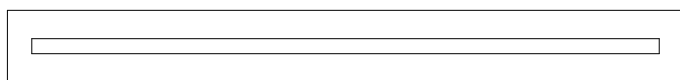
B = 4,000m

Relação entre A e B: 1:1

LINHAS DE BORDO

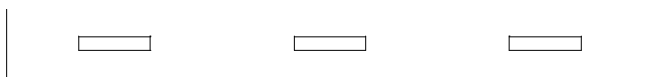
(cor branca, exceto em vias com canteiro central muito estreito quando então são amarelas separando fluxos opostos)

CONTÍNUA



Largura da Linha: 0,120m

SECCIONADA



Dimensões: A = 4,000m

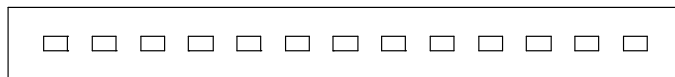
B = 4,000m

Relação entre A e B: 1:2

LINHA DE CONTINUIDADE

(cor branca quando dá continuidade a linhas brancas; cor amarela quando dá continuidade a linhas amarelas)

TRACEJADA



LA B

Largura da Linha: 0,120m

Relação entre A e B = 1:1

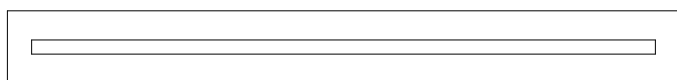
4.6.4.6 MARCAS TRANSVERSAIS

Ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com os deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, ou seja, adverte os condutores relativamente sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indica a posição de parada, de modo a garantir sua própria segurança e a dos demais usuários da via.

De acordo com a sua função, as marcas longitudinais são subdivididas nos seguintes tipos:

LINHAS DE RETENÇÃO

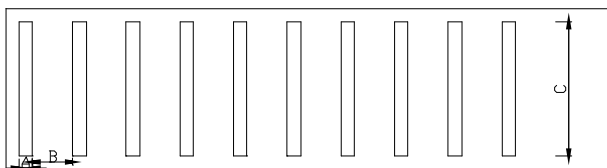
(cor branca)



Largura da Linha: 0,400m

FAIXAS DE TRAVESSIA DE PEDESTRES

(cor branca)



Largura da Linha A: 0,400m

Distância entre as linhas B: 0,400

Largura da Faixa C : 4,000m

4.6.5 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se no **Volume 02 – Projeto de Execução**, o Projeto de Sinalização (Planta e Projetos-tipo) em formato A1 e/ou A3 (ABNT).

5 MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

Este Memorial Descritivo tem por finalidade descrever as práticas exigidas para a execução dos serviços e as especificações dos materiais utilizados nas obras de Terraplenagem, Drenagem, Pavimentação e Sinalização.

1) Serviços de Terreplanagem

a. Escavação mecânica em material de 1ª categoria

Escavação mecanizada com a utilização de retroescavadeira ou escavadeira hidráulica do material constituinte do terreno natural até o greide de terraplenagem projetado.

b. Execução e compactação de aterro

Os serviços de execução e compactação de aterro deverão ser executados mecanicamente. O espalhamento e nivelamento do material é realizado por meio de uma motoniveladora até atingir a espessura definida em projeto. O material é umedecido através de caminhão pipa. Em seguida executa-se a compactação da camada com a utilização de rolo compactador. O material de aterro pode ser proveniente do reaproveitamento de corte ou de aquisição de jazida, desde que apresente os parâmetros de qualidade previstos em projeto.

c. Especificações de Terraplenagem

As Especificações de Serviços listadas abaixo devem ser estritamente consideradas durante a execução das obras.

- DNIT 104/2009-ES - Serviços Preliminares;
- DNIT 106/2009-ES - Cortes;
- DNIT 107/2009-ES - Empréstimos;
- DNIT 108/2009-ES - Aterros.



2) Serviços de Drenagem

a. Assentamento de bueiro simples tubular de concreto

A rede de drenagem pluvial será constituída por tubos de concreto armado, classe PA-1, encaixe tipo ponta e bolsa, com diâmetro especificado em projeto. O assentamento do tubo só deve ser realizado após o fundo da vala estar devidamente regularizado e com a declividade prevista em projeto. O transporte do tubo para dentro da vala é realizado com o auxílio da escavadeira, onde deverá ser feito o alinhamento e encaixe na bolsa do tubo já assentado. Após o encaixe proceder com o rejuntamento dos tubos com argamassa de cimento e areia.

b. Lastro de brita

O serviço consiste na execução de uma camada de brita no fundo da vala. O lançamento do material pode se dar de forma manual ou mecanizado.

c. Escavação mecânica de vala em material de 1ª categoria

Escavação do material constituinte do terreno natural até a profundidade para assentamento do tubo com a utilização de retroescavadeira, devendo ser respeitadas as cotas e declividades definidas em projeto.

d. Reaterro mecanizado de vala

Consiste no reaterro das valas onde foram instaladas as tubulações. O reaterro será executado com material proveniente da escavação mecânica de vala. O lançamento do material é realizado com retroescavadeira, seguido de compactação com soquete.

e. Chaminé dos poços de visita

Sobre a laje dos poços de visita será instalada a chaminé de alvenaria de blocos de concreto, rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, incluindo tampão de ferro fundido articulado, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem.



f. Poço de visita

Os poços de visita serão executados em concreto, fôrma e armação em aço CA-60, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem. O concreto deverá apresentar $fck=15MPa$, confeccionado em betoneira e lançado manualmente.

g. Caixa de ligação

As caixas de ligação (CLP) serão executadas em concreto, fôrma e armação em aço CA-60, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem. O concreto deverá apresentar $fck=15MPa$, confeccionado em betoneira e lançado manualmente.

h. Caixa ralo

As caixas ralo serão executadas em alvenaria de blocos de concreto, rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, incluindo grelha articulada e caixilho em ferro fundido, conforme detalhamento apresentado no Projeto de Drenagem.

i. Especificações de Drenagem

As Especificações de Serviços listadas abaixo devem ser estritamente consideradas durante a execução das obras.

- DNIT 023/2006-ES - Bueiros tubulares de concreto;
- DNIT 026/2004-ES - Caixas coletoras;
- DNIT 020/2006-ES - Meio-fios e guias;
- DNIT 027/2004-ES - Demolição de dispositivos de concreto.

