

ADEQUAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA DAS UE'S 06 E 08 - JARDIM BRASIL, OLINDA-PE

PROJETO URBANÍSTICO DAS LAGOAS UE'S 06 E 08-JARDIM BRASIL

Volume 2 - Projeto de Engenharia para Terraplenagem, Pavimentação, Drenagem e Macrodrenagem

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
1 INTRODUÇÃO	3
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	4
3 ESTUDOS BÁSICOS.....	6
3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....	6
3.1.1 Generalidades	6
3.1.2 Levantamento Cadastral.....	6
3.1.3 Locação.....	6
3.1.4 Nivelamento	6
3.1.5 Transporte de Cotas.....	7
3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO	11
3.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
3.2.2 CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO	11
3.2.3 MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO	27
3.2.4 HIDROGRAMA UNITÁRIO	28
3.2.5 APRESENTAÇÕES DOS RESULTADOS – ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	30
4 PROJETOS DE INFRAESTRUTURA: TERRAPLENAGEM, PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM.....	48
4.1 PROJETO GEOMÉTRICO	48
4.1.2 Generalidades	48
4.1.3 Alinhamento Horizontal.....	48
4.1.4 Alinhamento Vertical.....	48
4.1.5 Apresentação dos resultados	48
4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	49
4.2.1 Generalidades	49
4.2.2 Elementos Básicos	49
4.2.3 Concepção do Projeto	49
4.2.4 Apresentação dos resultados	49
4.3 PROJETO DE DRENAGEM	50
4.3.1 Generalidades	50
4.3.2 METODOLOGIA.....	51
4.3.3 Concepção do Projeto	55
4.3.4 Apresentação dos Resultados	55
4.4 PROJETO DE MACRODRENAGEM	68
4.4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	68

4.5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	74
4.4.1 Introdução	74
4.4.2 Dimensionamento dos Pavimentos.....	75
4.4.2.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL	75
4.4.2.2 PAVIMENTO EM PARALELÉPIDOS	81
4.4.2.3 COMENTÁRIOS FINAIS.....	83
4.4.2.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	83
5 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	84
5.1 SERVIÇOS PRELIMINARES	84
5.2 TERRAPLENAGEM.....	84
5.3 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ.....	93
5.4.1 REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	93
5.4.2 SUB-BASE EM MACADAME HIDRÁULICO	94
5.4.3 BASE EM BRITA GRADUADA SIMPLES.....	107
5.4.4 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ).....	116
5.4 PAVIMENTAÇÃO EM PARALELÉPIDOS.....	130
5.5 DRENAGEM	134

Angela Paula de Moura Crasto
Gerente de Projetos
Engª Civil - CRE 26074/DIPE
GeoSistemas Engenharia e Planejamento LTDA

1 INTRODUÇÃO

A **Geosistemas Engenharia e Planejamento Ltda.**, inscrita no CNPJ sob o nº 70.073.275/0001-30, sediada à Rua Ricardo Salazar, nº 83, bairro do Prado, Recife/PE, CEP: 50.720-120, contratada pela Prefeitura Municipal de Olinda, através do Contrato nº 001/2015, para o “GERENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS E REVISÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS CONSTANTES DO PROJETO DE SANEAMENTO INTEGRADO DO BAIRRO DE JARDIM BRASIL, PARA AS UNIDADES DE ESGOTAMENTO 06 E 08, SITUADAS NO MUNICÍPIO DE OLINDA, INCLUINDO PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS VIAS, MACRODRENAGEM, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ELABORADOS PELA SECRETARIA DE OBRAS.”, vem apresentar a Adequação dos Projetos Executivos de Engenharia da EU's 6 e 8 (Jardm Brasil) – Projeto de Terraplenagem, Pavimento e Drenagem.

A Geosistemas iniciou os serviços do referido Contrato em 02/03/2015, onde a empresa que executava as obras era a CCM - CONSTRUTORA CENTRO MINAS LTDA, após aproximadamente após 1 ano de obras, o ritmo de execução por parte da CCM, ficou muito lento, e diante deste fato a Prefeitura de Olinda deu a ordem de paralisação ao contrato da Geosistemas a partir do dia 01/08/2016, vindo no mês outubro de 2016, a CCM paralisar por completo as obras.

Em maio de 2018 a Empresa ABF ENGENHARIA, assume as obras, porém com um ritmo muito lento, onde a Prefeitura de Olinda, optou a não mobilizar as atividades de Gerenciamento e Fiscalização pela Geosistemas.

Tendo em vista que a ABF ENGENHARIA, herdou o contrato da CCM, com preços da época da licitação e assim sendo, tendo a Prefeitura de Olinda, arcar com os custos de reajustamentos, onde hoje os mesmos estão entorno de 40% do valor do contrato.

Diante disto a Prefeitura de Olinda, retomou o Contrato da Geosistemas em 01/04/2021, para que fosse realizado um diagnóstico do que foi executado pelas Empresas CCM e ABF, e com isso realizar uma análise e atualização dos projetos, em comum acordo com a Caixa Econômica Federal, possibilitando assim, a Prefeitura a realizar um novo processo licitatório para contratação de nova Empresa visando a conclusão das obras.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A área objeto deste trabalho, com 170 ha, compreende o bairro de Jardim Brasil, em Olinda. Está localizada nas proximidades da margem esquerda do Rio Beberibe e tem como limites principais o Canal da Malária ao norte e nordeste, a Av. Presidente Kennedy ao Sul, a Av. Pan Nordestina a leste e a Av. Antônio da Costa Azevedo a oeste. A figura 1 mostra a localização dessa área.



Figura 1 – Localização da Área de Projeto (UE-06 – Jardim Brasil).

O tráfego existente é de natureza mista, constando de veículos de todos os tipos, com predominância de veículos leves, mas com passagens de ônibus e caminhões em algumas vias.

A área em estudo trata-se de uma região bastante ocupada de forma desordenada. O sistema de drenagem existente encontra-se fragilizado por uma topografia desfavorável, onde as baixas declividades e as cotas reduzidas dificultam o escoamento das águas superficiais.

A presença de grande concentração de habitações nas áreas mais baixas, as obstruções do sistema de drenagem existente são fatores decisivos para as inundações frequentes. Outro fator restritivo ao escoamento diz respeito à presença de singularidades hidráulicas que ocasionam perdas excessivas para o trânsito das vazões. São estrangulamentos de seções, presença de obstáculos como tubulações de esgotos, transporte sólido, entulhos e vegetação que se acumulam principalmente no período de maiores vazões.

3 ESTUDOS BÁSICOS

3.1 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

3.1.1 GENERALIDADES

Constituem objetivos básicos dos estudos topográficos a obtenção de elementos planialtimétricos cadastrais, suficientemente detalhados, necessários ao desenvolvimento dos projetos executivos.

3.1.2 LEVANTAMENTO CADASTRAL

O levantamento cadastral realizado pela Consultora nas UE's 6 e 8, localizados em Jardim Brasil visou à obtenção de uma base cartográfica atualizada.

No levantamento foram verificadas as ocorrências de postes, telefones públicos, árvores, imóveis, caixas de drenagem e esgoto, meios-fios e passeios, que compuseram um cadastro completo, desenhado na escala de 1:500.

3.1.3 LOCAÇÃO

A locação da rua foi realizada definindo-se o seu eixo e piqueteando-o a cada 20 metros nas estacas inteiras e cruzamentos de vias. A amarração do eixo da Rua A foi feita na estaca 0+0,00, nos postes localizados na Av. Maurício de Nassau, em frente ao habitacional.

3.1.4 NIVELAMENTO

O eixo locado foi nivelado e contra nivelado em todos os piquetes implantados. Admitiu-se a tolerância de erro do nivelamento de 2 cm por quilômetro e a diferença acumulada máxima inferior ou igual a obtida pela fórmula: $e=12,5(n)^{1/2}$, sendo "n" em quilômetros e "e" em milímetros.

Foram niveladas também as soleiras das edificações e pontos notáveis do sistema de drenagem e esgotamento sanitário.

3.1.5 TRANSPORTE DE COTAS

Foi realizado a partir de referências altimétricas (RN) oficiais do IBGE. Na área em estudo, foi materializado RN GEO de cota 3,820, no meio-fio do 3º Cia do 1º BPM Batalhão Duarte Coelho, localizado no Rua Vidal de Negreiros, coordenadas E 29876.247, N 9114427.547, conforme apresentado a seguir.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: GEO_1_LAGOA

Início: 2022/02/19 13:11:29,00
Fim: 2022/02/19 14:51:11,00
Modo de Operação do Usuário: ESTATICO
Observação processada: CÓDICO & FASE
Modelo da Antena: NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites¹: RÁPIDA
Frequência processada: L3
Intervalo do processamento(s): 1,00
Sigma² da pseudodistância(m): 5,000
Sigma da portadora(m): 0,010
Altura da Antena²(m): 1,579
Ângulo de Elevação(graus): 10,000
Resíduos da pseudodistância(m): 2,56 GPS 4,30 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm): 1,17 GPS 1,34 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gra)	Longitude(gra)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2010.4 (5 a 999.999 m) ¹	-8° 00' 25,2424"	-54° 12' 12,6175"	-1,57	9114427,547	283876,247	-33
Na data do levantamento ³	-8° 00' 25,2342"	-54° 12' 12,6196"	-1,57	9114427,790	283876,172	-33
Sigma(95%) ⁴ (m)	0,005	0,011	0,011			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	lggeHNOIL_IMHIFUBA	
Fator para Conversão (m):	-1,79	Incerteza (m): 0,07
Altitude Normal (m):	3,82	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

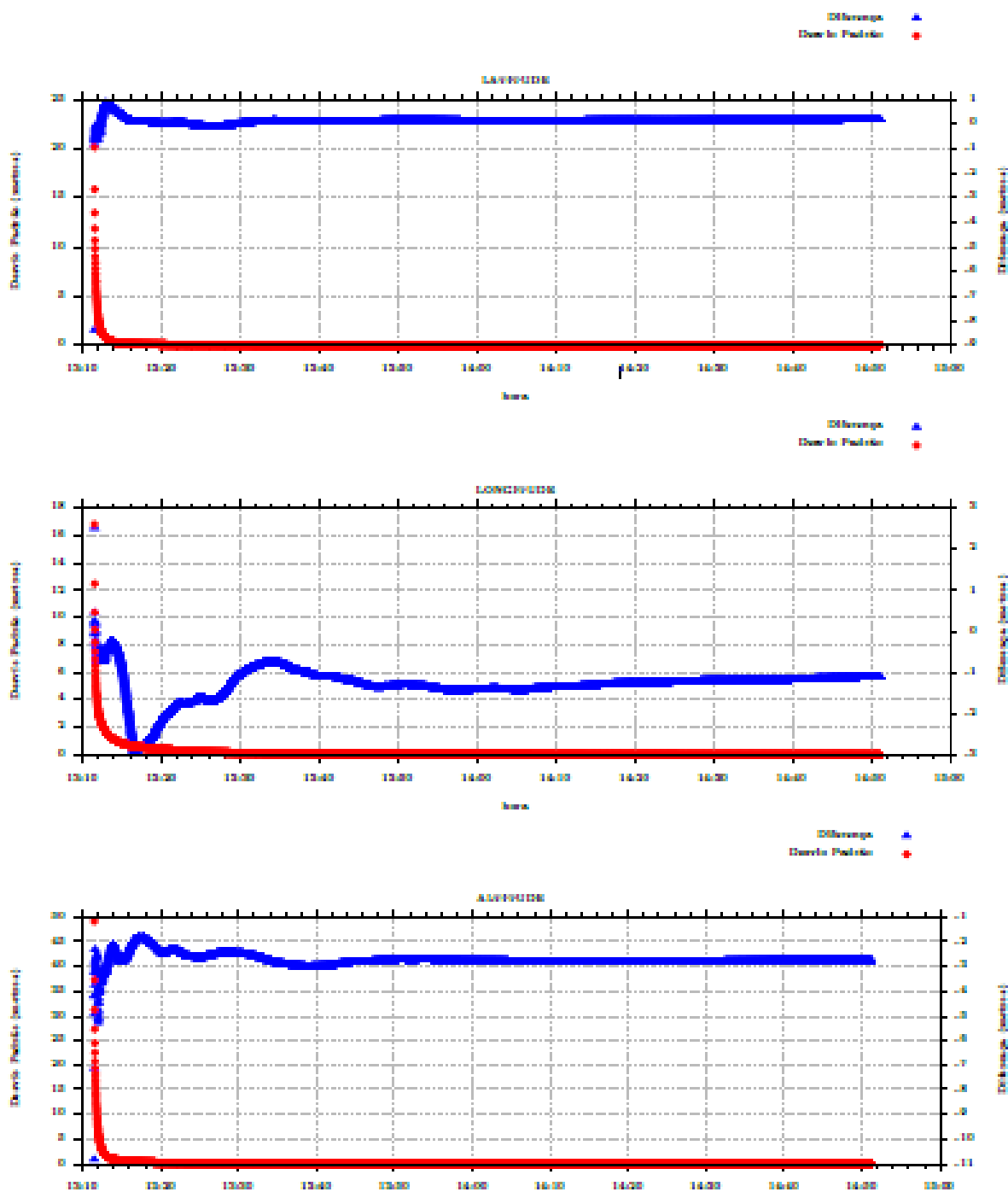
³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data do levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados aqui são válidos dependentes da qualidade dos dados recebidos e do sucesso processamento das informações por parte do usuário.
Em caso de dúvidas, consulte os seguintes links: topografia.gov.br ou pelo telefone 0800.7218181.
Este relatório de posicionamento foi gerado pelo processamento GNSS PPP do sistema de dados do Serviço Brasileiro de Posicionamento por Ponto Preciso (SBPPP).
Processamento executado para uso do SBPPP.



3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO

3.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente Estudo Hidrológico expõe algumas características pertinentes acerca da área de interesse, tais como: Clima, Vegetação, Geologia, Geomorfologia e Hidrografia. Os dados que integram o estudo foram retirados de bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Afim de uma melhor compressão dos fatores condicionantes da área de intervenção.

A sistemática adotada para a execução do Estudo Hidrológico abrangeu:

- Coleta de dados pluviométricos e cartográficos da área do projeto junto aos órgãos oficiais;
- Elaboração dos histogramas de precipitação e curvas intensidade x duração x frequência;
- Determinação das características das bacias hidrográficas;
- Seleção dos métodos de cálculo apropriados a serem utilizados;
- Determinação das vazões máximas de projeto.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

CLIMA

O Estado de Pernambuco, se comporta climaticamente, segundo os estudos de Koppen predomina dois tipos: o clima quente com chuvas de inverno (As), e o clima semiárido e quente (BSh) na região Alvares et al. (2014)¹. Com isso, de acordo com a Embrapa (1988)²³, o tipo As é classificado como Clima tropical úmido ou subúmido, predominante no litoral oriental do Nordeste, com estação seca no inverno, é definido por ausência de chuvas no verão e aumento dos índices no inverno, porém é importante ressaltar que isso acontece na estação chuvosa e não no inverno

¹ ALVARES, Clayton; STAPE, José; SENTELHAS, Paulo; GONÇALVES, Jose; SPAROVEK, Gerd. Koppen's climate classification map for Brazil. **Estudo Climático**, Meteorologische Zeitschrift, p. 1-18, 20 jan. 2014.

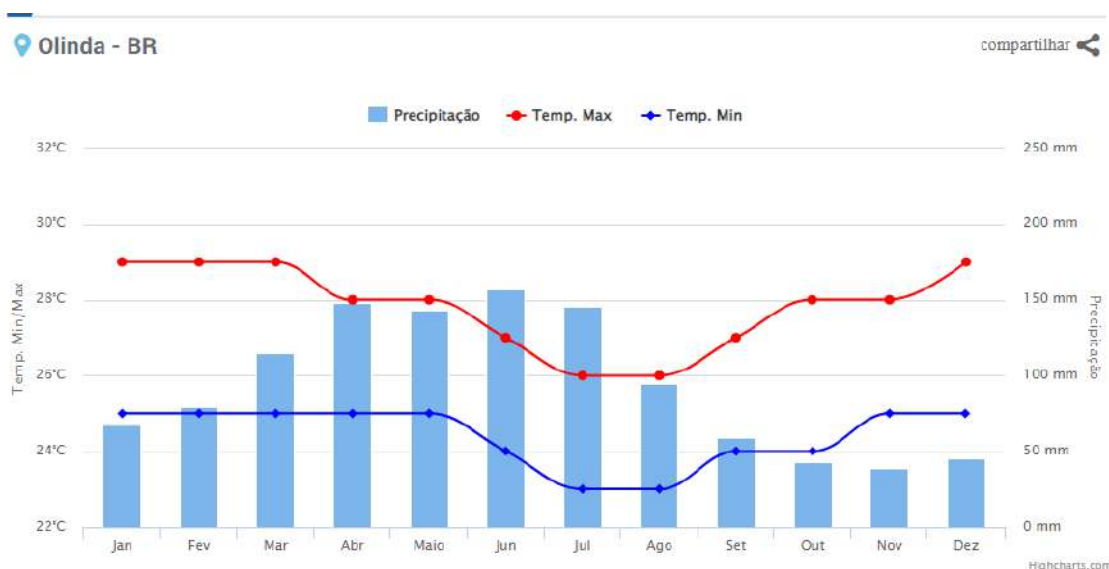
² Clima Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>.

³ Clima Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>.

propriamente dito. Além disso, o tipo BSh é classificado por ter uma escassez de chuvas e grande alteração na distribuição, mesmo durante períodos de chuvas sua distribuição é irregular provocando secas nas regiões (EMBRAPA, 1988)⁴.

Além disso, nesse estudo o município de Olinda no Jardim Brasil está dentro de seu território como bairro. Sendo assim, de acordo com os dados do Climatedio5 de temperatura e precipitação é possível relaciona-lo com os padrões do Estado do tipo As influenciado pelas dinâmicas do litoral (Figura 1). Na temperatura máxima e mínima apresentam valores de 29°C e 23°C respectivamente e seu índice de precipitação varia entre 43 mm a 157 mm. A partir disso, o comportamento climatológico do município é possível identificar as dinâmicas de temperatura, um padrão e tipo de clima, inserido em um recorte espacial menor.

Figura 1- Precipitação e Temperatura Município de Olinda



Fonte: Climatedio, 2022.⁶

COBERTURA VEGETAL

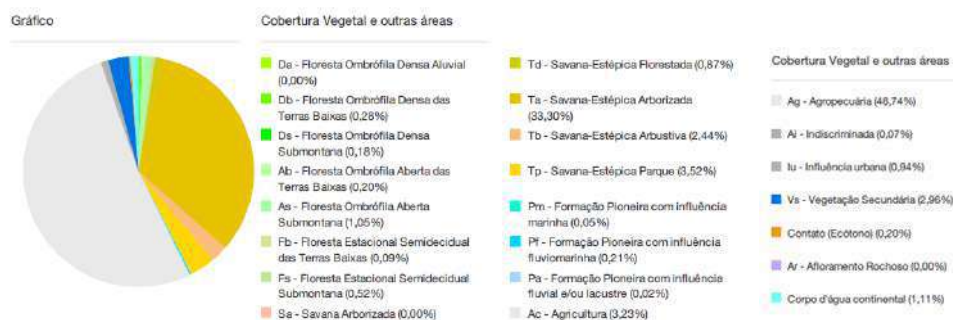
⁴ Clima Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>.

⁵ CLIMATEMPO. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Olinda, 2022. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/1272/Olinda-pe>

⁶ CLIMATEMPO. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Olinda, 2022. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/1272/paulista-pe>

Por estar localizado ao nordeste do país, e de acordo com dados do IBGE, (2022)⁷ Pernambuco, em seu conjunto de classificações vegetais predomina bastante as características de Savana-Espéctica Arborizada (Ta) aproximadamente 33,30% da região, porém o destaque de cobertura vegetal estadual gira em torno da Agropecuária (Ag) com 48,74% (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico percentual da Cobertura Vegetal de Pernambuco



Fonte: IBGE, 2022⁸.

As Savanas-Espéctica é mais conhecida regionalmente como Caatinga Nordestina, apresenta um caráter dualista pois é influenciada pelas condições climáticas, nas épocas mais secas a vegetação apresenta essas características e com a chega das chuvas torna-se verde (EMBRAPA, 2016)⁹. Além disso é importante ressaltar que mais 50% da Caatinga já foi alterada, ou comprometida, e essa perda da cobertura vegetal ocasiona diversos problemas, como também, pode-se considerar parte desse impacto negativo influência da agropecuária em algumas regiões.

No município de estudo deste relatório, Olinda é caracterizada ser uma área de crescimento urbano intenso, conforme dados do IBGE, (2022)¹⁰ sua influência urbana chega a 77% do território, a influência vegetativa é quase inexistente pois é bastante

⁷ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

⁸ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

⁹ DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P. A vegetação; A fauna; principais atividades impactantes do bioma caatinga; algumas utilidades das plantas e animais da caatinga. 2011. Disponível em; <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/133916/caatinga>.

¹⁰ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

habitado. Entretanto, os outros 18% é da agropecuária bem pontual dentro da cidade (IBGE, 2022¹¹).

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

No contexto geológico, conforme os estudos do IBGE (2022)¹², o Estado de Pernambuco destaca-se com uma diversidade como pode ser visto no mapa de geologia da região (Figura 3). A partir disso, existe dois tipos de estruturas que predominam a Zona Transversal de aproximadamente 35,99% de incidência no Estado, como também a subprovincia estrutural de Pernambuco-Alagoas abarca outra parte significativa de 30,92%.

Já em Olinda, por estar localizada ao litoral do Estado predomina uma outra dinâmica inserida neste contexto geral. As subprovíncias estruturais em destaque na região são os depósitos sedimentares cenozoicos costeiros, bacias da margem continental e grupo barreiras. Com isso, as rochas sua grande maioria são de origem sedimentar com presença de Arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados de cores variegadas (IBGE, 2022)¹³.

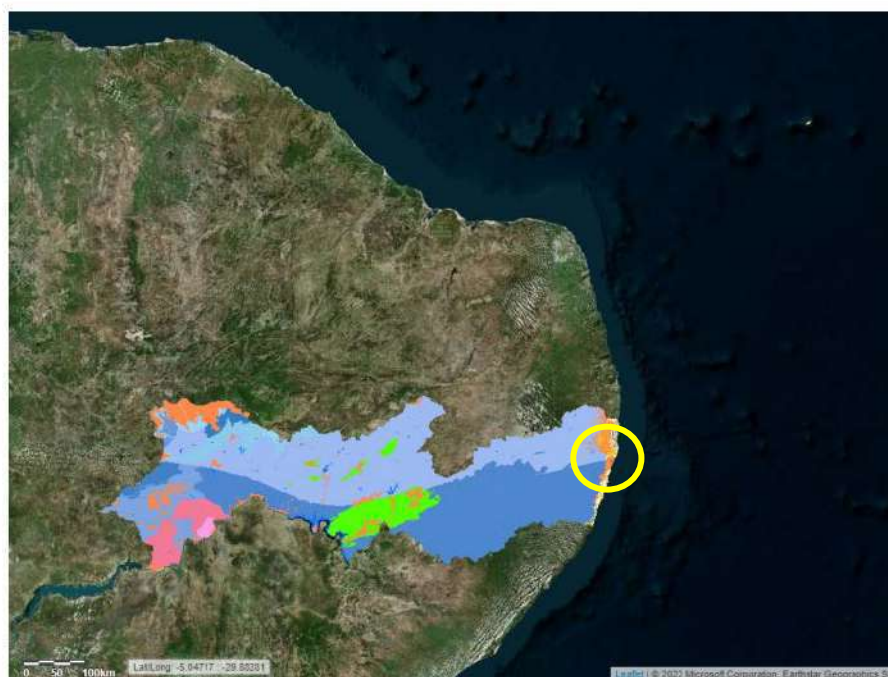
¹¹ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

¹² INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

¹³ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

Figura 3 – Mapas das Subprovíncias Estruturais Geológicas do Estado de Pernambuco.

Subprovíncias Estruturais - Pernambuco



Gráfico

Subprovíncias Estruturais



Fonte: IBGE, 2022.¹⁴

Por outro lado, em seu contexto geomorfológico, segundo relatório da IBGE (2022)¹⁵, Pernambuco abarca uma grande diversidade geomorfológica na região como pode ser visto abaixo (Figura 4). A unidade de maior predominância na região é a Depressão Sertaneja Meridional abarcando acerca de 35,81% de seu território, é

¹⁴ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

¹⁵ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

localizada no setor centro-sul do pediplano denominando de superfície nordestina, desenvolvendo formas de aplanamento conservados e retocadas, com indícios de remanejamento sucessivos materiais.

Figura 4 – Mapa das Unidade Geomorfológica do Estado de Pernambuco



Fonte: IBGE, 2022.¹⁶

No município de estudo Olinda, segundo dados do IBGE (2022)¹⁷, seu relevo é composto em grande parte, pelos Tabuleiros Orientais do Nordeste chegando a ser 71% de seu território, com formas tabulares sendo marcada pela presença do grupo barreiras. Além disso, outra estrutura é litoral oriental nordestino com acerca de 25%, define-se sendo uma faixa litorânea variável que eventualmente existe interrupções de continuidade com presença das falésias formas pelos sedimentos do grupo barreiras (IBGE, 2022)¹⁸.

PEDOLOGIA

Para o recorte em destaque, Olinda segundo dados IBGE, (2022) adentra em contexto de classificação pedológica, com uma grande extensão de área urbana acerca de 45% o que torna em alguns casos altera o solo de origem por haver a impermeabilização. Além disso, outros tipos de solos identificados na região foram o argissolo vermelho-amarelo, na classificação geral do Argissolos são solos com

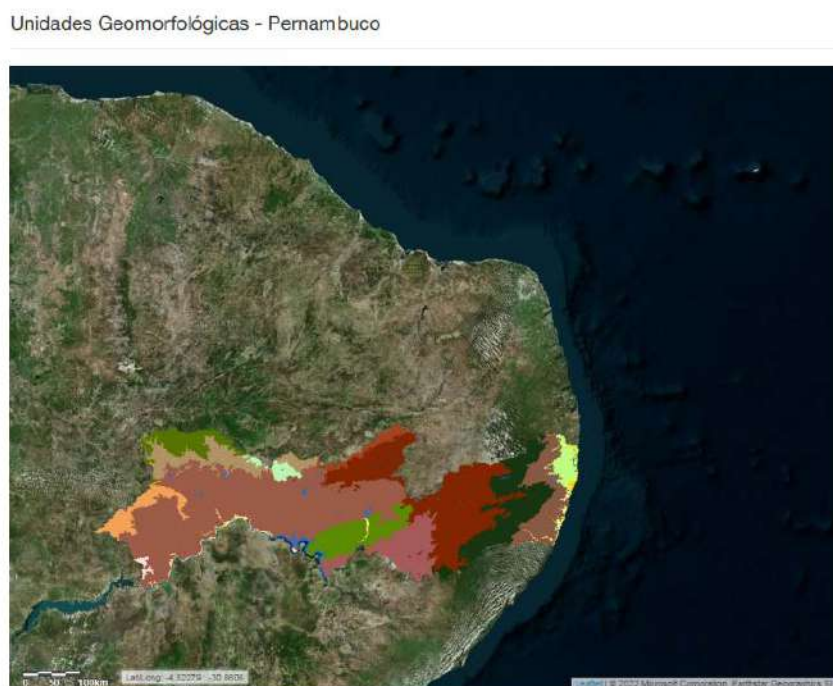
¹⁶ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Obs. a coloração do gráfico principalmente da Depressão Sertaneja Meridional não está dialogando com o mapa por um erro do próprio site do IBGE, no mapa a Depressão é representada por uma cor mais terrosa mais a Oeste do Estado.

¹⁷ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

¹⁸ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

avançada com evolução de atuação incompleta do processo de ferralitização, e se destaca por ser do B textural com argilas de baixa a alta atividades com caráter alumínio, no Argissolos Vermelho Amarelo sua coloração destaca-se e a alta atividade de argila e caráter alumínio no B textural (EMBRAPA, 2018)¹⁹. Como também, os latossolos amarelos, como ordem geral, conforme a EMBRAPA, (2018)²⁰ são constituídos por terem uma evolução e processo de latolização, por causa do intemperismo intenso e concentração de argilominerais resistentes, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, influenciando em sua coloração, na região de estudo a subclassificação o latossolo amarelo é diferenciado por sua coloração mais amarelada em sua matriz.

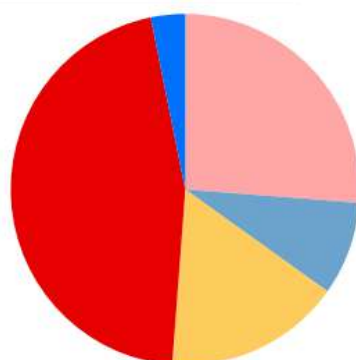
Figura 5 – Gráficos da Subordens Pedológicas do município de Paulista (PE).



¹⁹ Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

²⁰ Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

Gráfico



Subordens do SiBCS

- Argissolo Vermelho-Amarelo (26,23%)
- Gleissolo Tiomórfico (8,62%)
- Latossolo Amarelo (16,35%)
- Área Urbana (45,61%)
- Corpo d'água continental (3,18%)

Fonte: IBGE, (2022)²¹.

HIDROGRAFIA

A hidrografia de Pernambuco é formada por 13 bacias hidrográficas, e 6 grupos de bacias de pequenos rios litorâneos, 9 grupos de pequenos rios interioranos, e 1 bacia de rio pequenos que compõem a rede drenagem de Fernando de Noronha. A partir disso, conforme CPRM (2014) ²²a malha hidrográfica da região comporta-se mais densa no Litoral e na Zona da Mata, onde são córregos perenes, já no Agreste e no Sertão predomina os rios intermitentes devido a influência do clima semiárido.

Já no recorte em estudo localizado no litoral pernambucano, segundo dados da Prefeitura de Olinda (2022)²³, o município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Beberibe e Paratibé. No rio Beberibe o qual tem afluentes o Canal Lava Tripa, Canal Azeitona, Canal da Malária, Lagoas de Jardim Brasil, Lagoa de Santa Tereza e Lagoa da Pulsação. Como também, sua área estuarina é bastante extensa e influente na região (PAIVA; SILVA; FERNANDES, 2009)²⁴. Já o rio Paratibé

²¹ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Banco de Dados de Informações Ambiental, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>

²² Torres, Fernanda Soares de Miranda. Geodiversidade do estado de Pernambuco / Organização Fernanda Soares de Miranda Torres [e] Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff – Recife : CPRM, 2014.

²³ PREFEITURA DE OLINDA. A CIDADE. Disponível: <https://www.olinda.pe.gov.br/a-cidade/olinda-em-dados/>. 2022.

