

**alphaville**



**Cabo Frio**

**ESTUDO  
HIDROLÓGICO**

**CABO FRIO - RJ**

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 02 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 1– INDICE

1 – APRESENTAÇÃO	03
2 – OBJETIVO	03
3 – DOCUMENTOS DE REFERENCIA	03
4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	04
4.1 – MUNICIPIO CABO FRIO	04
4.2 – HIDROGRAFIA E BACIA HIDROGRAFICA	06
4.3 – PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DOS CANAIS EXISTENTES	06
4.4 – SOLOS	07
4.4.1 – ESTUDOS HIDROLOGICOS	08
5 – ESTUDOS HIDROLOGICOS	08
5.1 – BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO	08
5.2 – TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	09
5.3 – INDICES CN	11
5.4 – TEMPO DE RETORNO	13
5.5 – CHUVAS E PROJETOS	13
5.5.1 - PRECIPITAÇÃO	13
5.5.2 - DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL	14
5.6 – VAZÃO DE PROJETO	15
5.6.1 – TEORIA DO HIDROGRAMA UNITÁRIO	15
5.6.2 – HIDROGRAMA SINTÉTICO DOS SCS	17
6 – CONCLUSÃO DO ESTUDO HIDROLOGICO	24
7 – ESTUDOS HIDRAULICOS	24
7.1 – PROJETO DE MACRODRENAGEM	24
7.2 – CONCEPÇÃO DO CANAL PROJETADO	25
8 – CONCLUSÃO DO ESTUDO HIDRÁULICO	27
9 – RELAÇÃO DE DOCUMENTOS	28
10 – RESPONSABILIDADE TÉCNICA	28



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 03 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 1 – APRESENTAÇÃO

O presente relatório, denominado Estudo Hidrológico, é parte integrante da elaboração do estudo de Macrodrenagem do empreendimento Alphaville localizado na cidade de Cabo Frio - RJ.

## 2 – OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar o Estudo Hidrológico e Hidráulico, juntamente o estudo preliminar do projeto de macro drenagem do empreendimento Alphaville, localizado na cidade de Cabo Frio - RJ, sob a coordenação do Alphaville urbanismo S.A.

O corpo principal do relatório é organizado da seguinte forma:

- **Documentos de referência** – descrição dos documentos de referência utilizados no projeto;
- **Caracterização da Área de estudos** – localização geográfica, uso e ocupação do solo; hidrografia e bacia hidrográfica, acessos, população e densidade demográfica da cidade, propriedades hidráulicas dos canais existentes e caracterização dos solos da região;
- **Estudos hidrológicos e hidráulicos** – caracterização da área de estudos para determinação de parâmetros para o dimensionamento;
- **Resultados e conclusões** – apresentação e análise dos resultados;
- **Relação de documentos** – relação dos documentos apresentados para esse projeto;
- **Anexos** – Planta de bacia de contribuição.

## 3 – DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Na fase de Estudo Hidrológico referente à elaboração do estudo de macrodrenagem do empreendimento Alphaville, localizado na cidade de Cabo Frio - RJ, foram utilizados os seguintes documentos de referência:

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 04 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

- CANHOLI, A.P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: oficina de Textos editora, 2005;
- REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. águas doces no Brasil. São Paulo: escrituras editora, 2002, 701p. (2°. Ed.);
- SANTOS, M.G. mapeamento da vulnerabilidade e risco da poluição das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos sedimentares da região de Cabo Frio – RJ. UNICAMPO. Campinas, 2004;
- SF-23-Z-B-VI-4 – CABO FRIO (IBGE; 1:50.000);
- SF-24-Z-B-VI-4 – FAROL DO CABO (IBGE; 1:50.000);
- Projeto de Canais e Reservatórios de Retenção para Drenagem Urbana SP 15 a 24 de maio de 2001 - FCTH.

#### 4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo, apresentada neste capítulo, inicia-se com uma descrição de sua localização, características do município, características hidrológicas/hidráulicas bem como aspectos referentes à geologia da área. Tais informações foram obtidas através de relatórios e documentos especificados no item 3.

##### 4.1 – MUNICÍPIO CABO FRIO

A cidade de Cabo Frio está situada na Baixada Litorânea do Estado do Rio de Janeiro, e tem como limites os seguintes municípios:

Ao Norte: Casimiro de Abreu, Ao Sul: Arraial do Cabo; A Oeste: Araruama e São Pedro D'Aldeia; A Leste: Oceano Atlântico.

O acesso a Região dos Lagos, principalmente a cidade de Cabo Frio é realizado utilizando-se as rodovias BR 101, RJ 124 e RJ 102 ou RJ 140.

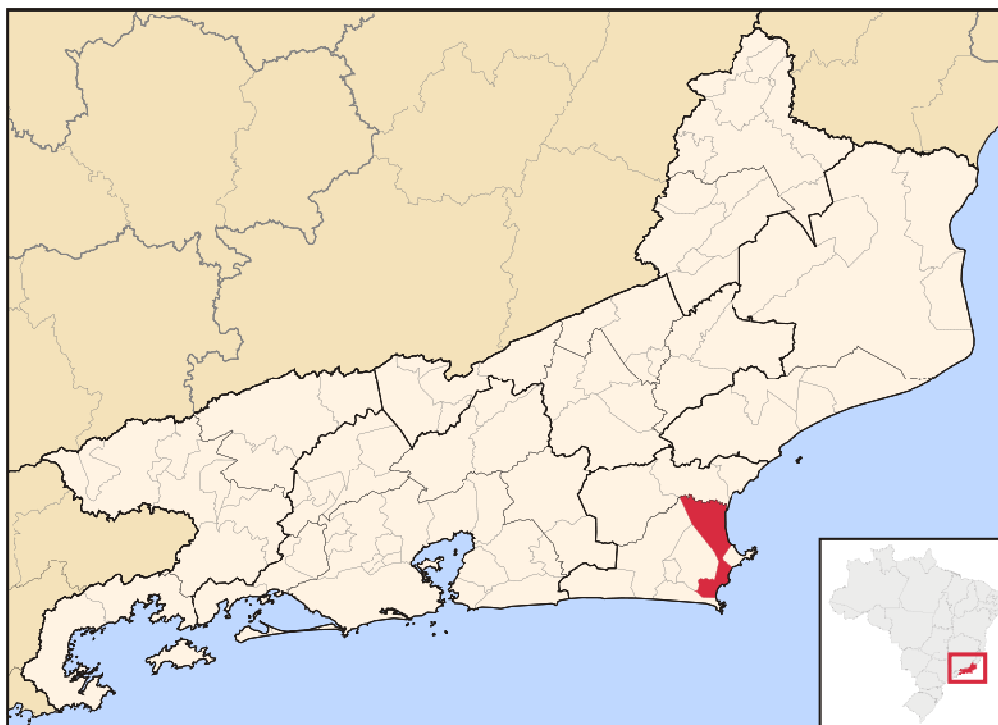
A BR 101 liga o Rio de Janeiro até a cidade de Rio Bonito. Toda em pista dupla. Em Rio Bonito acessa a Via Lagos (RJ 124) possui todos os recursos para socorro e pedágio nos dois sentidos e liga Rio Bonito a São Pedro da Aldeia, beneficiando os municípios de Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio. Em São Pedro da Aldeia acessa a RJ 140 até Cabo Frio. Outra alternativa é a RJ 106 (Rod. Amaral Peixoto) que liga Niterói a Macaé passando pelos municípios de Maricá, Saquarema, Araruama, Iguaba e São Pedro. É uma rodovia antiga mas bem conservada. A ligação de Macaé e Campos com Cabo Frio é feita pela RJ 106 que liga Niterói a Macaé.

