



DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE PASSAGENS INFERIORES RODOVIÁRIAS PARA ÁGUA PLUVIAIS

Francisco José Paulos Martins



1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

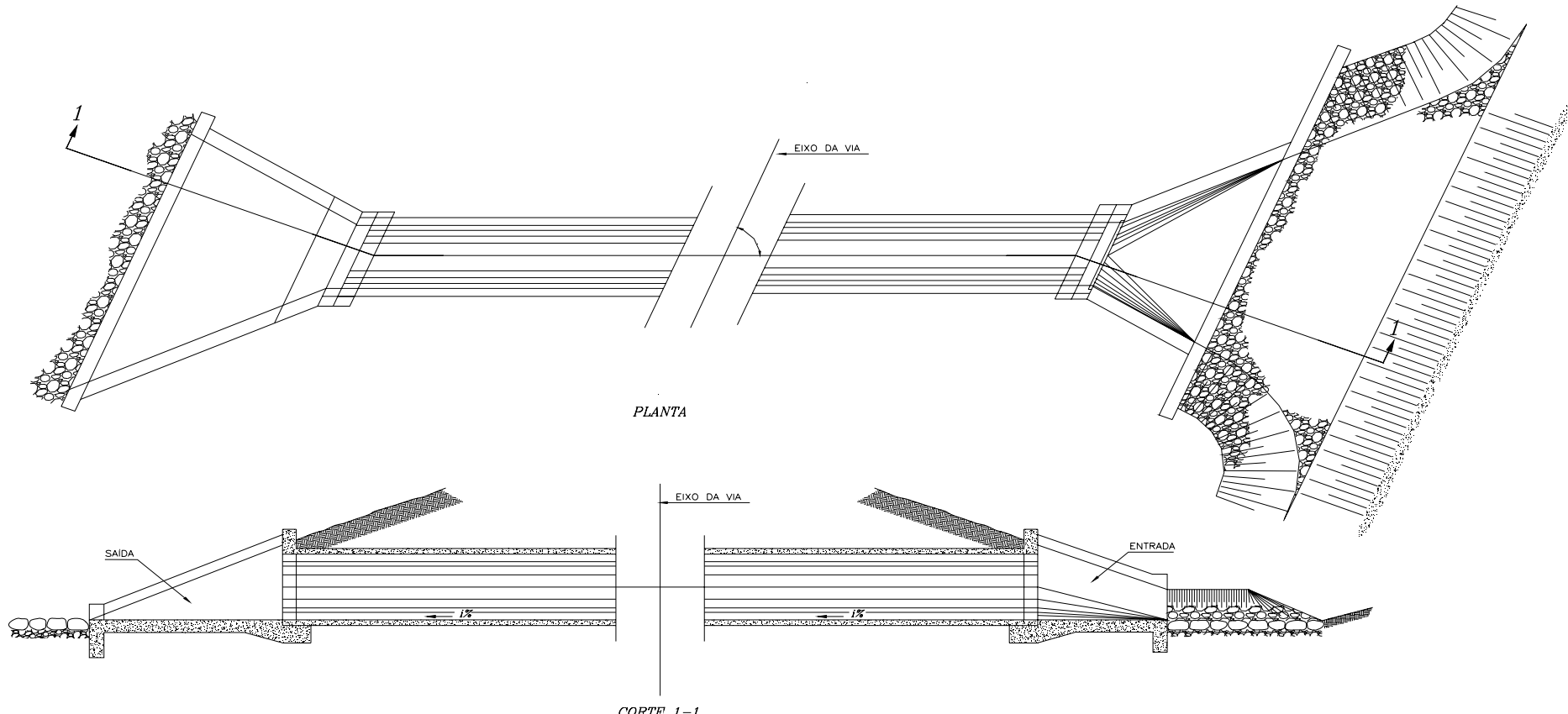
Objectivos do estudo

- ↗ sistematizar os métodos de dimensionamento hidrológico;
- ↗ sistematizar os métodos de dimensionamento hidráulico;
- ↗ elaborar um programa de cálculo automático que permita:
 - calcular o caudal de ponta de cheia em bacias hidrográficas;
 - o dimensionamento hidráulico de passagens hidráulicas;
 - estimar o custo total de passagens hidráulicas;
- ↗ aplicar do programa de cálculo automático a casos de estudo;
- ↗ utilização sistemática do programa de cálculo, de modo a obter elementos para pré-dimensionamento hidrológico, hidráulico e económico.

