



**PROJETO DETALHADO
RELATÓRIO TÉCNICO
ESTUDOS HIDROLÓGICOS
PRESIDENTE KENNEDY/ES**

REVISÕES

TE: TIPO A - PRELIMINAR C - PARA CONHECIMENTO E - PARA CONSTRUÇÃO G - CONFORME CONSTRUÍDO
EMISSÃO B - PARA APROVAÇÃO D - PARA COTAÇÃO F - CONFORME COMPRADO H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	PARA APROVAÇÃO	HBS	CAA	MSJ		

1.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos foram elaborados com a finalidade de fornecer todos os elementos necessários para os cálculos de máxima cheia do Córrego Batalha (antigo Córrego Morobá) onde seu percurso é localizado no município de Presidente Kennedy.

Para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos, foram utilizadas as instruções contidas no DNIT e nas normas da ABNT.

Este estudo compreende a caracterização climática e pluviométrica da região em que está inserido o Córrego.

1.1 ASPÉCTOS METODOLÓGICOS

1.1.1 Coleta de Dados

Os diversos elementos necessários à execução dos estudos hidrológicos foram coletados em vários órgãos e consultados estudos e publicações julgadas de interesse ao projeto. Os dados utilizados foram:

- Dados de chuva do Software Pluvio 2.1 - Chuvas Intensas no Brasil, nos seguintes postos:

Município / Estado	Dados Pluvio			
	k	A	b	c
Presidente Kennedy / ES	1.535,461	0,249	19,425	0,851

Tabela 1 – Postos Pluviométricos

- Normais climatológicas referentes à estação de Cachoeiro do Itapemirim-ES, identificada pelo código 83.646, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>;
- Atlas Climatológicos, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>;
- Cartas topográficas, do IBGE, na escala 1:50.000 (Presidente Kennedy/ES);

1.1.2 Características Climáticas da Região

O clima na área de influência do trecho da ferrovia em estudo enquadra-se no tipo “Aw”, segundo a classificação de Wladimir Köppen, sendo caracterizada por clima Inverno Seco, , temperatura média do mês mais quente acima de 26°C. Na região predomina a vegetação megatérmica, que exige uma temperatura constantemente alta e chuvas abundantes. A seguir mapa de classificação climática.