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 05 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

Dados técnicos:

- ÁREA (KM²): 403 KM²;
- Ano de Fundação: 13 de Novembro de 1615;
- Vocação: Turismo e Comércio;
- Atividades econômicas predominantes: Turismo, pesca, comércio e extração de sal e produção e comércio de moda praia;
- Distritos: 02 (dois) - Cabo Frio (Sede) e Tamoio;
- População: 126.829 habitantes;
- Fonte: Prefeitura Municipal de Cabo Frio.

**Figura 1** - Apresenta a localização do município de Cabo Frio.



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 06 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 4.2 – HIDROGRAFIA E BACIA HIDROGRÁFICA

A Região Hidrográfica da Lagoa de Araruama e do Cabo Frio cobre uma superfície aproximada de 572 km<sup>2</sup>. Reúne a lagoa de Araruama e sua bacia contribuinte, as restingas de Massambaba e Cabo Frio, o cabo Frio (acidente geográfico hoje pertencente ao município de Arraial do Cabo) e um pequeno trecho ao norte do Canal de Itajuru que termina na praia das Conchas.

A região hidrográfica limita-se a oeste com as bacias das lagoas de Jacarepiá e Saquarema, ao norte e noroeste com as bacias dos rios São João e Una - Cabo de Búzios e a leste e sul com o Oceano Atlântico. A região abarca integralmente apenas o município de Arraial do Cabo e parcelas dos municípios de Cabo Frio, São Pedro da Aldeia, Iguaba Grande, Araruama, Saquarema e Rio Bonito.

A região é cortada pelas rodovias RJ-106 (Rodovia Amaral Peixoto), RJ -102 (Arraial - Búzios), Via Lagos e RJ-138 (Araruama - São Vicente). Na região encontram-se as cidades de Arraial do Cabo, Cabo Frio, São Pedro da Aldeia, Iguaba Grande e Araruama, e as localidades de Praia Seca, Figueira e Monte Alto. A economia é baseada na exploração de petróleo em alto mar, no turismo e veraneio, na construção civil e na pesca.

O relevo é dominado por colinas e baixados. As principais elevações são as serras de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim e Palmital e os morros do Cabo Frio, dentre as quais o do Miranda, do Forno, do Atalaia, do Cabo e do Farol. Nas baixadas e colinas, as matas foram quase que integralmente suprimidas, sendo substituídas por pastagens. Restam pequenas manchas isoladas de florestas nas serras do Palmital e Sapiatiba. Uma vegetação nativa de árvores e arbustos com grande quantidade de cactos é marcante na região, cobrindo a maior parte dos morros litorâneos e todas as ilhas. Classificada com o nome oficial de “savana estépica” pelo IBGE, ela é exclusiva da área do CILSJ. Remanescentes de vegetação de restinga podem ser encontrados nas restingas de Massambaba e Cabo Frio.

## 4.3 – PROPRIEDADES HIDRAULICAS DO CANAL EXISTENTE

O quadro 1 resume características hidráulica do canal existente na área do empreendimento.

**Quadro 1** - Propriedades Hidráulicas do canal.

CANAL	SEÇÕES TRANSVERSAIS			COMPRIMENTO (m)	DECLIVIDADE (m/m)
	b(m)	h(m)	B(m)		
Existente	6,38	2,00	10,28	942,88	0,0014

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 07 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

Onde:

- b – largura da base do canal (m);
- B- largura do topo do canal (m);
- h- profundidade no canal(m).

#### 4.4 – SOLOS

Na região dos Lagos do Rio de Janeiro, a existência de um clima mais seco condiciona um ambiente peculiar no sudeste brasileiro, com forte tendência à salinização e xerofitismo. Foram realizados estudos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos em transectos de solos da região. Os solos são eutróficos, considerando a ciclagem de nutrientes, o baixo grau de intemperismo e a presença de minerais primários com reserva de nutrientes. Os perfis mais desenvolvidos e latolizados são eutróficos e mostram evidências de pré-intemperismo em condições mais úmidas, nos topos mais conservados da região. Estes Latossolos (P2 e P7) são caulíníticos, com microestrutura granular, e apresentam índice Ki, feições micromorfológicas e submicroscópicas, relação Feo/Fed e valores de Fe-ataque sulfúrico típicas da classe. Apresentam também goethita, ilita e gibbsita, subordinadamente. A presença de ilita, a reserva em K e o caráter "intergrade" indicam menor grau de evolução dos Latossolos da região em relação aos Latossolos típicos da região Sudeste. Todos os solos estudados são geneticamente policíclicos e revelam uma tendência atual à acidificação superficial, mostrando que, em tempos subatuais relativamente recentes, prevaleceram condições de sazonalidade mais pronunciadas. Em subsuperfície, a acidificação provoca a desestabilização dos minerais 2:1 expansíveis e liberação de Al e Mg estruturais para formas mais solúveis, originando desbalanço da relação Ca:Mg no horizonte B. Há um papel destacado do Na e, ou, Na + Mg na dispersão de colóides, tendo como conseqüências os valores de argila dispersa nos solos e o gradiente textural observados. Teores elevados de Na e K trocáveis são atribuíveis a "sprays" salinos da laguna nos horizontes superficiais, além do intemperismo de plagioclásios de Na e Ca e feldspatos potássicos em subsuperfície.