Passagem hidráulica tipo

Uma passagem hidráulica é constituída por:

- estrutura de entrada;
- conduta (designada por aqueduto);
- estrutura de saída;
- estrutura de dissipação de energia (se necessário).



Estrutura do texto

- I - INTRODUÇÃO**
- II - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO**
- III - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO**
- IV - PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO**
- V - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA A CASOS DE ESTUDO**
- VI - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS**
- VII - SÍNTESE E CONCLUSÕES. PROPOSTAS FINAIS**

2 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO

5

Formulações mais utilizados para calcular o caudal de ponta de cheia:

- ↗ fórmula racional;
- ↗ fórmula de Temez;
- ↗ método do SCS (Soil Conservation Service);
- ↗ método de Mockus;
- ↗ método de David.

Cálculo da intensidade média de precipitação:

- ↗ curvas IDF de Matos e Silva (1986);
- ↗ curvas IDF de Brandão (1995) ou Brandão e Rodrigues (2000).

Cálculo do tempo de concentração de bacias hidrográficas:

- ↗ fórmula de Kirpich (Pickering e David);
- ↗ fórmula Temez;
- ↗ fórmula do SCS.

Coefficientes de escoamento:

- ↗ número de escoamento segundo o SCS;
- ↗ coeficiente de escoamento a utilizar no método racional (Chow, 1964 ou fórmula de Choupas, 1995);
- ↗ coeficiente de escoamento (fórmula de Temez).

3 - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Procedimentos de cálculo mais utilizados :

- U. S. Bureau of Public Roads (preconizado pela BRISA e pela JAE);
- Hydraulic Design Series N° 5 (recomendado por U.S. Federal Highway Administration);
- Chow;
- Bodhaine (French).

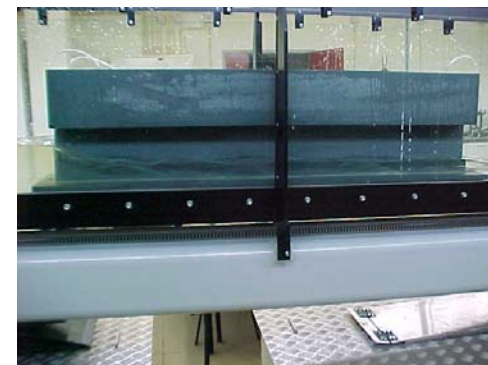
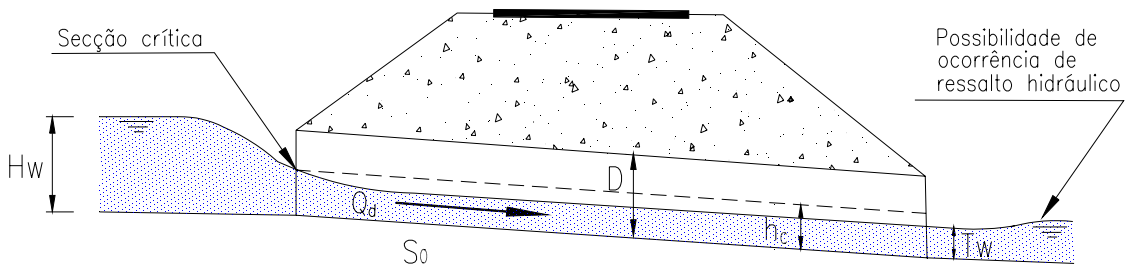
Tipos de escoamentos através de aquedutos:

Tipo do escoamento	Forma de escoamento	Controlo do escoamento	H_w / D	T_w / D	T_w / h_c
I	Superfície livre	Entrada	$< 1,5$	$\leq 1,0$	$< 1,0$
II	Superfície livre	Saída	$< 1,5$	$\leq 1,0$	$< 1,0$
III	Superfície livre	Saída	$< 1,5$	$\leq 1,0$	$> 1,0$
IV	Sob pressão	Saída	$> 1,0$	$> 1,0$	-
V	Superfície livre	Entrada	$\geq 1,5$	$\leq 1,0$	-
VI	Sob pressão	Saída	$\geq 1,5$	$\leq 1,0$	-

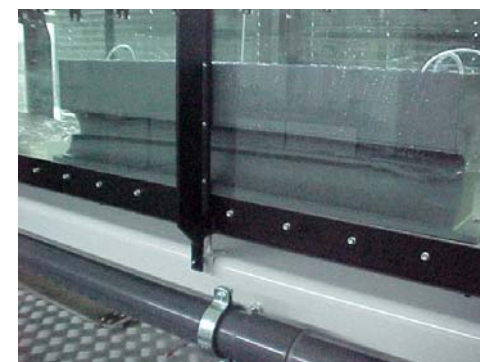
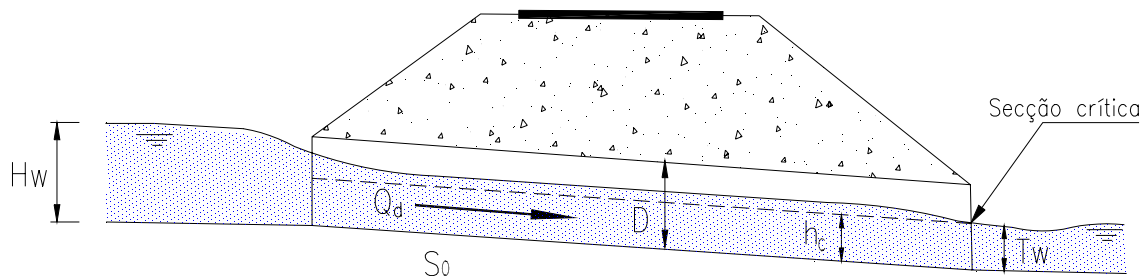
Tipos de escoamentos em aquedutos