²⁴ PAIVA, Marcella; SILVA, Janaina; FERNANDES, Josimar. ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ - PE: TERRITORIALIDADE DA PESCA E IMPACTOS AMBIENTAIS. **UFPE – DCG/NAPA**, Revista de Geografia (UFPE), p. 1-15, mai/ago. 2009.

sua bacia encontra-se localizada ao sul, e sua nascente é no encontro do Riacho do Boi e Riacho da Mina (MOURA, 2019) ²⁵

COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E CARTOGRÁFICOS

PLUVIOMETRIA

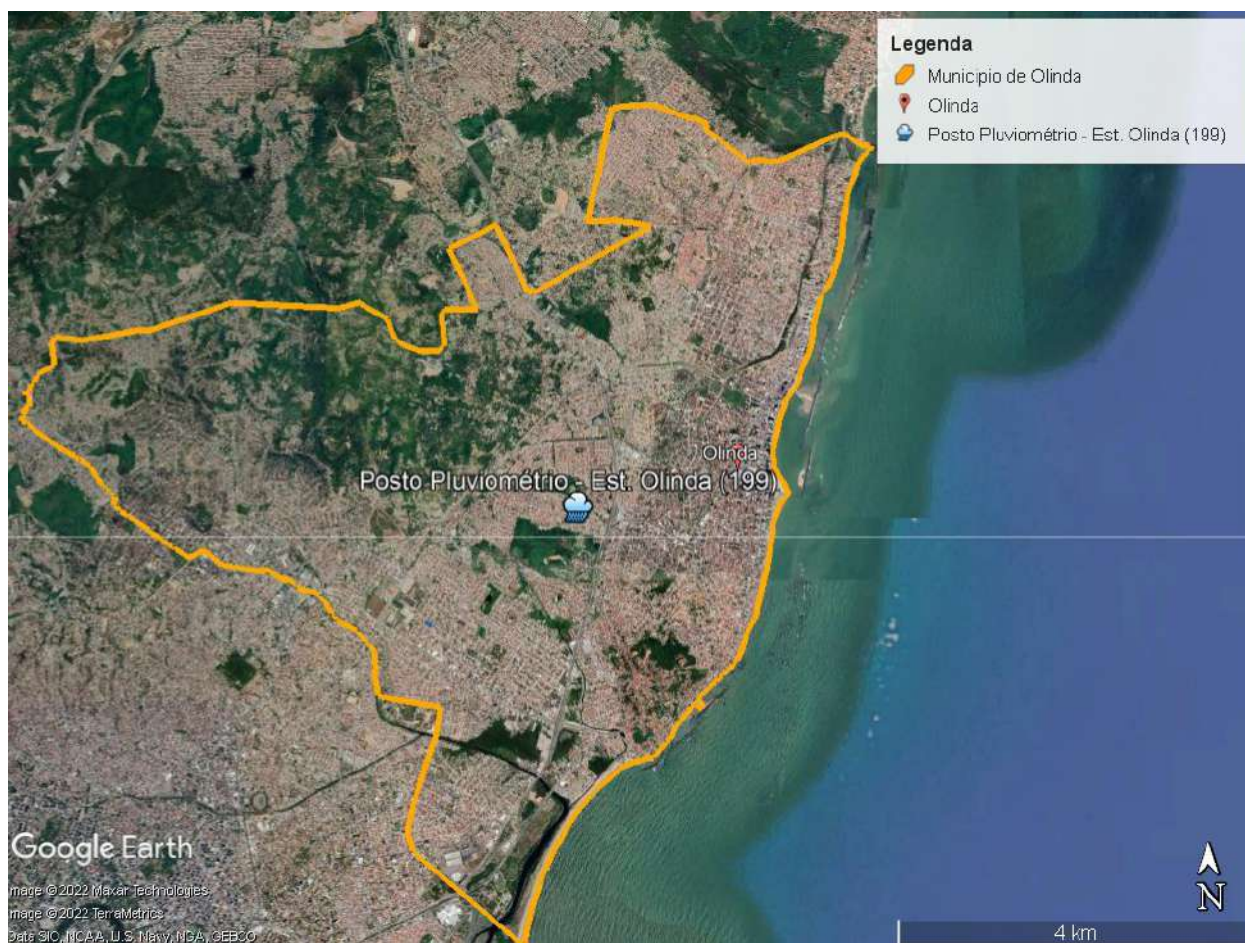
O estabelecimento do regime pluviométrico teve por base, os dados obtidos a partir do site da APAC (Agência Pernambucana de Aguas de Clima). Abaixo segue três (3) postos pluviométricos encontrados próximos a área de estudo, dos quais apenas um (1) ganha destaque neste estudo pois demonstrou uma consistência de dados maior em relação aos demais. São eles:

Tabela 1 – Postos Pluviométricos

NOME DO POSTO	CÓDIGO	MUNICÍPIO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL	COORDENADAS	
				LONGITUDE (E)	LATITUDE (S)
Olinda	199	Olinda	APAC	-34,85	- 7,99
Olinda (Academia Santa Gertrudes)	551	Olinda	APAC	-34,85	-8,01
Olinda (Alto da Bondade)	209	Olinda	APAC	-34,90	-7,99

²⁵ MOURA, Thiago. O RIO PARATIB. **Capítulo 8**, Geografia e Inovação: Avanços, Conflitos e Transformações em Redes, p. 1-6, 2019.

Figura 6 – Mapa Pluviométrico Estação Olinda APAC (Cód.199)



Fonte: Google Earth, 2022

CARTOGRAFIA

Para uma melhor discretização do relevo e a obtenção das bacias, foi utilizada a modelagem digital do terreno (MDT), do Projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), no formato GEOTIFF (16 bits), resolução espacial de 30 m.

A United States Geological Survey (USGS) realizou trabalho de correção e padronização desses dados, eliminando falhas, sombras e distorções, assim optou-se pelas informações obtidas no site: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, para compor o arcabouço de informações para esse projeto.

PLUVIOMETRIA

A precipitação média é aproximadamente 1.822,2 mm/ano na região em estudo. As observações pluviométricas evidenciaram que as precipitações não são uniformes durante o ano, apresentando maiores alturas no período entre os meses de abril a junho, e menores entre os meses de outubro a dezembro.

O estabelecimento do regime pluviométrico teve por base, os dados obtidos a partir do site da APAC (Agência Pernambucana de Aguas de Clima) para o posto Olinda localizado no município de Olinda, no Estado de Pernambuco, estação código 199, no período de observação relativo aos anos 1995 a 2021 (Quadro 1 e Quadro 2).

ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

ESTABELECIMENTO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

O estudo hidrológico é estatístico, ou seja, com uma série representativa são calculadas as frequências de ocorrência para chuvas de diversos tempos de recorrência. A qualidade da estimativa seja ela feita por métodos empíricos ou teóricos, depende da representatividade da série.

O regime pluviométrico da região na qual se desenvolve o projeto foi estabelecido de acordo com uma metodologia já amplamente divulgada, que leva em consideração a análise estatística das máximas precipitações diárias, ano a ano, durante todo o período de observação do posto considerado.

A partir da série histórica, além dos gráficos das precipitações totais anuais e Nº de dias de chuva por ano (Quadro 3), foram elaborados os histogramas das precipitações pluviométricas mensais mínimas (Quadro 4), médias (Quadro 5) e máximas (Quadro 6), além dos histogramas com as distribuições mensais do número de dias de chuva mínimos (Quadro 7), médios (Quadro 8) e máximos (Quadro 9).

A precipitação média e o desvio padrão foram calculados através das seguintes equações:

Onde:

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{n} \quad \delta = \sqrt{\frac{\sum (P - \bar{P})^2}{n - 1}}$$

$\bar{P}$ = precipitação média durante o período observado, em milímetros;

P = máxima precipitação diária anual, em milímetros;

n = quantidade total das máximas precipitações diárias anuais consideradas na análise;

d = desvio-padrão das máximas precipitações diárias anuais.

A frequência com que cada uma dessas chuvas poderá ocorrer foi determinada pela equação:

$$F = \frac{N}{n + 1}$$

Onde:

F = frequência de ocorrência de determinada chuva, em percentual;

N = número de ordem ocupado por cada uma das precipitações máximas diárias anuais, dispostas numa ordem decrescente de valores;

n = quantidade total das máximas precipitações diárias anuais consideradas na análise.

A probabilidade de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais foi estabelecida pela equação:

$$TR = \frac{1}{F}$$

Onde:

TR = probabilidade de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais;

F = frequência de ocorrência de cada uma das máximas precipitações diárias anuais, em decimal.

Para a determinação das precipitações para chuvas de 1 dia de duração, foi utilizada a fórmula de Ven Te Chow, mostrada a seguir:

$$P = \bar{P} + K d$$

Onde:

P = precipitação máxima para chuvas de 1 dia de duração, em milímetros;

$\bar{P}$ = precipitação média durante o período observado, em milímetros;

d = desvio padrão das máximas precipitações diárias anuais.

K = fator de frequência, cujo valor foi obtido na tabela de Gumbel (Quadro 10), em função do período de observação e dos tempos de recorrência.

Nos quadros Análise Pluviométrica (Quadros 11 e 12), estão apresentados todo o estudo estatístico desenvolvido com o objetivo de estabelecer o regime pluviométrico para o posto Paulista, juntamente com a determinação das precipitações de chuvas de 1 dia de duração e tempos de recorrência de 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

Através dos valores obtidos das relações pluviométricas, foram determinadas para o posto Santa Isabel do Pará as retas de precipitação x duração x frequência, para os tempos de recorrência utilizados no projeto, conforme pode ser observado no Quadro 13.

As intensidades de chuvas foram obtidas da representação das chuvas intensas do posto estudado através das curvas de intensidade x duração x frequência (Quadro 14) que foi obtida através de analogias com as retas de precipitação x duração x frequência, observando-se os tempos de recorrência utilizados.

Para a obtenção das curvas intensidade x duração x frequência verificou-se no quadro “Isozonas de Igual Relação” que o posto Olinda está localizado na zona B (Quadro 15). Essa isozona tipifica as zonas litorâneas, com coeficientes de intensidade médio.

Tabela 1 - Parâmetros da Isozona B

ZONA	1 hora / 24 horas						6 min.	24 hs.
	5	10	15	25	50	100	5 - 50	100
B	38,1	37,8	37,5	37,3	36,9	36,6	8,4	7,5

Com estes parâmetros e as precipitações para 1 dia de duração, foram obtidas as precipitações para 6 minutos e 1 hora, através de uma simples multiplicação. Para converter a precipitação de 1 dia na precipitação para 24 horas, multiplicou-se a primeira pelo fator 1,13, como determina a metodologia adotada. Assim, as precipitações pluviométricas obtidas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitações de Projeto

T _R (anos)	Precipitação			
	1 dia	24 horas	1 hora	6 min.
5	139,14	152,36	58,05	12,80
10	158,84	173,93	65,75	14,61
15	169,82	185,96	69,73	15,62
25	183,71	201,16	75,03	16,90
50	202,17	221,38	81,69	18,60
100	220,49	241,44	88,37	20,28

TEMPO DE RECORRÊNCIA

O tempo de recorrência estabelecido por análise de frequência indica simplesmente o intervalo médio entre eventos iguais ou maiores que uma dada grandeza, ou a probabilidade de que tal evento ocorrerá em um ano qualquer. Na previsão de chuvas intensas, o tempo de recorrência corresponde ao número médio de anos em que uma dada precipitação seja igualada ou excedida.

Os tempos de recorrência adotados neste projeto para o dimensionamento das estruturas de drenagem estão em conformidade com as Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (IS-203: Estudos Hidrológicos) do DNIT como pode ser observado na Tabela 3:

Tabela 3 - Tempo de Recorrência

Espécie	Tempo de Recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: IS-203, do DNIT (2006)

TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Quando se considera determinada seção de escoamento em bacia contribuinte, sempre decorre algum tempo, a contar do início da chuva até que toda a bacia passe a contribuir para a seção considerada. Este intervalo inicial denomina-se “tempo de concentração”.

De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende dos seguintes parâmetros:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Comprimento ao longo do curso principal, desde o centro da bacia até a seção de saída considerada;
- Forma da bacia;
- Declividade média do terreno;
- Tipo de recobrimento vegetal;
- Uso da terra.

Analiticamente, o tempo de concentração foi traduzido pela Fórmula de Kirpich Modificada, a qual aparece reproduzida a seguir:

$$T_c = 1,42 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Na qual:

T_c = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do talvegue, em quilômetro;

H = desnível máximo, em metros.

COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O volume de água que é admitido em uma determinada seção hidráulica é uma parcela da quantidade total de água que se precipita na bacia contribuinte, outras parcelas, correspondem às porções que se infiltram no terreno, que são retidas e que se evaporam.

A relação entre esta parcela que vai solicitar a estrutura hidráulica e a quantidade total de água precipitada denomina-se coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio.

O coeficiente de escoamento C, que indica a proporção da precipitação que escorre como deflúvio superficial, avalia-se a partir de observações de bacias em condições hidrologicamente semelhantes.

O coeficiente de escoamento superficial varia conforme a natureza da superfície, conforme quadro Coeficiente de Deflúvio (Quadro 16).

CÁLCULO DAS VAZÕES MÁXIMAS

Para se obter as bacias foi utilizado o Modelagem Digital do Terreno (MDT) do Projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da região em estudo. O MDT foi lançado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e processado por um pacote de softwares, ArchHydro Tools. Assim, obteve-se a delimitação das bacias e a rede de drenagem correspondente.

Os resultados obtidos após o geoprocessamento foram analisados juntamente com as imagens de satélites, com isso chegou-se a determinação dos talwegues que devem ser traspostos e suas respectivas áreas de deflúvio existente.

Além disso, foram realizadas inspeções de campo e análises em estudos realizados para a área do projeto, com o objetivo de escolher convenientemente os parâmetros a serem adotados.

A determinação das descargas máximas de uma enchente de projeto depende da disponibilidade de dados fluviométricos e do número de anos de observação, além do tamanho da bacia e da importância do conhecimento da forma do fluviograma. Assim, a IS-203: Estudos Hidrológicos, do DNIT, recomenda os métodos listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Métodos de Cálculo das Vazões

Dados	Método de Cálculo
Sem dados fluviométricos, área da bacia < 10 Km ²	Método Racional e Racional Corrigido
Sem dados fluviométricos, área da bacia > 10 Km ²	Hidrograma ou Similares
Com dados fluviométricos de 10 a 15 anos	Estatísticos

Fonte: IS-203 do DNIT (2006)

Em função do valor da área da bacia de contribuição sem dados fluviométricos, se utilizarão três métodos para o cálculo das vazões máximas de projeto, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Limites dos Métodos das Vazões

Área da bacia hidrográfica	Método
Até 4,0 Km ²	Método Racional
Entre 4,0 Km ² e 10,0 Km ²	Método Racional Corrigido
Superior a 10,0 Km ²	Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Fonte: IS-203 do DNIT (2006)

3.2.3 MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

O Método Racional estabelece uma relação entre a intensidade pluviométrica e a vazão escoada numa determinada seção da bacia hidrográfica. Para bacias com áreas compreendidas entre 4,0 e 10,0 km² foi empregado o Método Racional, introduzindo-se uma correção de parâmetros de forma a considerar a desuniformidade prática da distribuição espacial das precipitações.

Normalmente as equações de chuvas intensas são definidas para um ponto e, portanto, para torná-las válidas para aplicação em grandes áreas, faz-se necessário introduzir um fator de correção (fator de dispersão de chuvas), dado pela seguinte expressão:

$$n = A^{-0,1}$$

A equação desta forma com a introdução do fator de correção passa a ser:

$$Q = \frac{nCIA}{36}$$

Onde:

- Q = Vazão de contribuição, em m³/s;
C = Coeficiente de escoamento superficial;
I = Intensidade de chuva em cm/h;
A = Área da bacia de contribuição em ha.

3.2.4 HIDROGRAMA UNITÁRIO

O Hidrograma Unitário Simplificado é calculado pela fórmula:

$$Q = 0,18 \frac{R}{T_c}$$

Onde:

- Q = vazão de projeto, em m³/s;
A = área da bacia, em km²;
Tc = tempo de concentração, em horas;
R = precipitação efetiva, expressa em mm.

Para a determinação das bacias maiores lançou-se o uso do Método do Hidrograma Unitário Triangular, cujos parâmetros para o cálculo da chuva efetiva “R” foram:

$$Q_p = 0,20 \frac{R_p}{T_p} \quad T_b = 2,6 T_p \quad T_R = 1,67 T_p$$

Onde:

- Qp = descarga de pico, em m³/s;
R = chuva efetiva em mm;
A = área da bacia hidrográfica, em Km²;
D = duração da chuva em hora;
Tp = tempo de pico, em hora;

Tr = tempo de recessão, em hora;

Tb = tempo de base em hora.

A influência da distribuição da chuva na área foi considerada utilizando-se a relação Chuva na área / Chuva Pontual pela Fórmula empírica apresentada a seguir, conforme a publicação “Práticas Hidrológicas” do Engenheiro Jaime Torga Torrico.

$$\frac{P}{P_0} = 1 - w \cdot \log \frac{A}{A_0}$$

Onde:

P = Precipitação média sobre a bacia;

P₀ = Precipitação pontual no centro de gravidade da bacia;

w = Fator regional, em função das relações chuva/área/tempo de duração;

A = Área da Bacia;

A₀ = Área base, na qual P=P₀.

No Brasil, as pesquisas indicam um valor médio de w = 0,10.

Portanto:

$$\frac{P}{P_0} = 1 - 0,10 \cdot \log A / 25$$

Altura de Chuva Efetiva

A influência de distribuição de chuva na área foi considerada utilizando-se a relação: “chuva na área/chuva pontual”, explicada pelo Eng. Jaime Torga Torrico em “Práticas Hidrológicas” de sua autoria.

A distribuição de chuva ao longo do tempo foi adotada de acordo com a “Chuva de distribuição acumulada” utilizada pelo “Soil Conservation Service – U.S.A.”, onde se obtém, graficamente, as distribuições acumuladas, segundo a relação: “altura/chuva/duração”.

O modelo hidrológico utilizado, na determinação das precipitações efetivas, é preconizado pelo “U.S.A. Conservation Service”, com base nas características de

permeabilidade do solo e seu saturamento por chuvas anteriores e nas características de cobertura da bacia.

Estas características e condições correspondem ao complexo solo/vegetação de cada bacia, que foram obtidos diretamente da tabela apresentada (Qd. 09).

A chuva efetiva “R” foi calculada em função da precipitação total “P”, na duração total da chuva através da expressão:

$$R = \frac{[(P - 5080 / N) + 50,8]^2}{P + (20320 / N - 203,2)}$$

Onde:

R = precipitação efetiva, em mm;

P = precipitação total, em mm;

N = número representativo do complexo solo / vegetação (Qd. 09)

3.2.5 APRESENTAÇÕES DOS RESULTADOS – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

A seguir estão apresentados os quadros relacionados no estudo hidrológico:

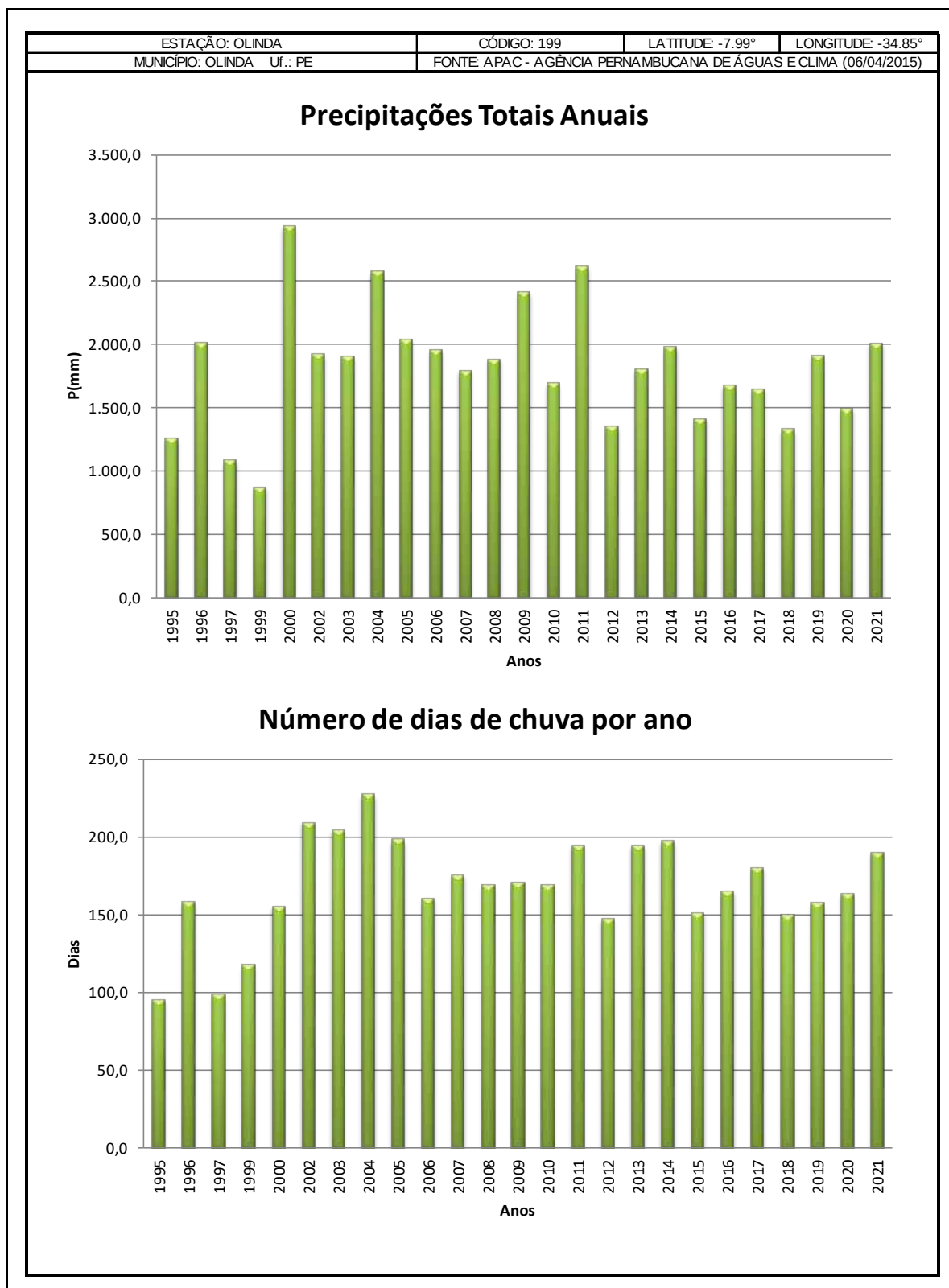
Quadro 1 – Série Histórica das Precipitações Pluviométricas

ESTAÇÃO: OLINDA					CÓDIGO: 199				LATITUDE -7.99°			LONGITUDE -34.85°		
MUNICÍPIO: OLINDA Uf.: PE					FONTE: APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (06/04/2015)									
ANO	INFORMAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1995	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	15,8	24,1	91,2	81,3	341,3	434,3	206,9	15,2	13,2	13	24,4	0	1.260,7
	NUM. DIAS DE CHUVA	4	6	6	9	20	23	13	5	2	3	4	0	95
	PREC. MÁXIMA (mm)	6,1	8,2	53	17,2	47,6	42,6	39,5	5,2	9,2	8,8	10,4	0	53,0
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	1	6	16	26	25	14	24	9	21	26	5	1	16/MAR
1996	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	93,3	82,6	48,9	483,2	176,6	317,8	252,6	234,4	202,5	26,8	70,2	27,9	2.016,8
	NUM. DIAS DE CHUVA	5	8	17	24	12	19	25	16	14	5	7	6	158
	PREC. MÁXIMA (mm)	34	60,4	8,6	115,4	88,4	81,4	28	61,4	100,3	7,8	20,8	7,8	115,4
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	22	25	25	29	30	10	25	2	18	24	8	29	29/ABR
1997	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	24,5	166,1	139,7	288,7	65,5	174,7	105,3	54,6	0,7	1	0,2	62,7	1.083,7
	NUM. DIAS DE CHUVA	1	8	12	17	8	15	14	11	2	2	1	7	98
	PREC. MÁXIMA (mm)	24,5	100,5	31,2	77,1	22,6	43	21,2	18	0,6	0,8	0,2	22,7	100,5
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	21	18	26	19	2	24	17	2	22	10	19	20	18/FEV
1999	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	4,7	17,1	134,5	9,7	155,2	113,8	136,1	114,7	37,3	67,7	14,5	67,9	873,2
	NUM. DIAS DE CHUVA	2	7	6	6	16	14	17	18	9	9	4	9	117
	PREC. MÁXIMA (mm)	4,6	5,6	76,3	4,6	52,4	20,2	47,2	39,8	13	19,8	8	28,3	76,3
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	19	5	18	28	21	11	18	15	13	8	12	29	18/MAR
2000	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	158,6	107,3	92,2	352,6	186,3	473,5	396,7	470,8	178,1	2	236,9	276,9	2.931,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	15	9	5	18	19	19	26	14	16	2	6	6	155
	PREC. MÁXIMA (mm)	40,8	37,2	61,2	111,4	45,2	135,2	41,7	160,5	41,5	1,9	175,3	175,3	175,3
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	6	24	31	9	17	26	20	1	17	31	17	17	17/NOV
2002	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	139,5	128,9	288,9	159,7	261,8	457,1	250,9	123	23,5	28,3	47,3	9,2	1.918,1
	NUM. DIAS DE CHUVA	19	14	19	18	23	28	24	22	9	10	12	11	209
	PREC. MÁXIMA (mm)	26,2	31,8	85	61	48,2	99,1	58	28,3	8,5	10,9	10,3	4,1	99,1
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	6	14	24	1	9	8	5	15	6	9	26	29	8/JUN
2003	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	10,3	145,1	335,8	82,3	238,1	428,2	293,2	155,7	93,6	43,8	13,4	62,4	1.901,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	7	16	26	18	20	23	24	22	17	13	5	13	204
	PREC. MÁXIMA (mm)	2,6	60,4	57,1	44,7	96,5	98,1	45,6	20,1	29,5	11,9	6,8	32	98,1
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	29	24	20	22	2	15	2	27	8	18	17	17	15/JUN
2004	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	302,9	270,2	132,2	227,1	321,8	646,9	408,4	171,5	60	20,1	10,5	2,9	2.574,5
	NUM. DIAS DE CHUVA	23	17	18	26	26	29	23	20	18	14	8	5	227
	PREC. MÁXIMA (mm)	68,9	57,5	26,9	65,3	48,4	149,6	74,7	27,4	20,2	4,8	4,9	1,8	149,6
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	22	4	10	22	25	17	9	6	10	6	6	4	17/JUN
2005	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	9,9	91,4	57,2	121,1	608,1	602,1	140,2	302,8	17,2	25,5	2,3	60,4	2.038,2
	NUM. DIAS DE CHUVA	9	12	14	19	26	30	24	26	13	9	4	12	198
	PREC. MÁXIMA (mm)	3,5	36,9	12,7	25,1	126	93,5	26,3	52,7	3,6	8,8	1,1	27,2	126,0
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	4	10	27	28	23	15	30	25	2	5	5	7	23/MAI
2006	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	19,6	11,5	162,1	283,9	321,5	554,6	225,8	121,7	103,7	4,4	43,2	100,9	1.952,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	8	5	12	22	26	25	18	14	11	6	5	8	160
	PREC. MÁXIMA (mm)	10	4,9	74	98,4	60,3	110,3	60,3	26	51	1,4	27,6	62,2	110,3
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	9	22	3	9	1	7	8	16	1	24	16	20	7/JUN
2007	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	58	108,9	107,2	304,9	266,1	396,4	209,5	151,8	129,6	33,2	9,3	19	1.793,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	10	13	16	16	18	24	23	24	13	7	5	6	175
	PREC. MÁXIMA (mm)	30	27,8	25,7	82,3	100,1	70,3	60,2	23,1	37,8	14,2	5,6	6,2	100,1
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	4	23	17	20	1	12	8	6	5	10	27	26	1/MAI
2008	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	51,3	35	254,4	156,3	353,4	392,5	307,7	261,9	29,8	21,8	5,2	13,6	1.882,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	6	6	20	16	22	22	28	23	9	11	2	4	169
	PREC. MÁXIMA (mm)	28,9	27,1	54,9	71,5	84,6	114,2	39	47	15,2	7,8	3,8	6,6	114,2
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	17	16	24	28	11	17	6	27	4	16	3	12	17/JUN
2009	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	113,4	224,5	174	455,4	461,6	320,8	361,9	200	38,4	8,3	23,9	28,1	2.410,3
	NUM. DIAS DE CHUVA	5	13	11	21	29	21	26	20	8	6	5	6	171
	PREC. MÁXIMA (mm)	55,1	102,1	46,1	92,4	64,5	84,9	91,1	39,1	15,3	2,5	9,2	13,4	102,1
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	17	22	3	7	3	12	6	7	12	19	24	22	22/FEV
2010	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	85,9	34	90,6	227,6	117,9	493	204,4	130,9	72,5	73,4	16,8	146,8	1.693,8
	NUM. DIAS DE CHUVA	14	9	9	17	14	20	24	22	17	10	4	9	169
	PREC. MÁXIMA (mm)	18,2	9,2	37,3	62,2	50,5	126,3	32,4	18,1	24	24,6	7,9	87	126,3
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	20	19	18	18	13	18	9	7	15	24	10	10	18/JUN
2011	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	232,1	146,7	89,7	392,1	504,3	359,7	527	239,6	41,7	14,8	61,8	6,8	2.616,3
	NUM. DIAS DE CHUVA	19	12	12	23	28	19	27	18	11	11	11	3	194
	PREC. MÁXIMA (mm)	60,1	80,2	24,2	52,4	80,9	87,5	125,2	70,5	13,7	4	27,8	3,5	125,2
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	22	14	25	21	2	22	17	14	18	3	15	24	17/JUL