3) Serviços de Pavimentação

a. Regularização e compactação do subleito

Consiste nas atividades necessárias à obtenção de um leito “conformado” para receber a estrutura do pavimento, devendo ser executada na área a ser pavimentada. O serviço de regularização envolve a compactação dos 20cm finais da camada de corte ou aterro com energia de compactação correspondente a 100% do Proctor Intermediário. A regularização do subleito consiste basicamente das seguintes operações:

- Escarificação e Espalhamento dos Materiais;
- Homogeneização dos Materiais Secos;
- Umedecimento (ou Aeração) e Homogeneização da Umidade;
- Compactação;
- Acabamento.

b. Base de brita graduada

Os serviços para execução de base de brita graduada deverão ser iniciados somente após a regularização do subleito. Os serviços de implantação da camada de base deverão ser executados mecanicamente, com os seguintes equipamentos: caminhão tanque, distribuidor de agregados, rolo compactador de pneus autopropelido e rolo compactador vibratório autopropelido.

O agregado deverá estar isento de matéria vegetal e outras substâncias nocivas e sua composição deverá se enquadrar em uma das faixas granulométricas especificadas pelo DNIT. O grau de compactação mínimo para a camada de base será de 100% da energia de compactação correspondente ao Proctor Modificado.

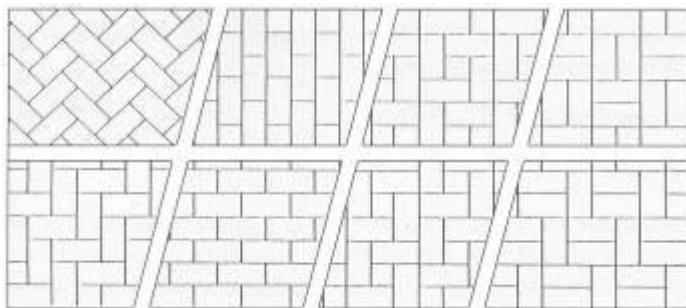
A execução da camada de base de brita graduado consiste basicamente das seguintes operações:

- Fornecimento;

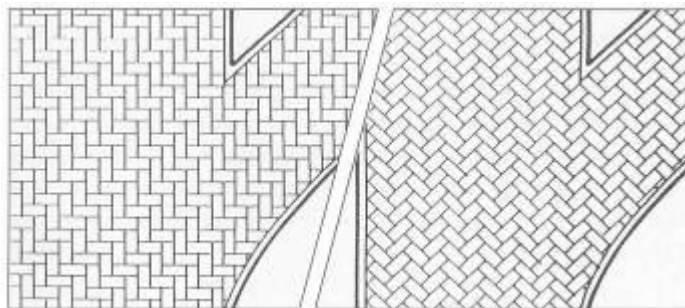
- Transporte;
- Mistura;
- Espalhamento;
- Compactação.

c. Pavimentação com blocos de concreto

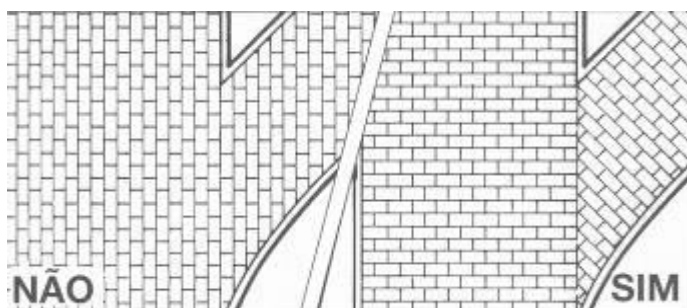
Os blocos de concreto intertravados (35 MPa), com dimensões de 20 x 10 cm e espessura de 8 cm, sobre um colchão de areia de 5 cm de espessura para assentamento, são colocados seguindo dois critérios: um padrão de posicionamento (modo relativo como ficam posicionados em relação ao outro) e um padrão de alinhamento (posição relativa entre o eixo dos blocos e o da via). Ambos devem ser definidos antes do início do calçamento. Quando há tráfego de veículos, não podem existir juntas contínuas que fiquem paralelas à direção do tráfego, devendo ser escolhido um padrão de posicionamento dos blocos em que esta coincidência não seja possível. Por este motivo, existem padrões de posicionamento que só se prestam para vias de trânsito de pedestres.



Existe uma diversidade de formas dos blocos, e alguns deles, como os retangulares, podem ter padrões de posicionamento muito diversos. Todos eles são utilizáveis em via de trânsito de pedestres, onde o padrão de alinhamento não tem importância.



Pavimentos com tráfego veicular têm os blocos dispostos, de preferência, no padrão espinha de peixe e alinhados com o eixo da via num ângulo qualquer. Este padrão tem a vantagem de não requerer uma mudança de alinhamento em curvas ou esquinas.

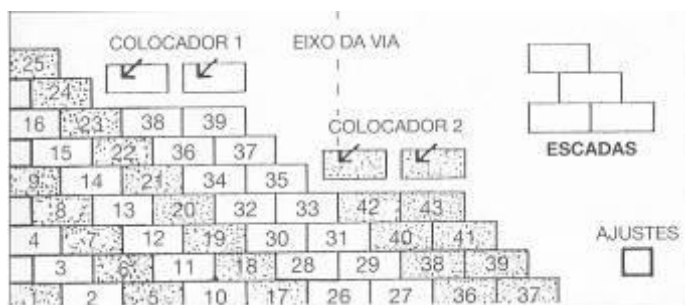


Quando os blocos retangulares são colocados em fileiras, estas devem ser travadas da mesma maneira que os tijolos de uma parede, e devem ficar alinhadas transversalmente ao sentido do tráfego. Nas interseções com curvas ou esquinas, o padrão de posicionamento deve ser "girado", de modo que as fileiras fiquem transversais ao fluxo das rodas. Esta mudança se realiza mediante o corte preciso dos blocos ou adotando um cordão transversal de calçamento. Fileiras nunca devem ficar alinhadas com o eixo da via.

Início

Cada padrão de posicionamento deve obedecer a uma determinada sequência de montagem dos blocos, de modo a atingir o máximo rendimento. Esta sequência deve permitir o trabalho simultâneo de mais de um colocador, montando dois blocos ao mesmo tempo, não tendo que encaixar peças em vazios, mas apenas deslocando-as lateralmente. Para conseguir a necessária coordenação, deve-se iniciar a colocação de uma maneira bem definida, a qual

varia de acordo com o padrão de posicionamento e com o alinhamento escolhido. Convém fazer inicialmente um teste de 2 a 3 m para corrigir o alinhamento e memorizar a sequência.