7

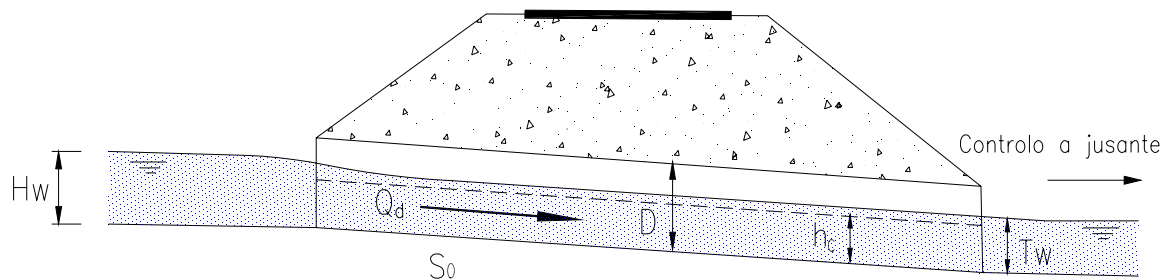
Tipo I – Altura crítica à entrada



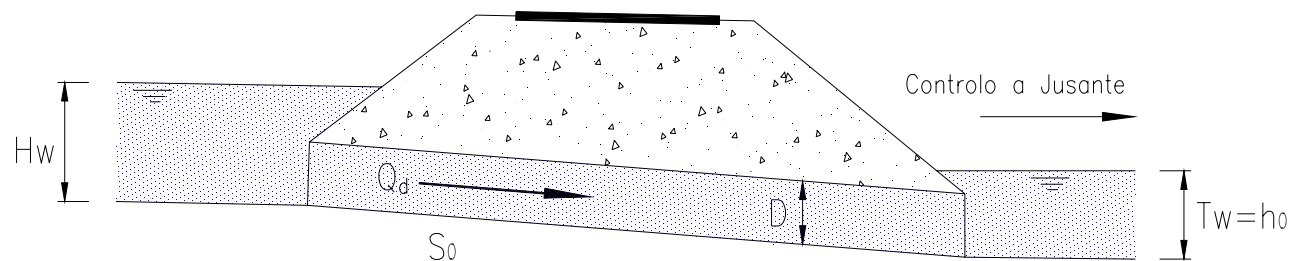
Tipo II – Altura crítica à saída



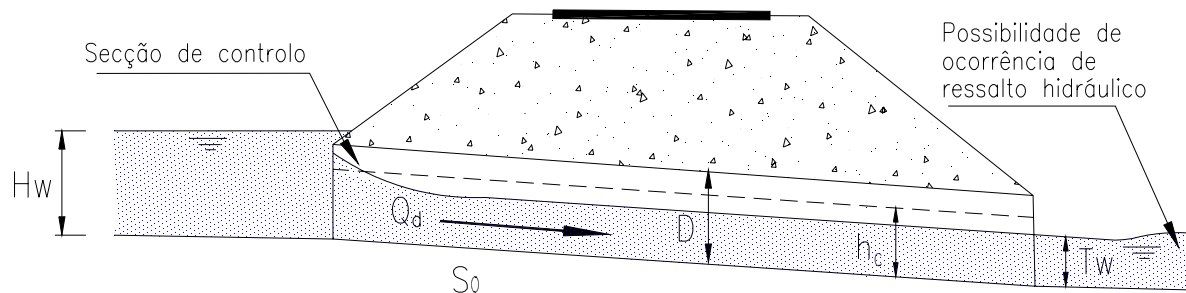
Tipo III – Regime lento no aqueduto



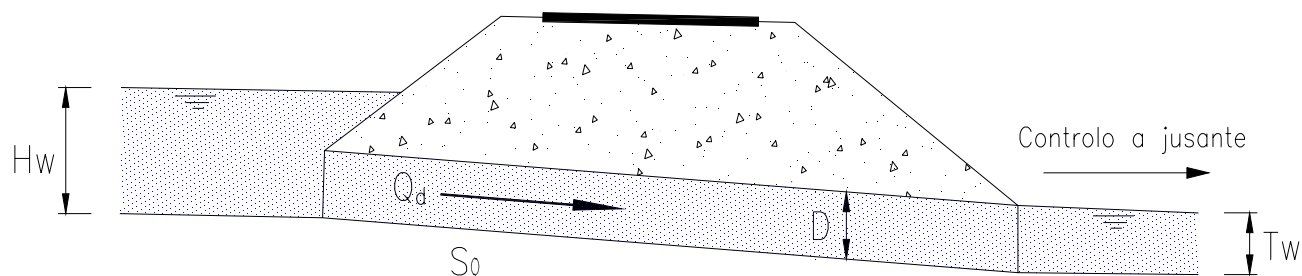
Tipo IV – Saída submersa



Tipo V – Regime rápido à entrada