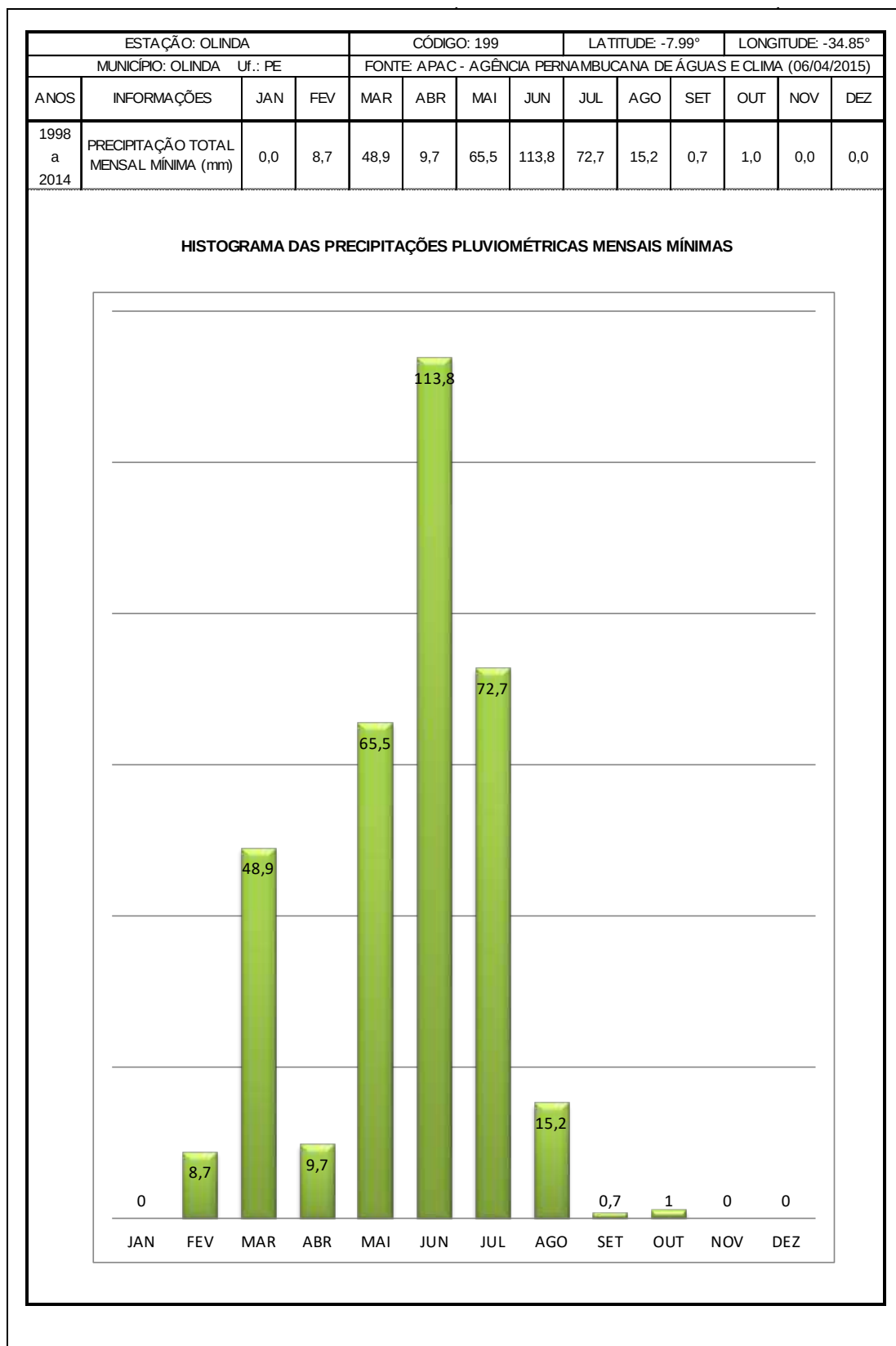
Quadro 2 – Série Histórica das Precipitações Pluviométricas

ESTAÇÃO: OLINDA					CÓDIGO: 199				LATITUDE: -7.99°			LONGITUDE: -34.85°		
MUNICÍPIO: OLINDA Uf.: PE					FONTE: APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (06/04/2015)									
ANO	INFORMAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2012	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	261,5	166	68,7	72	115	295,6	215,7	95,4	9,2	37,8	1,5	12,1	1.350,5
	NUM. DIAS DE CHUVA	11	11	8	9	15	21	23	23	7	10	2	7	147
	PREC. MÁXIMA (mm)	86,2	82,1	21,8	26,5	33,9	108,9	99,6	20,7	2,4	13,8	1,1	4,3	108,9
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	23	18	11	4	25	14	2	3	3	11	9	17	14/JUN
2013	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	84,6	34,4	58,1	225,7	231,8	319,1	386,9	136,6	114,8	54,2	69,4	88,4	1.804,0
	NUM. DIAS DE CHUVA	8	9	16	17	20	21	28	22	21	13	14	5	194
	PREC. MÁXIMA (mm)	43,7	21,1	18,9	59,9	60,1	112,8	56,3	29,3	45,2	10,8	28,5	60,5	112,8
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	4	18	4	20	18	9	3	19	4	27	21	19	9/JUN
2014	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	119,2	81,5	186,5	260,8	279,2	297,4	179,1	186,9	226,5	67,1	32	62,2	1.978,4
	NUM. DIAS DE CHUVA	11	12	17	20	21	19	23	22	17	14	8	13	197
	PREC. MÁXIMA (mm)	45,7	20,5	38,1	110,5	63,2	82,5	55,5	29,5	55,1	22,5	12,5	16,5	110,5
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	6	10	1	30	29	27	13	21	8	6	4	15	30/ABR
2015	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	24,6	33,9	176	67,7	173,2	355,5	322,7	124	42,6	9,5	9,4	75,4	1.414,5
	NUM. DIAS DE CHUVA	11	9	14	8	15	24	25	19	8	6	4	8	151
	PREC. MÁXIMA (mm)	10,5	16,2	60,3	45,7	43,2	112,3	62,3	26,9	23,2	3,4	3,6	43,2	112,3
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	2	18	9	23	17	29	4	30	1	15	10	25	29/JUN
2016	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	110,5	74	170,7	285	658,3	166	95,3	43,1	30,3	11,2	13,4	15,8	1.673,6
	NUM. DIAS DE CHUVA	17	12	15	16	20	18	21	16	11	5	6	8	165
	PREC. MÁXIMA (mm)	35,5	44,3	42,1	127,2	205,6	53,4	21,7	8,9	12,8	3,4	4,1	7,9	205,6
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	30	19	15	16	30	4	20	20	11	13	7	24	30/MAI
2017	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	0	8,7	189,5	213,3	245,5	416,2	348,8	117	55,9	32	5,6	18,4	1.650,9
	NUM. DIAS DE CHUVA	0	4	21	23	21	30	28	16	18	8	6	5	180
	PREC. MÁXIMA (mm)	0	3,7	68,5	42	42,4	70,1	59,8	29,6	10,1	15,8	1,1	8,5	70,1
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	26	15	5	12	29	30	21	27	8	24	17	20	30/JUN
2018	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	105	78,1	127,5	522,2	155,1	135,1	72,7	46,7	33,7	7,5	21,5	20,4	1.325,5
	NUM. DIAS DE CHUVA	14	13	16	28	16	19	16	10	6	4	4	4	150
	PREC. MÁXIMA (mm)	44,3	16,7	24,7	85,6	25	42,3	17	23,6	16,6	4,7	14,6	12,5	85,6
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	20	14	7	8	1	20	31	1	2	31	8	10	8/ABR
2019	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	100,5	113,4	160,3	232,3	136,2	422,2	501,3	143,3	64,8	32,1	0	1,9	1.908,3
	NUM. DIAS DE CHUVA	13	8	16	20	18	20	24	19	10	6	0	3	157
	PREC. MÁXIMA (mm)	37,4	41,9	37,1	83,4	34,5	120	184,5	50,9	16	18,5	0	1,1	184,5
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	29	6	28	13	21	17	24	2	2	14	1	21	24/JUL
2020	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	2,9	67,2	77,7	307,9	351,6	295,8	216,9	76,4	46,2	8,1	15,8	29,7	1.496,2
	NUM. DIAS DE CHUVA	1	12	8	19	23	24	21	21	9	5	8	12	163
	PREC. MÁXIMA (mm)	2,9	21,6	19,4	56,3	88	95,5	51	11,1	10,1	2,9	3,4	11,5	95,5
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	23	20	27	17	24	14	18	21	3	17	16	12	14/JUN
2021	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	50,4	63,3	70,6	394,6	576,6	244,8	199,3	261,1	35,9	18,7	16,8	72,3	2.004,4
	NUM. DIAS DE CHUVA	9	6	16	22	25	21	23	15	18	12	9	14	190
	PREC. MÁXIMA (mm)	14,5	25,5	12,5	119,1	184,7	67,1	34,7	64,6	7,9	5,8	6,7	24,8	184,7
	DIA DE CHUVA MÁXIMA	21	26	24	11	14	19	3	5	30	6	19	14	14/MAI

Quadro 3 - Gráficos das Precipitações Totais Anuais e Nº de Dias de Chuva por Ano



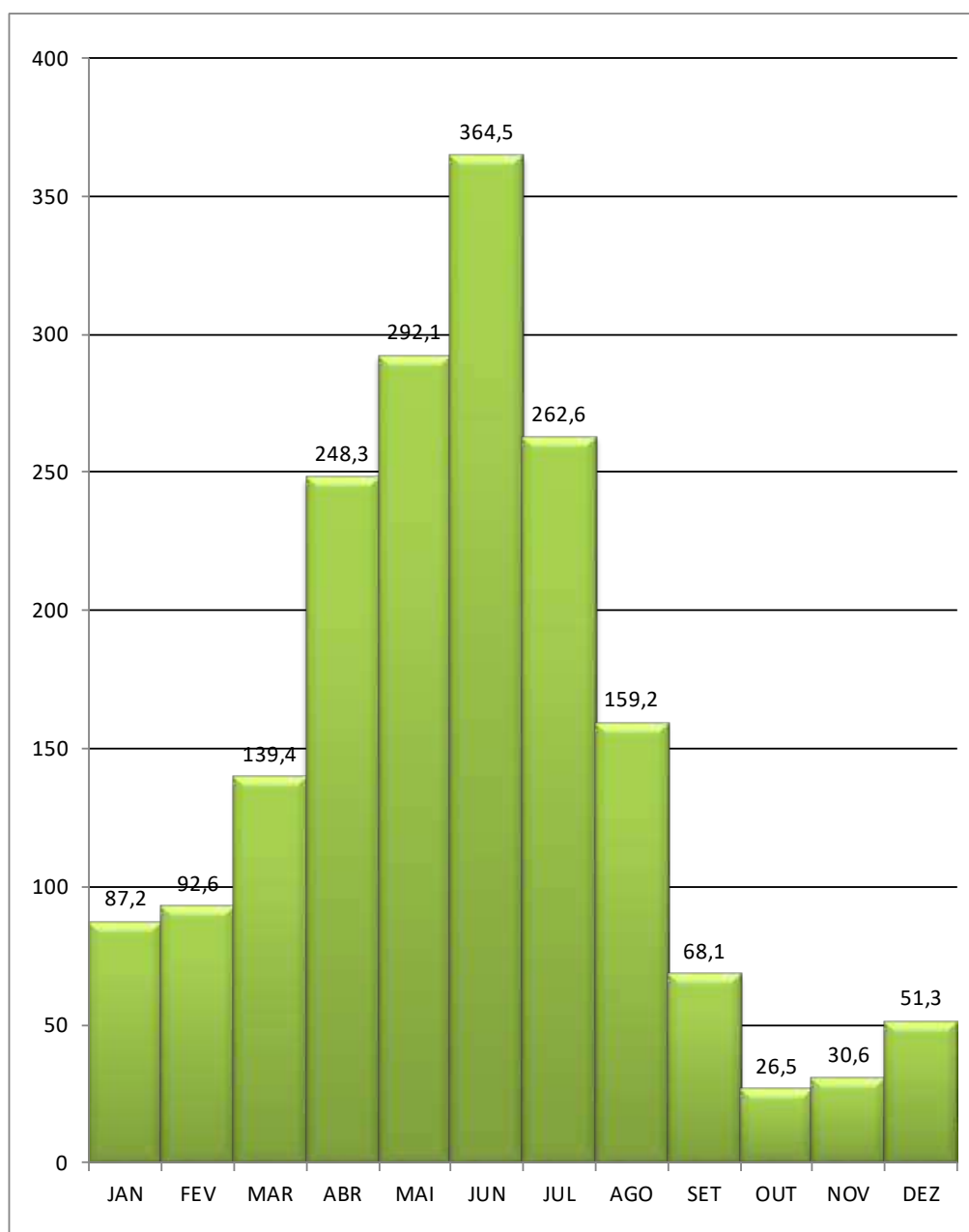
Quadro 4 - Histograma das Precipitações Pluviométricas Mensais Mínimas



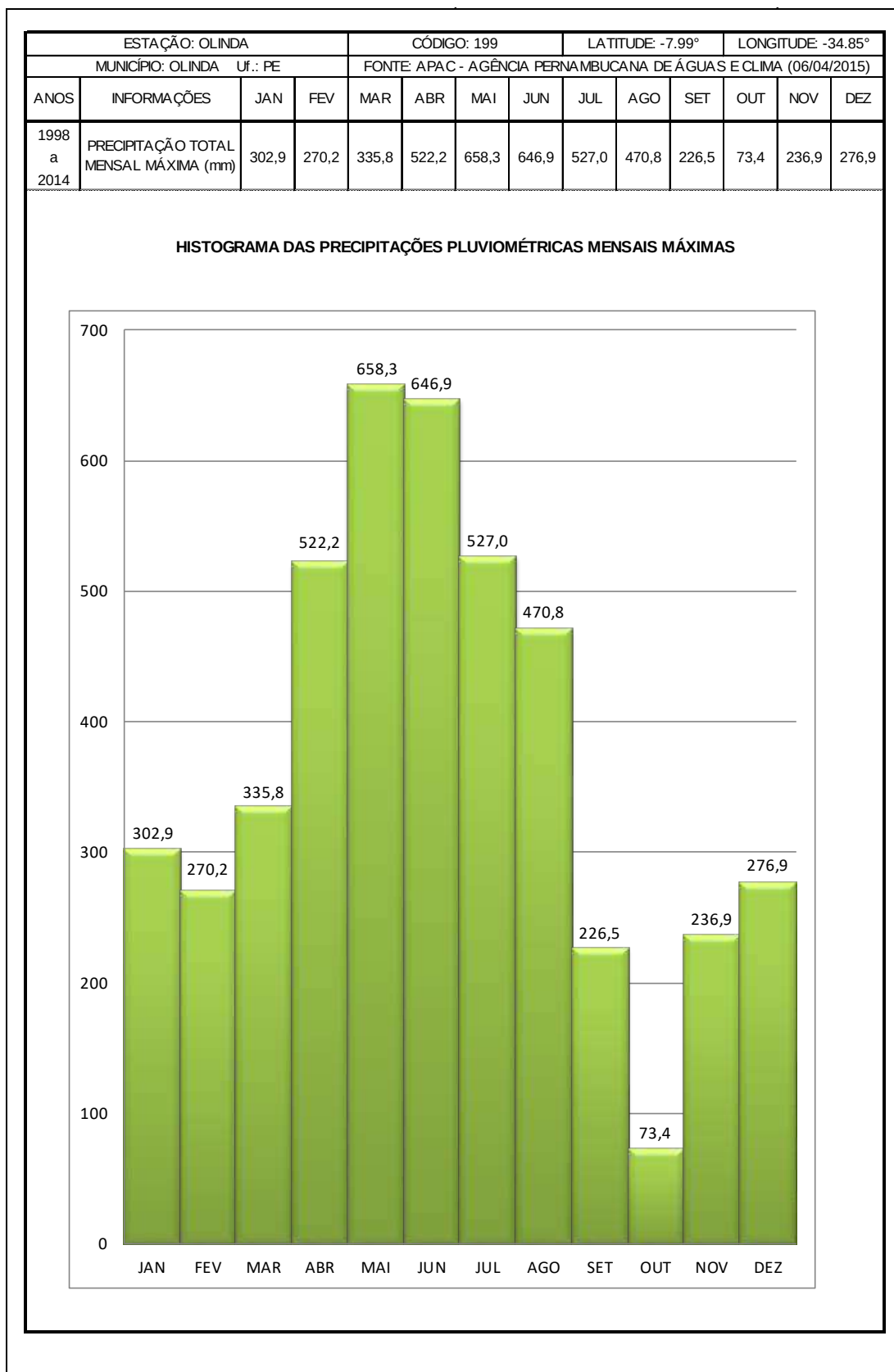
Quadro 5 - Histograma das Precipitações Pluviométricas Mensais Médias

ESTAÇÃO: OLINDA				CÓDIGO: 199				LATITUDE: -7.99°		LONGITUDE: -34.85°			
MUNICÍPIO: OLINDA Uf.: PE				FONTE: APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (06/04/2015)									
ANOS	INFORMAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1998 a 2014	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL MÉDIA (mm)	87,2	92,6	139,4	248,3	292,1	364,5	262,6	159,2	68,1	26,5	30,6	51,3

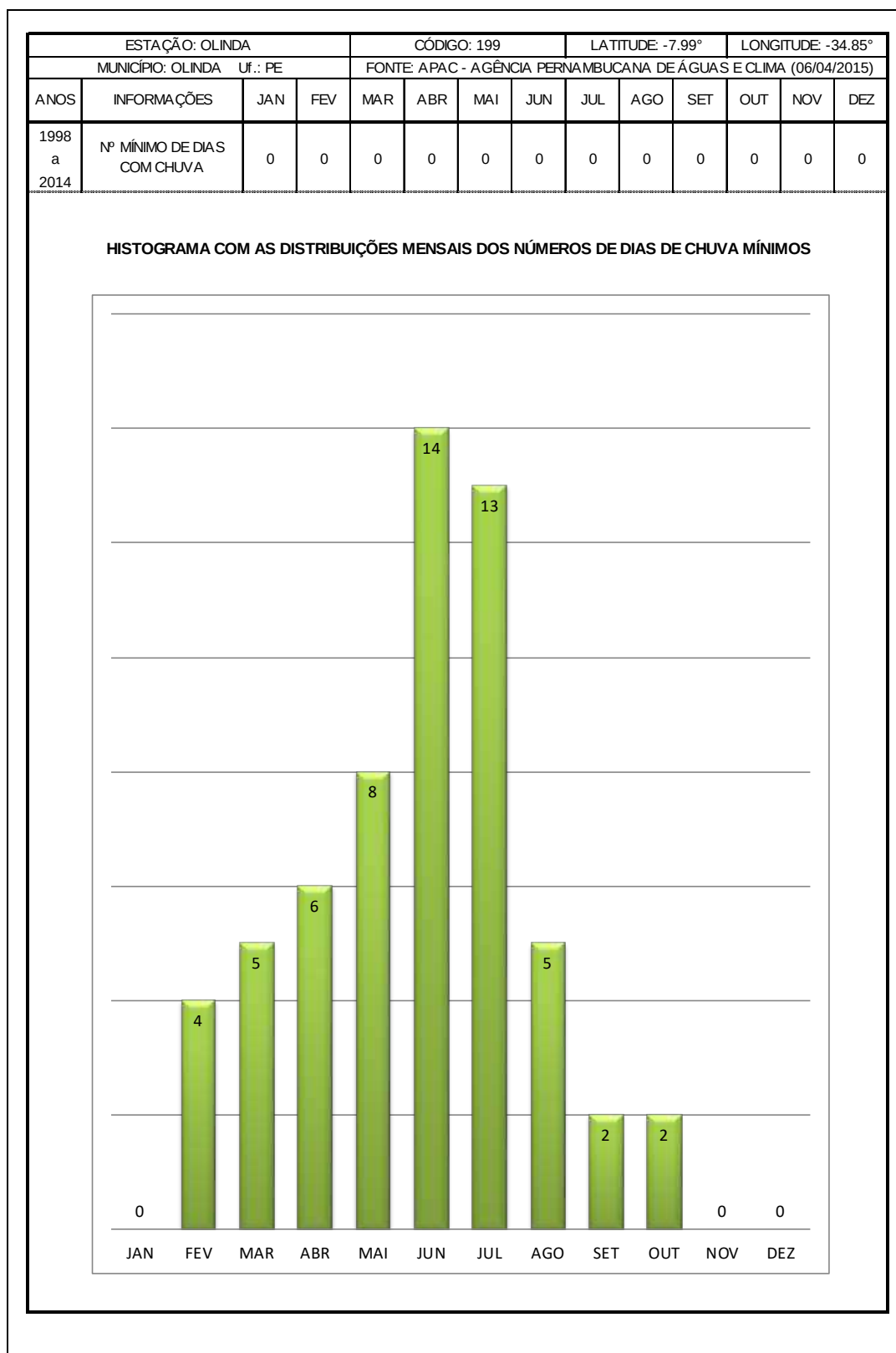
HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS MENSAIS MÉDIAS



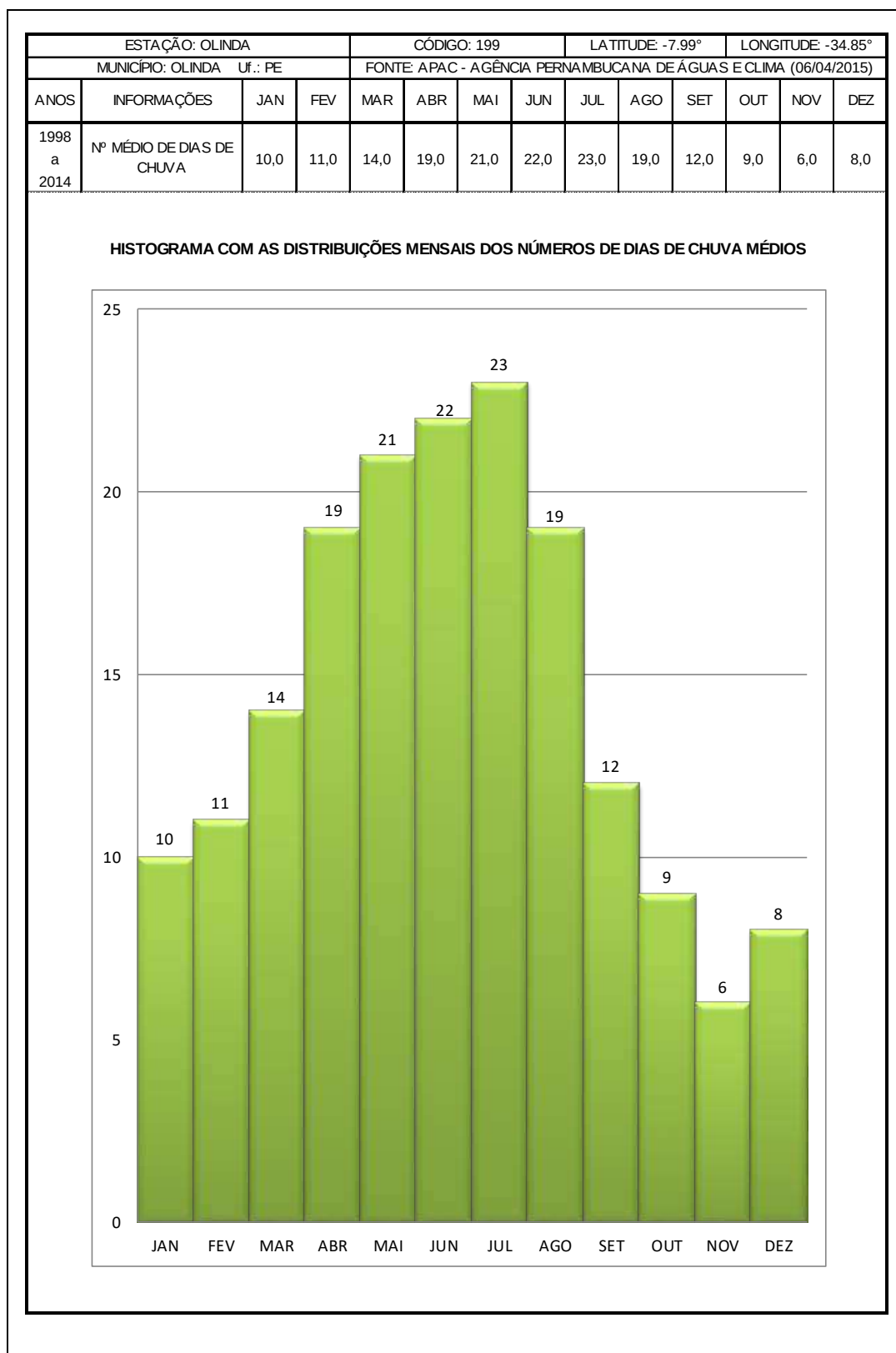
Quadro 6 - Histograma das Precipitações Pluviométricas Mensais Máximas



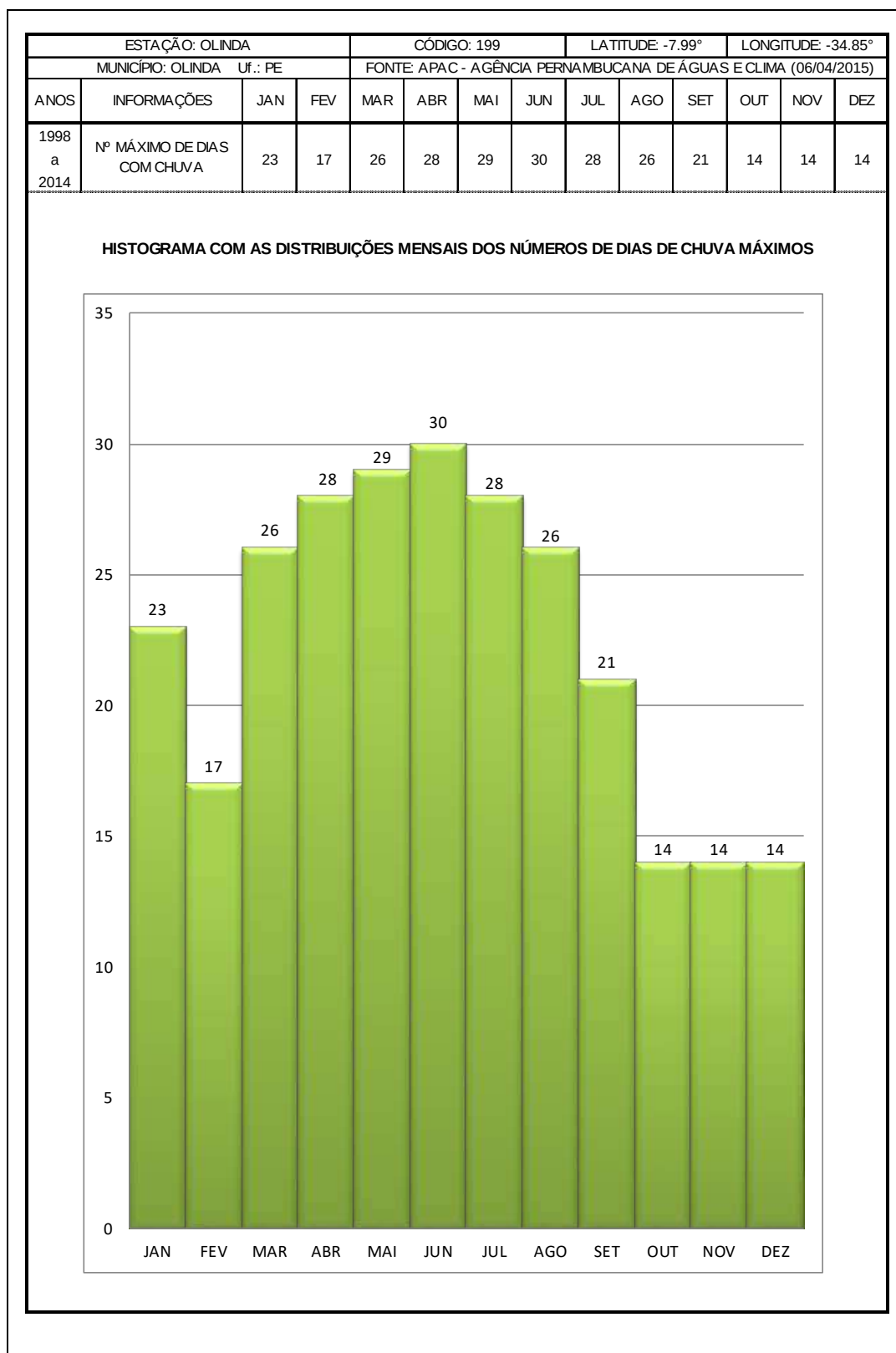
Quadro 7 - Histograma com as Distribuições Mensais dos N° de Dias de Chuva Mínimos



Quadro 8 - Histograma com as Distribuições Mensais dos N° de Dias de Chuva Médios



Quadro 9 - Histograma com as Distribuições Mensais dos N° de Dias de Chuva Máximos



Quadro 10 - Tabela de Gumbel Fator de Frequência "K"

K PARA O PERÍODO DE RECORRÊNCIA (T_R anos)							
N / T_R	5	10	15	20	25	50	100
10	1,058	1,848	2,289	2,606	2,847	3,588	4,323
11	1,034	1,809*	2,242	2,553	2,789	3,516	4,238
12	0,996	1,777	2,202	2,509	2,741	3,456	4,166
13	1,013	1,748	2,168	2,470	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,721	2,138	2,437	2,663	3,360	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,410	2,632	3,321	4,050
16	0,955	1,682	2,087	2,379	2,601	3,283	3,959
17	0,943	1,664	2,066	2,355	2,575	3,250	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,335	2,552	3,223	3,888
19	0,926	1,636	2,032	2,317	2,533	3,199	3,860
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,286	2,500	3,157	3,810
22	0,905	1,603	1,992	2,272	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,980	2,259	2,470	3,121	3,766
24	0,893	1,584	1,969	2,247	2,470	3,104	3,747
25	0,888	1,575	1,958	2,235	2,444	3,088	3,729
26	0,883	1,568	1,949	2,224	2,432	3,074	3,711
27	0,879	1,560	1,941	2,215	2,422	3,061	3,696
28	0,874	1,553	1,932	2,205	2,412	3,048	3,681
29	0,870	1,547	1,942	2,196	2,402	3,037	3,667
30	0,866	1,541	1,917	2,188	2,393	3,026	3,653
31	0,863	1,535	1,910	2,180	2,385	3,015	3,641
32	0,860	1,530	1,904	2,173	2,377	3,005	3,629
33	0,856	1,525	1,897	2,166	2,369	2,996	3,618
34	0,853	1,520	1,892	2,160	2,362	2,987	3,608
35	0,851	1,516	1,886	2,152	2,354	2,979	3,598
36	0,848	1,511	1,881	2,147	2,349	2,971	3,588
37	0,845	1,507	1,876	2,142	2,344	2,963	3,579
38	0,843	1,503	1,871	2,137	2,338	2,957	3,571
39	0,840	1,499	1,867	2,131	2,331	2,950	3,563
40	0,838	1,495	1,862	2,126	2,326	2,943	3,554
41	0,836	1,492	1,858	2,121	2,321	2,936	3,547
42	0,834	1,489	1,854	2,117	2,316	2,930	3,539
43	0,832	1,485	1,850	2,112	2,311	2,924	3,532
44	0,830	1,482	1,846	2,108	2,307	2,919	3,526
45	0,828	1,478	1,842	2,104	2,303	2,913	3,519
46	0,826	1,476	1,839	2,100	2,298	2,903	3,513
47	0,824	1,474	1,836	2,096	2,291	2,903	3,507
48	0,823	1,471	1,832	2,093	2,290	2,898	3,501
49	0,821	1,469	1,830	2,090	2,287	2,894	3,496
50	0,820	1,466	1,827	2,086	2,283	2,889	3,490
51	0,818	1,461	1,824	2,083	2,280	2,885	3,486
52	0,817	1,462	1,821	2,080	2,276	2,881	3,481
53	0,815	1,459	1,818	2,077	2,273	2,875	3,474
54	0,814	1,457	1,816	2,074	2,270	2,873	3,471
55	0,813	1,455	1,813	2,071	2,267	2,869	3,467
56	0,812	1,453	1,811	2,069	2,264	2,865	3,462
57	0,810	1,451	1,809	2,063	2,261	2,862	3,458
58	0,809	1,449	1,805	2,064	2,258	2,858	3,454
59	0,808	1,448	1,801	2,061	2,256	2,855	3,450
60	0,807	1,446	1,802	2,059	2,253	2,852	3,446
Calculado por M. D. Reid em novembro de 1942, sendo " T_R " o período de recorrência e "N" o número de eventos considerados							