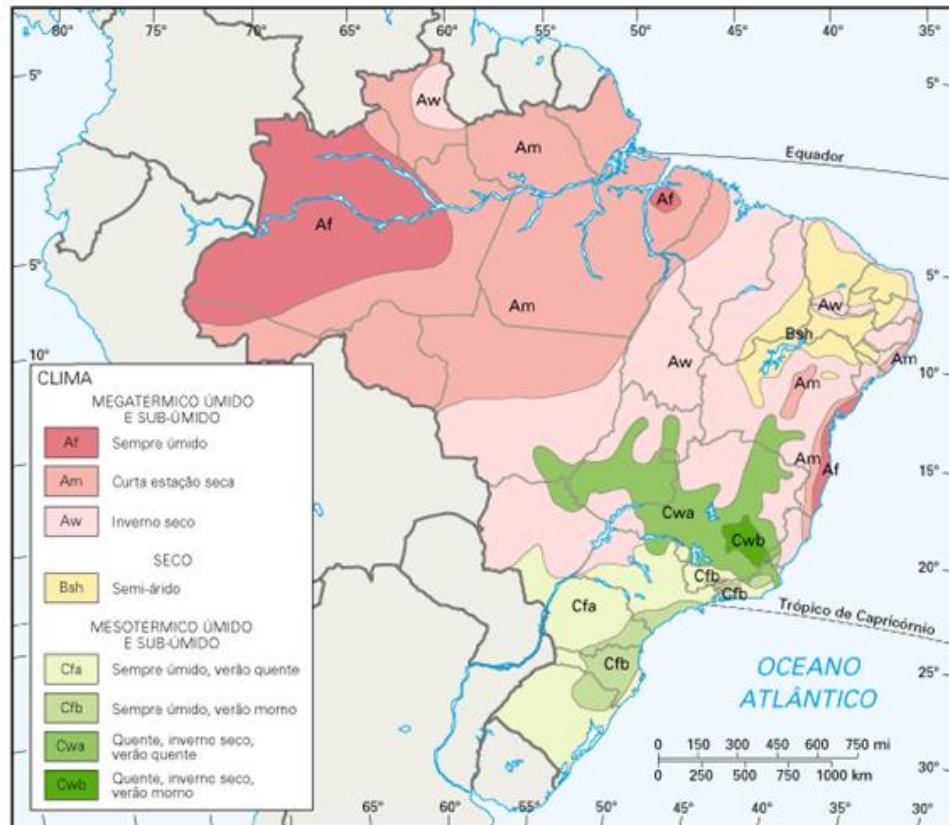


Figura 1 – Mapa Classificação de Koppen

Para obtenção dos dados climáticos necessários ao projeto localizado Município de Presidente Kennedy– foi estudado nos “Normais climatológicas” o posto meteorológico de Cachoeiro do Itapemirim apresentado a seguir. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define “Normais” como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculados para períodos consecutivos de 30 anos”. As informações aqui apresentadas são resultado de um projeto concluído no final de 2009, que reviu e ampliou significativamente as Normais Climatológicas 1961-1990 computadas pelo INMET em 1992.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS														
Estação : Cachoeiro do Itapemirim		Código : 83.646				Período de Observação : 1961 - 1990								
Operadora : INMET		Latitude : 20°51'S				Longitude : 41°06'W								
DADOS	MESES												TOTAL	MÉDIA ANUAL
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO		
TEMPERATURA MÉDIA (°C)	26,4	26,6	26,2	24,3	22,2	21,0	20,4	21,3	22,3	23,4	24,4	25,1	283,6	23,6
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	32,7	33,4	33,1	30,7	28,8	27,8	27,1	28,2	28,4	29,0	30,2	31,3	360,7	30,1
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	22,2	22,1	21,8	20,5	18,3	16,8	16,3	16,8	18,0	19,7	20,6	21,4	234,5	19,5
AMPLITUDE ABSOLUTA (°C)	29,2	31,2	29,0	27,7	25,4	27,6	26,7	25,5	27,6	28,1	25,7	28,9	332,6	27,7
INSOLAÇÃO TOTAL (horas e décimos)	249,2	209,0	236,8	190,9	202,3	196,5	204,5	202,5	159,6	151,9	152,6	188,0	2.343,8	195,3
EVAPORAÇÃO (mm)	97,5	93,9	91,5	72,7	67,2	68,5	73,7	92,4	85,7	78,7	82,7	85,5	990,0	82,5
UMIDADE RELATIVA (%)	77,0	76,0	77,0	80,0	81,0	80,0	80,0	77,0	77,0	79,0	79,0	80,0	943,0	78,6
ALTITUDE DA ESTAÇÃO (m)	77,0													
CLIMA	Koppen - Aw - Inverno Seco													
VEGETAÇÃO PREDOMINANTE	Floresta Estacional													

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Tabela 2 – Características Climáticas

1.2 PLUVIOMETRIA

O departamento de Engenharia agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, pela aplicação do inverso da quinta potência das distâncias da área em estudo até regiões com parâmetros e expoentes conhecidos e utilização do software PLUVIO 2.1, vem se dedicando a definir estes parâmetros para as mais diversas regiões do Brasil.

Em face deste fato, a equipe responsável pelo estudo realizou pesquisa no site <http://www.qprh.ufv.br/?area=softwares> – PLUVIO 2.1 e localizou os parâmetros, estabelecidos por Denardin & Freitas, da equação IDF para a localidade situada na área de influência do projeto. Apresenta-se abaixo, para este projeto, estudo de dois postos pluviométricos. Segue parâmetros da equação do primeiro posto abaixo:

- Localização: Presidente Kennedy/ES Lat.: 21° 05' 56" S Long.: 41° 02' 48" W
- Parâmetros da Equação: K: 1.535,461 a: 0,249 b: 19,425 c: 0,851

Com isso, a equação IDF é representada por:

$$i = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c}$$

Os resultados obtidos para o posto pluviométrico selecionado são apresentados a seguir.

