



PROJETO BÁSICO

- I – MEMORIAL DESCRITIVO;
- II – ORÇAMENTO BÁSICO;
- III – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO;
- IV – MEMÓRIAL DE CÁLCULO;
- V – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS;
- VI – COMPOSIÇÃO DE BDI;
- VII – COMPOSIÇÃO DE LEIS E ENCARGOS SOCIAIS;





GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria das Cidades
Superintendência de Obras Públicas



Elaboração de Projetos de Engenharia

Rodovia: CE-216

Trecho: Entr. CE-311 (Granja) - Adrianópolis

Extensão: 39,76 km

VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO (Projeto Básico)

Fortaleza
Fevereiro/2022



SUMÁRIO



SUMÁRIO

1 – APRESENTAÇÃO	4
2 - MAPA DE SITUAÇÃO	6
3 – ESTUDOS DE TRÁFEGO	8
3.1 - Introdução	9
3.2 - Metodologia	9
3.3 - Projeção de Tráfego e Cálculo do Número “N”	9
3.4 - Conclusão	10
4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	12
4.1 - Introdução	13
4.2 - Equipamentos Utilizados.....	13
4.3 - Serviços Executados.....	13
4.4 - Apresentação do Estudo Topográfico	16
5 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	18
5.1 - Introdução	19
5.2 - Metodologia	19
5.2.1 – Intensidade da Chuva (I).....	19
5.2.2 – Precipitação (P).....	19
5.2.3 – Tempo de Concentração (Tc)	20
5.2.4 – Tempo de Recorrência (Tr).....	20
5.3 - Vazões De Projeto	20
5.4 – CÁLCULOS ELABORADOS	24
6 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	43
6.1 - Introdução	44
6.2 - Características Geológicas e Geomorfológicas	44
6.3 - Serviços Geotécnicos Executados.....	46
6.4 - Apresentação	50
7 – PROJETO GEOMÉTRICO	51
7.1 - Introdução	52
7.2 - Traçado Projetado.....	52
7.3 - Apresentação	60
8 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM	61
8.1 - Introdução	62
8.2 - Critérios de Execução	62
8.3 - Seções Transversais Tipo e Taludes	64
8.4 - Notas de Serviço de Terraplenagem.....	64
8.5 - Cubação dos Volumes	65
8.6 - Empréstimos	65
8.7 - Distribuição dos Materiais	65
9 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	66
9.1 - Introdução	67
9.2 - Histórico do Pavimento	67



9.3 - Elementos Básicos.....	68
9.4 - Dimensionamento do Pavimento	69
9.5 - Concepção do Projeto de Pavimentação.....	69
9.6 - Definição dos Materiais a serem Utilizados nas Camadas do Pavimento.....	69
9.7 - Distâncias Médias de Transporte.....	70
10 - PROJETO DE DRENAGEM.....	72
10.1 - Introdução	73
10.2 - Metodologia	73
10.3 - Dimensionamento	76
11 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO E OBRAS COMPLEMENTARES	82
11.1 - Introdução.....	83
11.2 - Sinalização Vertical.....	83
11.3 - Sinalização Horizontal.....	83
11.4 - Obras Complementares	84
11.5 - Apresentação.....	85
12 - PROJETO DE INTERSEÇÕES E ACESSOS	86
12.1 - Introdução	87
12.2 - Interseções Projetadas.....	87
12.3 - Apresentação	87
13 - PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO	88
13.1 - Levantamento Cadastral	89
13.2 - Soluções Adotadas	89
13.3 - Levantamento Cadastral	89
14 - PROJETO DE RECUPERAÇÃO E CONTROLE AMBIENTAL.....	90
14.1 - Introdução	91
14.2 - Diagnóstico Ambiental.....	92
14.3 - Levantamento De Passivos Ambientais.....	100
14.4 - Identificação, Avaliação e Análise dos Impactos Ambientais e Proposições de Medidas Mitigadoras	100
14.5. Prognóstico Ambiental	113
14.6. Planos De Controle E Recuperação Ambiental.....	114
14.7 - Legislação Ambiental Federal / Estadual / Municipal	157
14.8 - Conclusão	170
14.9 - Referência Bibliográfica	170
15 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	173
15.1 - Introdução	174
15.2 - Especificações Gerais.....	174
16 - DOCUMENTOS PARA CONCORRÊNCIA.....	176
16.1 - Normas Gerais De Trabalho	177

AM



1 – APRESENTAÇÃO

NR



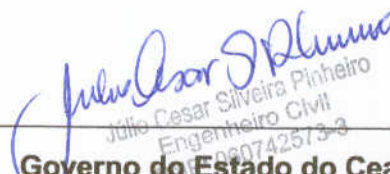
1 - APRESENTAÇÃO

A **Superintendência de Obras Públicas – SOP-CE**, vem através deste, apresentar o Volume 1 – Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência referente à Elaboração do Projeto de Engenharia da Rodovia: CE-216, **Trecho: Entr. CE-311 (Granja) - Adrianópolis**, com extensão de **39,76 km**.