Quadro 11 - Análise Pluviométrica

DATA DIA/MÊS/ANO	P (mm)	Nº de ORDEM	P - Ordenada (mm)	$P_i - \bar{P}$	$(P_i - \bar{P})^2$	$F = \frac{N}{n+1}$ (%)	$T_R = \frac{1}{F}$
16/MAR/1995	53,0	1	205,6	87,92	7729,93	3,85	26,00
29/ABR/1996	115,4	2	184,7	67,02	4491,68	7,69	13,00
18/FEV/1997	100,5	3	184,5	66,82	4464,91	11,54	8,67
18/MAR/1999	76,3	4	175,3	57,62	3320,06	15,38	6,50
17/NOV/2000	175,3	5	149,6	31,92	1018,89	19,23	5,20
8/JUN/2002	99,1	6	126,3	8,62	74,30	23,08	4,33
15/JUN/2003	98,1	7	126,0	8,32	69,22	26,92	3,71
17/JUN/2004	149,6	8	125,2	7,52	56,55	30,77	3,25
23/MAI/2005	126,0	9	115,4	-2,28	5,20	34,62	2,89
7/JUN/2006	110,3	10	114,2	-3,48	12,11	38,46	2,60
1/MAI/2007	100,1	11	112,8	-4,88	23,81	42,31	2,36
17/JUN/2008	114,2	12	112,3	-5,38	28,94	46,15	2,17
22/FEV/2009	102,1	13	110,5	-7,18	51,55	50,00	2,00
18/JUN/2010	126,3	14	110,3	-7,38	54,46	53,85	1,86
17/JUL/2011	125,2	15	108,9	-8,78	77,09	57,69	1,73
14/JUN/2012	108,9	16	102,1	-15,58	242,74	61,54	1,63
9/JUN/2013	112,8	17	100,5	-17,18	295,15	65,38	1,53
30/ABR/2014	110,5	18	100,1	-17,58	309,06	69,23	1,44
29/JUN/2015	112,3	19	99,1	-18,58	345,22	73,08	1,37
30/MAI/2016	205,6	20	98,1	-19,58	383,38	76,92	1,30
30/JUN/2017	70,1	21	95,5	-22,18	491,95	80,77	1,24
8/ABR/2018	85,6	22	85,6	-32,08	1029,13	84,62	1,18
24/JUL/2019	184,5	23	76,3	-41,38	1712,30	88,46	1,13
14/JUN/2020	95,5	24	70,1	-47,58	2263,86	92,31	1,08
14/MAI/2021	184,7	25	53,0	-64,68	4183,50	96,15	1,04

ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA: OLINDA

1. MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{n} = 117,68$$

2. DESVIO PADRÃO

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (P - \bar{P})^2}{n-1}} = 36,93$$

Quadro 12 - Curva de Precipitação – Duração – Frequência

FÓRMULA DE VEN TE CHOW

$$P = \bar{P} + K\delta$$

T _R (anos)	5	10	15	25	50	100
K	0,888	1,575	1,958	2,444	3,088	3,729
P (mm)	150,48	175,85	189,99	207,94	231,73	255,40

ZONA	1 hora / 24 horas						6 min.	24 hs.
	5	10	15	25	50	100	5 - 50	100
B	38,1	37,8	37,5	37,3	36,9	36,6	8,4	7,5

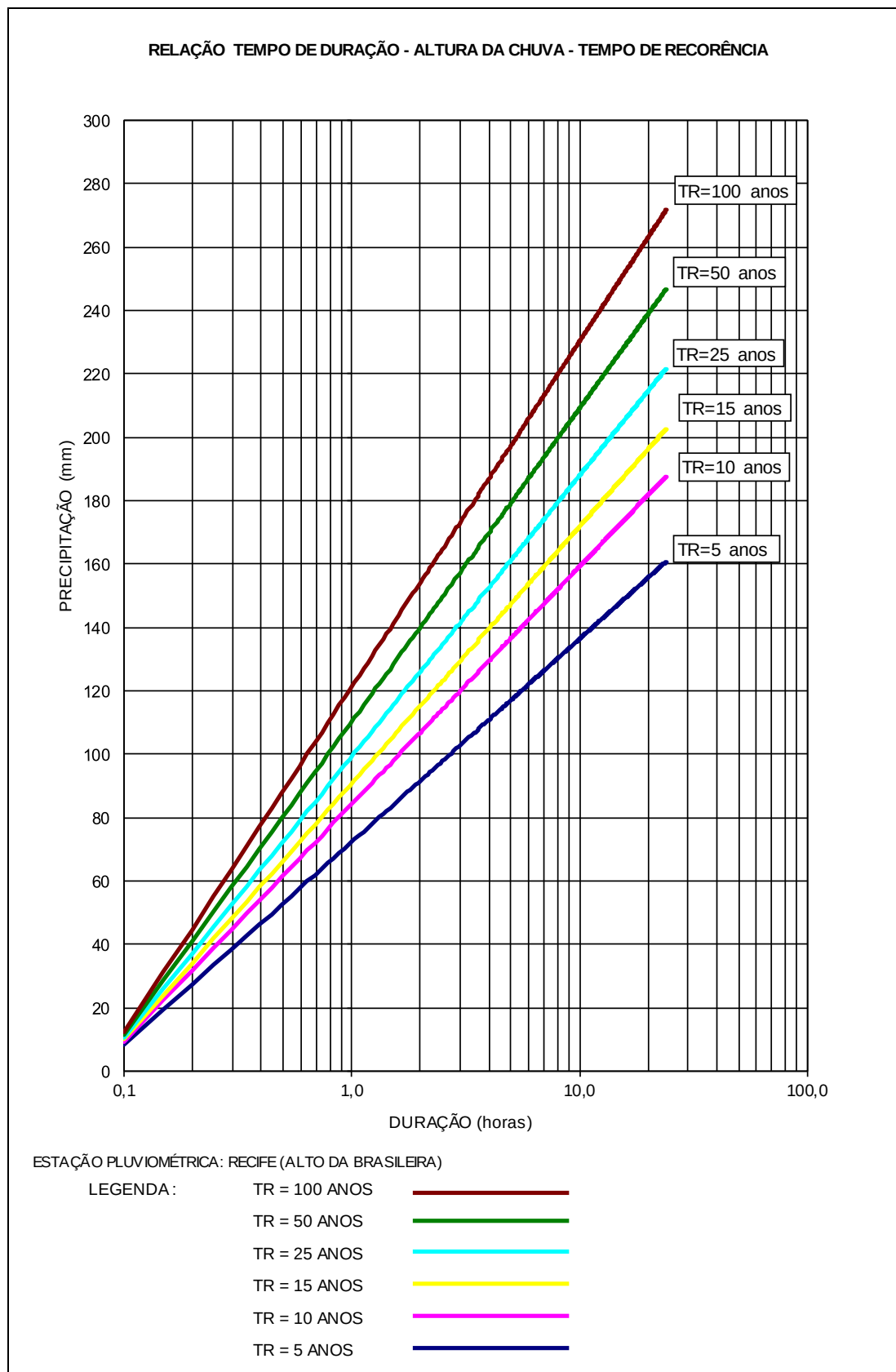
T _R (anos)	6,00	10,00	30,00	60,00	120,00
	intensidade (mm/h)				
	6 min.	10 min	30 min	60 min	120 min
5	138,41	131,29	99,51	63,84	35,70
10	161,74	153,32	115,52	72,32	34,52
15	174,76	165,59	124,55	77,99	38,87
25	191,26	181,17	135,99	84,72	41,58
50	213,16	201,82	151,36	95,17	52,99
100	234,91	222,28	165,84	102,18	50,46

T _R (anos)	Precipitação			
	1 dia	24 horas	1 hora	6 min.
5	150,48	164,77	62,78	13,84
10	175,85	192,55	72,79	16,17
15	189,99	208,04	78,02	17,48
25	207,94	227,70	84,93	19,13
50	231,73	253,74	93,63	21,31
100	255,40	279,66	102,36	23,49

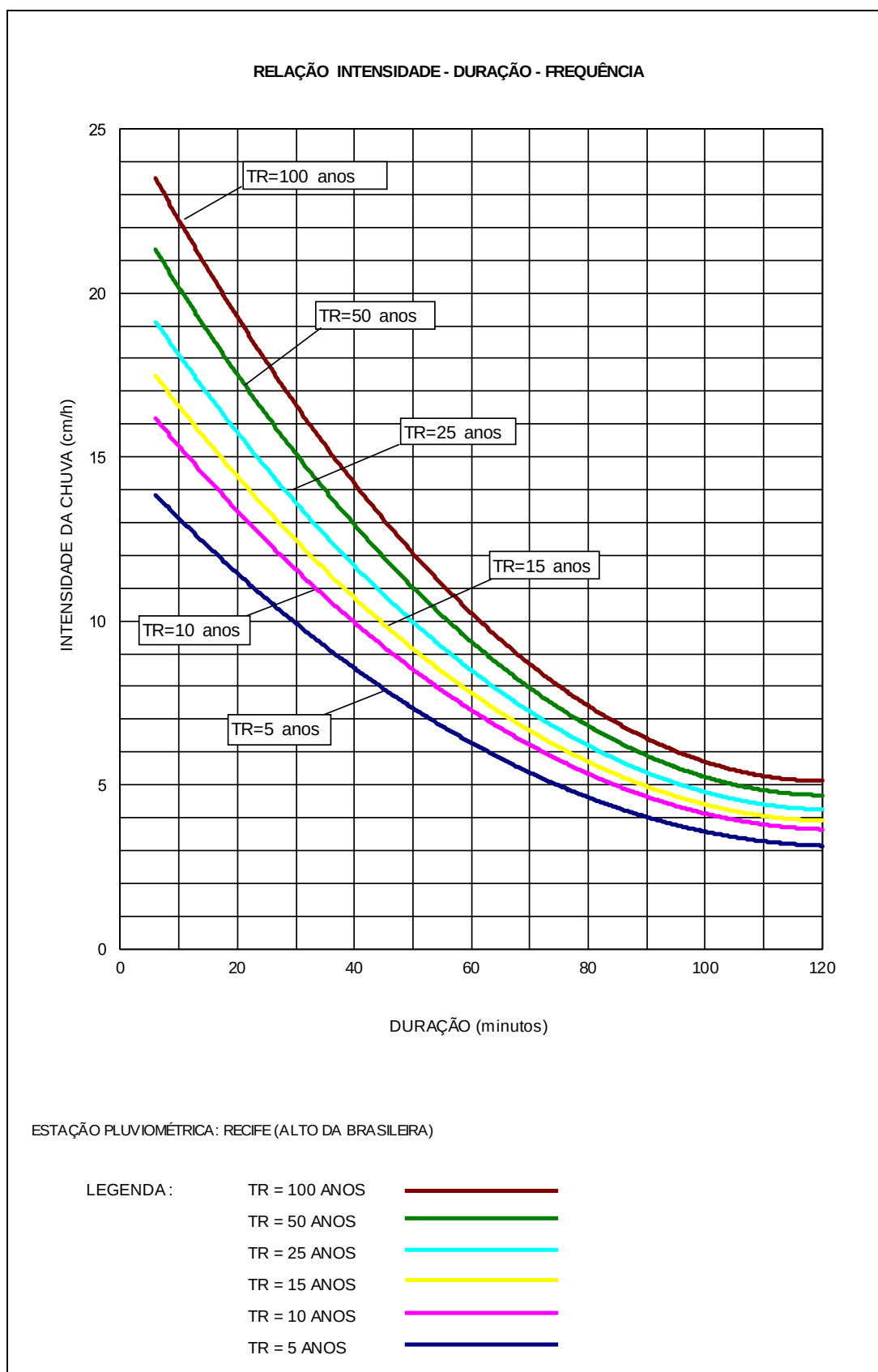
T _r (anos)	Tempo (min.)		
	6	60	120
TR = 5 anos	13,84	6,28	3,14
TR = 10 anos	16,17	7,28	3,64
TR = 15 anos	17,48	7,80	3,90
TR = 25 anos	19,13	8,49	4,25
TR = 50 anos	21,31	9,36	4,68
TR = 100 anos	23,49	10,24	5,12

ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA: OLINDA

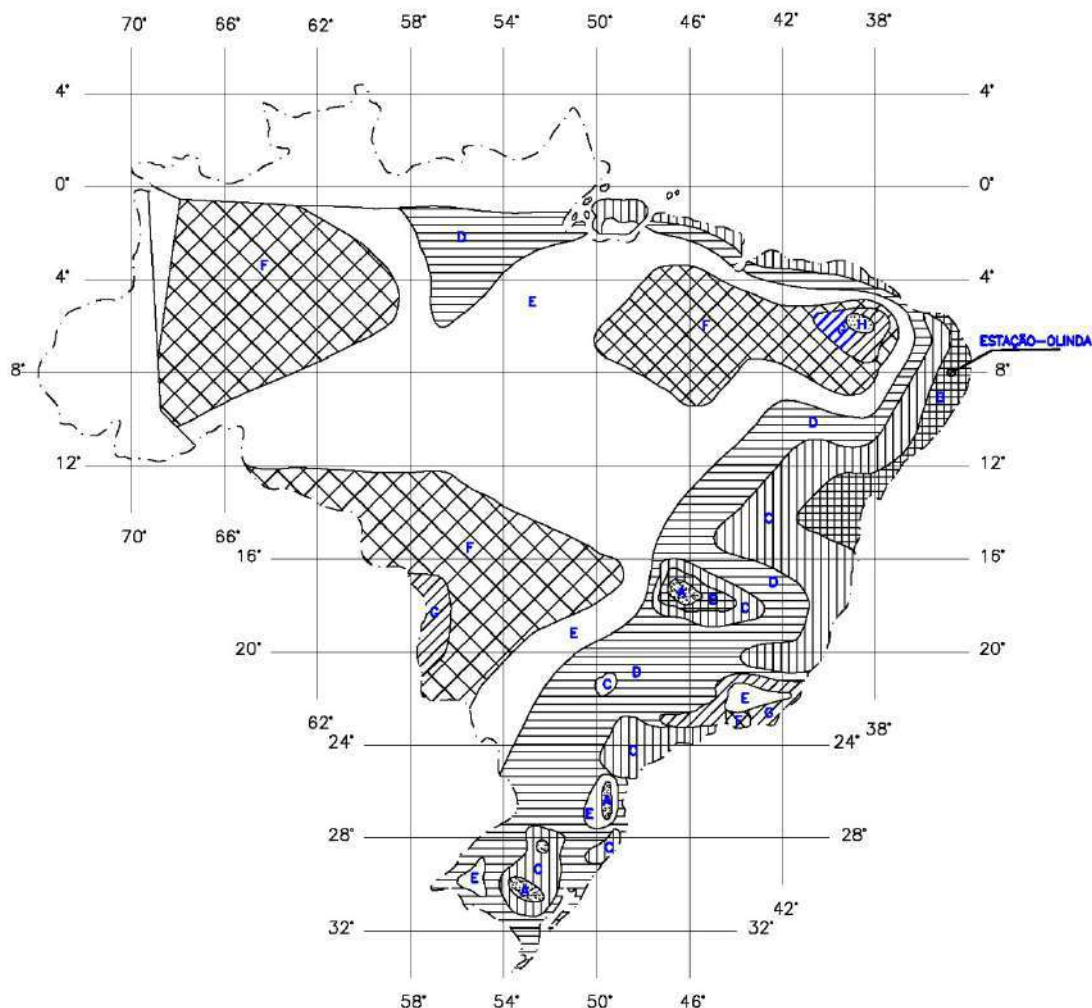
Quadro 11 - Curva de Intensidade – Duração – Frequência



Quadro 12 - Isozonas de Igual Relação

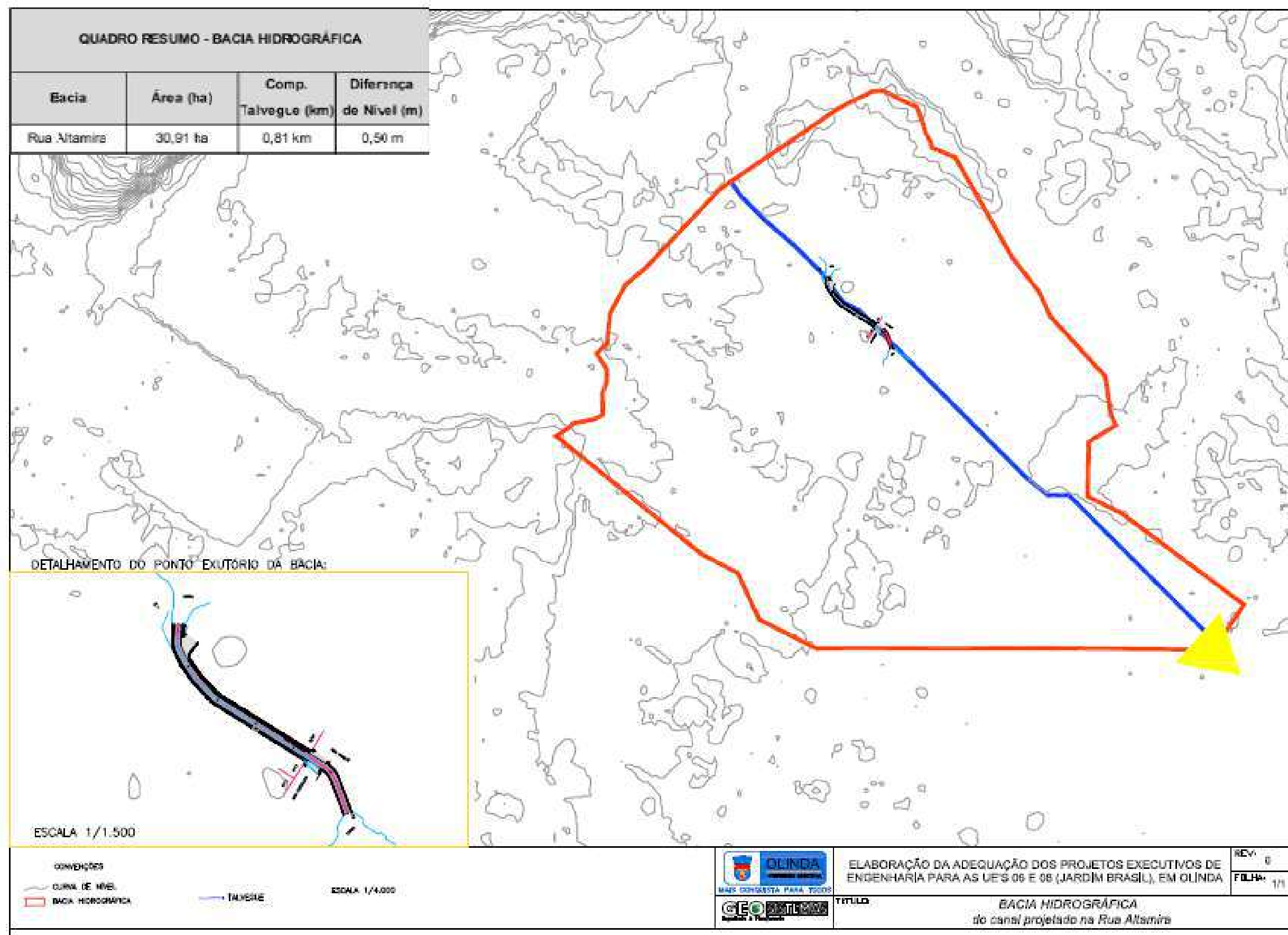


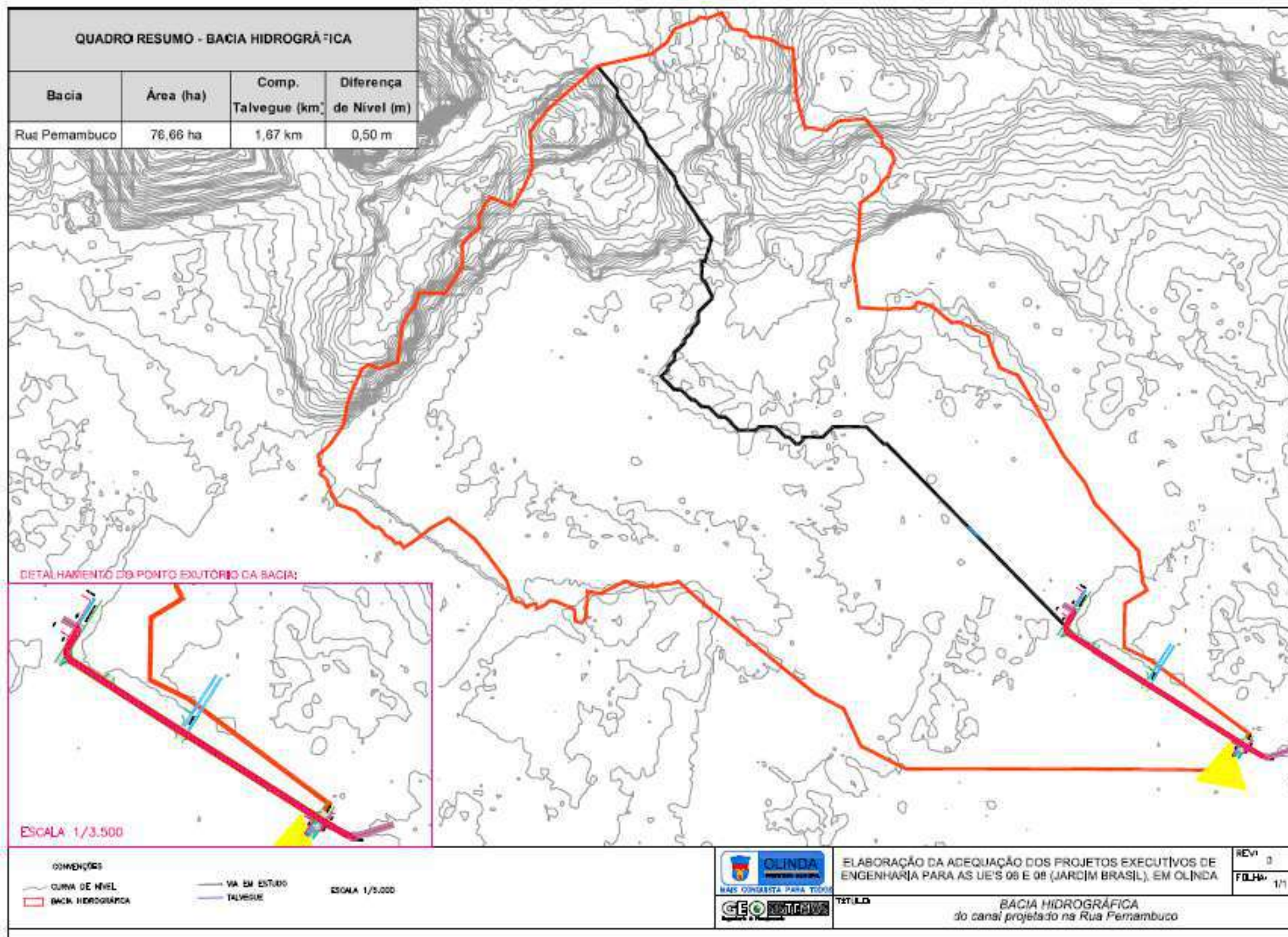
Quadro 13 - Coeficiente de Deflúvio



ZONA DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS													
	1 HORA / 24 HORAS CHUVAS													6min/24h
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100		
A	36.2	35.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.0	34.7	33.6	32.5	7.0	6.3		
B	38.1	37.8	37.5	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	8.4	7.5		
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.8	38.4	37.2	36.0	8.8	8.8		
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.6	11.2	10.0		
E	44.0	43.6	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.6	11.2		
F	46.0	45.5	45.3	45.1	44.9	44.8	44.5	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4		
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.8	46.7	46.4	45.9	44.5	43.1	15.4	13.7		
H	49.9	49.4	49.1	48.9	48.8	48.6	48.3	47.8	46.3	44.8	16.7	14.9		





4 PROJETOS DE INFRAESTRUTURA: TERRAPLENAGEM, PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO

4.1.2 GENERALIDADES

O projeto geométrico planialtimétrico foi detalhado tendo como base as condições de urbanização encontradas nas UE's 6 e 8, localizadas em Jardim Brasil, no município de Olinda - PE.

4.1.3 ALINHAMENTO HORIZONTAL

O alinhamento horizontal das vias em estudo nas UE's 6 e 8, teve como ponto principal de amarração a estaca 0. As amarrações foram realizadas nos muros dos imóveis e/ou nos postes existentes, e estão apresentadas nas plantas baixas dos respectivos projetos Geométricos.

4.1.4 ALINHAMENTO VERTICAL

Os greides projetados para as vias procurou atender às cotas das soleiras das edificações existentes, assim como as cotas de concordância com o perfil das ruas adjacentes.

4.1.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As notas de serviços relativas aos greides de pavimentação, as seções transversais e a planta geral do Projeto Geométrico e Perfis Longitudinais de todas as vias em estudo, bem como as vias pertencentes ao sistema viária da lagoas, serão apresentadas nas escalas indicadas em projeto, em anexo.

4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

4.2.1 GENERALIDADES

Os serviços de terraplenagem se limitaram à via com pavimento a implantar e aos canais e bueiro projetados a serem construídos e/ou substituídos. A concepção do projeto de terraplenagem se baseou na espessura de rebaixamento necessário ao projeto de pavimentação, drenagem e macrodrenagem. Tendo em vista que o greide projetado está praticamente colado ao terreno natural, a terraplenagem consistirá de pequenos cortes, pequenos aterros e raspagens.

4.2.2 ELEMENTOS BÁSICOS

Os elementos básicos considerados consistiram nos estudos topográficos e geotécnicos e no projeto geométrico. De acordo com os resultados dos estudos geotécnicos realizados, concluiu-se não haver quaisquer problemas de fundação de aterros, que demandassem a apresentação de soluções especiais.

4.2.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO

O projeto foi desenvolvido, objetivando-se minimizar o movimento de terras, elevando-se o corpo estradal apenas o suficiente para garantir as condições adequadas ao funcionamento do sistema de drenagem. Foram alcançados, dessa maneira, os seguintes objetivos:

- ◆ Baixo custo de construção;
- ◆ Desenvolvimento harmonioso com as ruas próximas.

4.2.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Em anexo serão apresentados os mapas de cubagem relativos e a seções transversais relativas à terraplenagem das vias e dos canais, com suas respectivas escalas indicadas em planta.

4.3 PROJETO DE DRENAGEM

4.3.1 GENERALIDADES

Objetivando criar nas áreas afetadas pelo projeto condições para a conservação e melhoria das ruas existentes, o controle da erosão, bem como a preservação do trânsito de veículos e pedestres contra danos causados por inundações resultantes de chuvas intensas, foi concebido e dimensionado um sistema de drenagem, que teve como princípio básico os fatores econômicos e higiênicos das vias.

Tratando-se de um projeto de implantação em via urbana, um dos principais cuidados que se tomou foi de efetuar um levantamento cuidadoso, seguido de análise do sistema de drenagem existente, para corrigi-lo ou ampliá-lo, conforme a necessidade.

Os elementos que serviram de base ao projeto foram as observações e levantamentos de campo apoiados nos estudos hidrológicos, que forneceram os dados para o dimensionamento e verificação hidráulica das obras.

Ao longo dos estudos e levantamentos de campo, foram identificados vários problemas, a saber:

- Área extremamente plana, gerando uma grande tendência a assoreamento;
- Grande contribuição de detritos sólidos, oriundos das habitações da população residente nas imediações, especialmente de baixa renda;
- Utilização pela população da região do sistema de drenagem implantado como destino final de esgoto, uma vez que não há sistema público para captação deste;
- Pequena diferença de nível entre a drenagem implantada e o destino final, gerando declividades baixas, e por consequência, pouca velocidade de arrasto quando do fluxo dessas águas; e
- Forte influência do regime de marés, dificultando o fluxo e provocando assoreamento quando na maré cheia.

O projeto foi desenvolvido levando em conta a implantação de dispositivos novos de drenagem, para o adequado funcionamento do sistema, além disso faz-se necessária a construção de novas saídas para o destino final das águas pluviais coletadas. É fundamental que todo o sistema de drenagem existente seja devidamente limpo, retirando-se todos os detritos sólidos e líquidos existentes.

Finalmente, deve-se salientar que apesar das soluções ora propostas, o funcionamento do sistema de drenagem vai depender de uma manutenção constante e preventiva, capaz de conservar a rede isenta de detritos sólidos e manter as saídas limpas e livres de assoreamento. Além disso, deverá ser providenciado um sistema independente de captação e tratamento dos esgotos que hoje são lançados diretamente na rede de captação das águas pluviais, conforme projeto executivo elaborado.

4.3.2 METODOLOGIA

a) Escoamento Superficial

O estudo da capacidade hidráulica das estruturas de drenagem superficial, a implantar, foi realizado considerando que sua capacidade se daria a plena seção. A vazão de contribuição destas estruturas de drenagem foi determinada através da utilização do Método Racional com a seguinte configuração:

$$Q_1 = \frac{CIA}{3,6 \times 10^6}$$

Sendo:

Q_1 = Vazão de contribuição em m³/seg.;

C = Coeficiente de escoamento superficial;

I = Intensidade de chuva em mm/h para um tempo de recorrência de 10 anos; e

A = Área de contribuição em m².

Os dispositivos da drenagem superficial para aplicação da fórmula racional tiveram o coeficiente de escoamento “C” considerado de acordo com a tabela a seguir:

Tipo de Superfície	Coeficiente de escoamento "C"
Concreto de cimento Portland	0,80 – 0,90
Areia Asfalto	0,80 – 0,90
Tratamento Superficial	0,60- 0,90
Acostamento não revestido	0,40 – 0,60
Terra compactada	0,40 – 0,60
Solo com revestimento vegetal	0,50 – 0,70
Campo cultivado	0,20 – 0,40
Solo permeável	0,05 – 0,10
Taludes enlevados	0,50 – 0,70
Canteiro gramado	0,20 – 0,35

Nos casos em que a área a ser drenada for composta de superfícies de diversas naturezas, o coeficiente "C" adotado, será a média ponderada do valor "C" para cada superfície, considerando como peso a área correspondente, então:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_N A_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N}$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento adotado;

C₁, C₂, ... C_n = Coeficiente de escoamento das áreas A₁, A₂, ... A_n, respectivamente.

A capacidade de condução das águas pela linha d'água e pista de rolamento foi determinada através da Fórmula de Manning, modificada por Izzard, apresentada abaixo:

$$Q_2 = 0,375 \times \frac{Z}{n} \times Y^{8/3} \times I^{0,5}$$

Sendo:

Z = inverso da declividade transversal da via;

n = Coeficiente de rugosidade, considerado igual a 0,017;

Y = Profundidade da lamina d'água em metros;

I = Declividade da via, em m/m; e

Q₂ = Vazão de escoamento;

Os meios-fios com linha d'água efetuarão o transporte das águas pluviais até pontos de coleta do sistema de drenagem, como galerias, canaletas ou outro dispositivo semelhante.

b) Canaletas

A vazão máxima permitida foi calculada pela Fórmula de Manning associada à equação da continuidade:

$$Q' = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n} \text{ e } Q' = A \times V$$

Sendo:

Q' = Vazão máxima permitida em m³/seg.;

A = Área molhada do dispositivo de drenagem em m²;

R = Raio hidráulico em m;

S = Declividade longitudinal do dispositivo de drenagem em m/m;

n = Coeficiente de rugosidade do revestimento utilizado no dispositivo de drenagem; e

V = Velocidade de escoamento da água no interior do dispositivo.