Posto : Presidente Kennedy - ES Código: ES

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)									
T (anos)	t (horas)								
	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	128,2	112,8	82,9	55,4	34,3	25,3	11,6	7,3	4,7
10	152,4	134,1	98,6	65,8	40,8	30,1	13,8	8,7	5,5
15	168,5	148,3	109,0	72,8	45,1	33,3	15,2	9,6	6,1
25	191,4	168,4	123,8	82,7	51,2	37,8	17,3	10,9	6,9
50	227,5	200,2	147,1	98,3	60,9	44,9	20,6	13,0	8,3
100	270,3	237,9	174,9	116,8	72,3	53,3	24,4	15,4	9,8

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto : Presidente Kennedy - ES Código: ES

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm/h)									
T (anos)	t (horas)								
	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	21,4	28,2	41,5	55,4	68,6	75,9	92,7	102,2	111,6
10	25,4	33,5	49,3	65,8	81,6	90,2	110,1	121,4	132,7
15	28,1	37,1	54,5	72,8	90,2	99,8	121,8	134,3	146,7
25	31,9	42,1	61,9	82,7	102,5	113,3	138,4	152,6	166,7
50	37,9	50,0	73,6	98,3	121,8	134,7	164,4	181,3	198,1
100	45,1	59,5	87,4	116,8	144,7	160,0	195,4	215,5	235,4

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Tabela 3 – IDF – Metodologia Isozonas

As curvas de altura Intensidade-Duração-Frequência (IDF), determinada para o posto selecionado são apresentadas a seguir:

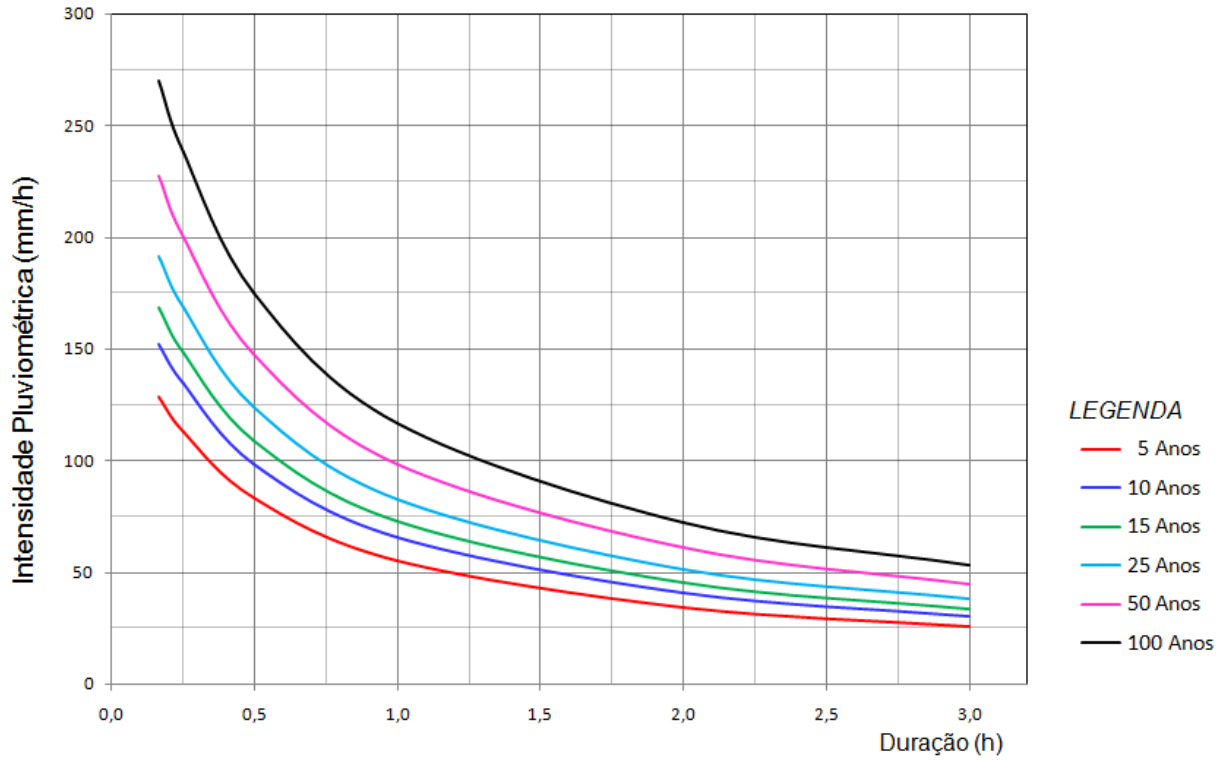
Intensidade Pluviométrica x Duração*Posto Pluviométrico: Presidente Kennedy - ES*