O Projeto Básico é apresentado em 03 (três) vias e composto dos seguintes volumes:

- Volume 1 – Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência (tamanho A-4);
- Volume 2 – Projeto de Execução (tamanho A-3);
- Volume 2B – Estudos Geotécnicos (tamanho A-4);
- Volume 4 – Orçamento e Memória Justificativa (tamanho A-4);

Atenciosamente,

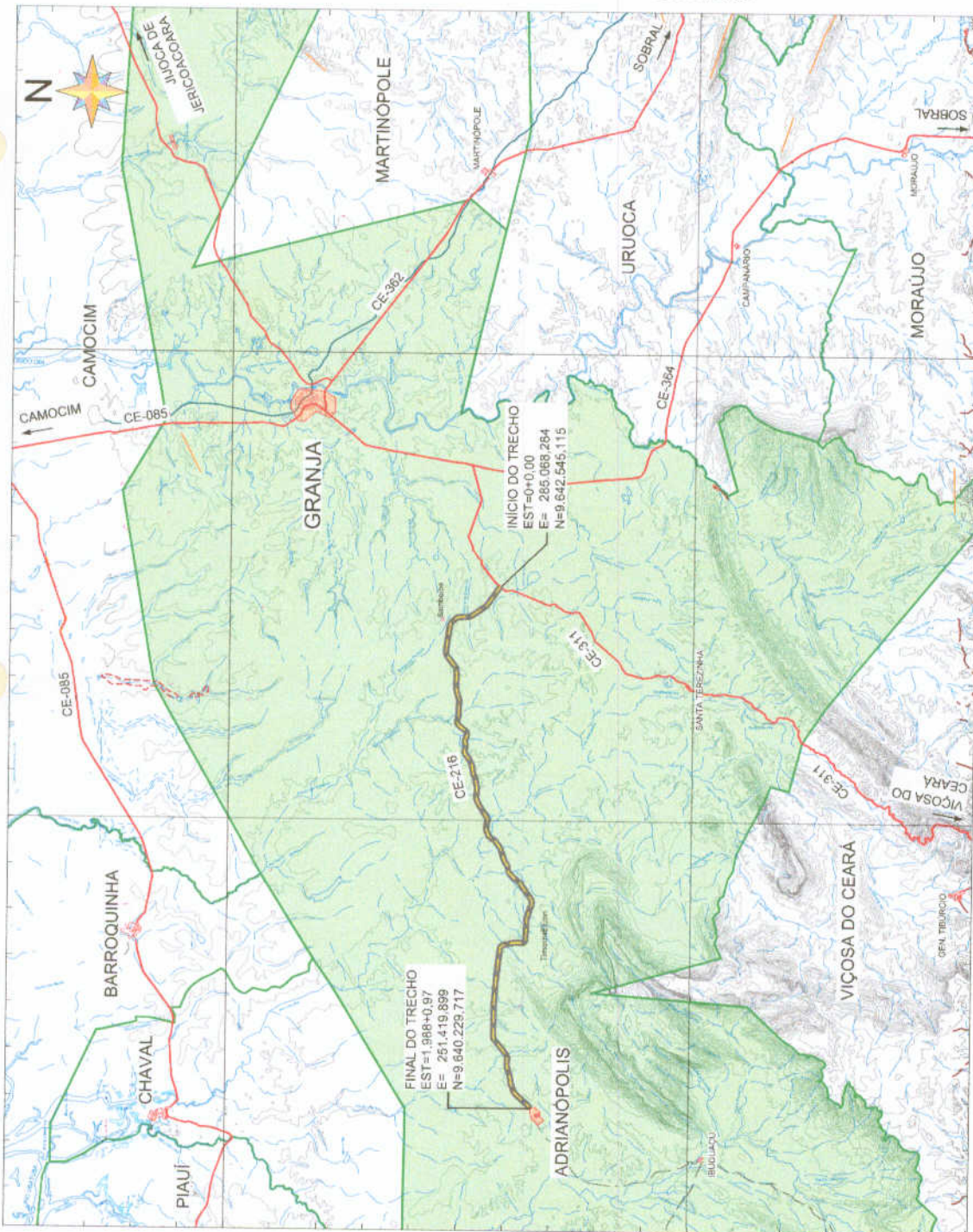
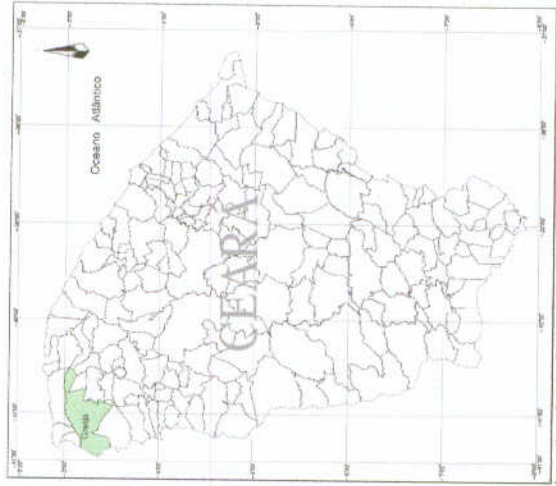

Júlio Cesar Silveira Pinheiro
Engenheiro Civil
CPF: 880742573-3

Governo do Estado do Ceará
Superintendência de Obras Públicas - SOP
Gerência de Projetos - GEPRO



2 - MAPA DE SITUAÇÃO

M



FONTE: IPECE - 2019

SINAIS CONVENCIONAIS

- Área Urbana
- Vias Existentes
- Revestimento solto
- Caminho, Trilha
- Limite Municipal
- Ponto Cotado
- Curso d'água intermitente
- Lagoa intermitente
- Açudes
- Curva de Nível



Trecho em Estudo



Júlio Cesar Almeida Pinheiro
Engenheiro Civil
RNP- 060742573-3

DATA DA REVISÃO

01/2022

OBSELEVAÇÕES

- PRIMEIRA EMISSÃO

SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

SOP

RODOVIA CE-216
TRECHO: ENTR. CE-311 (GRANJA) - ADRIANÓPOLIS

MAPA DE SITUAÇÃO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria de Obras Públicas

FECHA: 1.300.000
DATA: 01/2022
DETERMINAÇÃO: JUNDIR
PROJETAÇÃO: UTM
1.1_MAPA_DE_SITUAÇÃO.dwg
01/01





3 – ESTUDOS DE TRÁFEGO



3 - ESTUDOS DE TRÁFEGO

3.1 - Introdução

Os Estudos de Tráfego foram desenvolvidos de acordo com as *Instruções de Serviço para Estudos de Tráfego de Rodovias (IS-01)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

3.2 - Metodologia

Como o tráfego visualizado em campo apresenta baixa incidência de ônibus e veículos de carga, que contribuem para o dimensionamento do pavimento, verificamos que uma contagem do tráfego atual não representaria a realidade pós-pavimentação, portanto, como parâmetro para dimensionamento do pavimento, foi utilizada uma contagem de tráfego realizada pela COMOL Ltda. para o **Trecho: Quixadá – Dom Maurício**, em outubro de 2017, que melhor assemelha-se com as características do trecho projetado.