O estudo constitui em comparar a vazão de contribuição Q1 (obtida pelo Método Racional) à capacidade Q' máxima permissível, obtendo-se as extensões máximas em função de cada declividade de instalação.

Os coeficientes de rugosidade para aplicação da Fórmula de Manning, em canais retilíneos foram considerados de acordo com a seguinte tabela:

Tipo de superfície	Coeficiente "n"	Tipo de superfície	Coeficiente "n"
Concreto com acabamento	0,014	Revestimento asfáltico rugoso	0,016
Concreto sem acabamento	0,015	Revestimento asfáltico liso	0,013
Alvenaria de tijolo revestido	0,014	Solo sem vegetação	0,020
Alvenaria de pedra	0,017	Solo gramado	0,050

c) Galerias

As descargas máximas das galerias de águas pluviais foram determinadas pelo Método Racional.

Este método estabelece uma relação entre a intensidade pluviométrica e a vazão escoada numa determinada seção da bacia hidrográfica e vem apresentando resultados satisfatórios quando aplicado criteriosamente.

A fórmula para o cálculo por este método é a seguinte:

$$Q = (C \cdot I \cdot A) / 36$$

Onde:

Q = descarga máxima, em m³/s;

I = intensidade de chuvas, em cm/h;

C = coeficiente de escoamento, adimensional;

A = área da bacia de contribuição, em ha;

As seções de vazão das galerias que compõem o sistema de drenagem foram determinadas através da tabela 24 -1, do Manual de Hidráulica (Azevedo Netto), que fornece os coeficientes relativos para permitir os cálculos da altura da lâmina d'água e a velocidade, a todo trecho em estudo. As caixas coletoras podem ser localizadas, de acordo com as condições e necessidades da via, sob:

- Sob os passeios quando for do tipo gaveta;
- Sob os passeios e pavimento quando for do tipo gaveta especial;
- Sob as linhas d'água quando for do tipo com grelha de concreto; e
- Sob o pavimento quando for do tipo tampão.

4.3.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Através da inspeção “in loco” realizada, do cadastro da rede de captação existente e dos elementos geométricos do projeto em elaboração, definiu-se que o sistema de drenagem a ser adotado será composto por canaletas de concreto em sua maioria.

De forma geral, a drenagem da área em estudo, será direcionada para as lagoas existentes, sendo elas, Lagoa Azul, Lagoa 2, Lagoa da sementeira, Lagoa da Atol e Lagoa do Olindão, e para o canal da Malária.

No que diz respeito à drenagem do sistema viário projetado nas lagoas acima citadas, as seções transversais das vias foram pensadas de forma que as águas pluviais escoassem em direção às lagoas. Conforme mostra seções transversais tipo apresentadas e projeto de drenagem, em anexo.

A necessidade da implantação de dispositivos de drenagem deu-se de acordo com o estudo do escoamento superficial. E, para os casos onde o escoamento superficial não foi suficiente, foi feito o dimensionamento. Ambos estão apresentados através das planilhas que seguem.

Vale salientar que todo o sistema de drenagem projetado só funcionará com a devida manutenção das bacias, principalmente a limpeza das Lagoas e dos dispositivos de drenagem existentes, canais, canaletas e galerias. Essas ações deverão ser periódicas e de preferência realizadas antes de períodos chuvosos e depois de uma chuva de máxima intensidade. É de extrema importância que as lagoas sejam dessassoreadas e aprofundadas para que os sistemas drenagem existentes e projetados sejam eficientes, diminuindo consideravelmente os alagamentos na área e proporcionando qualidade de vida para a população da área, que hoje sofre com os constantes alagamentos.

4.3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir apresenta-se a memória de cálculo do escoamento superficial, dimensionamento das canaletas, detalhes das canaletas, projetos tipos e de construção dos dispositivos de drenagem.

Em anexo será apresentada a planta geral do projeto de drenagem de todas as ruas, com a locação dos respectivos dispositivos de drenagem.

LAGOA AZUL - ESCOAMENTO SUPERFICIAL														
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 1	0 + 0,000 à 6 + 17,950	137,95	4,00	1,20	0,00257	4%	0,017	0,80	12,13	0,435	0,117	0,137	0,591	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 2	0 + 0,000 à 1 + 11,630	31,63	4,00	0,00	0,01235	4%	0,017	0,80	12,13	0,095	0,026	0,300	1,297	OK
	1 + 11,630 à 10 + 19,290	187,66	4,00	0,00	0,00250	4%	0,017	0,80	12,13	0,563	0,152	0,157	0,606	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 3	0 + 0,000 à 2 + 15,850	55,85	4,00	1,20	0,02310	4%	0,017	0,80	12,13	0,197	0,053	0,410	1,773	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 4	0 + 0,000 à 1 + 2,920	22,92	4,00	1,20	0,01098	4%	0,017	0,80	12,13	0,035	0,009	0,283	1,223	OK
	1 + 2,920 à 3 + 14,610	51,69	4,00	1,20	0,01353	4%	0,017	0,80	12,13	0,079	0,021	0,314	1,357	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 5	0 + 0,000 à 2 + 5,000	45,00	3,00	1,20	0,00250	4%	0,017	0,80	12,13	0,252	0,068	0,015	0,338	16,13
	2 + 5,000 à 3 + 6,830	21,83	3,00	1,20	0,00921	4%	0,017	0,80	12,13	0,076	0,021	0,029	0,649	OK

LAGOA AZUL - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA B	0 + 0,000 à 0 + 5,490	5,49	4,00	1,20	0,03577	4%	0,017	0,80	12,13	0,017	0,005	0,510	2,207	OK
	0 + 5,490 à 1 + 3,380	17,89	4,00	1,20	0,02943	4%	0,017	0,80	12,13	0,056	0,015	0,463	2,002	OK

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA D	0 + 0,000 à 1 + 3,910	23,91	4,00	0,00	0,01970	4%	0,017	0,80	12,13	0,072	0,020	0,092	1,150	OK
	1 + 3,910 à 5 + 2,740	78,83	4,00	0,00	0,02450	4%	0,017	0,80	12,13	0,239	0,064	0,103	1,282	OK
	5 + 2,740 à 10 + 11,490	108,75	4,00	0,00	0,01395	4%	0,017	0,80	12,13	0,330	0,089	0,100	1,031	OK
	10 + 11,490 à 13 + 2,270	50,78	4,00	0,00	0,00297	4%	0,017	0,80	12,13	0,154	0,041	0,046	0,476	OK

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA HABITACIONAL	0 + 0,000 à 5 + 0,423	100,42	4,00	0,00	0,00250	4%	0,017	0,80	12,13	1,044	0,282	0,033	0,410	11,69

Obs: o valor do **I** na tabela foi calculado de acordo com o estudo hidrológico

LAGOA 2 - ESCOAMENTO SUPERFICIAL														
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA GOIÁS	0 + 0,000 à 2 + 5,430	45,43	4,00	1,20	0,01425	4%	0,017	0,80	12,13	0,454	0,122	0,322	1,393	OK
	2 + 5,430 à 5 + 19,440	74,01	4,00	1,20	0,00423	4%	0,017	0,80	12,13	0,740	0,199	0,204	0,788	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA REDENÇÃO	0 + 0,000 à 15 + 0,310	300,31	4,00	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	0,450	0,121	0,123	0,555	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA A2	0 + 0,000 à 2 + 13,530	53,53	5,00	1,20	0,00460	3%	0,017	0,80	12,13	0,268	0,072	0,100	0,634	OK
	2 + 13,530 à 5 + 15,000	61,47	5,00	1,20	0,02142	3%	0,017	0,80	12,13	1,032	0,278	0,317	1,505	OK
	5 + 15,000 à 9 + 0,000	65,00	5,00	1,20	0,00250	3%	0,017	0,80	12,13	0,725	0,195	0,198	0,598	OK
	9 + 0,000 à 11 + 5,000	45,00	5,00	1,20	0,10552	3%	0,017	0,80	12,13	0,400	0,108	0,239	2,549	OK
	11 + 5,000 à 13 + 0,000	35,00	5,00	1,20	0,03039	3%	0,017	0,80	12,13	0,175	0,047	0,128	1,368	OK
	13 + 0,000 à 16 + 0,000	60,00	5,00	1,20	0,04517	3%	0,017	0,80	12,13	0,475	0,128	0,156	1,668	OK
	16 + 0,000 à 18 + 0,000	40,00	5,00	1,20	0,09575	3%	0,017	0,80	12,13	0,675	0,182	0,228	2,428	OK
	18 + 0,000 à 19 + 4,240	24,24	5,00	1,20	0,00250	3%	0,017	0,80	12,13	0,796	0,215	0,215	0,610	OK
	19 + 4,240 à 23 + 0,000	75,76	5,00	1,20	0,00250	3%	0,017	0,80	12,13	0,518	0,140	0,151	0,559	OK
	23 + 0,000 à 24 + 7,830	27,83	5,00	1,20	0,04645	3%	0,017	0,80	12,13	0,139	0,038	0,159	1,691	OK
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PARÁ	0 + 0,000 à 3 + 0,000	60,00	2,00	1,20	0,00342	3%	0,016	0,80	12,13	0,953	0,257	0,016	0,377	9,33
	3 + 0,000 à 7 + 6,570	86,57	2,00	1,20	0,01209	3%	0,016	0,80	12,13	0,563	0,152	0,031	0,709	17,54
	7 + 6,570 à 10 + 11,190	64,62	2,00	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	0,420	0,113	0,014	0,322	7,97
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA	0 + 0,000 à 9 + 15,600	195,60	5,00	1,20	0,02882	4%	0,017	0,80	12,13	0,587	0,158	0,202	1,614	OK
	9 + 15,600 à 16 + 9,940	134,34	5,00	1,20	0,00250	4%	0,017	0,80	12,13	0,403	0,109	0,208	0,650	OK
	16 + 9,940 à 23 + 2,890	132,95	5,00	1,20	0,00253	4%	0,017	0,80	12,13	1,503	0,405	0,147	0,598	181,27
	23 + 2,890 à 29 + 4,100	121,21	5,00	1,20	0,00253	4%	0,017	0,80	12,13	1,104	0,298	0,304	0,718	OK

Obs: o valor do **I** na tabela foi calculado de acordo com o estudo hidrológico

RUA ARTUR DE SÁ - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA ARTUR DE SÁ	0 + 0,000 à 0 + 19,960	19,96	3,00	1,00	0,00250	4%	0,017	0,80	12,13	0,108	0,029	0,031	0,403	OK
	0 + 19,960 à 5 + 5,000	85,04	3,00	1,20	0,00252	4%	0,017	0,80	12,13	0,291	0,078	0,063	0,483	68,20
	5 + 5,000 à 9 + 12,360	87,36	3,50	1,20	0,00252	4%	0,017	0,80	12,13	0,594	0,160	0,095	0,536	101,40

RUA CARMELA DUTRA - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA CARMELA DUTRA	0 + 0,000 à 10 + 5,460	205,46	3,25	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	2,146	0,578	0,025	0,373	8,86
	10 + 5,460 à 11 + 6,660	21,20	3,25	1,20	0,01484	3%	0,016	0,80	12,13	0,221	0,060	0,124	1,085	OK

RUA AUGUSTO COSTA - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA AUGUSTO COSTA	0 + 0,000 à 2 + 0,000	40,00	4,00	1,50	0,00457	3%	0,016	0,80	12,13	0,804	0,217	0,059	0,578	43,52
	0 + 0,000 à 3 + 0,000	60,00	4,00	1,50	0,00457	3%	0,016	0,80	12,13	0,604	0,163	0,059	0,578	43,52
	3 + 0,000 à 6 + 0,740	60,74	3,50	1,50	0,00457	3%	0,016	0,80	12,13	0,304	0,082	0,041	0,529	30,48
	6 + 0,740 à 14 + 8,390	167,65	3,50	1,50	0,00394	3%	0,016	0,80	12,13	0,838	0,226	0,078	0,588	57,88

RUA SÉRGIO LORETO - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA SÉRGIO LORETO	0 + 0,000 à 0 + 18,780	18,78	4,00	1,50	0,00378	3%	0,016	0,80	12,13	0,094	0,025	0,053	0,526	OK
	0 + 18,780 à 10 + 8,510	189,73	3,50	1,50	0,00499	3%	0,016	0,80	12,13	0,949	0,256	0,088	0,661	65,14

Obs: o valor do **I** na tabela foi calculado de acordo com o estudo hidrológico

LAGOA DO OLINDÃO - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 1	0 + 0,000 à 1 + 3,318	23,32	5,00	1,20	0,01772	3%	0,016	0,80	12,13	0,117	0,031	0,209	1,322	OK
	1 + 3,318 à 8 + 5,756	142,44	5,00	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	0,712	0,192	0,193	0,621	OK

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 2	0 + 0,000 à 4 + 17,000	97,00	5,00	1,20	0,00311	3%	0,016	0,80	12,13	0,388	0,105	0,056	0,495	52,12
	4 + 17,000 à 11 + 12,010	135,01	5,00	1,20	0,00311	3%	0,016	0,80	12,13	0,540	0,146	0,056	0,495	52,12

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 3	0 + 0,000 à 3 + 10,000	70,00	5,00	1,20	0,01250	3%	0,016	0,80	12,13	0,350	0,094	0,113	0,993	OK
	3 + 10,000 à 5 + 0,619	30,62	5,00	1,20	0,06614	3%	0,016	0,80	12,13	0,503	0,136	0,405	2,554	OK
	5 + 0,619 à 6 + 6,251	25,63	5,00	1,20	0,16926	3%	0,016	0,80	12,13	0,128	0,035	0,322	3,430	OK

RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO
RUA PROJETADA 4	0 + 0,000 à 0 + 18,950	18,95	5,00	1,20	0,00869	3%	0,016	0,80	12,13	0,095	0,026	0,179	0,973	OK
	0 + 18,950 à 8 + 5,760	146,81	5,00	1,20	0,00377	3%	0,016	0,80	12,13	0,734	0,198	0,204	0,735	OK

Obs: o valor do **I** na tabela foi calculado de acordo com o estudo hidrológico

LAGOA DO ATOL - ESCOAMENTO SUPERFICIAL															
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO	
RUA PROJETADA 2	0 + 0,000 à 2 + 10,560	50,56	5,00	1,20	0,01772	3%	0,016	0,80	12,13	0,253	0,068	0,255	1,389	OK	
	2 + 10,560 à 3 + 8,930	18,37	5,00	1,20	0,02027	3%	0,016	0,80	12,13	0,092	0,025	0,473	1,704	OK	
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO	
RUA MANOEL SIRINO DA SILVA	0 + 0,000 à 0 + 15,690	15,69	5,00	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	0,078	0,021	0,096	0,522	OK	
	0 + 15,690 à 3 + 5,230	49,54	5,00	1,20	0,00250	3%	0,016	0,80	12,13	0,326	0,088	0,096	0,522	OK	
	3 + 5,230 à 7 + 6,110	80,88	5,00	1,20	0,00666	3%	0,016	0,80	12,13	0,404	0,109	0,271	0,977	OK	
RUA	TRECHO	EXTENSÃO (m)	SEMI PISTA (m)	LARGURA DO PASSEIO (m)	I (m/m)	i (%)	RUG. (n)	C	I (cm/h)	ÁREA (ha)	Q1 (m³/s)	Q2 (m³/s)	V (m/s)	VERIFICAÇÃO	
RUA PROJETADA 3	0 + 0,000 à 1 + 0,660	20,66	5,00	1,20	0,00488	3%	0,016	0,80	12,13	0,103	0,028	0,134	0,729	OK	
	1 + 0,660 à 6 + 1,000	100,34	5,00	1,20	0,00488	3%	0,016	0,80	12,13	0,697	0,188	0,191	0,797	OK	

Obs: o valor do **I** na tabela foi calculado de acordo com o estudo hidrológico

VAZÕES PARA CANALETAS EM JARDIM BRASIL-OLINDA/PE

RUA PROF. ARTUR DE SÁ (LADO ESQUERDO)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
3 + 0,00 a 5 + 5,00	0,40	0,40	0,00252	0,160	1,200	0,133	0,936	0,150	0,80	12,13	0,291	0,078
6 + 5,00 a 9 + 8,850	0,50	0,50	0,00252	0,250	1,500	0,167	1,086	0,271	0,80	12,13	0,594	0,160

RUA PROF. ARTUR DE SÁ (LADO DIREITO)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
5 + 5,00 a 9 + 8,850	0,50	0,50	0,00252	0,250	1,500	0,167	1,086	0,271	0,80	12,13	0,594	0,160

RUA AUGUSTO COSTA	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 2 + 0,00	0,50	0,40	0,00490	0,200	1,300	0,154	1,435	0,287	0,80	12,13	0,804	0,217
2 + 0,00 a 3 + 0,00	0,50	0,40	0,00490	0,200	1,300	0,154	1,435	0,287	0,80	12,13	0,604	0,163
3 + 0,00 a 6 + 0,00	0,40	0,40	0,00490	0,160	1,200	0,133	1,305	0,209	0,80	12,13	0,304	0,082
8 + 9,23 a 14 + 8,39	0,50	0,50	0,00394	0,250	1,500	0,167	1,358	0,339	0,80	12,13	0,838	0,226

RUA PARÁ (LAGOA 2)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 3 + 0,00	0,60	0,60	0,00342	0,360	1,800	0,200	1,429	0,514	0,80	12,13	1,400	0,377
3 + 0,00 a 7 + 0,00	0,60	0,60	0,01209	0,360	1,800	0,200	2,686	0,967	0,80	12,13	0,866	0,233

RUA PROJETADA (LAGOA 2)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
16 + 9,94 a 23 + 2,89	0,70	0,60	0,00253	0,420	1,900	0,221	1,313	0,552	0,80	12,13	1,503	0,405
E16+9,94 (DESTINO FINAL)	0,80	0,60	0,00255	0,480	2,000	0,240	1,393	0,669	0,80	12,13	1,873	0,505

RUA A2 (LAGOA 2)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
18 + 18,00 a 19 + 4,24	0,40	0,50	0,00250	0,200	1,400	0,143	0,976	0,195	0,80	12,13	0,518	0,140
E18+18,00 (DESTINO FINAL)	0,80	0,50	0,00200	0,400	1,800	0,222	1,172	0,469	0,80	12,13	1,314	0,354

RUA PROJETADA 2 (LAGOA DO OLINDÃO)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 5 + 0,000	1,00	0,60	0,00200	0,600	2,200	0,273	1,343	0,806	0,80	12,13	2,638	0,711
5 + 0,00 a 11 + 1,277	0,50	0,50	0,00311	0,250	1,500	0,167	1,206	0,302	0,80	12,13	0,540	0,146

RUA PROJETADA 3 (LAGOA DO OLINDÃO)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
4 + 3,50 a 4 + 15,000	1,00	0,60	0,00240	0,600	2,200	0,273	1,472	0,883	0,80	12,13	3,178	0,857
E5+0,619	0,40	0,40	0,00330	0,160	1,200	0,133	1,071	0,171	0,80	12,13	0,631	0,170

RUA BRASÍLIA - TRECHO 1 (LAGOA DO ATOL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 7 + 7,360	0,60	0,50	0,00250	0,300	1,600	0,188	1,170	0,351	0,80	12,13	0,516	0,139

RUA BRASÍLIA - TRECHO 2 (LAGOA DO ATOL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 9 + 3,700	0,60	0,50	0,00250	0,300	1,600	0,188	1,170	0,351	0,80	12,13	1,159	0,312

RUA BRASÍLIA - DESTINO FINAL (LAGOA DO ATOL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 9 + 3,700	0,60	0,50	0,00250	0,300	1,600	0,188	1,170	0,351	0,80	12,13	1,159	0,312

RUA MANOEL SIRINO DA SILVA (LAGOA DO ATOL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 4 + 0,000	0,80	0,50	0,00250	0,400	1,800	0,222	1,310	0,524	0,80	12,13	1,456	0,392

DESTINO FINAL 1 (LAGOA DO ATOL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
RUA PROJETADA 3	0,80	0,50	0,00250	0,400	1,800	0,222	1,310	0,524	0,80	12,13	1,450	0,391

RUA 5 (LAGOA AZUL) LADO ESQUERDO	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 2 + 0,000	0,40	0,40	0,00228	0,160	1,200	0,133	0,890	0,142	0,80	12,13	0,348	0,094

RUA 5 (LAGOA AZUL) LADO DIREITO	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
0 + 0,00 a 2 + 0,000	0,40	0,40	0,00228	0,160	1,200	0,133	0,890	0,142	0,80	12,13	0,348	0,094

RUA 5 (LAGOA AZUL) DESTINO FINAL	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
E0+0,00	0,60	0,50	0,00200	0,300	1,600	0,188	1,046	0,314	0,80	12,13	0,946	0,255

RUA D (LAGOA AZUL) (DESTINO FINAL)	L(m)	H _{útil} (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
E5+2,74	0,50	0,40	0,00250	0,200	1,300	0,154	1,025	0,205	0,80	12,13	0,568	0,153

4.4 PROJETO DE MACRODRENAGEM

4.4.1 Considerações iniciais

A área em estudo, UE's 6 e 8 – Jardim Brasil, apresenta uma vasta região de planícies e terrenos baixos onde o processo de urbanização ocorreu de forma não racional, sem uma devida preocupação com o aterramento de grandes áreas antes ocupadas por mangues, terrenos de maré e córregos naturais. Assim, aspectos importantes relativos ao escoamento das águas pluviais foram relegados a um segundo plano em troca da urbanização da cidade. Também, em razão desses aterros, executados inclusive sobre as calhas dos canais existentes, com caminhamentos naturais definidos, a extensão dos canais em toda a área é muito pequena para as suas condições fisiográficas, diminuindo a capacidade de absorção das enchentes.

O crescimento urbano acelerado, associado à falta de planejamento e ao descumprimento da legislação vigente da ocupação dos solos tem provocado um excesso de superfícies impermeabilizadas. Assim são reduzidas as áreas de infiltração das águas pluviais aumentando os riscos de erosão e de como alagamentos nos córregos e ruas da cidade.

Os principais problemas do sistema de drenagem urbana são listados a seguir:

- Impermeabilização acentuada do solo, diminuindo a capacidade de infiltração das águas das chuvas e reduzindo o potencial de regulação dos deflúvios de superfície;
- Confinamento e estreitamento da calha de canais, córregos e rios pela ocupação informal sobre terrenos de marés, margens e várzeas naturais;
- Assoreamento causado por lixo e resíduos sólidos lançados em canais e rios;
- O seccionamento e obstrução de jusantes naturais e dispositivos hidráulicas;

- Deficiência do sistema de micro drenagem.

Essas ocorrências, excetuando-se os fenômenos temporais extremos acima das previsões climáticas, podem ser razoavelmente tratadas com a utilização de medidas técnicas de drenagem adequadas. O cálculo das chuvas intensas, Equações e curvas IDF, é de grande importância no dimensionamento dos artefatos hidráulicos a serem utilizados, possibilitando uma maior precisão no cálculo das precipitações futuras e maior economia nos custos das obras projetadas.

4.4.2 Projeto de Macrodrenagem

Objetivando o combate a os constantes alagamentos e situações de inundação, foram executadas investigações da drenagem existente e modelagens para caracterizar a área da problemática. As investigações trataram de vistorias em campo para verificar no local as problemáticas da população. Além disso, foram executados levantamentos topográficos que juntamente com o MDT (Modelo Digital do Terreno) extraído do programa disponibilizado pelo governo, o PE3D (Pernambuco Tridimensional), possibilitaram uma modelagem de ótima qualidade da área em estudo. Para subsidiar o dimensionamento dos canais em estudo, da Rua Altamira e da Rua Pernambuco, e o bueiro na Rua da Redenção, foram feitas as seguintes modelagens:

MODELAGEM 1 (Canal da Rua Altamira)

O canal existente na Rua Altamira, faz a ligação da Lagoa Azul com a Lagoa da Sementeira, sendo o sentido normal do seu escoamento da primeira para a segunda lagoa. Porém, após vistoria e levantamento topográfico realizados pela equipe técnica da Consultora, verificou-se que isso não acontece. O sentido do escoamento dar-se no sentido contrário, ou seja, no contra-fluxo. Através da análise, constatou-se que o canal existente é insuficiente para sua bacia de contribuição, mesmo trabalhando em contra fluxo. Dessa forma, estudamos uma alternativa de torna-lo eficiente, de maneira que não descaracterizasse o sistema existente.

Diante do exposto foi projetado um canal fechado de dimensões 3,50x1,00m (Largura x Altura), que continuará trabalhando no contra fluxo, mas que agora devidamente dimensionado para atender a sua vazão de contribuição para um tempo de retorno de 25 anos.

Vale salientar que este canal trabalhará em contra fluxo garantindo uma retenção da vazão do talvegue principal, trazendo benefícios ao sistema de macrodrenagem pelo fato de reter as águas quando em uma situação de chuvas de pouca intensidade. Além de dar vazão de saída de água no sentido Lagoa Azul para a Lagoa da Sementeira, apenas quando as cotas do contra fluxo do canal forem vencidas. Ressaltamos ainda que mesmo que as cotas do canal em contra fluxo venham a ser superadas, o sistema todo continuará funcionando, pois a Modelagem 2 (Canal projetado na Rua Rio Grande do Sul) funcionará também como expulsório para a Lagoa da Sementeira, conseguindo ter uma maior eficiência na drenagem.

MODELAGEM 2 (Canal da Rua Rio Grande do Sul)

O canal projetado na Rua Rio Grande do Sul, diferente do canal existente na Rua Altamira, caracteriza-se como o principal exutório. E conduzirá as águas pluviais para a Lagoa do Olindão, destino final da drenagem.

Diante do exposto, será projetado um canal fechado de dimensões 5,00x1,00m (Largura x Altura), que funcionará como exutório para a Lagoa da Olindão, devidamente dimensionado para sua vazão de contribuição para um tempo de recorrência de 25 anos.

4.4.3 Considerações finais

Todo o sistema de drenagem foi projetado com o objetivo de combater os constantes alagamentos e problemáticas de inundação. Entretanto, todo o sistema de drenagem projetado só funcionará com a devida manutenção de todo sistema de drenagem da bacia, principalmente a limpeza das Lagoas e dos dispositivos de drenagem existentes, canais, canaletas e galerias. Essas ações deverão ser periódicas e de preferência realizadas antes de períodos chuvosos e depois de uma chuva de máxima intensidade.

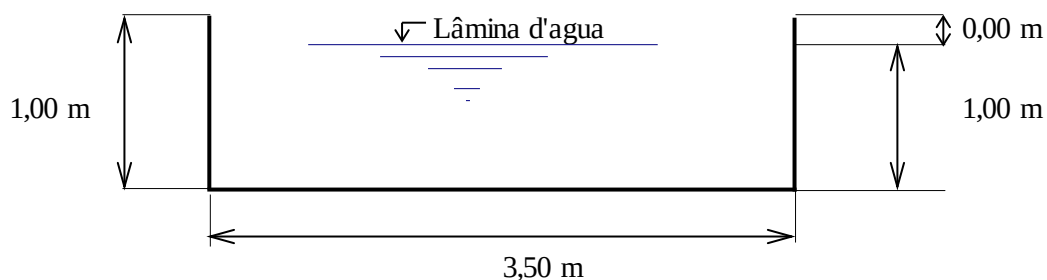
4.4.3 Apresentação dos Resultados

A seguir estão apresentadas as seções tipo dos canais projetados acima descritos ser utilizado nas camadas do pavimento. Bem como o detalhe do meio-fio em concreto com linha d'água utilizado.

CAPACIDADE HIDRÁULICA - CANAL DA RUA ALTAMIRA

1 - SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

Obs.: Seção tipo esquemática



2 - CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Q = vazão máxima admissível	7,40 m³/s
n = coeficiente de rugosidade	0,014 adimensional
A = área molhada	3,5 m²
R = raio hidráulico	0,636 m
I = declividade do dispositivo	0,0016 m/m

3 - CÁLCULO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

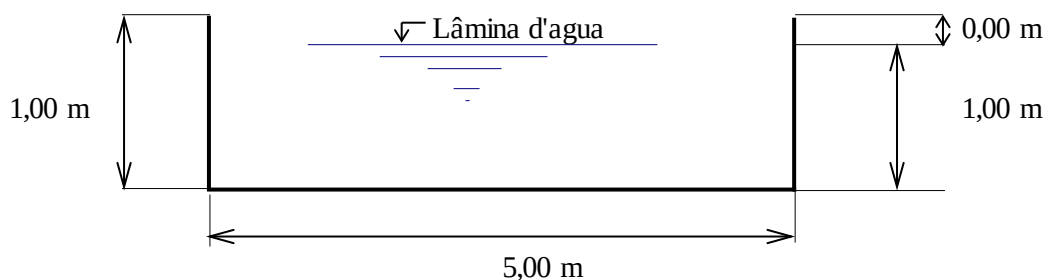
$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

V = Velocidade de escoamento	1,31 m/s
n = coeficiente de rugosidade	0,017 adimensional
R = raio hidráulico	0,636 m
I = declividade do dispositivo	0,0009 m/m

CAPACIDADE HIDRÁULICA - CANAL DA RUA RIO GRANDE DO SUL

1 - SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

Obs.: Seção tipo esquemática



2 - CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Q = vazão máxima admissível	11,50 m³/s
n = coeficiente de rugosidade	0,014 adimensional
A = área molhada	5 m²
R = raio hidráulico	0,714 m
I = declividade do dispositivo	0,0016 m/m

3 - CÁLCULO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

V = Velocidade de escoamento	1,41 m/s
n = coeficiente de rugosidade	0,017 adimensional
R = raio hidráulico	0,714 m
I = declividade do dispositivo	0,0009 m/m

4.5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.4.1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Pavimentação para as vias das UE's 6 e 8, e o sistema viário projetado para as Lagoas que pertencem à mesmas, constitui-se num conjunto de medidas destinadas a recompor a serventia do pavimento para as ruas já pavimentadas e a construção daquelas que se encontram em subleito natural, adaptando-as às condições de tráfego atual e futuro, baseado no plano de hierarquização do sistema de circulação.

O projeto de pavimentação visou estabelecer estruturas de pavimentos capazes de suportar, com economia e segurança, as ações do tráfego em condições de segurança e conforto.

Nas soluções para pavimentos urbanos, foram considerados, entre outros, os seguintes fatores condicionantes:

- Localização geográfica das vias;
- Objetivo do pavimento, se para atender o tráfego geral, o tráfego apenas local, melhoria das condições dos moradores etc.;
- Natureza dos materiais de subleito existentes;
- Custos iniciais dos serviços e problemas de manutenção futura;
- Teto de disponibilidade dos recursos para investimento no projeto;
- Transtorno causado durante a construção aos moradores e usuários das vias;
- Espessuras de rebaixamentos da área da via, durante a construção;

O projeto objetivou minimizar o movimento de terras, elevando-se o corpo estradal apenas o suficiente para garantir as condições adequadas ao funcionamento do sistema de drenagem.