Pelo fracionamento de substâncias húmicas, observou-se uma tendência à formação e migração de complexos orgânicos por soluções ricas em sódio, como fulvatos e humatos de sódio, conforme mostram as altas e significativas correlações entre o Na trocável e as frações fúlvicas e húmicas.

##### 4.4.1 – INFLUENCIA DO TIPO DE SOLOS NOS ESTUDOS

Algumas características da bacia hidrográfica influem no seu regime de cheias, como:

- Características geológicas e morfológicas da bacia;
- Características do solo e da cobertura vegetal;

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 08 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

- Características do tipo de uso e ocupação do solo;
- Avaliação das condições de permeabilidade regionais e locais.

Desta forma, a caracterização da situação da bacia o horizonte do projeto deve ser feita pela análise dos aspectos de ocupação urbana e projeções demográficas e pela definição das taxas de escoamento superficial futuras. Nos modelos hidrológicos de transformação chuva-vazão, é necessária entrar com as condições do escoamento, o processo de calculo do *soil conservation service* (SCS), utiliza o coeficiente numérico de curva CN (*curve-number*), que é estimado a partir da classificação dos solos e do tipo de cobertura existente na área a ser drenada (vide item 5.3- INDICE CN).

## 5 – ESTUDOS HIDROLOGICOS

Os estudos hidrológicos, apresentada neste capítulo, inicia-se com uma descrição das características da Bacia de Contribuição juntamente com a especificação dos tempos de concentração. Segue abaixo o detalhamento do estudo hidrológico:

### 5.1 – BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

A identificação dos limites de contorno da bacia contribuinte ao canal do sistema de drenagem está apresentada no documento Bacia de Contribuição.

Na fase de Estudo Hidrológico do canal existente, foi definida apenas uma bacia de contribuição na área do empreendimento.

### 5.2 – TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

Tempo de concentração é o tempo necessário para que todos os pontos da bacia contribuam com a vazão simultaneamente para a seção mais jusante. Para a sua determinação, diferentes trechos foram considerados. O calculo foi feito conforme a formula de *Califórnia culverts practice*:



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 09 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

$$tc = 57 \left( \frac{L^2}{ieq} \right)^{0,385}$$

Sendo

Tc= tempode concentração (mim)

L = comprimento do talvegue (km); e

ieq= declividade equivalente do talvegue (m/km).

A declividade equivalente é calculada da seguinte forma:

$$ieq = \left( \frac{L}{\sum \frac{li}{\sqrt{i_n}}} \right)^2$$

Sendo:

ieq = declividade equivalente (m/km);

L = comprimento total do talvegue (km);

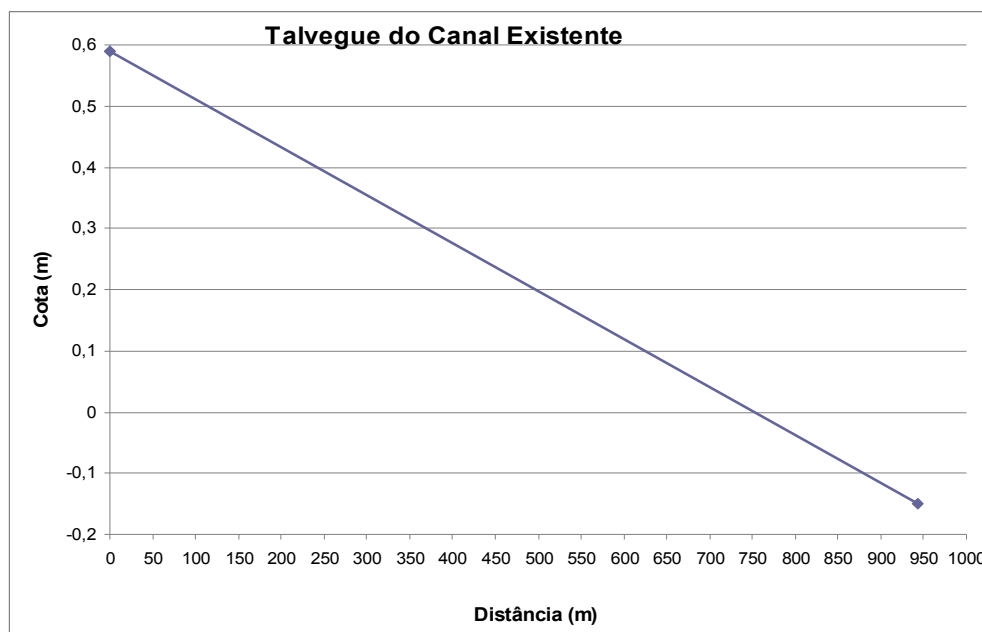
Li = comprimento de cada trecho (km);

in = declividade de cada trecho (m/km).

A partir das cartas topográficas do IBGE, e do desenho de batimetria e do mapa geológico, bem como do levantamento topográfico fornecidos pelo cliente, foi levantado o perfil longitudinal do talvegue do canal existente na área do empreendimento. Os dados dos perfis obtidos estão apresentados nas figura 2 e o quadro 2.

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 10 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Figura 2** – Perfil do talvegue para o calculo do tempo de concentração do canal existente.



**Quadro 2** - Resultado para calculo do tempo de concentração do canal existente.

COTA DE MONTANTE (m)	COTA DE JUSANTE (m)	DIST. (m)	DECLIVIDADE MEDIA (m/m)	DESNÍVEL (m)	DECLIVIDADE EQUIVALENTE (m/km)	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (h)
0,59	-0,15	942,88	0,0008	0,74	1,05	0,89

Estes valores são utilizados como dados de entrada na determinação das vazões de projeto, definidas a partir de modelos chuva-vazão, como o método do hidrograma unitário do *Soil conservation service* (SCS).

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 11 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

### 5.3 – INDICE CN

O numero de curva CN usando para estimar o escoamento superficial e infiltração conforme recomendado pelos SCS. O quadro 3 apresenta alguns valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo.