O VMD utilizado para este trecho será apresentado no quadro 01.

Quadro 01 – Tráfego normal ano 2017

Rodovia	Ano	Trecho	Auto	Ônibus	CM CS		CM CD	CM SR	Total
			P/M	2C	Leve	Médio	Pesado	nSi	
CE-265	2017	Quixadá – Dom Maurício	723	11	-	38	16	-	788

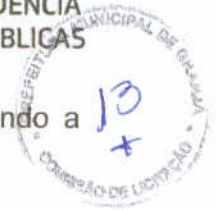
3.3 – Projeção de Tráfego e Cálculo do Número “N”

Para a determinação da projeção de tráfego para um período de projeto de 10 anos a partir do ano base 2.022, foram utilizados fatores de veículos para ônibus e caminhão determinados pela publicação “Estudo de Tráfego e Cálculo do Número N”, elaborada pela CSL – Consultoria de Engenharia e Economia Ltda., de 2008 para o DER/CE, com cargas de tolerância e sem multas, para o **Trecho: Solonópole – Nova Floresta**, conforme quadro 02.

Quadro 02 – Fatores de veículos para ônibus e caminhão

Tipo	Ônibus	Caminhão		
		2C	3C	nSi
AASHTO	0,49017275	0,49017275	0,49017275	0,49017275
USACE	1,11698006	1,11698006	1,11698006	1,11698006

Foi aplicada nos cálculos uma taxa de crescimento anual de 3,0 %.



O Número de Repetições do Eixo Simples Padrão "N" foi calculado utilizando a seguinte expressão:

$$N = 365 \cdot k \cdot \sum (V_{mi} \cdot FV_i)$$

Onde:

- k → fator de carregamento para a faixa de projeto
 - pista simples → 0,5 = 50 % do tráfego em cada faixa
 - pista dupla → 0,4 = 80 % de 0,5 em cada faixa
- V_{mi} → volume médio diário de cada tipo de veículo
- FV_i → fator de veículo de cada tipo de veículo

A projeção de tráfego e o cálculo do número "N" são apresentados no quadro 03.

3.4 - Conclusão

O número "N" obtido para o ano de 2.031 foi o seguinte:

- AASHTO → $1,08 \times 10^5$ (critério deflectométrico)
- USACE → $2,46 \times 10^5$ (critério da resistência)

76



Quadro 03 – Projeção de tráfego e Cálculo do número “N”

PROJEÇÃO DE TRÁFEGO

RODOVIA: CE-596 TRECHO: BATURITÉ - CANDEIAS										
PESQUISA DE TRÁFEGO FORNECIDA PELO DER/CE DO TRECHO QUIXADÁ - DOM MAURICIO										
Taxas de Crescimento:		Automóvel: 3,00%			Ônibus: 3,00%		Caminhão: 3,00%			
Categoria Ano	Auto		Ônibus		CM CS		CM CD Pesado	CM SR nSi	Total	
	P/M	Grande	2C	3C	Leve	Médio				
2.017	723	0	11	0	0	38	16	0	788	
2.018	745	0	11	0	0	39	16	0	811	
2.019	767	0	12	0	0	40	17	0	836	
2.020	790	0	12	0	0	42	17	0	861	
2.021	814	0	12	0	0	43	18	0	887	
2.022	838	0	13	0	0	44	19	0	914	
2.023	863	0	13	0	0	45	19	0	940	
2.024	889	0	14	0	0	47	20	0	970	
2.025	916	0	14	0	0	48	20	0	998	
2.026	943	0	14	0	0	50	21	0	1.028	
2.027	972	0	15	0	0	51	22	0	1.060	
2.028	1.001	0	15	0	0	53	22	0	1.091	
2.029	1.031	0	16	0	0	54	23	0	1.124	
2.030	1.062	0	16	0	0	56	23	0	1.157	
2.031	1.094	0	17	0	0	57	24	0	1.192	

CÁLCULO DO NÚMERO "N"

Categoria	Fatores de Veículo							
	RODOVIA: CE-153				TRECHO: Solonópole - Nova Floresta			
	Auto		Ônibus		CM CS		CM CD	CM SR
P/M	Grande	2C	3C	Leve	Médio	Pesado	nSi	
AASHTO	-	-	0,49017275	0,49017275	0,49017275	0,49017275	0,49017275	0,49017275
USACE	-	-	1,11698006	1,11698006	1,11698006	1,11698006	1,11698006	1,11698006

ANO	A.A.S.H.T.O.		U.S.A.C.E.	
	"N"	"N" Acumulado	"N"	"N" Acumulado
2017	5,81500E+03	5,81500E+03	1,32500E+04	1,32500E+04
2018	5,90400E+03	1,17190E+04	1,34540E+04	2,67040E+04
2019	6,17300E+03	1,78920E+04	1,40660E+04	4,07700E+04
2020	6,35100E+03	2,42430E+04	1,44730E+04	5,52430E+04
2021	6,53000E+03	3,07730E+04	1,48810E+04	7,01240E+04
2022	6,79900E+03	3,75720E+04	1,54930E+04	8,56170E+04
2023	6,88800E+03	4,44600E+04	1,56960E+04	1,01313E+05
2024	7,24600E+03	5,17060E+04	1,65120E+04	1,17825E+05
2025	7,33500E+03	5,90410E+04	1,67160E+04	1,34541E+05
2026	7,60400E+03	6,66450E+04	1,73270E+04	1,51868E+05
2027	7,87200E+03	7,45170E+04	1,79390E+04	1,69807E+05
2028	8,05100E+03	8,25680E+04	1,83460E+04	1,88153E+05
2029	8,31900E+03	9,08870E+04	1,89580E+04	2,07111E+05
2030	8,49800E+03	9,93850E+04	1,93660E+04	2,26477E+05
2031	8,76700E+03	1,08152E+05	1,99770E+04	2,46454E+05



4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS



4 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

4.1 - Introdução

Os Estudos Topográficos foram executados de acordo com as *Instruções de Serviço para Estudo Topográfico para Implantação e Pavimentação de Rodovias (IS-05)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

4.2 - Equipamentos Utilizados

- Locação do eixo → executada com GPS Geodésico Epoch 50 RTK auxiliado por Estação Total marca NIKKON 332 S.