Para colocar blocos (dos tipos 1, 2 ou 3) em fileiras transversais, pode ser utilizada como guia, tanto um dos lados da via como uma linha no seu eixo. Inicialmente colocam-se uns 25 blocos até que o padrão fique definido e, a seguir, se prossegue com um ou dois colocadores (com duas linhas cada um) e, de preferência, um na frente do outro.



Seguindo uma linha ou o eixo da via se colocam os primeiros 10 blocos e, a seguir, os colocadores (até 4) continuam avançando simetricamente em linhas oblíquas duplas até a ponta encontrar o eixo. Os espaços vazios resultantes são preenchidos posteriormente.

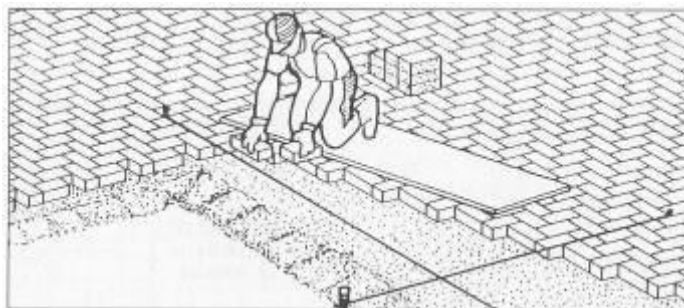
Para o posicionamento em espinha de peixe, deve-se escolher para qual lado se deseja que fique a sua diagonal. Caso se queira o avanço da esquerda para a direita, colocar-se-ão primeiramente uns 18 blocos e, a seguir 1 ou 2 colocadores poderão continuar com as duas fileiras seguindo a diagonal sempre da frente para trás.



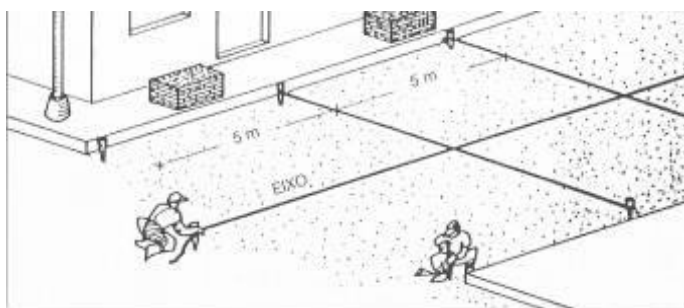
Caso se queira que a diagonal da espinha de peixe avance da direita para a esquerda, somente um colocador poderá avançar pela diagonal colocando uma única fileira para frente e logo a seguinte para trás. Para espinhas de peixe posicionadas em outro ângulo qualquer, recomenda-se empregar este segundo esquema, embora dê um maior número de ajustes.

Alinhamento

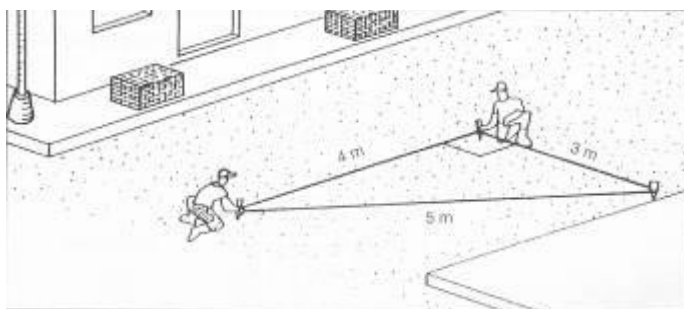
Um alinhamento correto dos blocos depende de unidades de boa qualidade (dimensões homogêneas) e esmero dos colocadores durante a montagem. Não há muita diferença no rendimento da colocação de blocos corretamente alinhados ou colocados de forma descuidada. No entanto, a diferença na aparência será expressiva.



É importante manter sob controle, ao longo da via, tanto o padrão de posicionamento como o alinhamento dos blocos. Com este objetivo deve-se utilizar linhas longitudinais e transversais fixadas e esticadas com estacas, varetas ou blocos.

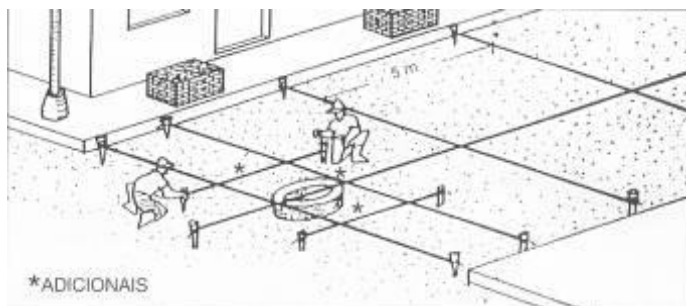


Definida uma frente de avanço, o alinhamento da colocação dos blocos deve ser verificado, pelo menos, com uma linha longitudinal e linhas transversais a cada 5 m. Eventuais desajustes podem ser corrigidos sem a necessidade de retirar blocos, mas apenas utilizando cuidadosamente uma cunha ou talhadeira



Para poder checar ângulos retos, especialmente no início do serviço, é empregada uma linha de 12 m, com as extremidades unidas e com marcas correspondentes aos 5, 4 e 3 m. Colocando as marcas de 3 e 4 m sobre estacas e esticando o conjunto, a diagonal do triângulo coincidirá exatamente com a

marca dos 5 m.



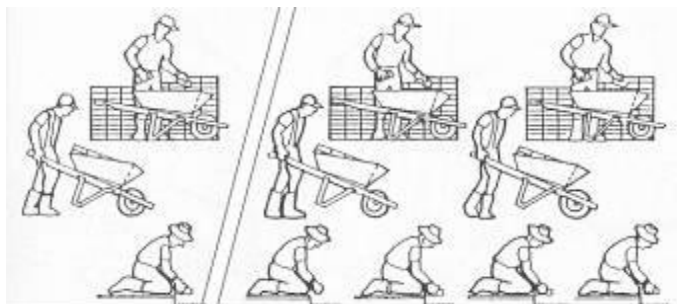
Quando houver interrupções na via (sumidouros, caixas de inspeção ou outros confinamentos internos), a sequência de colocação deverá ser controlada com linhas em forma de quadrícula ao seu redor, de modo a não perder o alinhamento até que esta interferência seja ultrapassada.