**Quadro 3 – Valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo.**

Tipo de uso do solo/Tratamento		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Condições hidrológicas					
Uso Residencial					
Tamanho medio do lote	% Impermeavel				
até 500 m <sup>2</sup>	65	77	85	90	92
1000 m <sup>2</sup>	38	61	75	83	87
1500 m <sup>2</sup>	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	88	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (75% de impermeabilização)		81	86	91	93
Espacos abertos, parques, jardins:					
boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
condições médias, cobertura de grama > 50%		49	68	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto					
Plantio em linha reta		77	86	91	94
Culturas em fileiras					
linha reta	condições ruins	72	81	88	91
	boas	67	78	85	89
curva de nível	condições ruins	70	79	84	88
	boas	65	75	82	86
Cultura de grãos					
linha reta	condições ruins	65	76	84	88
	condições boas	63	75	83	87
curva de nível	condições ruins	63	74	82	85
	condições boas	61	73	81	84
Pasto:					
s/ curva de nível	condições ruins	68	79	86	89
	condições médias	48	68	78	84
	condições boas	39	61	74	80
curva de nível	condições ruins	47	67	81	86
	condições médias	25	59	75	83
	condições boas	6	35	70	70
Campo					
condições boas		30	58	71	78
Florestas					
condições ruins		45	66	77	83
condições boas		36	60	73	79
condições médias		25	55	70	77

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 12 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Observação :** os tipos de solo seguem classificação : grupo A – solos arenosos profundos com baixo teor de argila; grupo B- solos arenosos rasos com baixo teor de argila; grupo C – solos barrentos com teor de argila entre 20 e 30%; e grupo D – solos argilosos.

Para a área em estudos adotou-se cada valor de CN (parâmetro *Curve number* do SCS) obtido pela média ponderada do CNs estimados a partir da classificação dos solos e do tipo de cobertura existentes e futuros na área a ser drenada.

Os valores dos CNs para as situações de pré e pós-emprego estão apresentados no quadro 5.5. Estas informações servem de base para modelos hidrológicos de transformação chuva vazão, neste caso o processo de cálculos do SCS.

**Quadro 4** - CN ponderado para os cenários atual (pré-emprego) e futuro (pós-emprego).

CN CENÁRIO ATUAL				
Nome da Área	CN	Área (m²)	%	CN Ponderado
Área Cultivada	78	1.316.993,94	78,31	74
Floresta	60	364.757,61	21,69	
Área total da Bacia		1.681.751,55	100,00	
CN CENÁRIO COM A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO				
Nome da Área	CN	Área (m²)	%	CN Ponderado
Área Cultivada	78	1.030.740,40	61,29	75
Floresta	60	364.757,61	21,69	
Área Urbana	85	286253,54	17,02	
Área total da Bacia		1.395.498,01	82,98	

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 13 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 5.4 – TEMPO DE RETORNO

Tempo de retorno (TR) é o período de tempo médio em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Para possibilitar a avaliação da eficiência do canal a ser proposto, foi calculado através do modelo hidráulico e hidrológico a linha d'água ao longo do canal correspondente a diversos períodos de retorno, correspondentes as chuvas de diversos períodos de retorno. Neste estudo foram concebidos dois cenários para determinação das vazões de projeto: cenário atual (pré- empreendimento) e cenário futuro (pós- empreendimento), ambos para riscos hidrológicos correspondentes aos períodos de retorno de 10,20 e 50 anos, conforme solicitação do cliente.

## 5.5 – CHUVAS DE PROJETO

Precipitações máximas ou chuvas intensas são definidas como aquelas cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo. Essa intensidade é obtida a partir da relação entre o total precipitado e o tempo decorrido, Quadro 4 – valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo. Normalmente expressa em milímetros por hora ou milímetros por segundos.

### 5.5.1 – PRECIPITAÇÃO

De acordo com o estudo “chuvas intensas no Brasil”, realizado pelo hidrólogo Otto Pfafstetter, foi utilizada a seguinte fórmula empírica para a definição das precipitações máximas da região de projeto, a qual é uma representação analítica das precipitações, em função de sua duração e tempo de recorrência:

$$i = \frac{KxT^a}{(t+b)^c}$$

Sendo:

i – precipitação máxima (mm);

T- tempo de recorrência (anos);

t – duração da precipitação (horas);

k – coeficiente adimensional.

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 14 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

Para o caso de Cabo Frio os valores da formula acima são:

$K = 3281,158$

$a = 0,222$

$b = 44,204$

$c = 1$

#### Quadro 5 – Precipitação.

PRECIPITAÇÃO EM (mm)			
Duração	Período de Retorno (anos)		
(min.)	10	20	50
5	111,18	129,67	158,93
15	92,40	107,77	132,08
30	73,72	85,99	105,38
60	52,50	61,23	75,04
120	33,32	38,86	47,62
240	19,25	22,45	27,51
480	10,44	12,17	14,92
840	6,19	7,22	8,84
1440	3,69	4,30	5,27

#### 5.5.2 – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL

A distribuição temporal dos volumes precipitados condicionará o volume infiltrado e a forma do hidrograma de escoamento superficial direto originado pela chuva excedente. O hietograma é uma forma gráfica, na qual se mostra a intensidade ou o volume precipitado de uma chuva ao longo de sua duração.

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 15 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

No método dos blocos alternados, a distribuição temporal é conseguida utilizando-se dados da relação intensidade-duração-frequência (IDF). Essa distribuição não se relaciona com os fenômenos físicos. Esses métodos propõe a distribuição de totais de chuva em intervalos de tempo contidos na duração total. O método segue os seguintes passos:

- Seleciona-se duração da tormenta e o intervalo de discretização;
- Através da relação intensidade-duração-frequência, encontra-se a intensidade de chuvas para cada duração;
- A intensidade são transformadas em alturas de chuva e acumuladas até o ultimo intervalo de tempo;
- Calculam-se os incrementos dos totais acumulados;
- Os incrementos ou blocos obtidos são rearranjados numa seqüência tal que, no centro da duração da tormenta, se situe o bloco maior, e em seguida os demais blocos são dispostos em ordem decrescente, um à direita e outro a esquerda do bloco maior, alternadamente.

## 5.6 – VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto foi realizada em com base em nas Teoria do Hidrograma Unitário e também na Teoria do Hidrograma Sintético dos SCS.

### 5.6.1 – TEORIA DO HIDROGRAMA UNITÁRIO

Hidrograma unitário é o hidrograma produzido por uma unidade de chuva excedente (hexc) distribuída uniformemente sobre a bacia com uma duração especificada. A unidade de chuva excedente é escolhida pro convenciencia (nos países que adotam o sistema métrico usualmente admite-se Hunit =10mm ou 1cm) e a duração desta chuva poderá ser qualquer, desde que permita o traçado adequado dos trechos de ascensão e recessão do hidrograma.