- Nivelamento e Contranivelamento → realizados com GPS Geodésico Epoch 50 RTK auxiliado por nível automático marca WILD NAK-1 e mira de alumínio com marcações de 1 cm.

4.3 - Serviços Executados

O trecho foi locado com a implantação da estaca 00, de coordenadas E = 285.068,284 e N = 9.642.545,115, situada no entroncamento com a CE-311, uma Rodovia que dá acesso ao município de Viçosa do Ceará.

A estaca final 1.988+0,97 de coordenadas E = 251.419,899 e N = 9.640.229,717 foi projetada no Distrito de Adrianópolis, dentro do município de Granja no Ceará, o distrito está localizado no Litoral Norte do Estado e junto à Serra da Ubatuba, aproximadamente a 63km da sede do município de Granja/CE e a 410km da Capital Fortaleza/CE.

- **Implantação de Marcos de Apoio**

Para início dos trabalhos de campo, foram implantados com GPS Geodésico, 44 (quarenta e quatro) marcos de apoio em concreto medindo 15 x 20 x 40 cm, em locais pré-definidos estrategicamente e denominados de Amarração 01 a 44.

- **Transporte de Coordenadas e Cotas**

Utilizando um GPS Geodésico Epoch 50 RTK, foi executado um sistema de triangulação, utilizando com vértices, a Estação Planimétrica SAT 92.447 (IBGE), localizada nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em Campina



Grande, Paraíba e a estação SAT 96.552 (IBGE), situada no prédio da Superintendência Regional do INCRA, em Teresina, Piauí, que serviram de base para transportar coordenadas e cotas para as **amarrações 01 e 02**.

O cálculo e o ajustamento das coordenadas das determinações do GPS foram efetuados por programas específicos, sobre Sistema de Proteção UTM (Universal Transverso de Mercator), utilizando-se o datum horizontal WGS-84 (World Geodetic System).

4.3.1 Locação do Eixo de Referência

A locação do eixo de referência foi executada pelo eixo da via atual, com estaqueamento a cada 20 metros.

Portanto, a extensão final projetada foi de: estaca 00 a 1.988+0,97 → 39.760,97 m.

Os pontos locados foram materializados através de piquetes de madeira acompanhados de suas respectivas estacas testemunhas, constituídas de madeira de boa qualidade, com cerca de 60 cm de comprimento, providas de entalhe onde foi escrito, à tinta óleo vermelha, de cima para baixo, o número correspondente à respectiva estaca.

4.3.2 Nivelamento e Contra-Nivelamento

Todos os pontos materializados na locação do eixo de referência foram nivelados e contra nivelados através de processo geométrico, cuja tolerância admitida foi de 10 mm no máximo em pontos isolados e erro máximo admissível calculado pela expressão:

$$E_{\text{máx}} = 12,5 \sqrt{n}$$

$E_{\text{máx}}$ → em milímetros;

n → em quilômetros.

Todos os pontos nivelados tiveram como referência os marcos geodésicos implantados com cotas reais, que serviram de referência para a rede de RN auxiliares implantadas a cada 500 m, em marcos de concreto com pino metálico no seu topo, que foram devidamente cadastrados e apresentados no Projeto Geométrico do Volume 2.

M



4.3.3 Levantamento de Seções Transversais

As seções foram levantadas com Nível em todas as estacas do eixo locado, correspondendo aos seguintes pontos: eixo, bordos, cristas e pés dos taludes de aterro, cadastramento de cercas, bueiros e demais pontos obrigatórios.

As seções foram levantadas na direção perpendicular ao eixo locado nas tangentes e na direção da bissetriz do ângulo formado pelas seções anterior e posterior à seção levantada nos desenvolvimentos em curvas, abrangendo os limites da faixa de domínio, mencionando as residências, grotas, margens de riachos, cercas divisórias e demais acidentes atingidos pelas seções.

4.3.4 Levantamento Cadastral da Faixa de Domínio

O levantamento cadastral da faixa de domínio foi executado por processo taqueométrico, com 40 metros de largura, registrando as travessias urbanas e benfeitorias existentes, residências, cercas, cruzamentos e interseções com rodovias, talvegues transpostos, rede elétrica e telefônica e demais interferências atingidas.

4.3.5 Levantamento de Interseções e Acessos

Não existe nenhuma interseção ao longo do trecho.

4.3.6 Levantamento de Obras d'Arte Correntes e Especiais

Foi executado o levantamento longitudinal detalhado de todos os bueiros existentes, informando as cotas de eixo, cristas dos taludes, soleira e leito do talvegue.

4.3.7 Levantamento de Ocorrências

Foram feitas as delimitações das áreas de ocorrências: jazidas, areais, pedreiras e empréstimos, procedendo à amarração de cada uma ao eixo da locação de projeto, por coordenadas geodésicas.