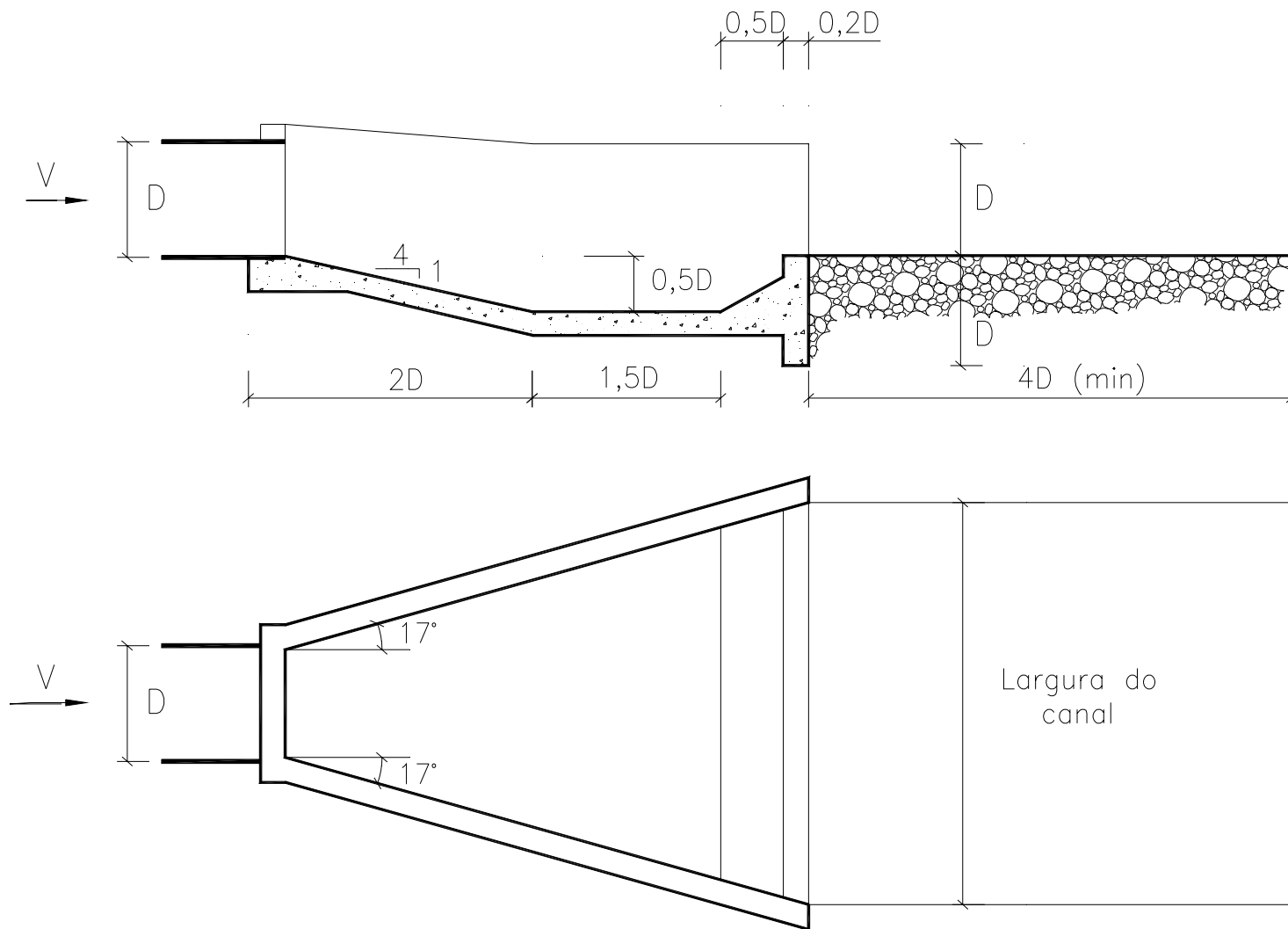


Tipo VI – Secção cheia com saída livre

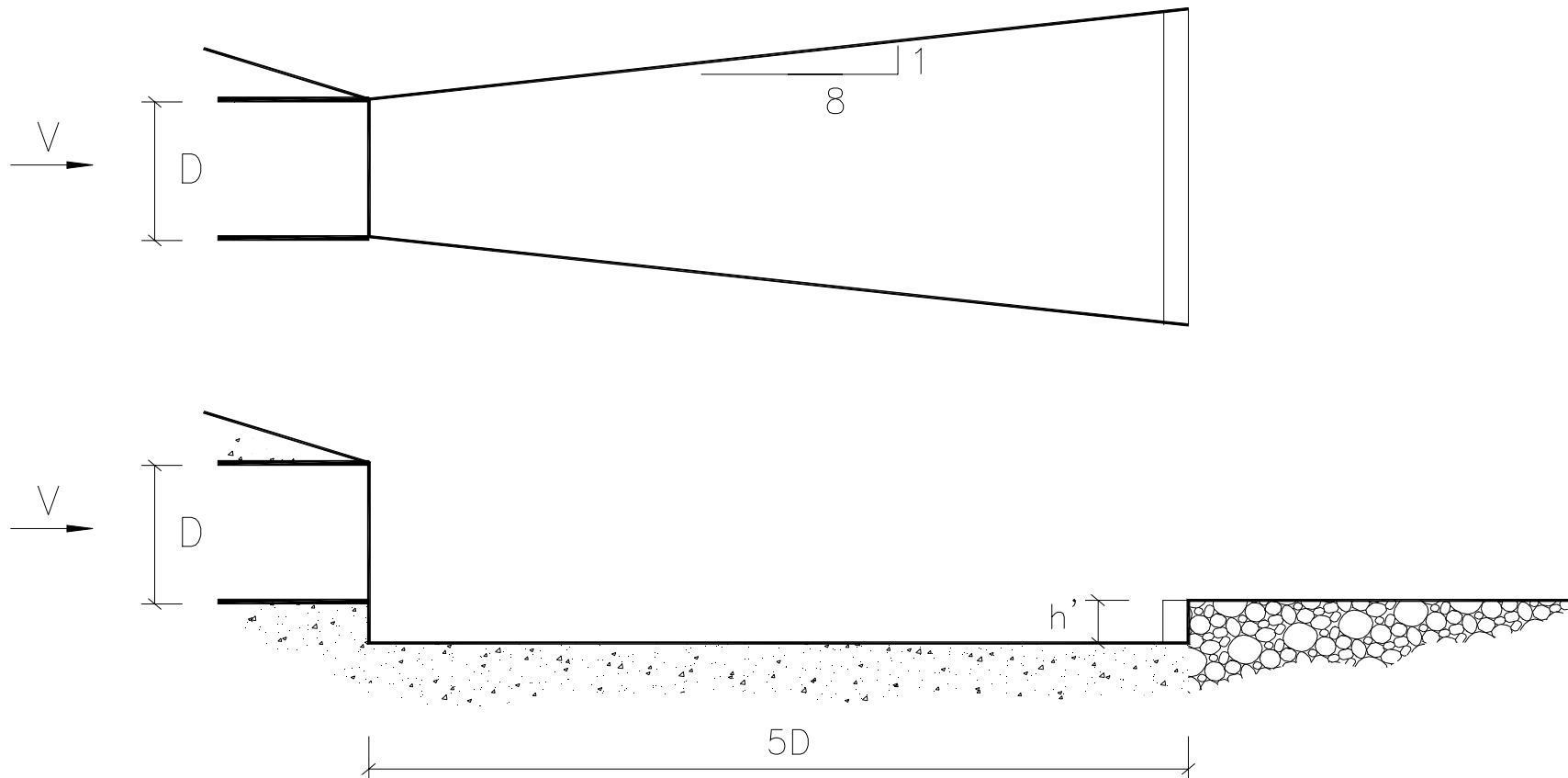


Dissipação de energia a jusante das estruturas de saída de passagens hidráulicas:

- enrocamento de protecção ($V < 4,5$ m/s);
- bacia tipo PWD (Public Work Department da Austrália);
- bacia tipo WES (United States Corps of Engineeres);
- canais com soleira em degraus;
- bacia tipo SAF (Saint Anthony Falls);
- bacias do tipo III e IV do USBR (United States Bureau of Reclamation);
- bacias de dissipação de energia por impacto (com ou sem blocos de dissipação);
- estruturas de queda;
- estruturas de dissipação de energia com gabiões;
- estruturas de dissipação de energia com macrorugosidades.