Colocação dos blocos de concreto

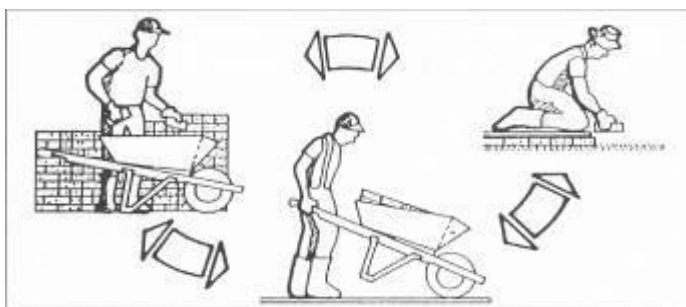
A etapa da montagem dos blocos é a atividade mais importante da construção do pavimento, pois responde, em grande medida, pela qualidade final deste. Dependem dela: nivelamento, alinhamento do padrão de colocação, regularidade superficial, largura das juntas etc., fundamentais para o acabamento e durabilidade do pavimento. Pelo fato de ser uma atividade manual, é fundamental exercer um estrito controle sobre cada uma das suas etapas.



Como os blocos são colocados, principalmente, a mão, o colocador deverá usar, ao máximo, luvas de proteção. O seu trabalho, no nível do chão, é cansativo. Para evitar fadiga terá que mudar frequentemente de posição.



A equipe mínima de trabalho será de três operários: um colocador, um auxiliar para transportar e outro para carregar e distribuir. Porém, se a obra permitir, poderão ser utilizadas equipes com maior número de colocadores.



A atividade do colocador é a mais cansativa de todas. Para não sobrecarregar a sua capacidade física, é conveniente dispor de equipes nas quais cada função possa ser exercida por todos, em rodízio.

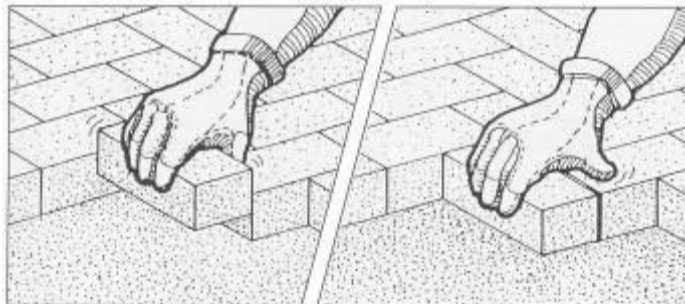


Durante a colocação e antes que os blocos sejam compactados, a circulação dos operários e dos materiais sobre as áreas não terminadas deverá ser exclusivamente sobre proteções de madeira (tábuas ou chapas grossas).

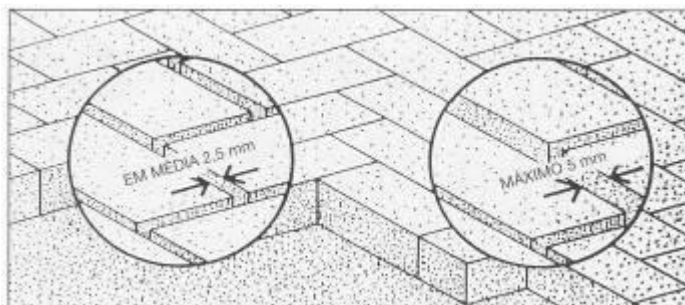
Juntas

Além da uniformidade superficial dos blocos, também é importante que as juntas entre eles sejam as mais estreitas possíveis, de modo que o bom

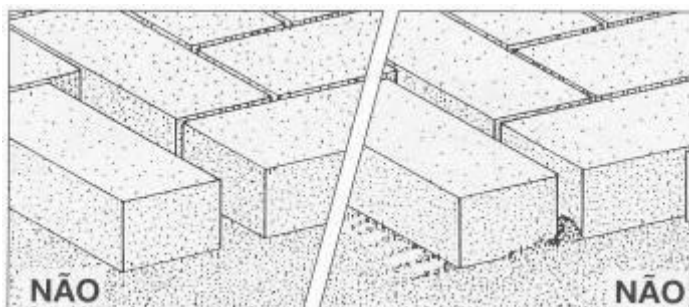
intertravamento garanta o bom funcionamento mecânico do pavimento, e de maneira que o pavimento não seja muito permeável, não seja afetado pelo escoamento da água nem facilite o crescimento de grama etc.



Os blocos são assentados diretamente sobre a camada de areia previamente rasada. Cada bloco é pego com a mão, encostado firmemente contra os outros já assentados e, a seguir, deslizado verticalmente para baixo até tocar na areia.

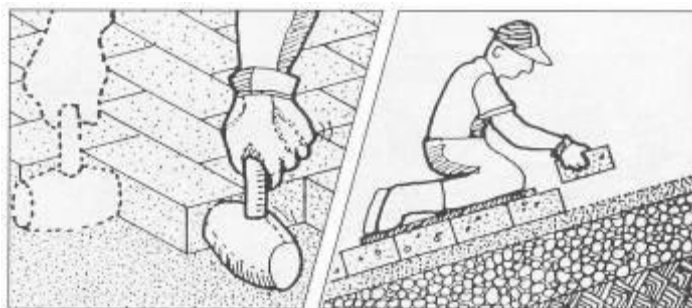


Procedendo desta forma se consegue a junta com a mínima abertura. Esta junta tem, em decorrência das irregularidades das faces, aproximadamente, 2,5 mm de abertura. No caso da abertura da junta ficar muito grande, o bloco deve ser batido lateralmente com uma marreta de madeira ou borracha contra os blocos adjacentes, para fechá-la.



Procedimento inadequado é primeiro deitar o bloco sobre a areia e, logo, empurrá-lo horizontalmente contra os blocos vizinhos. A areia que se arrasta

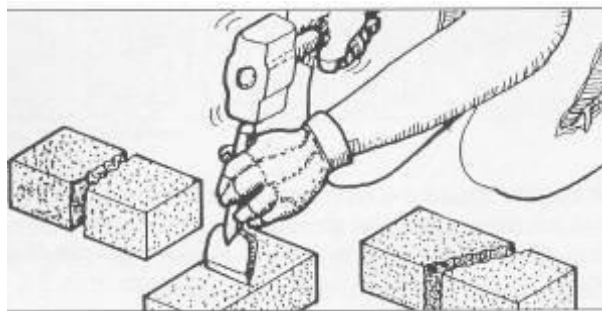
desta forma não permite um encosto perfeito.