4.4 – Apresentação do Estudo Topográfico

A apresentação do estudo é realizada no Volume 2, no tamanho A-3, contendo:

- Planta topográfica do traçado na escala 1:2.000 com curvas de nível a intervalo de 1 metro e todos os elementos levantados de interesse para o projeto;
- Perfil da linha de locação nas escalas 1:2.000 (horizontal) e 1:200 (vertical), com rodapé contendo os elementos de locação;
- Desenho dos levantamentos das ocorrências de materiais, interseções e demais elementos do Projeto;
- Características técnicas–operacionais da rodovia.

17/10



Quadro 04 – Relação de Amarrações / RN'

RODOVIA: CE-216	TRECHO: ENTR.CE-311(GRANJA)-ADRIANÓPOLIS	EXTENSÃO: 39,76 km
-----------------	--	--------------------

NÚMERO	ESTACA	DISTÂNCIA	LADO	COORDENADAS		COTA
				E	N	
AM-03	44 + 7,22	44,92	LE	284.315,297	9.643.016,480	73,213
AM-04	47 + 5,80	47,75	LD	284.320,360	9.643.125,998	75,155
M-03	97 + 15,48	36,79	LE	283.553,762	9.198.295,798	81,225
M-04	103 + 18,10	35,55	LE	283.484,751	9.643.869,380	80,977
AM-05	194 + 14,03	32,48	LD	282.888,772	9.645.540,097	74,063
AM-06	199 + 9,17	20,34	LE	282.785,537	9.645.574,521	74,891
AM-07	299 + 15,72	38,95	LD	280.874,792	9.646.054,029	74,162
AM-08	304 + 6,48	49,07	LD	280.775,978	9.646.061,930	76,380
AM-09	400 + 8,30	16,84	LE	279.080,886	9.645.286,858	71,267
AM-10	404 + 10,49	66,55	LE	278.994,621	9.645.244,617	72,725
AM-11	492 + 12,92	64,84	LE	277.262,516	9.645.093,829	51,383
AM-12	497 + 12,33	52,99	LE	277.171,674	9.645.084,693	48,777
AM-13	593 + 5,01	46,28	LE	275.552,036	9.644.515,069	50,460
AM-20	596 + 16,67	2,08	LE	275.485,444	9.644.579,180	50,448
AM-14	596 + 15,51	31,07	LE	275.473,871	9.644.552,566	49,434
AM-15	685 + 17,77	23,46	LE	273.895,240	9.644.391,229	61,550
AM-16	690 + 2,97	33,45	LD	273.793,065	9.644.398,933	60,364
AM-17	780 + 16,54	37,32	LD	272.076,899	9.643.937,950	58,638
AM-18	786 + 19,82	26,87	LD	271.954,938	9.643.937,669	56,339
AM-19	879 + 10,09	23,62	LE	270.288,444	9.643.279,040	44,982
AM-20	886 + 8,17	26,12	LE	270.167,749	9.643.211,921	43,745
AM-21	976 + 1,45	28,06	LE	268.659,637	9.642.632,672	42,384
AM-22	980 + 0,84	48,04	LD	268.550,313	9.642.644,871	44,466
AM-23	1.060 + 10,72	50,48	LD	267.142,293	9.641.919,608	50,479
AM-24	1.065 + 2,13	11,63	LD	267.066,660	9.641.875,442	47,703
AM-25	1.162 + 6,43	25,92	LD	265.556,903	9.640.813,428	54,839
AM-26	1.168 + 2,05	31,53	LD	265.459,379	9.640.751,078	56,176
AM-27	1.246 + 8,40	36,46	LE	264.072,056	9.640.428,190	60,098
AM-28	1.251 + 6,58	31,87	LE	263.980,924	9.640.464,993	60,474
AM-29	1.351 + 19,53	30,91	LE	262.056,684	9.640.828,937	82,537
AM-30	1.362 + 5,68	16,60	LD	262.108,568	9.641.039,235	79,635
AM-31	1.446 + 19,94	32,03	LD	261.399,611	9.642.359,598	59,718
AM-32	1.451 + 6,47	19,26	LD	261.312,153	9.642.356,995	59,334
AM-33	1.551 + 5,69	25,41	LD	259.323,928	9.642.576,256	44,316
AM-34	1.557 + 1,89	23,77	LD	259.207,961	9.642.583,793	45,070
AM-35	1.651 + 5,73	20,97	LE	257.327,081	9.642.633,272	53,654
AM-36	1.657 + 8,93	27,30	LE	257.203,844	9.642.627,686	57,304
AM-37	1.750 + 18,04	13,09	LD	255.448,658	9.642.306,363	79,135
AM-38	1.755 + 12,30	13,41	LD	255.375,651	9.642.246,142	80,201
AM-39	1.845 + 13,80	31,47	LD	253.756,190	9.641.692,166	67,098
AM-40	1.850 + 2,04	31,92	LD	253.668,662	9.641.667,225	70,008
AM-41	1.936 + 8,69	18,27	LD	252.125,429	9.640.980,381	63,357
AM-42	1.942 + 1,03	6,72	LE	252.066,996	9.640.881,228	60,191
AM-43	1.988 + 0,97	2,59	LD	251.417,379	9.640.229,115	63,388
AM-44	1.988 + 0,97	66,30	LD	251.367,412	9.640.189,203	62,310



5 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

MP



5 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

5.1 - Introdução

Os Estudos Hidrológicos foram desenvolvidos conforme as *Instruções de Serviço para Estudo Hidrológico (IS-04)* contidas no Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE.

5.2 - Metodologia

Para a determinação dos elementos hidrológicos de cada bacia foi utilizada a publicação do Eng^o Otto Pfafstetter "**Chuvas Intensas no Brasil**" aplicado aos dados relativos às chuvas do posto de **Quixeramobim**, no estado do Ceará, que melhor se assemelha à região cortada pelo traçado.

5.2.1 – Intensidade da Chuva (I)

A determinação da intensidade de chuva foi obtida a partir da seguinte expressão:

$$I = 60 \cdot P / T_c$$

- I → intensidade da chuva (em mm/h);
- P → precipitação (em mm);
- T_c → tempo de concentração (em min).