O hidrograma é simplesmente o gráfico, ai longo do tempo, das vazões causadas por um determinado hietrograma. Como consequência, a área abaixo desta curva é o volume de escoamento superficial direto (VESD) causado por uma chuva excedente (hexc) sobre toda a área de drenagem (AD).

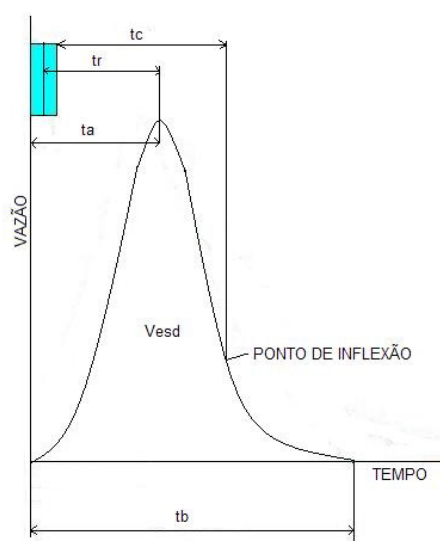
$$VESD = AD \cdot hexc$$

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 16 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

Um hidrograma é caracterizado pelo seu volume ( $V_{esd}$ ) e pela sua forma, que em conjunto, determinam o valor da vazão de pico ( $Q_p$ ). A forma do hidrograma é usualmente determinada em função de alguns parâmetros de tempo, como se indica na figura 3. esta figura representa um hidrograma causado por um bloco único de chuva excedente com duração  $D$  e intensidade constante durante esta duração.

O tempo decorrido desde o início da chuva excedente até o pico do hidrograma é chamado “tempo de ascensão” ( $T_a$ ) enquanto a duração total do escoamento superficial direto é chamada de tempo base ( $T_p$ ). Tempo de retardamento ( $T_r$ ), ou simplesmente retardamento é o tempo que vai do dentro de massa do hietograma de chuva excedente até o pico do hidrograma.

**Figura 3 – Parâmetros do hidrograma.**



O tempo de concentração já definido, é na figura como o tempo decorrido desde o termino da chuva até o ponto de inflexão situado no trecho descendente de hidrograma. Esta inflexão representa o instante em que a contribuição do ponto mais distante da bacia passa pela seção de controle.



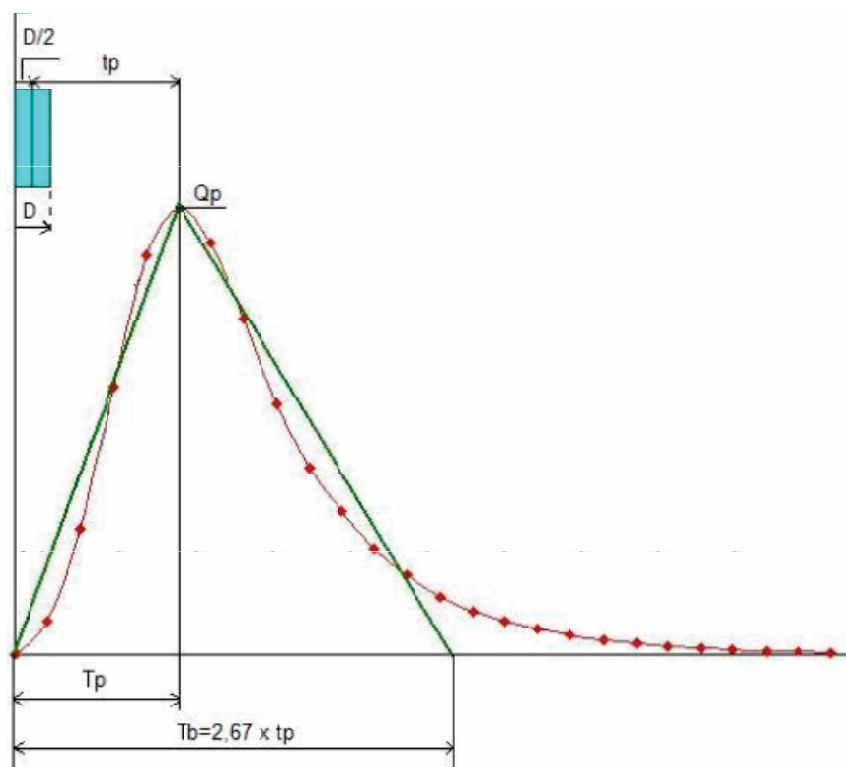
CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 17 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

### 5.6.2 – HIDROGRAMA SINTÉTICO DOS SCS

Para o cálculo das vazões de projeto foi utilizado o método do hidrograma unitário do soil conservation service ( método SCS). A figura 4 e o quadro 5 mostram o hidrograma do SCS, no qual se verifica que o eixo dos tempos é expresso em frações de  $T_a$  e o Eixo das vazões máxima  $Q_p$ .

A figura 4 apresenta um hidrograma em forma triangular e curvilínea, em que sua área é igual ao volume precipitado. Para a conversão do hidrograma triangular e unitário em um hidrograma unitário curvilíneo. É necessário ter por base as informações contidas no quadro 5.10, com valores de relação entre tempo com o tempo de pico, e vazão com vazão de pico.

**Figura 4 – Hidrograma do SCS.**

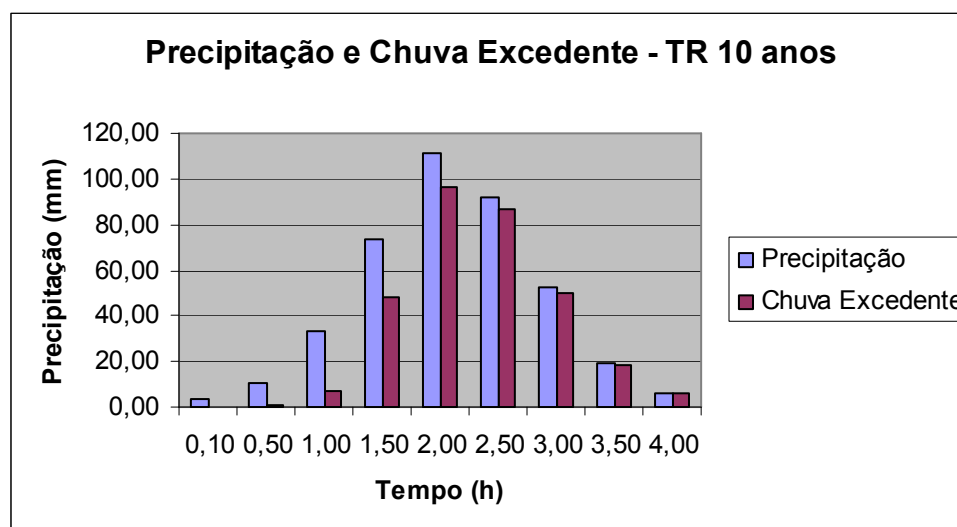


CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 18 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Quadro 6** – Valores do Hidrograma do SCS.