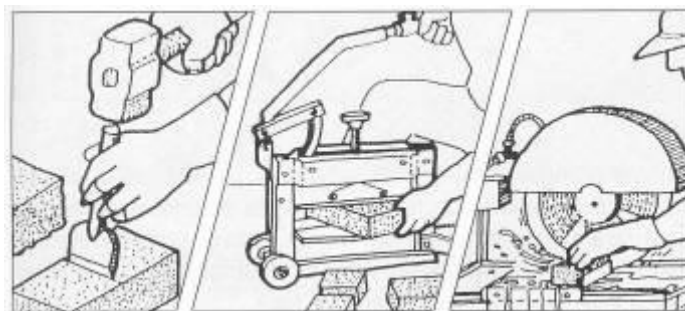
Os blocos não devem ser golpeados verticalmente para que fiquem rentes entre si. Os golpes devem ser utilizados apenas para minimizar as juntas ou para corrigir o alinhamento. Em pistas inclinadas é aconselhável executar a colocação de baixo para cima.

Ajustes

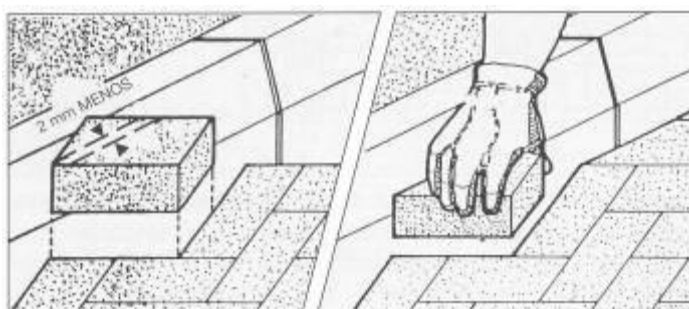
Uma vez terminada a montagem de todos os blocos inteiros que caibam num trecho, deve-se colocar os de ajuste (frações de unidade) nos vazios juntos a confinamentos, estruturas de drenagem etc. Estes ajustes são feitos com frações dos mesmos blocos inteiros colocados e com o mesmo alinhamento ou padrão de posicionamento do resto do pavimento. Existem três procedimentos para preparar os pedaços de blocos para ajustes, cada um dando faces de corte de qualidade diferente. Quanto melhor o plano de corte, mais cara é a sua obtenção e melhor será a sua aparência e o seu comportamento.



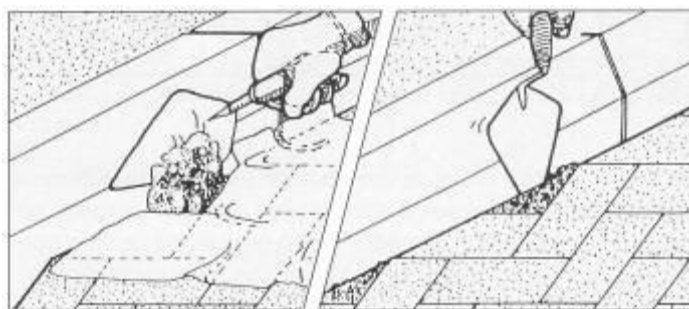
A forma mais simples de cortar o bloco é com talhadeira e marreta, apoiando a peça sobre um calço duro e dando um golpe seco. O fio da talhadeira deverá ter uma largura de 8 a 12 cm.



Uma outra maneira de produzir o corte da peça de ajuste é com o cisalhamento, entre duas lâminas, por golpe ou com auxílio de uma prensa (hidráulica ou parafuso). Por último, o corte de melhor qualidade é executado com serra circular munida de disco abrasivo e, estando o bloco preso numa morsa.



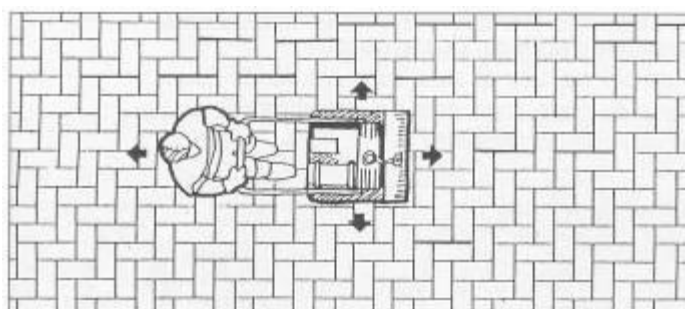
A peça de ajuste deve ser cortada 2 mm mais curta que o espaço a ser preenchido. O corte manual de ajustes muito pequenos é difícil. Para preencher os vazios de dimensões inferiores a 1/4 do bloco, é melhor usar uma argamassa muito seca (1 parte de cimento por 4 partes de areia) sacada com força no vazio.



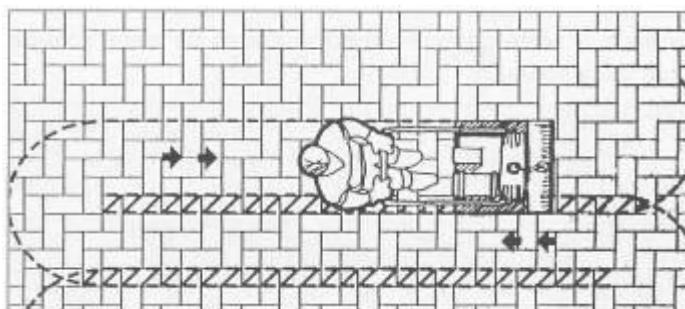
No preenchimento com esta argamassa deve-se tomar cuidado de cobrir os blocos vizinhos com plástico ou papel grosso para evitar o seu manchamento. Após o endurecimento da argamassa esta proteção é retirada. A argamassa é compactada com soquete e rasada com colher de pedreiro.