5.2.2 – Precipitação (P)

A precipitação "P" foi determinada a partir da expressão:

$$P = K [a \cdot t + b \cdot \log (1+c \cdot t)]$$

$$a = 0,20$$

$$b = 17$$

$$c = 60$$

- t → duração (em horas)
- K → fator de probabilidade

$$K = T^{\left(\alpha + \frac{\beta}{T}\right)}$$

- T → tempo de recorrência (em anos)



- α e β → parâmetros variáveis com a duração

- $\gamma = 0,25$

5.2.3 – Tempo de Concentração (Tc)

A Intensidade de chuva (I) para cada bacia foi obtida considerando a duração da chuva igual ao Tempo de Concentração (Tc) da bacia.

Os Tempos de Concentração (Tc) foram calculados usando-se a expressão de **Kirpich Modificada**, proposta pelo “California Highways and Public Roads”:

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

Onde: - Tc → tempo de concentração (em minutos);

- L → extensão do talvegue (em km);

- H → diferença de nível (em metros).

5.2.4 – Tempo de Recorrência (Tr)

Foram adotados os seguintes tempos de recorrência:

a) Obras de drenagem superficial: Tr = 10 anos

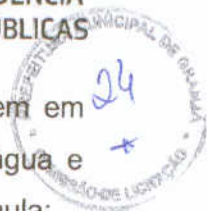
b) Obras de arte correntes: Tr = 15 anos, como canal
Tr = 25 anos, seção plena

c) Obras especiais: Tr = 50 anos
Tr = 100 anos

5.3 - Vazões De Projeto

As bacias foram divididas em três classificações, em função das áreas de contribuição:

17



- **Pequenas bacias** → áreas de contribuição inferiores a 4,0 km² e correspondem em geral às obras de drenagem superficial como sarjetas, banquetas, descidas d'água e bueiros tubulares, cujas vazões são calculadas pelo **Método Racional**, com a fórmula:

$$Q = \frac{C.I.A}{3,60}$$

- Q → vazão de projeto (m³/s)
- I → intensidade de precipitação (mm/h), duração igual ao tempo de concentração.
- A → área da bacia (km²)
- C → coeficiente de deflúvio (RUN-OFF), Quadro 05 e 06.

- **Médias bacias** → áreas de contribuição entre 4,0 e 10,0 km² e correspondem em geral às obras de arte correntes (bueiros tubulares e capeados), cujas vazões são calculadas pelo Método Racional corrigido, pela expressão:

$$Q = \frac{C.I.A}{3,60} . n$$

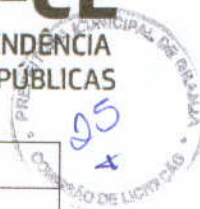
n = coeficiente adimensional de retardo, sendo $n = A^{-0,10}$

Quadro 05 – run-off em áreas rurais

Tipos de Superfície	Coeficientes "C", de "RUN-OFF"
Revestimento asfáltico	0,8 - 0,9
Terra compactada	0,4 - 0,6
Solo natural	0,2 - 0,4
Solo com cobertura vegetal	0,3 - 0,4

Quadro 06 – run-off em áreas urbanas

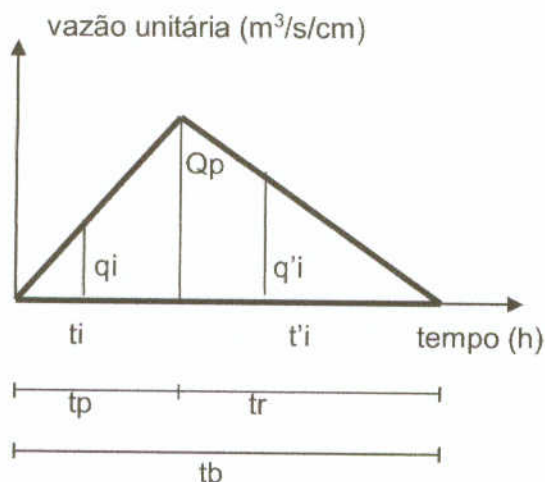
Tipos de Superfície	Coeficientes "C" de "RUN-OFF"
Pavimento de concreto de cimento Portland ou concreto betuminoso	0,75 – 0,95
Pavimento de macadame betuminoso	0,65 – 0,80
Acostamento ou revestimento primário	0,40 – 0,60
Solo sem revestimento	0,20 – 0,90
Taludes gramados (2:1)	0,50 – 0,70



Prados gramado	0,10 – 0,40
Áreas florestais	0,10 – 0,30
Campos cultivados	0,20 – 0,40
Áreas comerciais, zonas de centro da cidade	0,70 – 0,95
Zonas moderad. inclinadas c/aprox. 50 % de área impermeável	0,60 – 0,70
Zonas planas com aproximadamente 60 % de área impermeável	0,50 – 0,60
Zonas planas com aproximadamente 30 % de área impermeável	0,35 – 0,45

- **Grandes bacias** → áreas de contribuição superior a 10 km² e correspondem às obras de arte correntes (bueiros capeados/celulares) e especiais (pontes/pontilhões), cujas vazões são calculadas pelo **Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)**, apresentado a seguir:

Os parâmetros do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) para uma chuva efetiva “R” são os seguintes:



$$Q_p = 2,08 \times (A / t_p)$$

$$t_p = (D / 2) + 0,6 t_c$$

$$D = t_c / 5$$

$$T_c = 0,95 (L^3 / H)^{0,385}$$

$$t_r = 1,67 \times t_p$$

$$t_b = 2,67 \times t_p$$

– Q_p → descarga de pico (em m³/s);

– A → área da bacia hidrográfica (em km²);