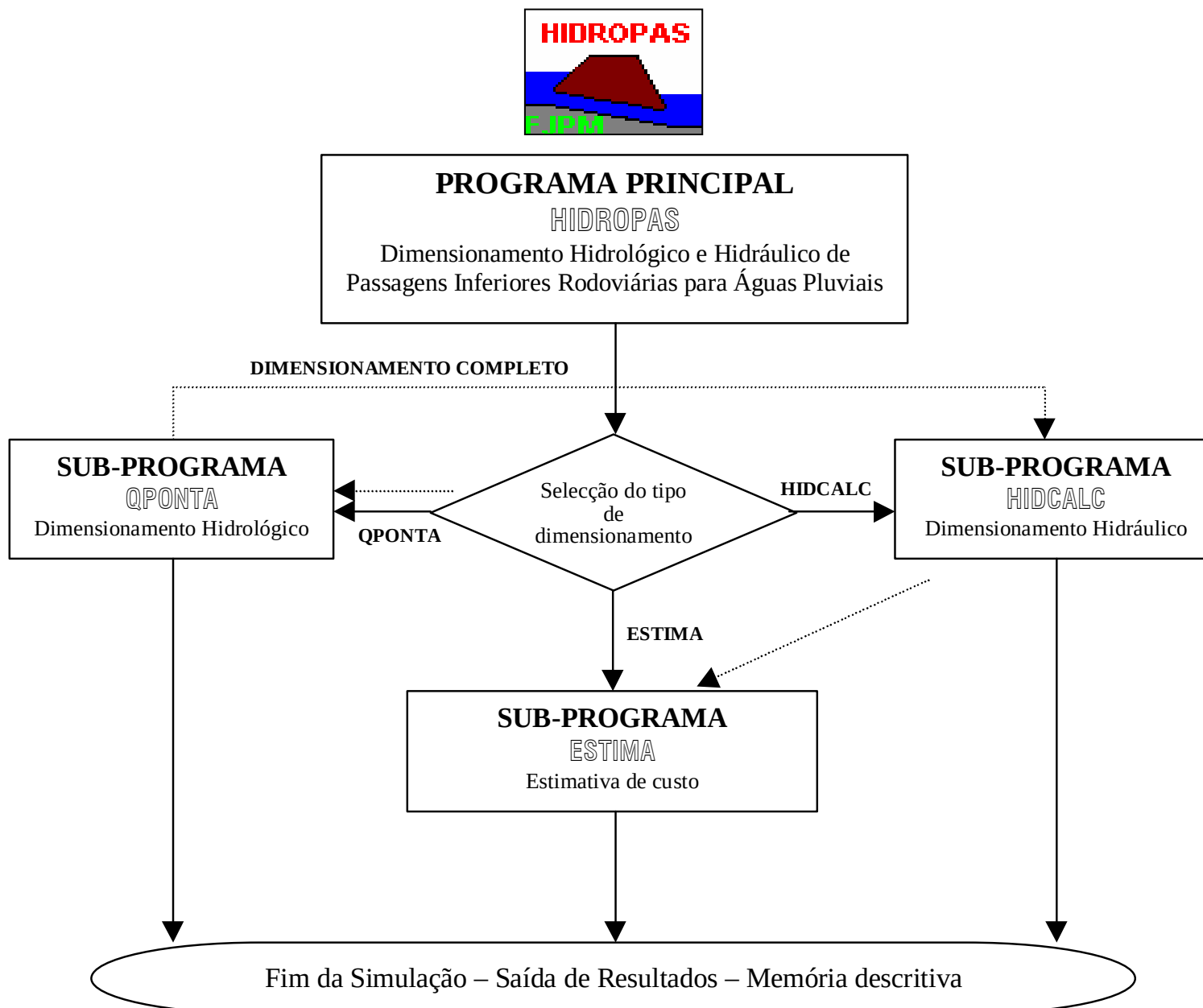
Bacia