Benefícios proporcionados pelas intervenções:

- Desenvolvimento harmonioso com as ruas próximas;

- Redução dos custos de operação;
- Aumento da vida útil de serviço dos pavimentos;
- Fornecimento de uma superfície de rolamento confortável e,
- Redução dos riscos, quanto à segurança, por meio da melhoria da aderência entre pneus e pavimento.

4.4.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS

4.4.2.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O dimensionamento do pavimento flexível do projeto foi feito pelo método do DNIT, que se baseia no método originalmente proposto pelo Eng.º Murillo Lopes de Souza, com apoio das modificações do Manual de Pavimentação do DNER - 1996.

A sequência rotineira, adotada no dimensionamento pelo método do DNIT, é a seguinte:

- Cálculo do número N;
- Determinação do índice de suporte do subleito;
- Seleção dos tipos de revestimentos e de base, em função dos materiais disponíveis, fixando-se as respectivas espessuras em função de N;
- Cálculo da espessura total do pavimento, baseado nos valores do ISC do subleito e do número N e cálculo da espessura de base mais revestimento a partir do número N e do ISC da camada de sub-base.

O cálculo das espessuras das diversas camadas que compõem a estrutura do pavimento é função do número "N", do CBR do subleito e dos materiais para constituição do pavimento.

Foram definidos os coeficientes de equivalência estrutural para os materiais disponíveis para o emprego nas camadas do pavimento, sendo:

- Revestimento Betuminoso em CBUQ $K_r = 2,0$

- Base granular de BGS KB = 1,0
- Sub-Base em Macadame Hidráulico KSB = 1,0
- Reforço se subleito com material de jazida KRef = 1,0

ESPESSURA MÍNIMA DO REVESTIMENTO

A espessura mínima recomendada para o revestimento betuminoso, em função do número de operação do eixo padrão N de $5,0 \times 10^6$ de projeto é de **5 cm de CBUQ** para a Pista de Rolamento. A espessura total do pavimento é obtida no gráfico de dimensionamento do método, utilizando-se o valor de “N” e CBR de projeto, distinto para cada local estudado.

DIMENSIONAMENTO

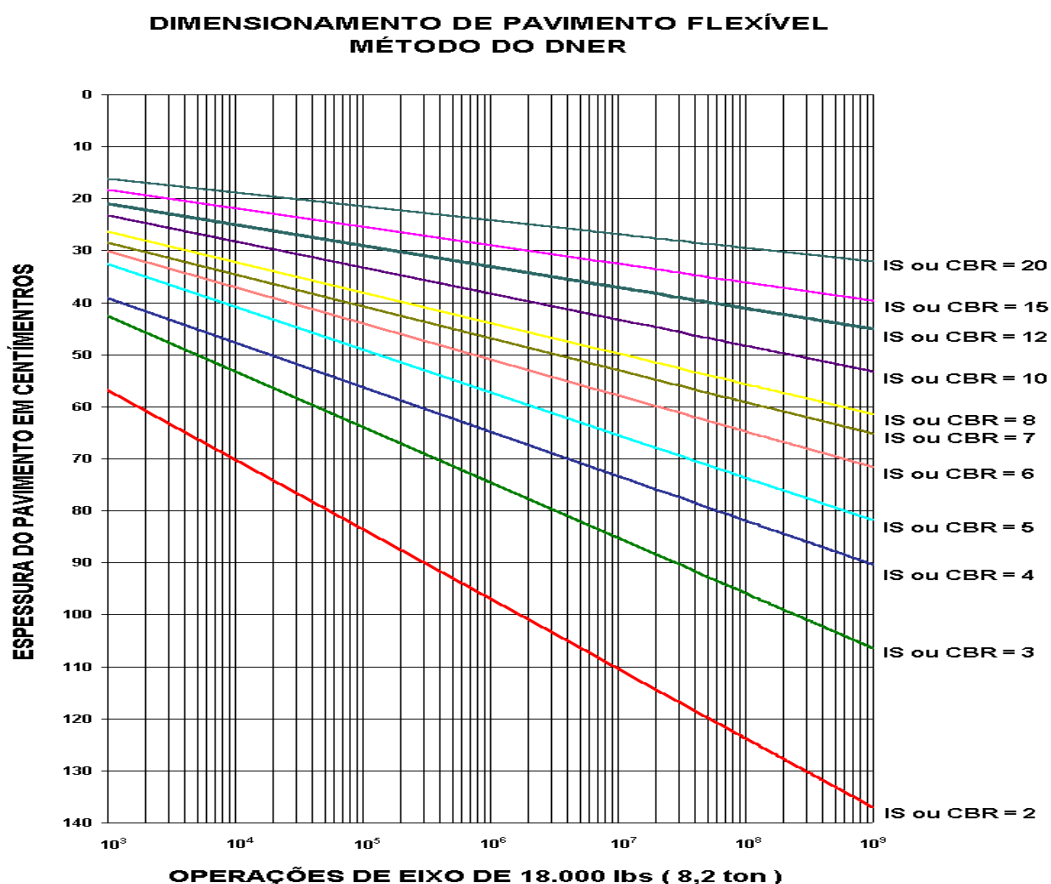


Figura 7 – Manual de Pavimentação do DNIT

$$Ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

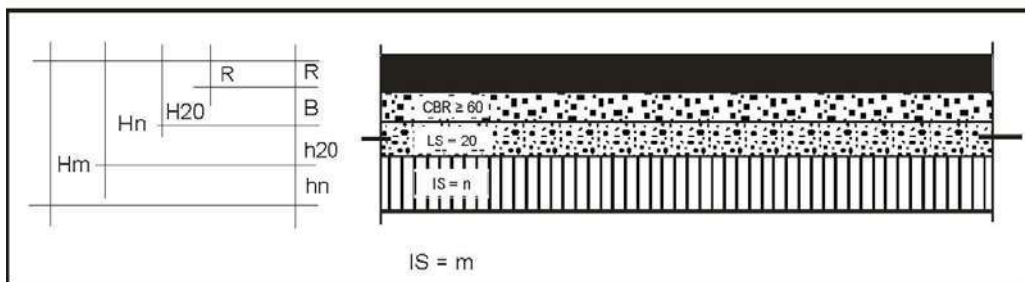


Figura 8 - Dimensionamento do Pavimento

As espessuras das camadas componentes da estrutura são dadas pela resolução das inequações a seguir apresentadas:

- $R \cdot Kr + B \cdot Kb \geq h_{20}$
- $R \cdot Kr + B \cdot Kb + H_{20} \cdot K_{sb} \geq h_n$
- $R \cdot Kr + B \cdot Kb + H_{20} \cdot K_{sb} + H_n \cdot K_{ref} \geq h_m$

Onde:

R, B, H20, Hn = Espessuras das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

KR, KB, KS, Kref = Coeficientes estruturais do revestimento betuminoso, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

Adotando as premissas supracitadas, apresentamos as estruturas de pavimento para a Pista de Rolamento em cada uma das vias e lagoas estudadas, apresentadas em seguida.

- *Revestimento da Pista* – foi concebido em CBUQ, camada única com 5,0cm de espessura, em função do número N.
- *Base* – foi concebida em brita graduada simples, com espessura determinada em função do dimensionamento.
- *Sub-base* – foi concebida em macadame hidráulico, com espessura determinada em função do dimensionamento.

- *Reforço do Subleito* – foi concebida em areia, com espessura determinada em função do dimensionamento.

O cálculo das espessuras das diversas camadas que compõem a estrutura do pavimento é função do número “N”, do CBR do subleito e dos materiais para constituição do pavimento.

Os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais construtivos do pavimento são os seguintes:

- Revestimento betuminoso por penetração $K=2,00$
- Camada granular base $K=1,0$
- Camada granular sub-base $k=0,77$
- Camada granular de reforço do subleito $k=0,70$

Os coeficientes estruturais serão designados genericamente por:

- Revestimento asfáltico K_r
- Base de brita graduada K_b
- Sub-Base macadame hidráulico K_{sb}
- Reforço do subleito em areia K_{ref}

A espessura mínima recomendada para o revestimento em CBUQ, em função do número de operação do eixo padrão “ $N=5,0 \times 10^6$ ” é de 5,00cm, conforme dito anteriormente.

A espessura total do pavimento é obtida no gráfico de dimensionamento do método, utilizando-se o valor de “N” e CBR de projeto. As espessuras das camadas componentes da estrutura são dadas pela resolução das inequações a seguir apresentadas.

- $RK_r + BK_b \geq h_{20}$
- $RK_r + BK_b + SBK_{sb} \geq h_n$
- $RK_r + BK_b + SBK_{sb} + REFK_{ref} \geq h_m$

Onde:

- h_m , h_n e h_{20} são, respectivamente, as espessuras totais de pavimento, em termo de material granular, necessárias para proteger um material com $CBR \geq m\%$, um material com $CBR \geq n\%$ e uma sub-base com $CBR \geq 20\%$;
- R, B e SB são as espessuras do revestimento, base e sub-base.

SISTEMA VIÁRIO DA LAGOA 2 (RUA REDENÇÃO E RUA PARÁ)

RUA SÉRGIO LORETO

Adotando CBR de projeto igual a 8%, tem-se: os valores encontrados para $h_{20} = 23$ cm, $h_{10} = 45$ cm e $h_8 = 48$ cm, substituindo os valores encontrados nas inequações, têm-se:

$$R_{Kr} + B_{Kb} \geq 23\text{cm}$$

$$5,0 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 23 \text{ cm}$$

$$B \geq 13 \text{ cm (adotar 15 cm)}$$

$$R_{Kr} + B_{Kb} + SB_{Ksb} \geq 45\text{cm}$$

$$5,0 \times 2,0 + 15 \times 1,0 + SB \times 1,0 \geq 45 \text{ cm}$$

$$SB \geq 20,00 \text{ cm (adotar 20 cm)}$$

$$R_{Kr} + B_{Kb} + SB_{Ksb} + Ref_{Kref} \geq 48\text{cm}$$

$$5,00 \times 2,0 + 15,00 \times 1,0 + 20,00 \times 1,0 + Ref \times 1,0 \geq 48 \text{ cm}$$

$$Ref \geq 3,00 \text{ cm (adotar 10 cm)}$$

Admitindo-se, pois, que seja possível obter um valor de CBR do subleito igual a 8%, para o material a ser utilizado no dimensionamento das camadas do pavimento:

Revestimento em CBUQ	5,00cm
Base de brita graduada simples (BGS)	15,00cm
Sub-base em macadame hidráulico	20,00cm
<u>Reforço com material de jazida</u>	<u>10,00cm</u>

Espessura Total Real

50,00cm

Solução recomendada: rebaixamento da pista existente em 50,00 cm para execução das camadas do pavimento. Na construção das camadas de pavimento as emendas não deverão ser coincidentes e terão as espessuras já indicadas acima.

SISTEMA VIÁRIO DA LAGOA DO ATOL (RUA BRASÍLIA (TRECHO 2), RUA MANOEL SIRINO DA SILVA E RUAS PROJETADAS 1, 2 E 3)
RUA AUGUSTO COSTA
RUA RIO GRANDE DO SUL

Adotando CBR de projeto igual a 7%, tem-se: os valores encontrados para $h_{20} = 23$ cm, $h_{10} = 45$ cm e $h_7 = 52$ cm, substituindo os valores encontrados nas inequações, têm-se:

$$R_{Kr} + B_{Kb} \geq 23\text{cm}$$

$$5,0 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 23 \text{ cm}$$

$$B \geq 13 \text{ cm (adotar 15 cm)}$$

$$R_{Kr} + B_{Kb} + SB_{Ksb} \geq 45\text{cm}$$

$$5,0 \times 2,0 + 15 \times 1,0 + SB \times 1,0 \geq 45 \text{ cm}$$

$$SB \geq 20,00 \text{ cm (adotar 20 cm)}$$

$$R_{Kr} + B_{Kb} + SB_{Ksb} + Ref_{Kref} \geq 52\text{cm}$$

$$5,00 \times 2,0 + 15,00 \times 1,0 + 20,00 \times 1,0 + Ref \times 1,0 \geq 50 \text{ cm}$$

$$Ref \geq 5,00 \text{ cm (adotar 10 cm)}$$

Admitindo-se, pois, que seja possível obter um valor de CBR do subleito igual a 8%, para o material a ser utilizado no dimensionamento das camadas do pavimento:

Revestimento em CBUQ	5,00cm
Base de brita graduada simples (BGS)	15,00cm
Sub-base em macadame hidráulico	20,00cm

Reforço com material de jazida 15,00cm

Espessura Total Real 55,00cm

Solução recomendada: rebaixamento da pista existente em 55,00 cm para execução das camadas do pavimento. Na construção das camadas de pavimento as emendas não deverão ser coincidentes e terão as espessuras já indicadas acima.

4.4.2.2 PAVIMENTO EM PARLELEPÍEDOS

Introdução

Nas vias em estudo relacionadas a seguir, considerando o tráfego reduzido e sua condição de desenvolver apenas um tráfego local, e ainda os custos de investimento inicial e de manutenção, optou-se por um pavimento com revestimento em paralelepípedos.

Metodologia e Concepção do Projeto

No caso de ruas de tráfego local, com frequência pequena e cargas elevadas ocasionais, o método mais utilizado é o método de CBR, traduzido analiticamente através da fórmula do Engº R. Peltier, conhecida e adotada para o caso de pavimentos semi-rígidos.

O cálculo da espessura do pavimento pela Fórmula do Engº Peltier é dado por:

$$h = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{i + 5}$$

Onde:

h - espessura total do pavimento em cm;

P - carga por roda em toneladas; e

I - CBR da fundação em percentagem.

Considerado para valor de P uma carga por roda de 6 toneladas, que é a adotada para o estabelecimento das chamadas curvas de CBR.

Tem-se, então:

$$h = \frac{100+150\sqrt{6}}{i+5} \qquad h = \frac{467,5}{i+5}$$

A solução adotada para a rua, após análise, com características de suporte dos materiais de subleito e indicações teóricas dos dimensionamentos, foi:

SISTEMA VIÁRIO DA LAGOA 2 (RUA A2, RUA GOIÁS E RUA PROJETADA)

Adotando-se um CBR de projeto igual a 8%, para as camadas inferiores do subleito, tem-se uma espessura mínima de pavimento de:

$$H = 467,50 / (i + 5) = 467,50 / (8 + 5) = 35,96\text{cm (Adotar 38,00cm)}$$

SISTEMA VIÁRIO DA LAGOA AZUL (RUAS PROJETADAS 1, 2, 3, 4 E 5, RUA B E RUA D)

Adotando-se um CBR de projeto igual a 9%, para as camadas inferiores do subleito, tem-se uma espessura mínima de pavimento de:

$$H = 467,50 / (i + 5) = 467,50 / (8 + 5) = 35,960\text{cm (Adotar 38,00cm)}$$

Solução recomendada: rebaixar 38 cm. Colocar 20 cm de sub-base em Brita Braduada Simples (BGS), 12 cm de Base/revestimento com paralelepípedos, assentados sobre uma camada de areia de espessura máxima de 6 cm.

O subleito deve ser regularizado, com retirada ou acréscimo de material, de modo a alcançar as cotas correspondentes à superfície inferior da sub-base.

4.4.2.3 COMENTÁRIOS FINAIS

Nas soluções para pavimentos urbanos, sobretudo em áreas de população de condições econômicas humildes, devem ser considerados, entre outros, os seguintes fatores condicionantes:

- Localização geográfica da rua;
- Objetivo do pavimento, se para atender o tráfego geral, o tráfego apenas local, melhoria das condições dos moradores etc;
- Natureza dos materiais de subleito existentes;
- Custos iniciais dos serviços e problemas de manutenção futura;
- Teto de disponibilidade dos recursos para investimento no projeto;
- Transtorno causado durante a construção aos moradores e usuários da via;
- Espessuras de rebaixamentos do leito da rua.

4.4.2.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Em anexo serão apresentadas as seções tipo pavimentação que serão adotadas nas vias acima relacionadas, com as indicações das espessuras e com o tipo de material a ser utilizado nas camadas do pavimento. Bem como o detalhe do meio-fio em concreto com linha d'água utilizado.

5 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

5.1 SERVIÇOS PRELIMINARES

Conjunto de operações que serão desenvolvidas com a finalidade de preparar o local no qual serão executados todos os serviços previstos no projeto, tendo como objetivo remover da faixa onde será implantado o corpo estradal: árvores, arbustos, tocos, raízes, solo orgânico, entulhos ou qualquer obstrução natural ou artificial.

5.2 TERRAPLENAGEM

CORTES

A execução de cortes compreenderá a escavação e remoção do material dentro dos limites da faixa de construção, de acordo com o alinhamento, greide e seção transversal estabelecidos no projeto.

O material escavado dos cortes será aplicado na execução dos aterros e a sua distribuição será feita de acordo com o diagrama de transportes aprovado pela fiscalização.

A execução de bota-fora somente será permitida com ordem expressa da fiscalização, que fixará, inclusive, a sua localização.

OBS.: Preferencialmente o bota-fora será utilizado para reduzir a inclinação do talude do aterro, ou alargamento da plataforma, quando isso for possível.

Se durante a execução de cortes, for localizado material que possa ter aplicação especial, poderá o mesmo, a critério de a fiscalização ser estocado em separado para aplicação oportunamente em local adequado.

Ao longo das ruas, os cortes em rochas ou de material que não apresentar boa capacidade de suporte serão escavados no mínimo 0,30 m abaixo da cota do "greide" do projeto e reaterrados com material selecionado. Ficará a critério da fiscalização a fixação do rebaixo para cada caso específico.

Os taludes dos cortes terão a inclinação indicada no projeto e serão cuidadosamente

acabados.

Os taludes de corte em rocha variarão com a sua natureza e o seu grau de decomposição, a critério da fiscalização.

Cuidados especiais serão tomados para a remoção de blocos de rocha soltos ou fraturados que possam no futuro precipitar-se sobre a área onde serão construídas as habitações. Não será permitido o depósito de blocos numa faixa de 2,0 m de largura ao longo da crista dos cortes.

Na execução de cortes de grande altura ou em material instável, os taludes serão executados, conforme projeto ou por indicação da fiscalização, em degraus cujas dimensões possibilitem sua execução mecanizada.

Na execução dos cortes utilizando escavação mecanizada, deverão ser utilizados os seguintes equipamentos rodoviários:

Escavação em jazida:

- Trator de esteira com lamina
- Carregadeira frontal.

Escavação em terreno para edificações, construções, etc.

- Trator de esteira;
- Moto niveladora;
- Carregadeira frontal;
- Retroescavadeiras.

Escavação em terrenos moles.

- Trator de esteira (quando possível);
- Retroescavadeira;
- Escavadeira com Dragline.

Os materiais de escavação dividem-se em três categorias:

Materiais de 1ª. Categoria

Compreendem solos em geral, residual ou sedimentar, piçarra ou argila, rocha em

adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 metros, qualquer que seja o teor de umidade que apresentem compatíveis com a utilização de "bulldozer", "scraper" rebocado ou motorizado.

Materiais de 2ª. Categoria

Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente. A extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Estão incluídos nesta classificação os blocos de rocha, de volume inferior a 2m³ e os matações ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15m e 1,00 m.

Materiais de 3ª. Categoria

Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à da rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m ou de volume igual ou superior a 2m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem somente com o emprego contínuo de explosivos.

Durante as escavações, faz-se necessário observar a manutenção dos taludes, devendo haver coerência entre a inclinação e o material do talude, através da classificação HRB, ou seja:

- Solos A – 1 e A – 2, inclinação 1:2 (50%) - revestir
- Solos A – 3 (areia) não pode ser executado.
- Solos A – 4 e A – 5, inclinação 1:1 (100%), proteger com grama e valetas
- Solos A – 6 e A – 7, inclinação 2:3 (66,6%), proteger com grama e valetas.

Esta tabela só é aplicada quando o material for homogêneo. Quando houver heterogeneidade a firma deverá fazer ensaios e estudos prevendo uma solução de estabilidade do talude e apresentando a fiscalização esta solução, para aprovação e previsão de recursos.

Fica obrigatório o uso de topografia antes de quaisquer escavações com volume superior a 50,00 m³. A escavação em terreno de solo-mole poderá exigir que sejam abertos canais

para facilitar drenagem, caso exista água em abundância, sendo necessário para isto, ter-se o levantamento topográfico da região para se poder traçar a localização exata dos canais.

O material escavado poderá ou não ser aproveitado com adubo vegetal no plantio de grama, devendo a fiscalização determinar a localização do bota-fora ou do pátio de estocagem.

OBS.: Poderá estar incluso na operação de escavação, a operação de carga do material, que consiste na colocação deste material para unidade transportadora.

A operação de escavação só estará completa com a retirada do excedente de material ou aplicação do mesmo em outra atividade.

Na operação de escavação com o uso múltiplo de trator de esteira/motoscrapers, não haverá alteração nos preços.

Na operação de escavação e carga poderá ser utilizado também um ou mais equipamentos, não implicando na alteração do preço.

ATERRO

A execução dos aterros compreenderá a homogeneização dos materiais provenientes dos cortes e empréstimos, sua aeração ou umedecimento e sua compactação, em obediência às especificações e aos alinhamentos, "greide" e seção transversal no projeto.

Antes de se proceder a colocação do material de aterro, as operações de limpeza e destocamento deverão ter sido realizadas.

A fiscalização deverá determinar as providências a serem adotadas, quando for constatada a insuficiência de capacidade de suporte para o aterro ou a necessidade de drenagem prévia.

Preparada a superfície do terreno que irá receber o aterro, será o mesmo executado em camadas horizontais de 0,20 m, (em toda largura permitida pela topografia). Durante a execução do aterro, o equipamento escavo-transportador e de espalhamento deverá operar em toda largura da camada.

Após o espalhamento, cada camada de 0,20 m de aterro, será umedecida ou aerada e

rigorosamente compactada.

Durante todas as fases de execução do aterro, os serviços devem ser conduzidos de modo a permitir o rápido escoamento das águas da superfície das áreas, na eventualidade de chuvas.

Não serão usados em aterros solos orgânicos, micáceos, ou excessivamente expansivos, bem como, outros tipos de solo julgados inadequados, pela fiscalização.

Serão removidos do aterro, raízes, troncos e tocos, indevidamente transportados, bem como qualquer material condenado pela fiscalização, com ônus exclusivo da Empreiteira. Excepcionalmente, a fiscalização poderá permitir no aterro o emprego de blocos de rochas, com dimensão inferior a 0,50m de diâmetro.

Os blocos de rocha deverão ser distribuídos dentro da massa do aterro, de modo a que os espaços entre eles existentes sejam preenchidos com materiais finos, formando uma massa densa e compacta.

As camadas em rochas devem ser intercaladas com uma de material seletivo devidamente compactado.

Quando o aterro a ser realizado se sobrepõe a outro já existente, deverá este ter a sua superfície escarificada e os seus taludes recortados em degraus, de modo a assegurar uma perfeita aderência do material a ser colocado ao aterro existente.

A largura destes degraus deverá ser estabelecida de modo a permitir sua execução mecanizada.

Se o aterro for executado sobre uma meia encosta íngreme, deverão ser escavados sobre a mesma, degraus em largura e em número suficiente para assegurar a estabilidade do aterro. As dimensões e o espaçamento destes degraus, quando não constantes do projeto, serão estabelecidos pela fiscalização de modo a permitir a operação dos equipamentos de construção e compactação.

Os últimos 0,60m do aterro serão executados com material selecionado, aprovado pela fiscalização. Deverão ser empregados solos previamente estudados.

ABERTURA DE EMPRÉSTIMOS

A abertura de empréstimos será realizada, quando houver deficiência de material de corte para a constituição dos aterros ou para obtenção de material selecionado.

A abertura de empréstimos somente será efetuada com autorização expressa da fiscalização, que providenciará previamente o seu levantamento topográfico para efeito de medição.

OBS.: Na abertura de empréstimos serão realizados serviços de limpeza e destocamento em área a ser estabelecida pela fiscalização.

Os empréstimos serão, sempre que possíveis executados mediante redução de inclinações dos taludes dos cortes ou do "greide" e alargamento dos cortes.

Cuidados especiais serão tomados com a inclinação e acabamento dos taludes dos empréstimos, de modo a se evitar o início do processo de erosão de solos na região.

Os empréstimos terão forma regular e serão acabados de modo a permitir uma apurada medição do volume da escavação realizada.

O material escavado nos empréstimos terá classificação única (1ª. categoria).

COMPACTAÇÃO

Compactação é um serviço de importância vital para todas as atividades de Engenharia de solos, devendo assim ser executada, mesmo como serviço complementar, com atenção e controle.

A superfície de cada camada deverá ser regularizada com motoniveladora, antes do início da compactação.

A compactação será iniciada dos bordos para o eixo, devendo cada passagem do rolo compactador recobrir, pelo menos, metade da passagem anterior e prosseguirá até que se obtenha a percentagem mínima de compactação especificada.

A percentagem mínima de compactação a ser obtida variará de acordo com a natureza do material, terá os valores abaixo indicados e será referida à densidade máxima fornecida pelo ensaio AASHTO intermediário.

Percentagem Mín.de Compactação a ser obtida	Natureza do Material
% da Densi. Máxima AASHTO Intermediário	Índice de Plasticidade
100 %	6 no máximo
95 %	de 6 a 15
90 %	15 no mínimo

A compactação dos aterros junto às obras d'arte será feita por meio de compactadores especiais do tipo sapo ou vibro-compactadores.

O equipamento de compactação variará de acordo com a natureza do material. O tipo e a quantidade de equipamento serão fixados no Edital, devendo em princípio, haver um rolo operando continuamente para cada 150 m³ de produção horária do equipamento escavo-transportador.

Os aterros em geral deverão ser executados em conformidade com as seguintes sequências:

- Todo empréstimo deve ser ensaiado com indicação do proctor realizado e local onde foi retirada a amostra.
- Em terraplenagem, estes ensaios devem ser feitos constantemente em função de cada aterro e cada material.
- As camadas a partir de 2,00 m deverão ser rigorosamente compactadas e controladas por densidade "in-situ"
- Não será aceito nenhum resultado isolado abaixo de 95% do proctor indicado e a média deve ser superior a 98%.
- No caso de proctor normal, todos os furos devem ser superiores a 97%.
- As camadas abaixo de 2,00 m deverão ser compactadas com controle de

densidade "in-situ" - sem interrupção dos trabalhos e em sequências indicadas pela fiscalização.

g) Não será permitido o uso de materiais para aterro, no último metro, cuja classificação na HRB seja A-7, ou que sua expansibilidade seja superior a 3%. Nestes casos devem ser consultados os técnicos responsáveis ou fiscalização e dada a solução em função da natureza do uso de aterro.

Os materiais considerados imprestáveis para aterro deverão ser colocados em praças e áreas onde não haverá nem pavimentação, nem construção.

h) Os aterros deverão ser compactados com equipamentos adequados e em casos especiais obedecendo à indicação do projeto.

i) Os itens de barragens, lagoas, cais e aterros, cuja presença d'água venha a ser uma constante, serão exigidos um mínimo de 25 golpes para união das camadas e que todas as camadas mesmo acima de 1,00 m sejam controladas rigorosamente.

j) Toda superfície quando possível deverá ser regularizada antes de qualquer aterro e na união de aterros escarificados e compactada.

k) Todo material indesejável ao corpo do aterro deverá ser removido. Será permitido o uso de rochas, desde que não prejudique a compactação e tenha diâmetro máximo de 0,50 m. No espaço entre as rochas deverá ter uma ou duas camadas de material homogêneo de aterro devidamente compactado.

l) A princípio não será permitido aterro em meia encosta. Os casos especiais receberão especificação particular.

m) Em todos os casos o material deverá ser aerado ou umedecido, regularizado, escarificado se necessário, gradeado e compactado, ficando a superfície com escoamento provisório a fim de evitar poças d'água prejudiciais a compactação no caso de chuvas.

n) Em todos os casos não será permitida execução parcial de mais de uma camada em cada plano de aterro, devendo a distribuição de material ser total em cada plano, permitindo homogeneidade a distribuição das camadas.

CONTROLE TECNOLÓGICO

Densidade "in-situ" para unificação do grau de compactação que deverá estar indicado no projeto.

Para jazidas ensaios de:

- Compactação;
- Granulometria;
- Limites de Atterberg;
- Sedimentação, quando solicitado e necessário.

ATENÇÃO: Cada mudança de material deve ter um novo ensaio. Em caso de empréstimo, além dos ensaios anteriores, deve-se solicitar o de expansibilidade. Sondagem após o aterro executado. Casos particulares deverão obedecer ao projeto específico.

TRANSPORTE

O transporte de terra poderá ser feito de diversas maneiras e veículos. Assim o próprio equipamento que escava poderá transportar o material.

O transporte de material divide-se em:

- **Manual:** Carros de mão, baldes, padiolas, etc. Na sua maioria estes itens estarão inclusos nos serviços principais, a não ser quando houver indicação específica para tal.
- **Mecânico:** Será feito por caminhões, caçambas, “dumper”, “motoscrapers”, etc.

5.3 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ

5.4.1 REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO

Regularização é a operação destinada a conformar o leito, da via, quando necessário, transversal e longitudinalmente, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura. O que exceder de 20 cm será considerado como terraplenagem. Será executada de acordo com os perfis transversais e longitudinais indicados no projeto. A regularização é uma operação que será executada prévia e isoladamente da construção de outra camada do pavimento.

MATERIAIS:

Os materiais empregados na regularização do subleito serão os do próprio subleito. No caso de substituição ou adição de material, estes deverão ser provenientes de ocorrências de materiais indicadas no projeto; ter um diâmetro máximo de partícula igual ou inferior a 76 mm; um índice de suporte Califórnia, determinado com a energia do método DNER-ME 47-64, igual ou superior ao do material considerado, no dimensionamento do pavimento, como representativo do trecho em causa; e expansão inferior a 2%.

EQUIPAMENTOS:

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução da regularização:

- Motoniveladora pesada com escarificador;
- Carro tanque distribuidor de água;
- Rolos compactadores tipos pé-de-carneiro, liso-vibratório e pneumático;
- Grade de discos;
- Pulvimisturador.

Os equipamentos de compactação e mistura serão escolhidos de acordo com o tipo de material empregado.

CONTROLE GEOMÉTRICO:

Após a execução da regularização, proceder-se-á à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- 3 cm, em relação às cotas do projeto;
- 10 cm, quanto à largura da plataforma;

5.4.2 SUB-BASE EM MACADAME HIDRÁULICO

Trata-se de uma camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos (pedra, seixo rolado, cascalho, britado) com diâmetro variável de 4 pol a 1/2 pol (101,6mm a 12,7mm) compactadas e com suas partículas firmemente entrosadas uma as outras e com os vazios preenchidos por material de enchimento aglutinados com água.