Gráfico1 – Intensidade x Duração

Precipitação x Duração

Posto Pluviométrico: Presidente Kennedy - ES

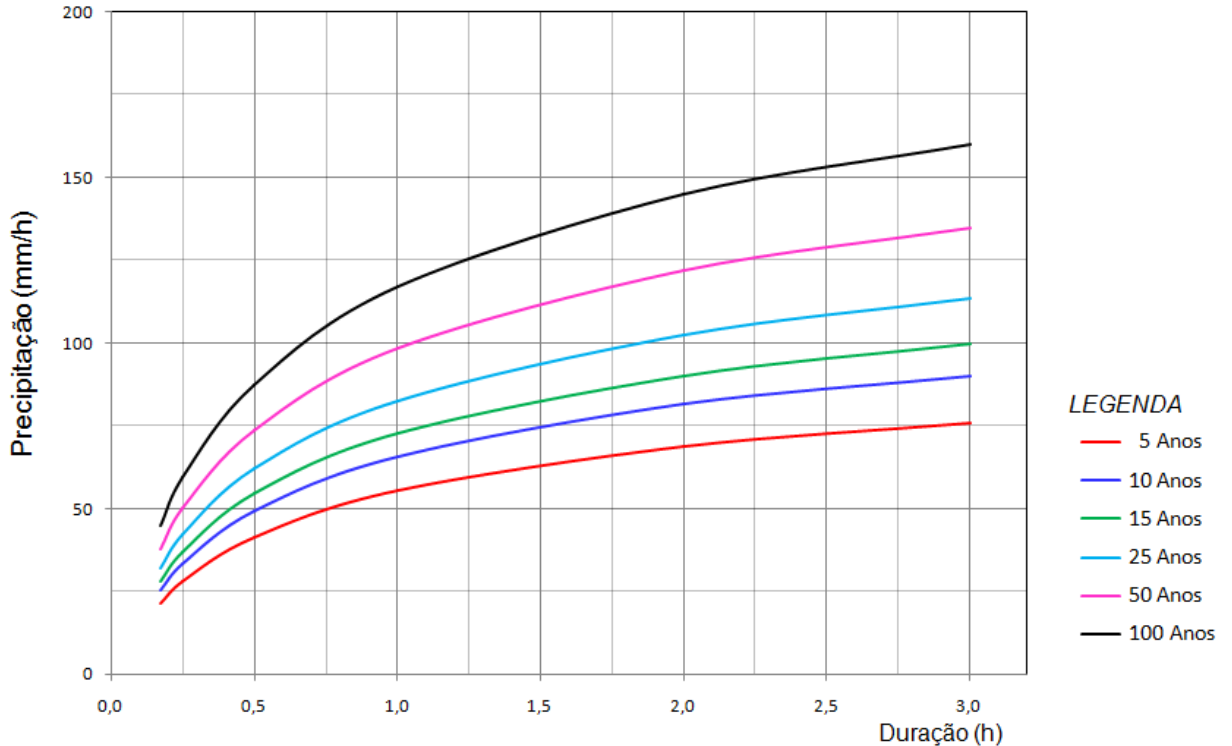


Gráfico 2 – Precipitação x Duração

1.2.1 Tempo de Recorrência

Os dispositivos de drenagem são dimensionados para escoar a vazão correspondente a um determinado período de recorrência. A fixação dos valores desses parâmetros é feita tendo em vista diversos fatores, destacando-se aqueles de origem econômica, a importância e a segurança que a obra deve apresentar.

Foram adotados os seguintes valores de períodos de recorrência:

DISPOSITIVOS	TEMPOS DE RECORRÊNCIA (anos)	T _c (min)
CANAL	25	> 15

Tabela 4 – Tempo de Recorrência

1.2.2 Tempo de Concentração

O tempo de duração de uma precipitação, para fins do dimensionamento hidráulico de uma estrutura do sistema de drenagem das águas de escoamento superficial, é, normalmente, igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição em estudo, entendendo-se como

tal, a duração da trajetória da partícula que demore mais tempo para atingir a seção em estudo.