Compactação inicial

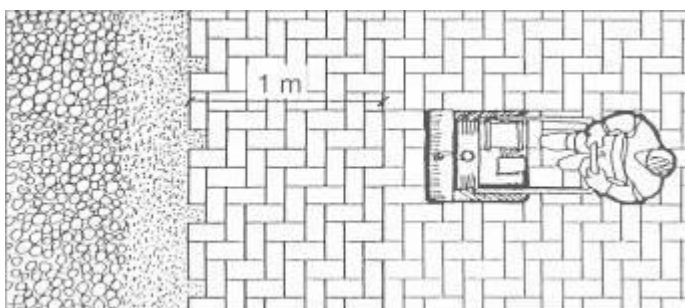
A compactação inicial tem como funções: rasar os blocos pela face externa, dar início ao adensamento da camada de areia sob os blocos e induzir esta a penetrar, de baixo para cima, nas juntas entre as faces laterais de modo de produzir o seu intertravamento.



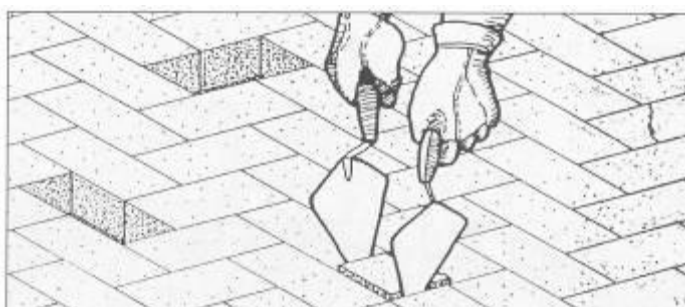
Tanto a compactação inicial, como a compactação final realizada logo após o rejuntamento, devem ser realizadas com uma placa de vibrocompressão de tamanho comum. Evitar equipamentos muito potentes em pavimentos com blocos de 6 cm de espessura, pois podem provocar a sua quebra.



Na compactação inicial se deve passar a vibrocompactadora, pelo menos, duas vezes, e em direções opostas: primeiro um circuito completo num sentido, e logo depois, no sentido contrário. Deve haver uma sobreposição dos percursos para evitar a formação de degraus.



A compactação e o rejuntamento com areia devem avançar até um metro antes de alcançar a extremidade livre não confinada em que prossegue a pavimentação. Esta faixa será compactada junto com o trecho seguinte.



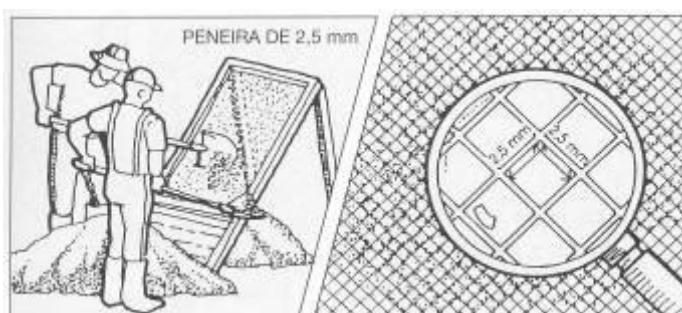
Após a compactação inicial, retirar com auxílio de duas colheres de pedreiro ou chaves de fenda aqueles blocos que quebraram e substituí-los por novos. Esta operação deve ser executada antes do rejunte e da compactação final, porque nesta fase, essa atividade ainda é fácil.

Selagem das juntas

No Rejuntamento com areia é necessário para reduzir a percolação de água e garantir o funcionamento mecânico do pavimento. Isto obriga a utilizar material e mão-de-obra de boa qualidade na execução deste selo e da compactação final. Com rejunte mal feito os blocos ficam soltos e o pavimento perde travamento, deteriorando rapidamente. Isto é válido tanto para pavimentos novos como para já existentes.



No rejunte deve ser utilizada areia fina com grãos menores do que 2,5 mm, do tipo utilizado para preparar rebocos de paredes. No instante da colocação, a areia deve estar bem seca e não conter cimento ou cal. Nunca utilizar argamassa, o que tornaria o rejunte muito quebradiço.



A areia deve ser passada por uma peneira de malha quadrada para retirar os grãos maiores do que 2,5 mm, os contaminantes e corpos estranhos e soltá-la, para que seque mais facilmente.



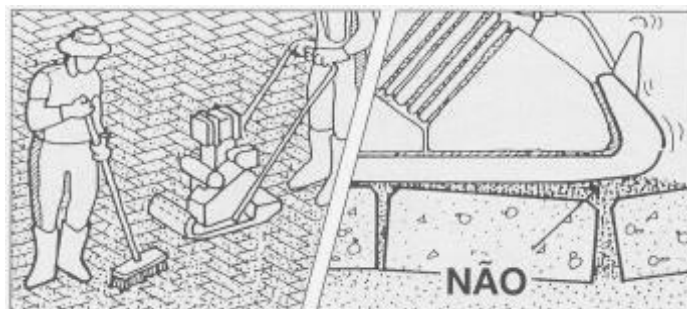
Quando muito molhado, a areia pode ser seca estendendo-a numa camada fina exposta ao sol ou coberta. Deve-se evitar a sua contaminação com o solo e ser freqüentemente remexida. De um modo geral, não são necessários mais de 3,5 litros de areia por m^2 , ou seja, $1 m^3$ serve para selar $285 m^2$ de pavimento.



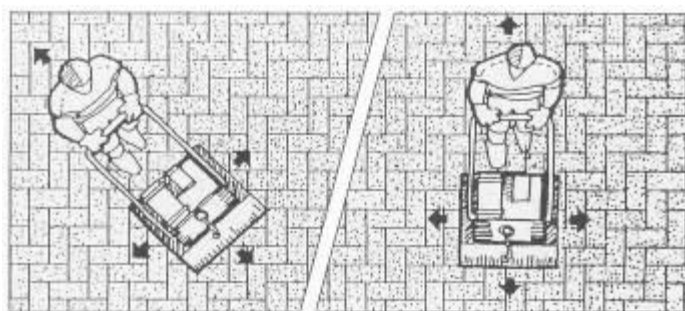
A areia é posta sobre os blocos de concreto numa fina camada (insuficiente para cobri-los totalmente) e espalhada com uma vassoura até preencher completamente as juntas. A varrição pode ser alternada (desde que se disponha do pessoal suficiente) com a compactação final.