CONDIÇÕES GERAIS

Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Material

Os materiais constituintes da camada de base de macadame hidráulico são agregados minerais (agregado graúdo, agregado de enchimento, agregado da camada de bloqueio), e devem satisfazer esta Norma.

1-Agregado Graúdo

O agregado graúdo constituído por pedra britada, pedregulho ou cascalho, britados, quando submetido aos ensaios de:

Granulometria do Agregado (DNER-ME 083)

Ensaio de Durabilidade (DNER-ME 089)

Ensaio Los Angeles (DNER-ME 035)

Devem apresentar as seguintes condições:

- a) a granulometria do agregado graúdo deve satisfazer às seguintes faixas com as

respectivas tolerâncias:

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO			
pol.	mm	A	B	C	Tolerâncias da Faixa de Projeto
4	101,6	100	-	-	± 7
3 1/2	88,9	90-100	-	-	± 7
3	76,2	-	100	-	± 7
2 1/2	63,5	25-60	90-100	100	± 7
2	50,8	-	35-70	90-100	± 7
1 1/2	38,1	0-15	0-15	35-70	± 7
1	25,4	-	-	0-15	± 7
3/4	19,1	0-5	0-5	-	± 7
1/2	12,7	-	-	0-5	± 7
Espessura Máxima das Camadas		25cm	20cm	20cm	± 10%

O agregado gráudo deverá ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais.

b) apresentar uma perda máxima de 20% no ensaio de durabilidade com sulfato de sódio e de 30% com sulfato de magnésio;

c) desgaste Los Angeles inferior a 50%; admitindo-se valores maiores no caso de em utilização anterior terem apresentado desempenho satisfatório;

d) o pedregulho ou o cascalho britado devem apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.

2-Agregado para Enchimento

a) o agregado para enchimento constituído pelos finos, resultados da britagem (pó de pedra) ou por materiais naturais beneficiados ou não, quando submetido aos ensaios de:

Granulometria Solos (DNER-ME 080)

Ensaio de Limite Liquidez (DNER-ME 122)

Ensaio de Limite Plasticidade (DNER-ME 082)

Equivalente de Areia (DNER-ME 054)

Deve satisfazer as condições seguintes:

a) a granulometria do agregado para enchimento deve satisfazer às seguintes faixas com às respectivas tolerâncias:

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO		
Pol.	mm	A	B	Tolerâncias da Faixa de Projeto
3/4	19,1	100	-	± 7
1/2	12,7	85-100	-	± 7
3/4	9,5	-	100	± 7
Nº 4	4,8	-	85-100	± 5
Nº 10	2,0	55-70	65-83	± 5
Nº 40	0,42	30-50	35-50	± 3

b) a fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar um limite de liquidez inferior ou igual a 25% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 6%;

c) o equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

3-Agregado da Camada de Bloqueio

O agregado da camada de bloqueio quando submetido aos ensaios de:

Granulometria de Solos (DNER-ME 080)

Ensaio Limite de Liquidez (DNER-ME 122)

Ensaio Limite de Plasticidade (DNER-ME 082)

Equivalente de Areia (DNER-ME 054)

Deve satisfazer às seguintes condições:

a) a granulometria do agregado da camada de bloqueio deve satisfazer às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO		
Pol.	mm	A	B	Tolerâncias da Faixa de projeto
3/4"	19,1	100	-	± 7
1/2"	12,7	80-100	-	± 7
3/8"	9,5	70-100	-	± 7
Nº 4	4,8	45-100	100	± 5
Nº 10	2,0	25-65	55-100	± 5
Nº 40	0,42	10-30	25-100	± 3
Nº 200	0,74	0-8	0-12	± 2
Espessura Mínima da Camada		4cm	4cm	± 1cm

b) o índice de plasticidade da fração que passa na peneira nº 40 deve ser inferior a 6%;

c) o equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

Equipamento

São indicados os seguintes:

- a) distribuidores de agregados rebocáveis ou automáticos possuindo dispositivos que permitam um espalhamento homogêneo da quantidade de material desejado;
- b) motoniveladora pesada;
- c) rolos compressores do tipo liso de três rodas ou tandem de 10t a 12t ou liso vibratório e rolos de pneus pesados de pressão variável;
- d) carro tanque distribuidor de água com capacidade adequada devidamente equipado;
- e) equipamentos auxiliares compostos de vassouras mecânicas, soquetes mecânicos, pequenas ferramentas, vassourões, etc.

Execução

1-Camada de Bloqueio

Sempre que o material da camada subjacente tiver mais de 35 % em peso passando na peneira nº 200, deverá ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda a largura da plataforma compreendendo pista e acostamento, com a espessura mínima de $4\text{cm} \pm 1\text{cm}$.

2-Acostamentos

Quando a base de macadame hidráulico não for construída em toda a largura da plataforma, deverá ser prevista nos acostamentos a confecção de uma camada com permeabilidade igual ou maior que a base ou então a construção de drenos sub-superficiais que assegurem a drenagem da mesma.

3-Base

- a) não será permitida a abertura de caixa no subleito para execução da base de macadame hidráulico;
- b) o agregado graúdo será espalhado em uma camada de espessura uniforme, solta e disposta de modo a obter-se a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados. O espalhamento deverá ser feito evitando a segregação das partículas de agregado;
- c) no caso de construção de meia pista, será obrigatório o uso de fôrmas ao longo do eixo da estrada, para contenção da camada de base;
- d) no caso da construção em duas etapas, a linha de junção das duas meias-pistas inferiores não deverá coincidir com a das duas meias-pistas superiores;
- e) não será permitida a descarga do agregado em pilhas ou cordões, devendo o espalhamento ser feito diretamente através do equipamento espalhador, em espessura a mais uniforme possível, seguido de acerto definitivo com a motoniveladora, quando necessário;
- f) depois do espalhamento e acerto do agregado graúdo, será feita a verificação do greide longitudinal e seção transversal com cordéis, gabarito etc., sendo então, corrigidos os pontos com excesso ou deficiência de material; nesta operação deverá ser usada brita com a mesma granulometria da usada na camada em execução, sendo vedado o uso da brita miúda para tal fim;
- g) os fragmentos alongados, lamelares, ou de tamanhos excessivos, visíveis na superfície do agregado espalhado, deverão ser removidos;
- h) a compressão inicial deverá ser feita de modo que a roda dos rolos se apoiem, igualmente, na base e no acostamento quando esta for construída junto com o acostamento. Em qualquer faixa, esta passagem deve ser feita em marcha-ré e a

velocidade reduzida (1,8 a 2,4 km/h), devendo também, as manobras do rolo serem realizadas fora da base em compressão. Nos trechos em tangente, a compressão deve partir, sempre dos bordos para o eixo e, nas curvas, do bordo interno para o bordo externo. No caso de fôrmas para contenção lateral da camada de base estas deverão ser fixadas para superar os esforços do equipamento de compressão sem se deformarem;

i) em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anteriormente comprimida deve ser recoberta de, pelo menos, metade da largura da roda do rolo;

j) após obter-se a cobertura completa da área em compressão deverá ser feita nova verificação do greide longitudinal e seção transversal, efetuando-se as correções necessárias;

k) a operação de compressão deverá prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado graúdo, o que poderá ocorrer com duas ou três coberturas completas;

l) o material de enchimento deverá ser, a seguir, espalhado em camadas finas, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido;

p. 07/10

m) a aplicação do material de enchimento deverá ser feita em camadas sucessivas, durante o que se deve continuar a compressão e forçar a sua penetração nos vazios do agregado graúdo por meio de vassouras manuais ou mecânicas;

n) quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, deverá ser dado o início a irrigação da base, ao mesmo tempo que se espalha mais material de enchimento e se prossegue com as operações de compressão;

o) a irrigação e aplicação do material de enchimento deverão prosseguir até que se forme na frente do rolo uma pasta de material de enchimento e água;

p) será dada como terminada a compressão quando desaparecem as ondulações na frente do rolo e a base se apresentar completamente firme;

q) quando a construção da base de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deverá estar completamente seca antes de iniciar-se a execução da segunda;

r) terminada a construção da base de macadame hidráulico deve-se deixá-la secar, antes de entregá-la ao tráfego, ocasião em que será recoberta com um pouco de material de enchimento, recobrimento este que deve ser mantido durante todo o tempo em que a base estiver exposta ao tráfego, com novos acréscimos quando necessários, durante um período de 7 a 15 dias, antes da execução do revestimento. O período citado terá por finalidade revelar pontos fracos da base que deverão ser corrigidos antes da execução do revestimento.

MANEJO AMBIENTAL

Observar os seguintes cuidados visando a preservação do meio ambiente no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base de macadame hidráulico:

1 Na Exploração das Ocorrências de Materiais

1.1 Atender às recomendações preconizadas na DNER-ES 281/97 e DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

1.2 Adotar os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

1.2.1 Apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da obra.

1.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

1.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada

de todos os materiais e equipamentos.

1.2.4 Impedir queimadas como forma de desmatamento.

1.2.5 Seguir as recomendações da DNER-ES 279/97, na implantação das estradas de acesso.

1.2.6 Construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

1.2.7 Exigir documentação atestando à regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso a brita seja fornecida por terceiros.

2 Na Execução

2.1 Os cuidados para a preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

2.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

2.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

3 Inspeção

3.1 Controle da Qualidade do material

Todo o material utilizado na confecção do macadame hidráulico deverá ser verificado antes do seu espalhamento e ou a aplicação na pista. Assim sendo, deverão ser realizadas verificações de qualidade para os materiais da camada de bloqueio, do

agregado graúdo e do material de enchimento na sua origem, com amostras coletadas de uma maneira aleatória.

3.2 Camada de Bloqueio

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia conforme especificado em 5.1.3.

3.3 Agregado Graúdo

Ensaio de granulometria, ensaio de durabilidade e ensaio de abrasão Los Angeles conforme especificado em 5.1.1. Os ensaios de durabilidade e de abrasão Los Angeles só serão realizados quando houver variação aparente ou dúvidas verificadas no decorrer dos serviços, sobre os valores adotados para definição da qualidade do agregado.

3.4 Agregado para Enchimento

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia conforme especificado em 5.1.2.

4 Controle da Execução

4.1 Verificações Visuais da Compressão

A compressão da base de macadame hidráulico é verificada visualmente através dos seguintes expedientes:

- a) uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não, de sulco ou ondulação antes da colocação do material de enchimento;
- b) uma verificação de enchimento dos vazios, após concluídos os serviços com material seco, com irrigação pela constatação de uma pequena onda à frente do rolo, quando este se desloca sobre a base;

c) uma verificação da compactação final, pela colocação à frente do rolo compressor de uma pedra de tamanho razoável, constatando o esmagamento da mesma pelo rolo sem penetrar na base.

4.2 Verificação Adicional da Compressão Através de Medidas de Deflexão

Após o término da compressão poderão também ser efetuada medidas de deflexão sobre a base ainda úmida dos segmentos concluídos (DNER-ME 24) em locais aleatórios. Os valores medidos e analisados estatisticamente deverão ser aqueles definidos pelo projeto para o topo da camada.

O número mínimo de medidas nos segmentos compactados será definido pelo Executante em função de risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a “Tabela de Amostragem Variável” apresentada a seguir:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
	5	1	6	1	5	1	6	3	1	0	8	6	4	1
□	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5	5	0	5	9	5	0	8	6	5	4	3	2	1
n = n° de amostras k = Coeficiente multiplicador □ = risco do Executante														

4.3 Verificação Final da Qualidade

4.3.1 Controle Geométrico

Após a execução da base de macadame hidráulico, procede-se à recolocação e nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

± 10cm, quanto à largura da plataforma;
até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
± 10%, quanto a espessura do projeto da camada.

4.4 Aceitação e Rejeição

4.4.1 Os ensaios de caracterização, equivalente de areia e de granulometria do item 7.1 deverão estar de acordo com as respectivas especificações do item 5.1, com as respectivas tolerâncias.

4.4.2 Deverão ser verificadas as condições visuais de compactação do subitem 7.2.1, alíneas (a), (b) e (c).

p. 10/10

4.4.3 A análise dos resultados de controle do material de execução deverá atender ao seguinte:

a) Para os ensaios de Granulometria de agregado graúdo, camada de bloqueio e agregado de enchimento em que são especificadas uma faixa de valores mínimos e máximos com as respectivas tolerâncias, deve-se verificar o seguinte:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + K_s > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$ rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo de projeto}$ e $\bar{X} + K_s \leq \text{valor máximo do projeto} \Rightarrow$ aceita-se o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

$\bar{X}$ - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

b) Para os ensaios de equivalente de areia, e de determinação em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

c) Para os ensaios de Limite de Liquidez, Índice de Plasticidade em que é especificado um valor máximo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

$\bar{X} - k_s > \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

4.4.4 Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

4.4.5 Os resultados do controle devem ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

1 A camada de base de macadame hidráulico será medida em metro cúbico de material compactado na pista e segundo a seção transversal do projeto, incluindo mão de obra, encargos, equipamentos, as operações de limpeza e expurgo das ocorrências de

materiais, escavação, transporte, compra de materiais, espalhamento, umedecimento, compressão e acabamento na pista.

2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, serão consideradas a espessura e largura médias calculadas de acordo com o item 7.3 - Controle Geométrico.

3 Quando a espessura e largura média forem inferiores à espessura e largura do projeto, será considerado o valor das mesmas e, quando estas forem superiores à espessura do projeto, serão consideradas a espessura e largura do projeto.

5.4.3 BASE EM BRITA GRADUADA SIMPLES

A brita graduada é uma camada de base, composta por mistura em usina de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua, cuja estabilização é obtida pela ação mecânica do equipamento de compactação.

MATERIAIS:

a) Agregados

Os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã, devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais.

Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89/94, os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:

Agregados graúdos = 12%

Agregados miúdos = 15%

Para o agregado retido na peneira nº 10 a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 50%.

Brita Graduada

A composição granulométrica da brita graduada deve estar enquadrada em uma das seguintes faixas:

PENEIRAS	PERCENTAGEM PASSANDO, EM PESO		
	FAIXAS		
Pol.	Faixa I	Faixa II	Faixa III
2"	100	-	-
1 ½"	90-100	100	100
1"	-	-	77-100
¾"	50-85	60-95	66-88
3/8"	35-65	40-75	46-71
nº 4	25-45	25-60	30-56
nº 10	18-35	15-45	20-44
nº 40	8-22	8-25	8-25
nº 200	3-9	2-10	5-10

A percentagem de material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar a 2/3 da percentagem que passa na peneira nº 40. Para camadas de base a percentagem passante na peneira nº 40 não deve ser inferior a 12%. A diferença entre as percentagens passantes nas peneiras nº 4 e nº 40 deve estar compreendida entre 20 e 30%. A fração passante na peneira nº 4 deve apresentar o equivalente de areia, determinado pelo método DNER-ME 54/97, superior a 40%. A percentagem de grãos de forma defeituosa, obtida no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução, não deve ser superior a 20%. O índice de suporte Califórnia, obtido através do ensaio DNER-ME 49/94, com a energia modificada, não deve ser inferior a 100%.

EQUIPAMENTOS:

Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pela fiscalização. Os seguintes equipamentos são utilizados para a execução de camadas de brita graduada.

Instalação de britagem: adequadamente projetada de forma a produzir as frações que permitam a obtenção da granulometria pretendida para a brita graduada, atendendo aos cronogramas previstos para a obra.

- Pá-carregadeira.
- Central de mistura dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo “pugmill”.
- Caminhões basculantes.
- Caminhão-tanque irrigador.
- Motoniveladora pesada.
- Distribuidor de agregados autopropulsionado.
- Rolos compactadores do tipo liso vibratório.
- Rolos compactadores de pneumáticos de pressão regulável.
- Compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.
- Ferramentas manuais diversas.

EXECUÇÃO:

A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante. A superfície que receber a camada de base de brita graduada deve apresentar-se desempenada e limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à distribuição da brita graduada.

A rocha a ser extraída da pedreira indicada é previamente britada e classificada em frações, a serem definidas em função da granulometria objetivada para a mistura. A central de mistura deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura. As frações obtidas, acumuladas nos silos da central de mistura, são combinadas no misturador, acrescentando-se ainda a água necessária à condução da mistura de agregados à respectiva umidade ótima, mais o acréscimo destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subsequentes. Deve ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a

interrupção da produção.

A brita graduada produzida na central é descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista. Não é permitida a estocagem do material usinado. Não permitido o transporte para a pista quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhado, não sendo capaz de suportar sem se deformar a movimentação do equipamento.

A distribuição da mistura sobre a camada anterior é realizada com distribuidor de agregados capaz de distribuir a brita graduada em espessura uniforme, sem produzir segregação. A distribuição da mistura deve ser procedida de forma a evitar conformação adicional da camada. É vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material.

A espessura da camada individual acabada deve situar-se no intervalo de 0,10 a 0,17m no máximo. Quando se desejar camadas de maior espessura os serviços devem ser executados em mais de uma camada.

A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução é no mínimo a modificada. A compactação é executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável.

MEDIÇÃO:

O serviço é medido em metros cúbicos de base compactada na pista, fazendo-se distinção em relação à energia de compactação empregada. Considera-se o talude da brita graduada equivalente a 1:1,5 para fins de cálculo da largura média de projeto.

PAGAMENTO:

O pagamento será feito com base no preço unitário apresentado para esse serviço, aplicado às quantidades obtidas pela medição, incluindo as operações de limpeza e expurgo de ocorrências de materiais, extração, transportes, operações referentes à

instalação de britagem, espalhamento, compactação, irrigação (se for o caso), acabamento e proteção do revestimento.

MANEJO AMBIENTAL

Observar os seguintes cuidados visando a preservação do meio ambiente no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base e sub-base de produto de britagem:

1 Na Exploração das Ocorrências de Materiais

1.1 Atender às recomendações preconizadas na DNER-ES 281/97 e DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

1.2 Adotar os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

1.2.1 Apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da obra.

1.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

1.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

1.2.4 Impedir queimadas como forma de desmatamento.

1.2.5 Seguir as recomendações da DNER-ES 279/97, na implantação das estradas de acesso.

1.2.6 Construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

1.2.7 Exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso a brita seja fornecida por terceiros.

2 Na Execução

2.1 Os cuidados para a preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do

estacionamento dos equipamentos.

2.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

2.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

IMPRIMAÇÃO

Consiste a imprimação na aplicação de uma camada de material betuminoso adequado sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando:

Aumentar a coesão da superfície da base, pela penetração do material betuminoso empregado.

Promover condições de aderência entre a base e o revestimento.

Impermeabilizar a base.

MATERIAIS:

Todos os materiais a serem empregados devem satisfazer às especificações próprias para materiais betuminosos. Podem ser empregados asfaltos diluídos tipo CM-30, CM-70 e CM-250, ou alcatrões do tipo AP-22 a AP-6. A escolha do material betuminoso deverá ser feita em função da textura do material de base.

A taxa de aplicação é aquela que pode ser absorvida pela base, em 24 horas, devendo ser determinada experimentalmente, no canteiro da obra. A taxa de aplicação varia de 0,8l/m² a 1,6l/m², conforme tipo e textura da base e do material betuminoso escolhido.

EQUIPAMENTOS:

São indicados os equipamentos básicos a seguir. Além desses, poderão ser utilizados

outros sugeridos ou aceitos pela Fiscalização.

- Vassouras mecânicas rotativas, vassouras manuais ou equipamentos de aplicação de jato de ar comprimido.
- Carros-tanques distribuidores de ligantes.
- Depósito para armazenamento de material betuminoso.

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, que o liberará para o início dos serviços, desde que atenda às condições especificadas.

A operação de varredura da superfície da base deverá ser feita, preferencialmente, com emprego de vassouras mecânicas rotativas, podendo, com a impossibilidade de uso destas, serem utilizadas vassouras manuais ou jatos de ar comprimido.

A distribuição do ligante deverá ser feita por carro-tanque, especialmente construído para esse fim, através de barra de distribuição, de modo a permitir a aplicação do material betuminoso em camada bastante uniforme.

Os carros distribuidores devem ser equipados com sistema de aquecimento, bomba reguladora de pressão e rodas pneumáticas, e provido de tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil acesso e observação e, ainda de um espargidor manual, para o tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas.

As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena, com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante.

O depósito de material betuminoso deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do ligante, tendo uma capacidade de tal que possa armazenar a quantidade de material a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

EXECUÇÃO:

A superfície da base deverá ser inicialmente, varrida, de modo a eliminar todo o pó e o

material solto existente. Aplica-se a seguir o material betuminoso adequado, na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade certa indicada pelo projeto e o mais uniforme possível. A imprimação não deve ser executada em dias de chuvas, ou quando esta estiver iminente, ou sobre superfícies molhadas. Entretanto, a base, na ocasião da aplicação deve se encontrar levemente úmida.

A temperatura de aplicação do material betuminoso deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade, devendo-se escolher a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para o espalhamento. As faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento são de 20 a 60 segundos, Saybolt-Furol, para asfaltos diluídos, e de 6 a 20 graus Engler para alcatrões.

A fim de evitar a superposição ou excesso nos pontos inicial e final das aplicações, devem-se colocar faixas de papel transversalmente, na pista, de modo que o início e término da aplicação do ligante situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Deve-se imprimir a pista inteira, em um mesmo turno de trabalho, sempre que possível fechada ao trânsito. Quando isso não for possível, trabalhar-se-á em meia pista, fazendo a imprimação da adjacente, assim que a primeira apresentar condições de ser aberta ao trânsito.

O tempo de exposição da base imprimada ao trânsito será condicional ao comportamento da mesma, não devendo ultrapassar a 30 dias. Qualquer falha na aplicação do material betuminoso deve ser imediatamente corrigida.

CONTROLE:

a) Controle de Qualidade: O material betuminoso dever/a ser examinado em laboratório, obedecendo a metodologia específica, e aprovado ou não, de acordo com as especificações adotadas. O controle constará de:

Para asfaltos diluídos

Um (1) ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para todo carregamento que chegar à obra.

Um (1) ensaio do ponto de fulgor, para cada 100t.

Um (1) ensaio de destilação, para cada 100t

Para alcatrões

Um (1) ensaio de viscosidade Engler, para todo carregamento que chegar à obra.

Um (1) ensaio de destilação, para cada 500t.

b) Controle de Quantidade: Será feito mediante a pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação do material betuminoso. Não sendo possível a realização do controle por esse método, admite-se seja feito por um dos modos seguintes:

Colocação na pista de uma bandeja de peso e área conhecidos. Por uma simples pesada, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade do material betuminoso usado.

Utilização de uma régua de madeira, pintada e graduada, que possa dar, diretamente, pela diferença de altura do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da operação, a quantidade de material consumido.

c) Controle de Temperatura: A temperatura de aplicação deverá ser a estabelecida para o tipo de material betuminoso em uso, sendo determinado a cada ocasião de emprego.

d) Controle de uniformidade de aplicação: A uniformidade depende do equipamento empregado na distribuição. Proceder-se-á como segue:

Ao iniciar o serviço, previamente, deverá ser realizada uma descarga de 15 a 30 segundos, para que se possa controlar a uniformidade de distribuição.

Essa descarga deverá ser feita fora da pista, ou na própria pista, desde que o carro distribuidor esteja dotado de uma calha colocada abaixo da barra distribuidora, para recolher o ligante betuminoso.

MEDIÇÃO:

A imprimação será medida através da área executada, em metros quadrados. A quantidade do material betuminoso aplicado será medida no canteiro de serviço, de

acordo com o método de controle de quantidade adotado.

PAGAMENTO:

O pagamento da imprimação será feito com base no preço unitário apresentado para esse serviço, aplicado às quantidades obtidas pela medição, incluindo as operações e encargos para a execução, o armazenamento, perdas e o transporte do material betuminoso dos tanques de estocagem à pista, bem como bem como o material betuminoso e seu respectivo transporte.

O material betuminoso poderá ser pago em separado, caso seja previsto, por tonelada aplicada, de acordo com o preço unitário apresentado e as quantidades obtidas na medição.

No caso do material betuminoso ser pago em separado da imprimação, seu transporte também deverá ser pago individualmente, por tonelada transportada na distância prevista, de acordo com o preço unitário apresentado e as quantidades obtidas na medição do ligante aplicado.

5.4.4 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)

Concreto betuminoso usinado a quente é o revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento, material betuminoso, espalhado e comprimido a quente. A mistura será espalhada sobre a base imprimida, de modo a apresentar, quando comprimida, a espessura de projeto.

MATERIAIS:

Todos os materiais devem satisfazer às especificações apropriadas e aprovadas pela Prefeitura de Jaboatão.

- a) Material betuminoso: Podem ser empregados os seguintes materiais betuminosos:
- Cimentos asfálticos CAP 50-60 e 85 -100

- Alcatrão tipo AP-12.

b) Melhoradores de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o agregado e o ligante betuminoso, deverá ser empregado um melhorador de adesividade, na quantidade adequada, fixada no projeto ou aprovada pela fiscalização.

c) Agregados

c.1) Agregado graúdo

- O agregado graúdo pode ser pedra britada, ou não, ou outro material indicado nas especificações complementares e previamente aprovado pela fiscalização.
- O agregado graúdo deve constituir-se de fragmentos sãos, duros, duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas.
- O desgaste por abrasão Los Angeles não deve ser superior a 50%
- Deve apresentar boa adesividade.
- Quando submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12% em 5 ciclos.
- O índice de forma não deve ser superior a 0.5.
- Opcionalmente, através de anéis ou peneiras com crivos de aberturas circulares, poderá ser determinada a percentagem de grãos de forma defeituosa que se enquadrem na expressão:
 - $1 + g > 6e$, em que:
 - 1 = maior dimensão do grão
 - g = diâmetro mínimo do anel, através do qual o grão pode passar.
 - e = afastamento mínimo de dois planos paralelos, entre os quais pode ficar contido o grão.
- Não dispondo de anéis ou peneiras com crivos de aberturas circulares, o ensaio poderá ser realizado com utilização de peneiras de malhas quadradas, adotando-se a fórmula: $1 + 1.25g > 6e$, em que:
- g = média das aberturas de duas peneiras entre as quais fica retido o grão.

Em ambos os casos acima, a percentagem de grãos de forma defeituosa não poderá ultrapassar 20%.

No caso de emprego de escória britada, esta deve ter massa específica aparente igual ou superior a 1.100 kg/m³.

c.2) Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos.

As partículas constituintes do agregado miúdo devem apresentar moderada angulosidade e serem resistentes, duráveis, livres de torrões de argila e de outras substâncias nocivas.

O equivalente de areia mínimo a ser admitido é 55%.

c.3) Material de enchimento

O material de enchimento deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura, não plásticos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários etc.

A granulometria do material de enchimento deve atender, em percentagens passando, em peso, os valores mínimos indicados a seguir:

PENEIRAS		PERCENTAGEM PASSANDO
Nº	mm	
40	0.42	100
80	0.18	95
200	0.074	65

- Quando da aplicação, o material de enchimento deverá estar seco e isento de grumos.

COMPOSIÇÃO DA MISTURA:

A composição do concreto betuminoso deve satisfazer, em percentagem passando, em peso, as faixas constantes do quadro a seguir:

PENEIRAS		FAIXAS		
Pol.	mm	A	B	C
2	50,8	100	-	-
1 ½	38,1	95 – 100	100	-
1	25,4	75 – 100	95 – 100	-
¾	19,1	60 – 90	80 – 100	100
½	12,7	-	-	85 – 100
3/8	9,5	35 – 65	45 – 80	75 – 100
Nº 4	4,8	25 – 50	28 – 60	50 – 85
Nº 10	2,0	20 – 40	20 – 45	30 – 75
Nº 40	0,42	10 – 30	10 – 32	15 – 40
Nº 80	0,18	5 – 20	5 – 28	8 – 30
Nº 200	0,074	1 – 8	3 – 8	5 – 10

A faixa a ser usada deve ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento. A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em porcentagens passando, em peso:

PENEIRAS		PERCENTAGEM PASSANDO
Pol.	mm	
3/8 – 1/ ½	9,5 – 38,0	± 7
Nº 40 – Nº 4	0,42 – 4,8	± 5
Nº 80	0,18	± 3
Nº 200	0,074	± 2

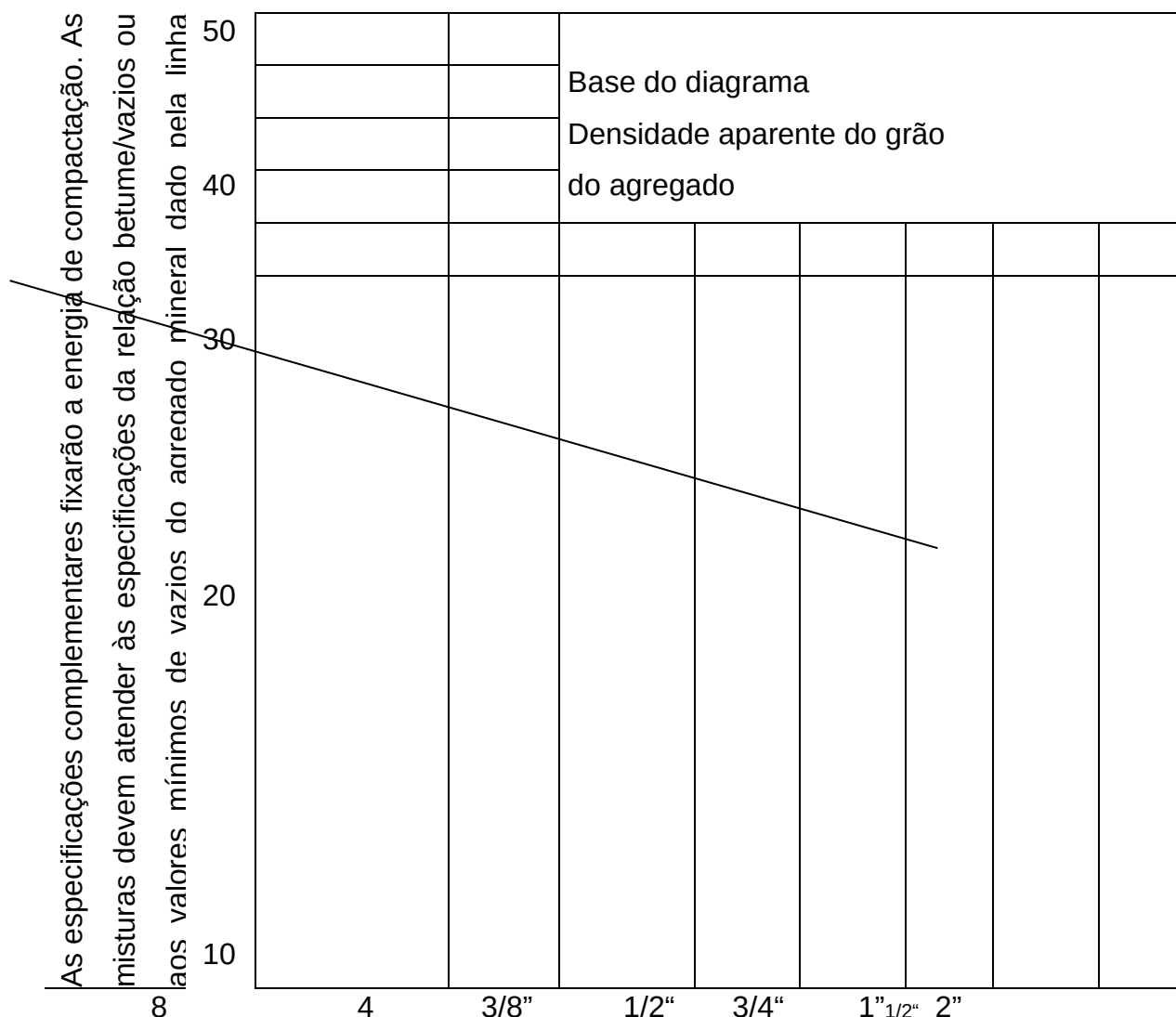
Para todas as faixas, a fração retirada entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

As percentagens de ligante betuminoso (CAP) referem-se à mistura de agregados, considerada como 100%, sendo os seguintes valores previstos para cada faixa granulométrica:

APLICAÇÕES	FAIXAS GRANULOMÉTRICAS		
	A	B	C
% de Ligante	4,0 – 7,0	4,5 – 7,5	4,5 – 9,0
Tipo de Camada	Ligação	Ligação e Rolamento	Rolamento

Deverá ser adotado o método Marshall para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores a seguir:

CARACTERÍSTICAS	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO
Percentagem de vazios	3 - 5	4 - 6
Relação Betume/vazios	75 - 82	65 - 72
Estabilidade Mínima	350 kg (75 golpes)	350 kg (75 golpes)
	250 kg (50 golpes)	250 kg (50 golpes)
Fluência (1/100")	8 – 18	8 -18



Diâmetro máximo do agregado: SÃO INDICADOS OS EQUIPAMENTOS BÁSICOS A SEGUIR, PODENDO, ALÉM DESSES, SEREM UTILIZADOS OUTROS, SUGERIDOS OU ACEITOS PELA FISCALIZAÇÃO:

- Carros-tanques distribuidores de ligante betuminoso.
- Rolos compressores, metálicos tipo tandem, ou pneumáticos autopropulsores.
- Caminhões basculantes.
- Máquinas acabadoras.
- Central de britagem.
- Usina de mistura betuminosa.