Hidrograma Triangular			
tr	ta	Qp	tb
0,48	0,48	2,36	3,95

**Figura 5** – Gráfico de precipitação e chuva excedente TR – 10 anos.



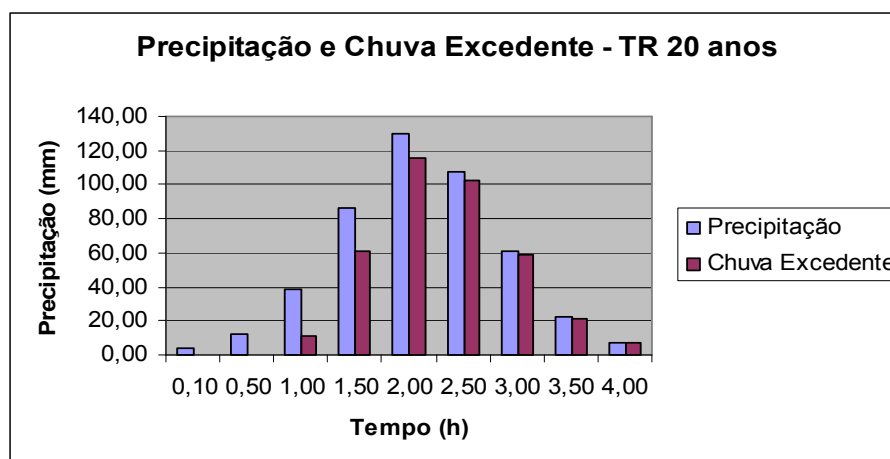
CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 19 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Quadro 6** – Cálculos de chuva excedente TR 10 anos.

Calculo de Chuva Excedente - TR 10 anos				
Tempo (h)	Precipitação (mm)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Excedente (R) (mm)	$\Delta R$ (mm)
0,10	3,69	3,69	0,0	0,0
0,50	10,44	14,12	0,7	0,7
1,00	33,32	47,44	7,4	6,7
1,50	73,72	121,16	55,4	48,1
2,00	111,18	232,34	151,5	96,0
2,50	92,40	324,74	237,8	86,3
3,00	52,50	377,24	287,9	50,1
3,50	19,25	396,49	306,4	18,5
4,00	6,19	402,67	312,4	6,0

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 20 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Figura 6** – Gráfico de precipitação e chuva excedente TR – 20 anos.

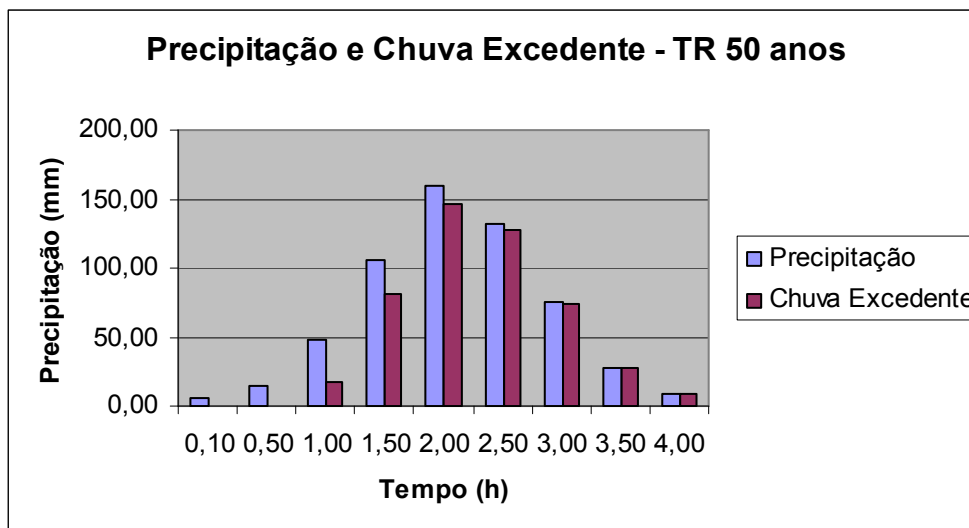


**Quadro 7** – Cálculos de chuva excedente TR 20 anos.

Calculo de Chuva Excedente - TR 20 anos				
Tempo (h)	Precipitação (mm)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Excedente (R) (mm)	$\Delta R$ (mm)
0,10	4,30	4,30	0,0	0,0
0,50	12,17	16,47	0,0	0,0
1,00	38,86	55,33	11,1	11,1
1,50	85,99	141,31	71,7	60,6
2,00	129,67	270,99	187,2	115,5
2,50	107,77	378,76	289,4	102,2
3,00	61,23	439,99	348,5	59,1
3,50	22,45	462,44	370,3	21,8

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 21 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Figura 7** – Gráfico de precipitação e chuva excedente TR – 50 anos.



**Quadro 8** – Cálculos de chuva excedente TR 50 anos.

Calculo de Chuva Excedente - TR 50 anos				
Tempo (h)	Precipitação (mm)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Excedente (R) (mm)	$\Delta R$ (mm)
0,10	5,27	5,27	0,0	0,0
0,50	14,92	20,19	0,1	0,1
1,00	47,62	67,81	17,9	17,9
1,50	105,38	173,19	98,7	80,7
2,00	158,93	332,12	244,8	146,1
2,50	132,08	464,20	372,0	127,2
3,00	75,04	539,25	445,2	73,2
3,50	27,51	566,76	472,2	27,0
4,00	8,84	575,61	480,8	8,7



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 22 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

O Soil conservation service propõe as seguintes relações entre esses parâmetros:

$$Tr = 0.6.Tc$$

$$ta = \frac{D}{2} + tr$$

Sendo em horas:

TR – tempo de retardamento;

Tc – tempo de concentração da bacia contribuinte;

D- tempo de duração de chuva;

tA- tempo de ascensão ou tempo de pico.

a vazão de pico Qp corresponde a chuva unitária é definida pelos SCS como:

$$Qp = \frac{2,08xA}{ta}$$

Sendo

Qp – vazão de pico;

A -área de bacia;

Ta tempo de ascensão ou tempo de pico;

2,08 – coeficiente de atenção do pico e conversão de unidade.