Compactação final e limpeza

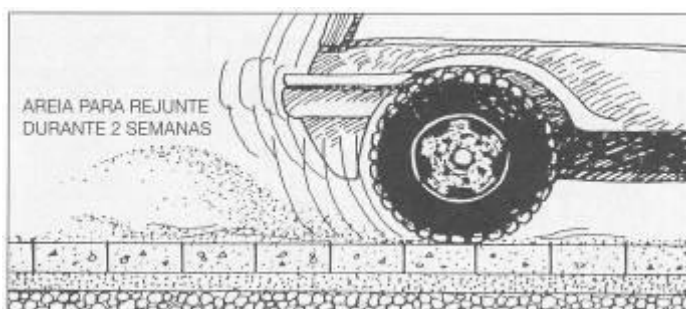
A compactação final se destina a dar a firmeza definitiva ao pavimento e, portanto, não se deve economizar esforços na sua execução. Porém, mesmo que tenha sido muito bem executada, o tráfego posterior continuará compactando a areia das juntas e acomodando os blocos.



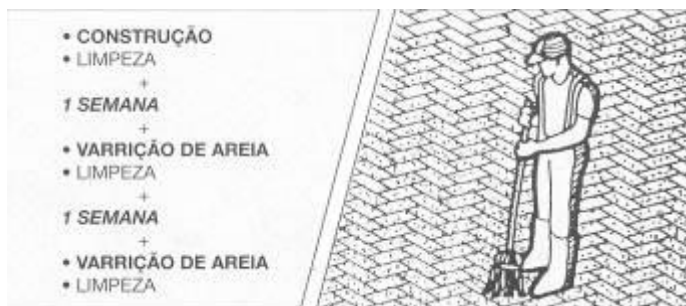
A compactação final se executa com o mesmo equipamento e da mesma forma que a inicial. Apenas que a varrição pode ser alternada ou simultânea com a compactação. Deve evitar-se que a areia grude na superfície dos blocos e nem forme protuberâncias que afundem excessivamente os blocos quando a vibrocompactadora passar sobre eles.



Deverão ser feitos, pelo menos, quatro passadas, em diversas direções, com a placa vibrocompressora e sobreposicionando parcialmente os percursos sucessivos. Encerrada esta operação o pavimento pode ser aberto ao tráfego.



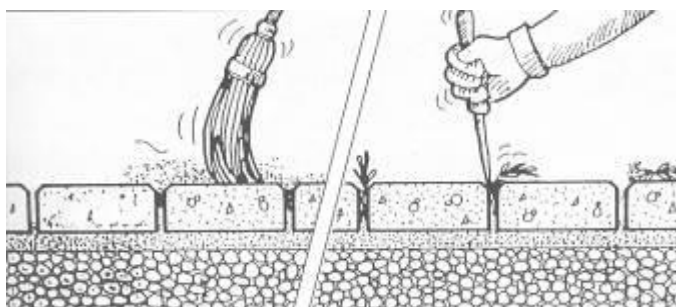
O excesso da areia para rejunte deve ser deixado sobre o pavimento umas duas semanas, de modo que o próprio tráfego contribua para completar o selado das juntas. Evidentemente que isto só é recomendável na ausência de chuvas, quando a frenagem não for dificultada ou a poeira não incomodar.



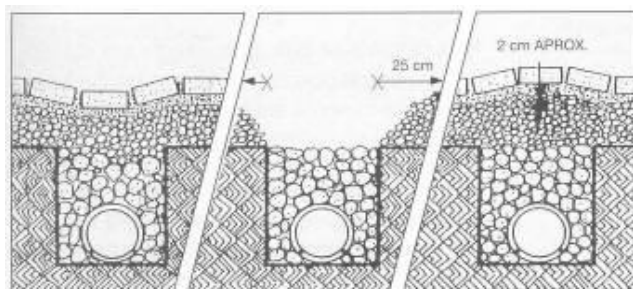
Caso isto não seja possível, deverá ser realizada a varrição final e aberta ao tráfego. Uma ou duas semanas depois o empreiteiro deverá voltar para refazer a selagem e nova varrição. Não será permitido jogar água sobre o pavimento antes de um mês.

Uso e manutenção

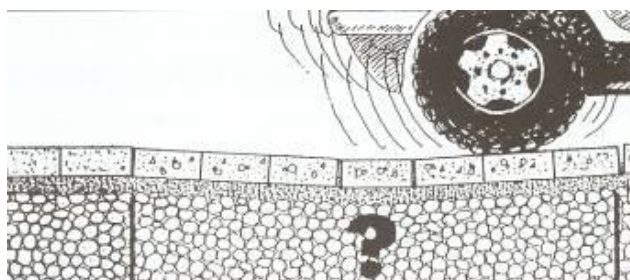
Cada pavimento tem seus cuidados característicos, diferentes entre si, tanto na utilização como na manutenção. Por este motivo é importante que as autoridades que dispõem de pavimentos de blocos de concreto saibam como cuidar deles corretamente, identificar os problemas e danos, de modo que os técnicos possam ordenar, em tempo hábil, os reparos requeridos. Desta maneira os pavimentos serão permanentemente cômodos para os usuários e mais econômicos para a comunidade.



Para que uma junta intertravada funcione bem, é necessário que ela permaneça permanentemente cheia. Caso fique vazia em mais de 1 cm deve ser averiguada a causa deste fato, corrigir a anomalia e novamente preenchê-la e completar o procedimento descrito anteriormente. A grama nas juntas não atrapalha e pode ser eliminada com ferramenta adequada.



Em pavimentos que afundam devido a danos nas redes de tubulações ou falta local de compactação, os blocos devem ser retirados, a anomalia consertada e a área afetada repavimentada. Neste caso, o nível da base compactada deve ficar uns 2 cm mais alta para que com a consolidação posterior, o pavimento fique rente ao resto da superfície.



Pavimentos que ao longo do tempo apresentam ondulações revelam que foram construídos sobre bases de qualidade portante insuficiente, sobre subleitos instáveis ou que estão submetidos a tráfegos superiores aos previstos. A causa da disfunção deve ser pesquisada e a anomalia eliminada antes de repavimentar.



O pavimento de blocos pré-moldados de concreto deve ser limpo apenas com varrição, sendo permitido apenas esporadicamente o esguicho com água. Os vizinhos do pavimento devem ficar informados que a areia das juntas não constitui sujeira e é necessária para o seu correto funcionamento.

d. Execução de passeio com concreto moldado in loco e acabamento em ladrilho hidráulico.