- t_p → tempo de pico (em hora);
- D → duração da chuva (em hora);
- T_c → tempo de concentração (em hora);
- L → linha de fundo da bacia (em km);
- H → desnível da bacia (em metros);
- t_r → tempo de recessão (em hora);
- t_b → 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 do trabalho "**Práticas Hidrológicas**" do Engenheiro Jaime Taborga Torrico.

$$P / P_0 = 1 - w \cdot \log A/A_0$$

- P → precipitação média sobre a bacia;
- P_0 → precipitação pontual no centro de gravidade da bacia;
- W → fator regional, em função das relações chuva / área / tempo de duração;
- A → área da bacia;
- A_0 → área base, na qual $P = P_0$ ($A_0 = 25 \text{ km}^2$)

No Brasil as pesquisas indicam um valor médio de $w = 0,10$; portanto:

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

A Chuva Efetiva " R " foi calculada em função da Precipitação total " P ", na duração total da chuva, através das curvas do complexo Solo / Vegetação, utilizada pelo "Soil Conservation Service" – S.C.S, cuja Fórmula é apresentada a seguir:

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

- R → chuva efetiva (em mm);
- P → precipitação total (em mm);
- N → número representativo do complexo solo x vegetação.

As ordenadas de chuva podem ser facilmente obtidas do triângulo unitário, para cada tempo t_i ou t'_i , por semelhança de triângulos. Até o tempo de pico t_p a ordenada unitária q_i , para 1 cm de precipitação, pode ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$q_i / t_i = q_p / t_p \rightarrow q_i = (t_i / t_p) \cdot q_p \quad p / t_i < t_p$$



Após o tempo de pico, a relação se altera para:

$$q'i / (tb - t'i) = qp / tr \rightarrow q'i = ((tb - t'i) / tr) \cdot qp \quad p / ti > tp$$

Para o cálculo das descargas da enchente de projeto devem-se re-agrupar os acréscimos de precipitação de sequência mais provável para formar a tempestade que a provoca.

O tempo de concentração serve de parâmetro para a duração das precipitações a ser considerada no Hidrograma sintético, visto que é o tempo mínimo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial de projeto.

- calculam-se as chuvas efetivas (q_i) parciais para os tempos t_i por simples diferença:

$$P_{e_i} - P_{e_{i-1}};$$

- conhecidas as chuvas efetivas parciais q_i , procede-se à construção de tabela típica da obtenção dos valores de Q_i , pelo método hidrógrafo unitário:

$$Q_i = q_{i\mu_1} + q_{i-1\mu_2} + q_{i-2\mu_3} + \dots + q_{1\mu_i}$$

5.4 – CÁLCULOS ELABORADOS

5.4.1 – Drenagem Superficial

Foi calculada a descarga por metro linear de plataforma, considerando a largura total da pista igual a 6,00 m, com contribuição das faixas de segurança com 0,50 m de largura para cada lado e dos taludes de corte com 3,0 m de altura.

Adotou-se o Tempo de Concentração $T_c = 5$ minutos, obtendo as seguintes vazões:

- Contribuição da pista por metro:

Se: $T_c = 5$ min

$$\alpha = 0,108$$

$$\beta = -0,04$$

$$\gamma = 0,25$$

$$K = 1,218$$

$$a = 0,50$$

$$b = 22$$

$$c = 20$$

MA



$$P = 11,461 \text{ mm}$$

$$I = 137,535 \text{ mm/h}$$

$$A = (6,00 + 1,00) \times 1,00 = 7,00 \text{ m}^2 = 7,0 \times 10^{-6} \text{ km}^2$$

$$C = 0,85$$

$$q_1 = \frac{0,85 \times 137,535 \times 7,0 \times 10^{-6}}{3,60} = 2,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Contribuição do talude de corte por metro:

$$\text{Se: } A = 1,00 \times 1,00 = 1,00 \text{ m}^2 = 1,0 \times 10^{-6} \text{ km}^2$$

$$C = 0,85$$

$$q_2 = \frac{0,85 \times 137,535 \times 3,0 \times 10^{-6}}{3,60} = 3,24 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

A descarga total por metro de plataforma será, portanto:

- Banqueta de aterro

$$q_b = q_1 = 2,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

- Sarjeta de corte tipo "L"

$$q_s = q_1 + q_2 = 2,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

5.4.2 – Obras d'Arte Correntes e Especiais

Foi cadastrada pela topografia a existência de 18 bueiros, 01 Pontilhão, 01 Ponte e 04 passagem molhada. As quantidades levantadas dos bueiros foram as seguintes:

Quadro 07 – Bueiros existentes

BUEIROS			QUANTIDADE (un)
	TIPO	SEÇÃO (m)	
TUBULARES	BSTC	Ø = 0,40	01
		Ø = 0,60	01
		Ø = 1,00	05
	BDTC	Ø = 0,80	02
		Ø = 1,00	02



BUEIROS			QUANTIDADE
	TIPO	SEÇÃO (m)	(un)
CAPEADOS	BTTC	Ø = 0,60	01
		Ø = 0,80	01
		Ø = 1,00	03
	BSCC	S=1,50 x 2,00	01
		BTCC	S=3,00 x 2,50
TOTAL			18

Com a relação de bueiros levantados pela topografia, visitamos todas as obras onde foram constatados os seguintes problemas:

- ▶ Bocas obstruídas;
- ▶ Redentes danificados e suspensos;
- ▶ Ausência de bocas em diversos bueiros;
- ▶ Calçadas e bocas danificados.

Todas as obras d'Arte serão substituídas no Projeto, com exceção da Ponte e o BTCC de 3,00 x 2,50m da estaca 1.564+15,00.

Quadro 08 – Obras d'Arte especiais existentes

Local (Estaca)	Talvegue	Tipo	Extensão (m)	Largura (m)	
				Obra	Pista
942	Rio Itaúna	Ponte	16,00	4,80	7,00

A ponte encontra-se em bom estado de conservação, sendo necessário uma recuperação do guarda corpo e face inferior da laje.