Expressando-se a duração da precipitação D em função do tempo de concentração tem –se:



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 23 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

$D = 0,133.t_c$

De acordo com o SCS, o tempo de recessão é dado pela relação com o tempo de pico, sendo assim:

$T_{\text{recessão}} + 1,67 \cdot T_a$

Sendo:

$T_{\text{recessão}}$  – tempo de recessão (h)

$T_a$  – tempo de ascensão ou tempo de pico

Já o tempo de base, duração total do escoamento superficial direto é feito pela soma do tempo de ascensão e o tempo de recessão

$T_b = T_a + T_{\text{recessão}}$

Intercalando-se estas duas ultimas equações, tem-se:

$T_b = 2,67 \times t_p$

Sendo:

$T_b$ - tempo de base (h)

$T_p$  – tempo de ascensão ou tempo de pico

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 24 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 6 – CONCLUSÃO DO ESTUDO HIDROLOGICO

O projeto constitui-se em duas fases: estudo hidrológico e hidráulico. Na fase hidrológica estimam-se as áreas de contribuição, a precipitação e as perdas e amortecimento do hidrograma de cheias até chegar ao rio/canal de drenagem. Neste estudo foram concebidos dois cenários para análise de projeto: cenário atual (pré-empreendimento) e cenário futuro (pós-empreendimento).

A chuva de projeto foi determinada da equação de chuvas intensas do local (IDF) para o período de retorno de 10,20 e 50 anos, com a distribuição temporal feita pelo método dos blocos alternados com duração de 2 horas de eventos de chuvas. As áreas em declividade foram definidas a partir de cartas topográficas existentes; o modelo hidrológico adotado foi o do hidrograma unitário do soil conservation service (SCS), semi-distribuído por sub-bacias.

O canal existente deverá ser mantido, e suas dimensões, bem como as seções tipo, constarão do estudo hidráulico, bem como a travessia sob a rua dos Espadarte.

O traçado apresentado no Masterplan deverá ser mantido.

## 7 – ESTUDOS HIDRAULICOS

O Estudo Hidráulico foi realizado em duas etapas sendo a primeira o Projeto de Macrodrenagem e a segunda a Concepção do Canal Projetado.

### 7.1 – PROJETO DE MACRODRENAGEM

O objetivo de um projeto de macrodrenagem é definir as vazões ao longo dos cursos d'água existente, de acordo com um risco pré-determinado (período ou tempo de retorno), e analisar se a capacidade hidráulica suporta essas vazões. Quando a capacidade hidráulica for insuficiente, devem ser propostas intervenções de forma a atenuar a onda de cheia nas áreas mais críticas ou aumentar a capacidade hidráulica local.

O projeto constitui-se em suas fases: estudo hidrológico e hidráulico. Na fase hidrológica estima-se as áreas de contribuição, a precipitação e as perdas e amortecimentos do hidrograma da cheia até chegar ao rio/canal de drenagem. Para o projeto em questão, a chuva foi determinada a partir de equação de chuvas intensas do local (IDF) para o período de retorno de 10,20,50 anos, com a distribuição temporal feita pelo método dos blocos alternados para a duração de 2 horas de evento de chuvas. As áreas e declividades foram definidas a partir de cartas topográficas existentes; o modelo hidrográfico adotado foi o hidrograma unitário de soil conservation service método (SCS) semi-distribuído por sub bacias.



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 25 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

As vazões determinadas pelo método hidrográfico são utilizadas como dados de entrada no modelo hidráulico. Este tem por finalidade modelar a onda de cheia através dos canal e rios. A partir dos resultados obtidos é possível avaliar se haverá enchentes e se a configuração do canal atende a todas as demandas de projeto.

Neste projeto verificou-se o comportamento hidráulico nas situações de pré ( cenário atual) e pós-empresendimeto (cenário futuro).

## 7.2 – CONCEPÇÃO DO CANAL PROJETADO

Na concepção do canal projetado, foi analisando o canal a existente na área do empreendimento.

O canal existente deve ser mantido, no entanto suas dimensões deverão ser alteradas, de acordo com o Quadro 9, apresentado abaixo.

Através da análise das plantas apresentadas e de fotos aéreas verificou-se a necessidade da implantação de uma travessia, também chamado de bueiro, cujas dimensões serão apresentadas abaixo e sua locação será apresentada na planta de bacias.

A partir do dimensionamento hidráulico do canal projetado, determinou-se a seção tipo a seguir para comprimento total de 942,88 metros e declividade de 0,5%:

**Quadro 9** – Dimensões do Canal Projetado.

DIMENSÕES DO CANAL PROJETADO				
Secções Transversais			Comprimento (m)	Declividade (m/m)
B (m)	b (m)	h (m)		
3,20	1,60	1,00	942,88	0,0050

Onde:

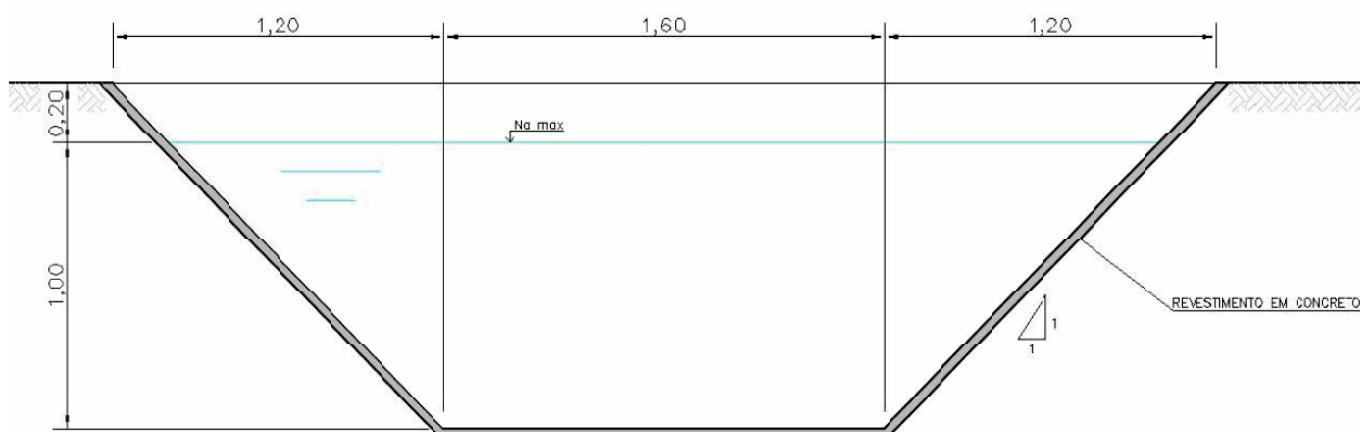
b -largura da base do canal (m);

B- largura do topo do canal (m);

h – Profundidade no canal (m).