Antes do lançamento, o concreto (15 MPa) deverá passar pelas verificações de qualidade quanto à resistência e trabalhabilidade. Após as verificações, lançar o material com a utilização de bombas. O concreto deverá ser espalhado com uma exada, adensado e regularizado com sarrafo de madeira. As rampas de acesso serão executadas nos locais especificados em projeto, nas mesmas condições e materiais do passeio. Fazer a aplicação do ladrilho hidráulico pastilhado colorido, nas dimensões 20x20cm, assentado com cimento colante industrializado AC I, conforme detalhamento apresentado em projeto.

e. Assentamento de guia (meio-fio) em trecho retos e curvos.

Foi previsto o assentamento de guias em trechos retos e curvos, confeccionadas em concreto pré-fabricado com dimensões 100x15x13x30cm, assentadas sobre areia média de forma justapostas e acabadas com argamassa traço 1:3 conferindo a continuidade das peças.

O método de execução deverá iniciar com o alinhamento e demarcação das cotas com o uso de estacas e linhas, a partir disso os profissionais devem iniciar escavação do bordo demarcado, regularizar o solo e colocar a areia de assentamento. Após isso, assentar as guias pré-fabricadas e rejuntá-las com argamassa.

f. Especificações de Pavimentação

As Especificações de Serviços listadas abaixo devem ser estritamente consideradas durante a execução das obras.

- ES 141/2022 - Base estabilizada granulometricamente;
- ES 137/2010 - Regularização do Subleito.
- ABCP – ET27 – Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto
- NBR 15953/2011 – Pavimento intertravado com blocos de concreto

4) Serviços de Sinalização

a. Sinalização horizontal

A sinalização horizontal deverá ser executada mecanicamente com demarcador de faixas a gasolina. Na marcação de linhas longitudinais será utilizada tinta para demarcação viária à base de resina acrílica emulsionada em água, com vida útil de 2 a 3 anos e taxa de 0,8 l/m². Na marcação de faixas de pedestre, linhas de retenção, setas e zebrações será utilizado material termoplástico com vida útil de 3 anos e taxa 3,0 kg/m².

b. Sinalização vertical

As placas de sinalização deverão ser confeccionadas em chapas de aço nº16, com espessura de 1,5mm, com a aplicação de esmalte sintético e películas refletivas. Os suportes das placas serão em madeira de 1ª qualidade, com altura livre mínima de 2,10m.

c. Sinalização de obras

A sinalização de obras em rodovias é um requisito legal estabelecido pela Legislação de Trânsito, por meio dos órgãos responsáveis, como o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). O objetivo primordial dessa sinalização é assegurar a segurança de todas as vias e acessos que estão relacionados à área em construção. Essa segurança abrange não apenas o tráfego de veículos, mas também a proteção dos pedestres, animais e a garantia de equipamentos e estruturas seguras durante a execução da obra.

Para a sinalização de obras do projeto em questão foram considerados cones, sinalização vertical, sendo uma placa a cada 200m e tela de proteção de segurança de PVC, considerando 10% de extensão da via.

d. Especificações de Sinalização

- ES 100/2009 - Sinalização horizontal;



- ES 101/2009 - Sinalização vertical.

5) Especificações gerais

- ABNT NBR 9050/2004 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;
- DNIT 117/2009-ES - Concretos e argamassas;
- DNIT 118/2009-ES - Armaduras para concreto armado;
- DNIT 120/2009-ES - Formas;
- DNIT 122/2009-ES - Estruturas de concreto armado.



6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

A seguir será apresentada a anotação de responsabilidade técnica dos projetos.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

CREA-ES

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço

0820230053764

ART de Equipe

1. Responsável Técnico

THIAGO GOMES BONOMO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO - CIVIL**

RNP: 0807119334

Registro: ES-018427/D

Empresa contratada: AVANTEC ENGENHARIA LTDA

Registro: 9950



2. Dados do Contrato

Contratante: **MUNICÍPIO DE GUAÇUÍ**

CPF/CNPJ: 27174135000120

Rua: PRAÇA JOÃO ACACINHO

Nº: S/N

Complemento:

CEP: 29560000

Cidade: GUAÇUÍ

UF: ES

Bairro: CENTRO

Telefone: 2835534952

Contrato: 034/2022

Nº do Aditivo: 0

Valor do Contrato/Honorários: R\$1,00

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: RUA K

Nº:

Complemento:

Bairro: LOTEAMENTO INDUSTRIAL

Quadra Lote

Cidade: GUAÇUÍ

UF: ES

CEP: 29560000

Data de início: 21/02/2022

Prev. Término: 20/06/2023

Coord. Geogr.:

Proprietário: MUNICÍPIO DE GUAÇUÍ

CPF/CNPJ: 27174135000120

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): 0

Nº Pavimento(s): 0

Dimensão/Quantidade: 120

Unidade de medida: M

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): 35 - 5.1 - ELABORAÇÃO DE PROJETO

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: 103 - AUTORIA

NÍVEL: 104 - EXECUÇÃO

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): 1102 - RODOVIAS, 6101 - TRABALHOS TOPOGRÁFICOS, 9111 - SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS (ESPECIFICAR NO CAMPO 22)

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: 225 - ACESSIBILIDADE, 301 - RODOVIAS

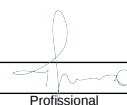
PROJETO(S)/SERVIÇO(S): 14 - PROJETO TERRAPLE, DRENAGEM / PAVIMENTAÇÃO, 17 - PROJETO DE SINAL, VERTICAL, HORIZONTAL, 10 - ESTUDO TOPOGRÁFICO, 18 - OUTROS PROJETOS/SERVIÇOS

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

ELABORAÇÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS DA RUA K, CONFORME CONTRATO 034/2022, FIRMADO COM O MUNICÍPIO DE GUAÇUÍ.

6. Declarações


Profissional

Contratante

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

NENHUMA ENTIDADE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local _____ de _____ de _____
Data

THIAGO GOMES BONOMO - CPF: 05772065750

MUNICÍPIO DE GUAÇUÍ - CPF/CNPJ: 27174135000120

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confes.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creaes.org.br
tel: (27)3134-0046

creaes@creaes.org.br
art@creaes.org.br



CREA-ES
Conselho Regional de Engenharia e
Agronomia do Espírito Santo

Valor ART: R\$ 96,62

Registrada em: 23/03/2023

Data de pagamento: 24/03/2023

Valor Pago: R\$ 96,62

Nosso Número: 14000000013025401