MM



Foto 01 – estaca 942 vista superior da Ponte sobre o Rio Itaúna – laje e guarda corpo danificados.



Foto 02 – estaca 942 vista lateral da Ponte sobre o Rio Itaúna – ferragens expostas.



Foto 03 – estaca 1.564+15,00 vista superior de bueiro BTCC



Foto 04 – estaca 1.564+15,00 vista lateral de bueiro BTCC.



Foto 05 – boca de bueiro obstruída



Foto 06 – boca de bueiro BTTC sem alas com muro elevado de alvenaria de

CMV



Foto 07 – boca de bueiro BTTC sem alas com muro elevado de alvenaria de tijolo

tijolo.



Foto 08 – boca de BDTC sem redente



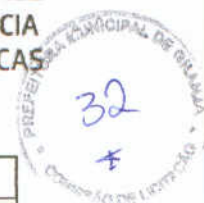
Foto 09 – vista superior da passagem molhada



Foto 10 – vista lateral da passagem molhada

Após lançamento do traçado levantado com todas as obras cadastradas pela topografia sobre as Cartas da SUDENE da região atravessada pelo trecho, foi determinada a delimitação da área (A) de cada bacia identificada, com sua respectiva linha de fundo (L) e o seu desnível (H).

As vazões afluentes calculadas pelo HUT e para as demais obras das bacias identificadas nas Cartas da SUDENE calculadas pelo método Racional são apresentadas a no quadro 08.



Quadro 09 – Cálculo HUT da bacia 12 para 25 anos

BACIA 12												
RODOVIA: CE-216			TRECHO: ENTR.CE-311(GRANJA) - ADRIANÓPOLIS					EXTENSÃO: 39,76 km				
COMPOSIÇÃO DOS HIDROGRAMAS TRIANGULARES SUCESSIVOS												
CÁLCULO DOS VALORES DE Q(i)												
(i)	q (i)	Q (1)	Q (2)	Q (3)	Q (4)	Q (5)	Q (6)	Q (7)	Q (8)	Q (9)	Q (10)	Q (total)
0,68	8,38	0,08										0,08
1,36	16,76	0,15	1,27									1,42
2,04	25,14	0,23	2,53	1,45								4,21
2,72	26,82	0,24	3,80	2,90	1,32							8,25
3,41	21,80	0,20	4,05	4,35	2,63	1,27						12,49
4,09	16,78	0,15	3,29	4,64	3,95	2,53	1,19					15,75
4,77	11,77	0,11	2,53	3,77	4,21	3,80	2,38	1,00				17,80
5,45	6,75	0,06	1,78	2,90	3,42	4,05	3,57	1,99	0,96			18,74
6,13	1,73	0,02	1,02	2,04	2,63	3,29	3,81	2,99	1,93	0,89		18,61
6,81	0,00	0,00	0,26	1,17	1,85	2,53	3,10	3,19	2,89	1,78	0,28	17,04
7,49			0,00	0,30	1,06	1,78	2,38	2,59	3,08	2,66	0,55	14,42
8,17				0,00	0,27	1,02	1,67	2,00	2,51	2,84	0,83	11,14
8,85					0,00	0,26	0,96	1,40	1,93	2,31	0,89	7,75
9,54						0,00	0,25	0,80	1,35	1,78	0,72	4,90
10,22							0,00	0,21	0,78	1,25	0,55	2,78
10,90								0,00	0,20	0,72	0,39	1,30
11,58									0,00	0,18	0,22	0,41
12,26										0,00	0,06	0,06
12,94											0,00	0,00

CÁLCULO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

CÁLCULO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR													
RODOVIA: CE-216			TRECHO: ENTR.CE-311(GRANJA) - ADRIANÓPOLIS					EXTENSÃO: 39,76 km					
Localização:		Escala 515		Declividade da bacia (m/km):		4,31							
Talvegue transposto:		BACIA 12		Tempo de concentração (hora):		3,41							
Área da bacia (km ²):		33,61		Duração total (hora):		5,00							
Diferença de nível (m):		47,0		Coeficiente de redução (P/P ₀):		0,99							
Linha de fundo (km):		10,90		D _T =		0,68		T _R =		3,98		Q(t _p) =	29,33
Curva solo - vegetação:		55		T _p =		2,38		T _H =		6,37			
Tempo de recorrência (ano):		25											
POSTO DE GUARAMIRANGA													
		a	b	c									
		0,5	22	20									
(i)	i(h)	q (i)	q (i')	P ₀ (mm)	P (mm)	R i (cm)	e(i) (cm)	tc (min)	k p/T=25	gama	alfa	beta	
1	0,68	8,38	0,00	46,4	45,9	0,009	0,009	41	1,787	0,25	0,145	0,080	
2	1,36	16,76	0,00	61,2	60,6	0,160	0,151	82	1,876	0,25	0,160	0,080	
3	2,04	25,14	0,00	70,3	69,6	0,333	0,173	123	1,916	0,25	0,166	0,080	
4	2,72	0,00	26,82	76,8	76,0	0,490	0,157	163	1,933	0,25	0,169	0,080	
5	3,41	0,00	21,80	82,2	81,4	0,641	0,151	204	1,950	0,25	0,172	0,080	
6	4,09	0,00	16,78	86,9	86,0	0,783	0,142	245	1,965	0,25	0,174	0,080	
7	4,77	0,00	11,77	90,5	89,6	0,902	0,119	286	1,967	0,25	0,174	0,080	
8	5,45	0,00	6,75	93,8	92,9	1,017	0,115	327	1,969	0,25	0,175	0,080	
9	6,13	0,00	1,73	96,8	95,8	1,123	0,106	368	1,971	0,25	0,175	0,080	
10	6,37	0,00	0,00	97,7	96,7	1,156	0,033	382	1,972	0,25	0,175	0,080	