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 26 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Figura 8** – Seção Típica do Canal Projetado.

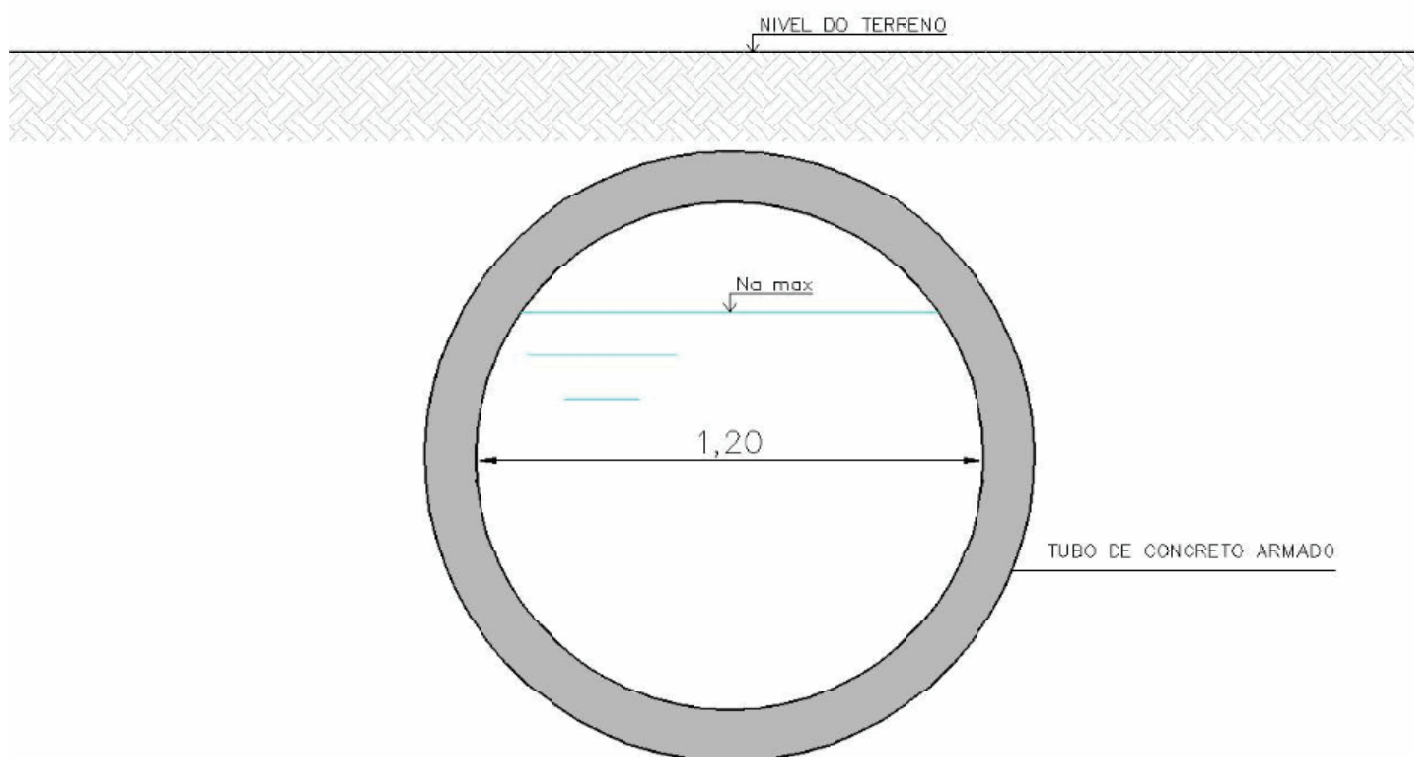


**Quadro 10** – Dimensões do Bueiro (Travessia).

DIMENSÕES DO BUEIRO (TRAVESSIA)			
Vazão Crítica (m³/s)	Velocidade Crítica (m)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)
2,36	2,80	0,0070	1,20

CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 27 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

**Figura 9** – Secção Típica do Bueiro.



CODIGO PRO155-03-13-REL-EP-R00	EMIÇÃO 07 DE JUNHO DE 2013	FOLHA 28 de 28	REVISÃO R 00
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

## 8 – CONCLUSÃO DO ESTUDO HIDRÁULICO

Desta forma, se conclui que através dos resultados obtidos no estudo hidrológico, o canal existente deve ser mantido em seu traçado original, que suas dimensões devem ser alteradas para as citadas anteriormente, neste relatório.

E que essas dimensões serão capazes de fazer o canal agora projetado escoar as águas precipitadas área dessa bacia de contribuição, mesmo com o acréscimo de área urbanizada, proposta pelo empreendimento.

A implantação de um bueiro ou de uma travessia é necessária, para possibilitar a continuidade do escoamento das águas pluviais, mesmo mantendo o trânsito sobre o canal projetado.

A alteração na configuração dos recobrimentos dos solos devido a implantação desse empreendimento, desde que seguidas as orientações desse relatório, terão seus efeitos mitigados, com relação ao aumento na velocidade de escoamento e na vazão de pico das águas pluviais.

## 9 – RELAÇÃO DE DOCUMENTOS

São parte integrante do presente estudos os documentos especificados abaixo:

Relação de Documentos	
Numero OBRAP	Título
PRO 155-03-13-REL-EP-001-R00	Memorial Descritivo
PRO 155-03-13-INF-EP-001-R00	Bacia de Contribuição-R00.dwg
PRO 155-03-13-INF-EP-003-R00	Localização do bueiro e do canal - R00.dwg

## 10 – RESPONSÁVEL TÉCNICO

Segue abaixo o responsável técnico do presente Relatório :



Eng. Giovanni Elias da Mata  
CREA 5060869314  
ART