Para o dimensionamento das obras de arte correntes, adotou-se um tempo mínimo de concentração de 15 minutos.

O valor do tempo de concentração será obtido pela expressão proposta por Kirpich, qual seja:

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

para bacias com área até 80 ha ⇒

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

para bacias com áreas superiores a 80 ha ⇒

onde:

T_c = tempo de concentração, em minutos;

L = extensão do talvegue principal em km;

H = desnível ao longo do talvegue principal em m.

1.2.3 Coefficiente de Escoamento Superficial

Os coeficientes de escoamento superficial foram determinados a partir da análise dos seguintes parâmetros das bacias:

- Características hidromorfológicas;
- Tipo de solo;
- Relevo;
- Uso e cobertura vegetal.

A tabela do coeficiente CN é apresentada a seguir:

VALORES DO COEFICIENTE DE DFLÚVIO "CN"					
Utilização da Terra	Condições de Superfície	Tipo de Solo			
		A	B	C	D
Terrenos Cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceamento em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes	Em curvas de nível	60	72	81	84

ou Campos cultivados	Terraceamento em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	06	35	70	79
Campos Permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de Terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies Impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

O solo tipo "A" é o mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila.
O solo tipo "B" tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.
O solo tipo "C" tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e coloide.
O solo tipo "D" é de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeável junto à superfície. Argiloso.

Tabela 5 – Valores de "CN"
(Eng. Baptista Gariglio e José Paulo Ferrari)

Foi adotado valor de 60 para o coeficiente "CN" conforme tabela acima para o tipo de solo "B"–Campos Permanentes-Normais. o mesmo parâmetro utilizado no Relatório realizado pela empresa TRANSMAR.

Determinação das Vazões

Para determinação das vazões foi usada a metodologia conforme abaixo:

- Método Hidrograma Unitário Sintético - $4 \text{ km}^2 < \text{Área} < 10 \text{ km}^2$;

1.2.4 Método Hidrograma Unitário Sintético

O referido método consiste num processo indireto, que leva em consideração as características físicas, climáticas e hidrográficas das bacias. Está fundamentado nos princípios gerais dos hidrogramas naturais (fluviogramas) e suas relações, utilizando uma configuração simplificada triangular dos fluviogramas e guardando as relações entre seus diversos componentes hidrológicos.

A equação básica é a seguinte:

$$Q = \frac{0,208 \times A \times P_e}{T_p}$$

Onde,

- Q - Vazão de Pico, dada em m³/s;
- A - Área da bacia, dada em km²;
- P_e - Precipitação efetiva, produzida pelo excesso de chuva de duração D_e, dada em mm;
- T_p - Tempo de Ascensão, dada em h;

Precipitação efetiva é dada através da equação:

$$P_e = \frac{(P - 5,08 \times S)^2}{P + 20,32 \times S}$$

Onde,

- P - Precipitação máxima diária anual, em função do tempo de recorrência, dada em anos;
- S - Índice que traduz a capacidade de infiltração máxima do solo, adimensional;

$$S = \frac{100}{CN} - 10$$

Onde,

- CN - Coeficiente de Deflúvio (run-off), variável de 0 a 100 conforme permeabilidade do solo;

A duração do excesso de chuva é dada através da equação:

$$D_e = 2\sqrt{t_c}$$

Onde,

- D_e - Duração do excesso de chuva, dado em horas;
- t_c - Tempo de Concentração, dado em horas;

O tempo de ascensão é dado através da equação:

$$T_p = \frac{D_e}{2} + 0,6 \times t_c$$

Onde,

- t_p - Tempo de Ascensão, dado em horas;

A partir dos dados estudados para o posto selecionado pela metodologia do PLUVIO é apresentado abaixo mapa de bacias e em seguida cálculo hidrológico para determinação da vazão.