DEPÓSITO PARA MATERIAL BETUMINOSO:

Os depósitos para material betuminoso deverão ser capazes de aquecer o material às temperaturas fixadas nas especificações. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentes a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá existir um sistema de circulação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

DEPÓSITO PARA AGREGADOS:

Os depósitos para agregados (silos) deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas dos agregados. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Deverá haver um silo próprio para o material de enchimento (cimento, pó calcário, etc.), conjugado com dispositivos para sua dosagem.

Usinas para misturas betuminosas: A usina para misturas betuminosas deverá estar adequada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador, com duplo eixo, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. O misturador deve possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável, e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. Um termômetro com proteção metálica e escala de 90 a 210°C deverá ser fixado na linha de alimentação do ligante, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deverá ser equipada, também, com um termômetro de mercúrio, com escala em mostrador, pirômetro elétrico ou outros dispositivos termométricos, aprovados pela Fiscalização, colocado na descarga do secador, para registrar a temperatura dos agregados.

MÁQUINAS ACABADORAS:

Os equipamentos para espalhamento e acabamento deverão ser constituídos de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura requerida, permitindo o espalhamento da mistura sem irregularidade.

EQUIPAMENTOS PARA COMPRESSÃO:

O equipamento para compressão deverá ser constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem, ou outro equipamento aprovado pela fiscalização. Os rolos compressores de rodas metálicas, tipo tandem, deverão ter um peso total de 8 a 12t, com carga por centímetros de largura de roda entre 25 e 45kg. Os rolos pneumáticos auto propulsores deverão ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 2,5 a 8,5 kg/cm². O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

CENTRAL DE BRITAGEM:

A central de britagem deverá apresentar condições técnicas de produção horária capaz de atender às quantidades previstas no cronograma de aplicação. Deverá ser colocada de modo a poder fornecer agregados que se adequem nas especificações das faixas granulométricas adotadas.

CAMINHÕES PARA TRANSPORTE:

Os caminhões tipo basculante, para transporte de mistura betuminosa, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas, lisas e ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. Os caminhões deverão ter

capacidade adequada em ser número suficiente para que não haja interrupção nas fases contínuas de espalhamento e acabamento da mistura na pista. Todo Equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela fiscalização, que o libertará para o início dos serviços, desde que atenda as condições especificadas.

EXECUÇÃO:

a) Produção e transporte da mistura: A temperatura de aplicação do cimento asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o ligante apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundos Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 ± 10 segundos Saybolt-Furol. Entretanto, não devem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 170°C e nem superiores a 177°C . A temperatura de aplicação do alcatrão será aquela na qual a viscosidade Engler, situe-se em uma faixa de 25 ± 3 . A mistura, neste caso, não deverá deixar a usina com temperatura superior a 106°C . Os agregados deverão ser aquecidos a temperaturas entre 10 a 15°C acima da temperatura do ligante betuminoso empregado.

A produção do concreto betuminoso deverá ser efetuada em usinas apropriadas, conforme especificado anteriormente. O concreto betuminoso produzido deverá ser transportado da usina ao ponto de aplicação, em veículos basculantes antes especificado anteriormente. Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto, com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

b) Distribuição e compressão da mistura: Decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação (ou pintura de ligação) e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada (ou pintada), ou ainda de ter sido a imprimação (ou pintura) recoberta com areia, pó-de-pedra etc, deverá ser feita uma pintura de ligação antes da aplicação do revestimento.

A distribuição do concreto betuminoso deverá ser feita por máquinas acabadoras, conforme especificado, a temperaturas ambientes superiores a 10°C e com tempo não chuvoso. Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser

sanadas pela adição anual de concreto betuminoso, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos de rodos metálicos.

Imediatamente após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a compressão. Como norma geral, a temperatura de rolagem deve ser a mais elevada que a mistura possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável para compressão da mistura é aquela na qual o ligante apresenta uma viscosidade Saybolt-Furol de 140 +15 segundos, para o cimento asfáltico, ou uma viscosidade específica Engler de 40+5, para o alcatrão. Caso sejam empregados rolos de pneus de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas. A compressão será iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.

Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais alto para o mais baixo. Cada passagem do rolo deve ser recoberta, na seguinte, pelo menos metade de largura rolada, devendo, em qualquer caso, continuar a operação de rolagem até o momento em que a compactação especificada seja atingida.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura sobre a superfície de contato.

Os revestimentos recém-acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento.

CONTROLE:

Controle tecnológico: Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada, para verificação de suas características e aceitação caso atendam às especificações em vigor.

a.1) Controle de qualidade dos materiais betuminosos: O controle de qualidade dos materiais betuminosos constará de:

- Cimentos asfálticos

- Um (1) ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para todo carregamento que chegar à obra.
- Um (1) ensaio de ponto de fulgor, para cada 100t.
- Um (1) índice Pfeifer, para cada 500t.
- Um (1) ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra.

- Alcatrões

- Um (1) ensaio de flutuação, para todo carregamento que chegar à obra.
- Um (1) ensaio de destilação para cada 500t.

a.2) Controle de qualidade dos agregados: O controle de qualidade dos agregados constará de :

- Dois (2) ensaios de granulometria dos agregados de cada silo quente, por dia.
- Um (1) ensaio de desgaste Los Angeles por mês, ou quando houver variação da natureza do material.
- Um (1) ensaio de índice de forma para cada 900 m³.
- Um (1) ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por dia.
- Um (1) ensaio de granulometria do material de enchimento, por dia.

a.3) Controle de qualidade dos melhoradores de adesividade

- Um (1) ensaio de adesividade para todo carregamento que chegar à obra.
- Um (1) ensaio de adesividade, toda vez que o aditivo for incorporado ao ligante betuminoso.

a.4) Controle de qualidade de ligante na mistura

- Devem ser efetuadas duas extrações de ligante betuminoso, de amostras coletadas na pista, depois da passagem acabadora, para cada dia de oito,(8) horas de trabalho.
- A percentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$ da fixada no projeto.

a.5) Controle de graduação da mistura de agregados

- Serão realizados ensaios da mistura de agregados resultantes de cada extração, referidas no item anterior.
- A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no item 3.

a.6) Controle de temperatura: Serão efetuadas, no mínimo, quatro medidas de temperatura, por dia em cada um dos itens a seguir discriminados:

- Do agregado, no silo quente da usina.
- Do ligante na usina.
- Da mistura betuminosa, na saída do misturador da usina.
- Da mistura betuminosa, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista.
- Pelo menos uma leitura de temperatura deverá ser feita, em cada caminhão, antes da descarga.
- As temperaturas deverão satisfazer os limites especificados anteriormente.

a.7) Controle das características Marshall da mistura e temperatura

- Dois (2) ensaios Marshall, com três corpos de prova cada, deverão ser realizados por dia de produção da mistura.
- Os valores de estabilidade e fluência deverão satisfazer ao especificado no item 3 desta especificação.
- As amostras deverão ser retiradas após a passagem da acabadora e antes da compressão.

a.8) Controle de compressão

- O controle de compressão (densidade) da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista (compactada) por meio de brocas rotativas.
- Na impossibilidade de utilização desse equipamento, poderá ser admitido o processo do anel de aço. Neste caso, colocam-se sobre a base, antes do espalhamento da mistura, anéis de aço de 10cm de diâmetro interno e de altura 5mm inferior à espessura da camada comprimida. Após a compressão, serão retirados os anéis e medida a densidade aparente dos corpos de prova neles moldados.
- Deve ser realizada uma determinação, cada 500m de meia pista, não sendo aceitas densidades inferiores a 95% da densidade do projeto ou indicada pela Fiscalização.
- O controle de compressão também poderá ser feito, medindo-se as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-se com as densidades aparentes dos corpos de prova moldados no local. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser escolhidas bem próximo ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compressão. A relação entre duas densidades não deverá ser

inferior a 100%.

- No caso de não aceitação dos serviços pela análise estatística, o trecho considerado será subdividido em subtrechos, fazendo-se um ensaio com material coletado em cada um deles. Cada um desses subtrechos terá uma extensão máxima de 50 metros.
- Os subtrechos serão dados como aceitos, se os valores dos resultados dos ensaios forem superiores a 95% da densidade aparente indicada no projeto, ou a 100% da obtida em corpos de prova moldados no local, de acordo com o item a.7.

b) Controle geométrico

b.1) Controle de espessura compactada

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento do eixo e das bordas antes e depois do espalhamento e compressão da mistura.

Admitir-se-á variação de $\pm 10\%$ da espessura do projeto, para pontos isolados, e até 5% de redução de espessura, em 10 medidas sucessivas.

b.2) Controle de acabamento da superfície do revestimento

Durante a execução deverá ser feito diariamente o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00m e outra de 0,90m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente.

A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,005m, quando verificado com quaisquer réguas.

Admitir-se-á variação de $\pm 10\%$ da espessura do projeto, para pontos isolados, e até 5% de redução de espessura, em 10 medidas sucessivas.

MEDIÇÃO:

O concreto betuminoso usinado a quente será medido através da massa mistura aplicada, em toneladas. A quantidade de mistura betuminosa aplicada será medida considerando-se a área coberta, a espessura da camada e sua densidade aparente média obtida no controle de compactação.

A quantidade de ligante betuminoso aplicado será determinada pelo percentual médio, em peso, de ligante da mistura, obtida da extração de ligante dos corpos de prova retirados da pista.

PAGAMENTO:

O pagamento do concreto betuminoso usinado a quente será feito com base no preço unitário apresentado para esse serviço, aplicado as quantidades obtidas pela medição, incluindo todas as operações de fabricação e aplicação da mistura da usina à pista; bem como a produção ou extração e transporte dos agregados, o melhorador de adesividade (se necessário), o material de enchimento e o material betuminoso com seu respectivo transporte. O material betuminoso poderá ser pago em separado da mistura, caso seja previsto, por tonelada aplicada, de acordo com o preço unitário apresentado e as quantidades obtidas na medição. No caso do material betuminoso ser pago em separado da mistura, seu transporte da origem até a obra também deverá ser pago individualmente, por tonelada transportada na distância prevista, de acordo com o preço unitário apresentado e as quantidades obtidas na medição do ligante aplicado.

5.4 PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPÍPEDOS

CONCEITOS

A pavimentação em paralelepípedos é uma evolução do calceteamento com pedras irregulares e grosseiras. Essa pavimentação primitiva visava, e ainda visa, em vias interioranas, dotar a superfície de resistência a esforços tangenciais e, também, de certa impermeabilidade, eliminando poeira e atoleiros.

A colocação de pedras regulares somou às vantagens do calceteamento, um melhor conforto ao usuário e uma certa distribuição vertical de esforços, pelo intertravamento das superfícies laterais.

MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender, integralmente, às especificações correspondentes adotadas pela Prefeitura da Cidade do Recife .

Complementando-se as especificações tem-se:

a) Areia de assentamento

A areia deve passar 100% na peneira nº 4 e, no máximo, 15% na peneira nº 200.

b) Paralelepípedos

Os paralelepípedos serão de rocha sã , estável, de cristais pequenos (para melhor obtenção de faces planas), obedecendo os seguintes requisitos:

- ❖ Todos os paralelepípedos terão, tanto quanto possível, a forma do sólido que lhes dá o nome. As faces deverão ser lisas e a face superior a mais plana possível.
- ❖ As arestas da face superior serão praticamente linhas retas, devendo as faces serem perpendiculares entre si. Permitir-se-á, todavia, que a base inferior do paralelepípedo seja ligeiramente menor que a superior, apresentando ele, então, a forma de um tronco piramidal de bases paralelas. A diferença máxima tolerada será, nesse caso, de 2 cm (no comprimento e na largura).
- ❖ As dimensões dos paralelepípedos serão as seguintes:

Comprimento	:	17cm a 23cm
Largura	:	11cm a 14cm
Altura	:	11cm a 14cm

- ❖ Serão rejeitados os paralelepípedos que, apresentarem planos de clivagem aparentes ou crostas de alteração, bem assim os que tiverem fendilhamentos e dormas irregulares ou, finalmente, aqueles em cujas faces houver protuberância ou depressões superiores a 10 mm.

EXECUÇÃO

Na execução de um pavimento em paralelepípedos há dois casos a considerar:

- a) Para tráfego leve (entradas de garagem e estacionamento para carros de passeio)

Nesse caso dever-se-ão seguir as seguintes etapas executivas:

- ❖ Sobre a superfície de um terrapleno regularizado, com a última camada (20cm) apresentando CBR ≥ 10 , será lançada uma camada com características de sub-base, com espessura de 20cm.
- ❖ Sobre essa sub-base será lançada uma camada de areia de assentamento, com 5cm a 7cm de espessura.
- ❖ Os paralelepípedos serão assentados individualmente, com golpes firmes de marreta.
- ❖ Antes do rejuntamento, deve ser executada a rolagem com rolo liso, desenvolvendo-se da borda para o eixo, em faixas paralelas ao mesmo. A rolagem deverá continuar até que não haja mais recalques visíveis. Nessa ocasião, os defeitos que aparecerem deverão ser corrigidos.
- ❖ As juntas entre as pedras deverão variar de 1cm a 1,5cm e serão preenchidas com uma argamassa plástica de cimento e areia, ao traço 1:3.

- b) Pavimento para tráfego médio e pesado

Nesse caso dever-se-á proceder ao dimensionamento de camadas de sub-base e base, utilizando-se o ábaco do Método de Dimensionamento do DNER para pavimentos flexíveis, ou a fórmula de R. Peltier, de acordo com as condições de uso da via.

As etapas executivas a serem adotadas serão as que seguem:

- ❖ Sobre a superfície de um terrapleno regularizado são lançadas as camadas de sub-base e base, obedecendo às especificações correspondentes.
- ❖ Sobre a superfície da base será lançada uma camada de areia de assentamento, com 5cm a 7cm de espessura.

As etapas subsequentes são as mesmas citadas no subitem 2.6.3 a

c) Dispositivos de contenção

A área a receber o revestimento em paralelepípedos será sempre limitada por meios-fios, confeccionados com a mesma rocha daqueles, enterrados ou não.

As pedras de meio-fio deverão apresentar faces regulares, com as seguintes dimensões:

Comprimento	:	mínimo de 80cm
Largura	:	entre 15cm e 17cm
Altura	:	entre 40cm e 45cm

CONTROLE

a) Controle geométrico e de acabamento

Na verificação do desempenho longitudinal da superfície, não se tolerarão flechas maiores que 10mm, quando determinadas com régua de 3,00mm.

No nivelamento de eixo e bordas, permitir-se-á até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se permitindo falta.

b) Controle tecnológico

Numa fileira transversal completa permitir-se-á:

- ❖ Até 10% dos paralelepípedos com comprimento acima do estipulado em, no máximo 1cm. Não serão permitidas pedras com comprimento inferior a 17cm.
- ❖ Até 10% dos paralelepípedos com largura acima do estipulado em, no máximo, 1cm. Não serão permitidas pedras com largura inferior a 11cm.

MEDIÇÃO

A medição será feita em metros quadrados de paralelepípedos assentados e aceitos pela Fiscalização.

Os meios-fios serão medidos em metros lineares de serviço executado e aceito.

PAGAMENTO

O pagamento será feito ao preço unitário proposto, para cada serviço medido como estipulado, o qual deverá remunerar toda a mão-de-obra, ferramentas e equipamentos, materiais e transportes, encargos e eventuais, necessários à completa execução do serviço.

5.5 DRENAGEM

5.6.1 GENERALIDADES

Drenagem é qualquer interferência que vise dirigir, canalizar, conter parcialmente, dissipar, dar proteção contra as águas existentes no solo, sobre o solo e que caem no solo.

Na engenharia, a drenagem é um dos pontos mais vulneráveis porque está sujeita a cálculos totalmente empíricos baseados em estatísticas onde pode e acontecem desastres constantes. Assim nunca devemos subestimar um projeto de drenagem e só efetuar mudanças conscientes e seguras de que elas serão benéficas a uma solução definitiva.

A drenagem aqui exposta será considerada superficial e subterrânea, de acordo com os itens que seguem.

5.6.2 LINHA D'ÁGUA

Parte do pavimento onde tecnicamente devem correr as águas pluviais, não captadas pelas galerias, se encontra junto ao meio-fio e com ele forma a calha que permite o escoamento das águas. É sempre necessário o uso de colchão de concreto traço 1:3:5 abaixo das pedras e farofa, para sua proteção e segurança, as pedras devem ser assentadas sobre farofa de cimento e areia traço 1:15. As linhas d'água de concreto podem ser mais largas aumentando sua capacidade de drenagem.

Pode ser de concreto ou paralelepípedo.

- a) Concreto - Deve ser assentado sobre camada de farofa traço 1:15, deve ter espessura mínima de 0,15m unindo-se a argamassa a peça do meio-fio, deve ter juntas de dilatação a cada 5m com rejunto em asfalto adequado a este fim.
- b) Pedras – Serão assentadas também, sobre farofa de cimento e areia traço 1:15 e o rejunto deve ser o mais completo possível em toda a extensão lateral da peça

OBS:I) As melhores pedras devem ser escolhidas para linha d'água.

II) Deve ter declividade para o meio-fio a fim de não permitir que a água ataque o pavimento com frequência.

III) Se usar areia de Miritibe o traço do colchão será de 1:20.

5.6.3 POÇOS DE VISITA

Os poços de visita, com ou sem gavetas, caixa de passagem, ou caixas cegas com tampas deverão:

Nas ruas

Ser construídas em tijolos maciços com argamassa de cimento amianto e areia, traço 1:6 a 1:8, revestidas com cimentado traço 1:4.

As tampas serão de concreto armado com um mínimo de 0,15cm de espessura e a ferragem de malha a cada 0,12cm com 0 1/2".

Nas aberturas das sub-tampas quando houver os bordos, deverão ter ferragem de 5/8" por dentro das abas existentes, conforme detalhe.

O fundo será de concreto 1:3:5 com 0.10m de espessura rebaixadas 0,30m.

O reaterro deverá ser compactado manualmente.

OBS.: As tampas de boca de lobo deverão ser padronizadas em função do diâmetro do tubo e terão sempre 0,80m a mais que seu diâmetro para a dimensão das laterais paralelas e 1,00 a mais para as laterais perpendiculares ao assentamento da tubulação. Deverão também ser pré-moldadas com o concreto vibrado com vibradores de chapa ou imersão.

Nos passeios

A alvenaria será de tijolos de 6 furos, revestido com argamassa traço 1:4 cimento e areia. A tampa de concreto será com 0,10m.

Sua borda deverá distorcer corretamente com meio fio e com cantoneira de aço de acordo com os detalhes.

O reaterro deverá ser compactado normalmente com material selecionado.

OBS GERAL:

1. Quando a declividade dos coletores (tubo de concreto) for superior a 1/2 da % indicada na tabela de assentamentos de tubos, cuja velocidade da água é superior a 4m/s, a parede contrária ao despejo do tubo deverá ser de Concreto ou Alvenaria de Pedra com o mínimo de 0,20m de espessura. No caso dos poços de visita ou bocas de lobo funcionarem como dissipadores, deverão ter detalhes específicos.
2. Sempre que possível evitar execução nas esquinas dos meios-fios.

Especificações de execução:

- a) A distância mínima dos poços de visita será de acordo com as necessidades da drenagem. A máxima será de 40m visando limpeza periódica das galerias.
- b) Os poços de visitas poderão ser substituídos quanto a distância da limpeza, por bocas de lobo com gaveta ou grelha de concreto sob a linha d'água, de acordo com detalhes. As grelhas assim terão dimensões dos poços na execução da caixa.
- c) Quando os poços de visita forem localizados no pavimento (rua), deverão receber para limpeza tampão de concreto com caixilho de acordo com a especificação da Prefeitura do Cabo, com 0,60m de diâmetro.

MEDIÇÃO:

A medição será feita por unidade executada com tampa e sub-tampa, de acordo com o orçamento da obra.

CONTROLE TECNOLÓGICO:

Os inerentes aos materiais.

5.6.4 CANALETAS

Como serviço de proteção, as canaletas desempenham papel fundamental, devendo ser executadas com o maior cuidado, visto que como conduzem às águas as concentram, e mal executadas são fatores de erosão e desestabilização de terras. A execução das canaletas devem seguir os procedimentos descritos a seguir.

Locação das canaletas

As locações de eixos de referência deverão ser convenientemente amarradas aos marcos principais e eixos de coordenadas, de acordo com o projeto executivo de drenagem prancha 03/04.

A locação dos eixos das valas a serem escavadas será feita por meio de instrumento e trena de aço.

Os gabaritos necessários para locação da rede de drenagem deverão ser feitos em tábuas novas de madeira branca, nivelados e alinhados. Qualquer locação deve ser demarcada e amarrada de maneira a permitir sua eventual relocação por instrumento topográfico. Não será aceita a transferência de cotas realizada por mangueira de nível ou instrumento similar.

Escavação manual em solo de 1ª categoria

A escavação será feita manualmente visando à remoção do material abaixo da superfície do terreno, até a cota especificada no projeto.

As escavações em valas deverão propiciar, depois de concluídas, as condições para montagem das canaletas em planta e perfil, conforme os elementos do projeto, sem deflexões desnecessárias ou trechos planos, que impeçam ou dificultem a limpeza das canalizações, através dos dispositivos previstos para tal fim.

As dimensões das escavações para assentamento das canaletas atenderão aos elementos definidos no projeto.

O material escavado deverá ser colocado em um local previamente aprovado pela fiscalização, de tal maneira que não impeça a passagem dos pedestres, nem o movimento de materiais e equipamentos.

Apiloamento de fundo de vala

Após escavação da vala, seu fundo dela deverá ser regularizado e apiloado, utilizando-se soquetes de peso não inferior a 30 kg, para o perfeito assentamento do dispositivo de drenagem. Se houver necessidade de se utilizar material para garantir a cota do projeto, ou substituição do material, por outro de melhor qualidade, este prioritariamente deverá ser selecionado entre aqueles provenientes da escavação, ou após a liberação da fiscalização proveniente de aterro, devendo em ambos os casos serem isentos de detritos, matéria orgânica, pedras, etc.

Essas operações só poderão ser executadas com a vala livre de água, qualquer seja a origem (chuva, vazamento, lençol freático, etc.), devendo para isso, ser providenciada a sua drenagem ou esgotamento forçado através de bomba, conforme a necessidade, de forma que não haja retorno ou acúmulo de águas nas proximidades da área escavada.

Execução do berço de concreto magro

Após o fundo da vala regularizado, deverá ser lançado um lastro de concreto magro, no traço 1:4:8, rodado em equipamento de pequeno porte, cujo traço deverá ser controlado, e exposto ao lado da betoneira. Sua espessura deverá ser de 10cm e largura igual a projetada para a canaleta acrescida da espessura das paredes de tijolos maciços, totalizando 60cm. Caso o lençol freático esteja aflorando na escavação, o concreto deverá ser menos plástico o possível, para que o fator água cimento seja preservado evitando a queda da resistência.

Execução das paredes em concreto

A execução do concreto deverá obedecer rigorosamente ao projeto, às especificações e aos detalhes, assim como às normas técnicas da ABNT, sendo de

exclusiva responsabilidade da CONTRATADA a resistência e a estabilidade de qualquer parte da estrutura executada. Da mesma forma os materiais constituintes do concreto deverão obedecer às normas vigentes, para aqueles que não atenderem a estas especificações deverão ser removidos imediatamente do Canteiro de Obras sem ônus para a contratante. As fôrmas deverão estar de acordo com as dimensões indicadas nos desenhos do projeto. Qualquer parte da estrutura que se afastar das dimensões e/ou posições indicadas nos desenhos deverá ser removida e substituída sem ônus adicional. Estas deverão ter resistência suficiente para suportar pressões resultantes do lançamento e da vibração do concreto, mantendo-se rigidamente na posição correta e não sofrendo deformações; ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de nata de cimento durante a concretagem, untadas com produto que facilite a desforma e não manche a superfície do concreto.

As fôrmas serão feitas de tábuas de madeira aplainadas; madeira compensada; madeira revestida de placas metálicas; de chapas de aço ou de ferro, ou de outro material desde que aprovada pela FISCALIZAÇÃO. De qualquer modo, a responsabilidade será da CONTRATADA.

A madeira utilizada nas fôrmas e pontaletes deverá apresentar-se isenta de nós fraturáveis, furos ou vazios deixados pelos nós, fendas, rachaduras, curvaturas ou empenamentos.

A FISCALIZAÇÃO deverá ser notificada, no mínimo, setenta e duas horas antes do lançamento do concreto, para poder vistoriar o estado das fôrmas, conferir se no canteiro há material e equipamento suficientes para a execução do serviço e designar pessoa autorizada para acompanhar a concretagem e realizar o controle tecnológico do concreto. Sendo satisfatória a vistoria, será autorizada a operação, desde que já sejam conhecidos os resultados dos testes para a determinação da resistência para cada traço de concreto a ser utilizado e a respectiva relação água/cimento.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
1 INTRODUÇÃO	2

1 INTRODUÇÃO

A **Geosistemas Engenharia e Planejamento Ltda.**, inscrita no CNPJ sob o nº 70.073.275/0001-30, sediada à Rua Ricardo Salazar, nº 83, bairro do Prado, Recife/PE, CEP: 50.720-120, contratada pela Prefeitura Municipal de Olinda, através do Contrato nº 001/2015, para o “GERENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS E REVISÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS CONSTANTES DO PROJETO DE SANEAMENTO INTEGRADO DO BAIRRO DE JARDIM BRASIL, PARA AS UNIDADES DE ESGOTAMENTO 06 E 08, SITUADAS NO MUNICÍPIO DE OLINDA, INCLUINDO PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS VIAS, MACRODRENAGEM, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ELABORADOS PELA SECRETARIA DE OBRAS.”, vem apresentar a Adequação dos Projetos Executivos de Engenharia da EU's 6 e 8 (Jardm Brasil) – Projeto de Terraplenagem, Pavimento e Drenagem.

Volume 2 – Projeto de Engenharia para Terra para Terraplenagem, Pavimentação, Drenagem e Macrodrenagem - TOMO 1.1 - PLANTAS

Angela Paula de Moura Crasto
Gerente de Projetos
Eng^a Civil - CRE 26074-D/PE
Geosistemas Engenharia e Planejamento LTDA

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
1 INTRODUÇÃO	2

1 INTRODUÇÃO

A **Geosistemas Engenharia e Planejamento Ltda.**, inscrita no CNPJ sob o nº 70.073.275/0001-30, sediada à Rua Ricardo Salazar, nº 83, bairro do Prado, Recife/PE, CEP: 50.720-120, contratada pela Prefeitura Municipal de Olinda, através do Contrato nº 001/2015, para o “GERENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS E REVISÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS CONSTANTES DO PROJETO DE SANEAMENTO INTEGRADO DO BAIRRO DE JARDIM BRASIL, PARA AS UNIDADES DE ESGOTAMENTO 06 E 08, SITUADAS NO MUNICÍPIO DE OLINDA, INCLUINDO PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS VIAS, MACRODRENAGEM, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ELABORADOS PELA SECRETARIA DE OBRAS.”, vem apresentar a Adequação dos Projetos Executivos de Engenharia da EU's 6 e 8 (Jardm Brasil) – Projeto de Terraplenagem, Pavimento e Drenagem.

Volume 2 – Projeto de Engenharia para Terra para Terraplenagem, Pavimentação, Drenagem e Macrodrenagem - TOMO 1.2 - PLANTAS

Angela Paula de Moura Crasto
Gerente de Projetos
Eng. Civil - CREA 60740/PE
Geosistemas Engenharia e Planejamento LTDA

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
1 INTRODUÇÃO	2

1 INTRODUÇÃO

A **Geosistemas Engenharia e Planejamento Ltda.**, inscrita no CNPJ sob o nº 70.073.275/0001-30, sediada à Rua Ricardo Salazar, nº 83, bairro do Prado, Recife/PE, CEP: 50.720-120, contratada pela Prefeitura Municipal de Olinda, através do Contrato nº 001/2015, para o “GERENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS E REVISÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS CONSTANTES DO PROJETO DE SANEAMENTO INTEGRADO DO BAIRRO DE JARDIM BRASIL, PARA AS UNIDADES DE ESGOTAMENTO 06 E 08, SITUADAS NO MUNICÍPIO DE OLINDA, INCLUINDO PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DAS VIAS, MACRODRENAGEM, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ELABORADOS PELA SECRETARIA DE OBRAS.”, vem apresentar a Adequação dos Projetos Executivos de Engenharia da EU's 6 e 8 (Jardm Brasil) – Projeto de Terraplenagem, Pavimento e Drenagem.

Volume 2 – Projeto de Engenharia para Terra para Terraplenagem, Pavimentação, Drenagem e Macrodrenagem - TOMO 1.3 - PLANTAS



Angela Paula de Moura Crasto
Gerente de Projetos
Eng.ª Civil - CRE 26074-D/PE
Geosistemas Engenharia e Planejamento LTDA