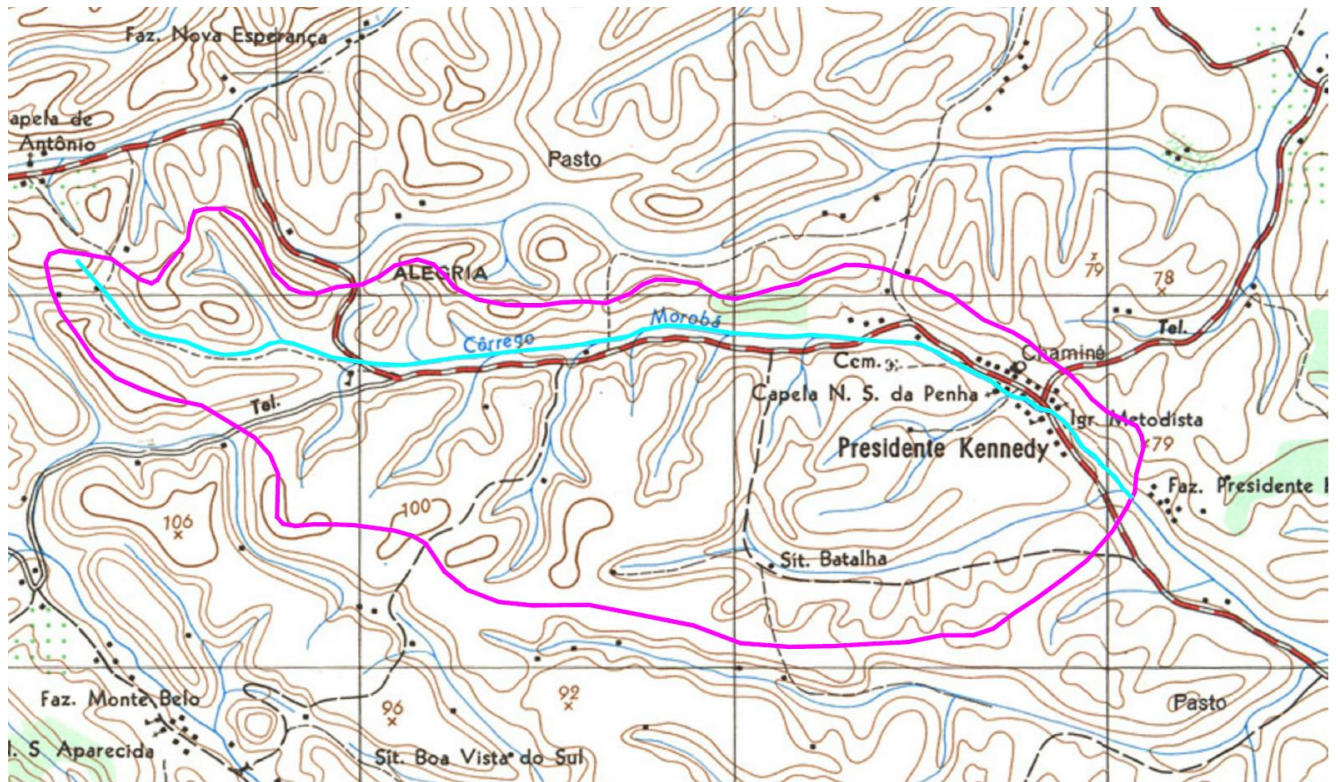


Figura 2 – Mapa de Bacia

Local (Km)		Bacia Contribuinte												Vazão (m³/s)		Obra Existente	Obra Indicada	Observação
Nº	A (km²)	L (km)	ΔH (m)	t c (hs)	D e (hs)	t p (hs)	P (mm)		CN	Pe (mm)		Vazão (m³/s)						
							tr=25	tr=50		tr=25	tr=50	tr=25	tr=50					
	8,280	6,221	80,00	2,17	2,95	2,78	112,89	134,15	60	25,14	37,30	15,58	23,11		Canal 3,00x1,40			

NOTA.:

Tabela 6 – Cálculo de vazão

O processamento dos dados fornecido pelo estudo hidrológico demonstrou que o canal projetado está trabalhando na sua capacidade máxima conforme cálculo abaixo.

HIDROWin - Programa para cálculo hidráulico
Escoamento Uniforme

Dados de entrada

Vazão (m^3/s)	15,58
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,0040
Largura (m)	3,00

Resultados

Área molhada (m^2)	4,482
Coefficiente de Manning	0,015
Declividade (m/m)	0,004
Largura superficial (m)	3,00
Número de Froude	0,908
Profundidade do fluxo (m)	1,494078
Vazão (m^3/s)	15,58
Velocidade (m/s)	3,476