tipo PWD

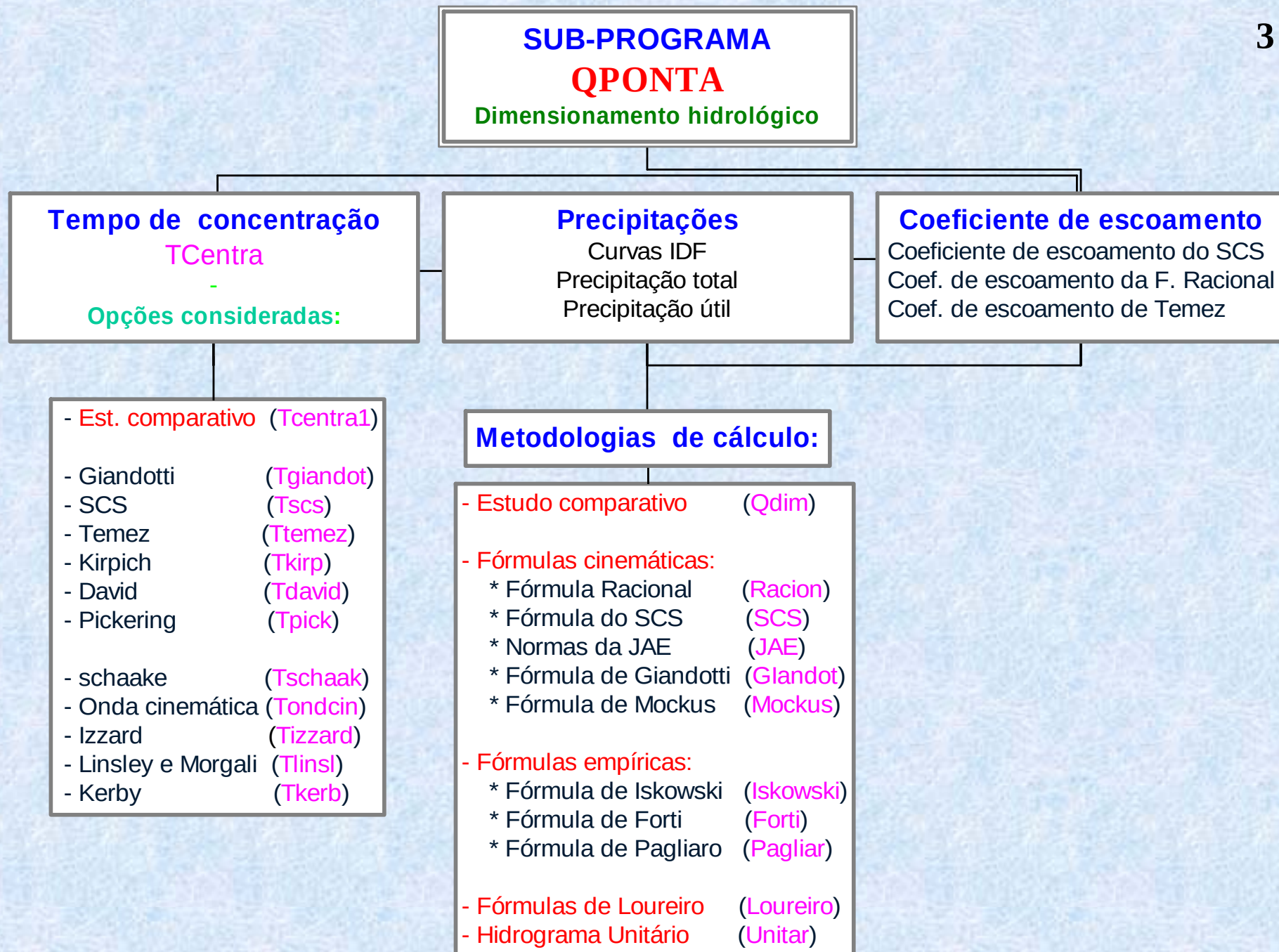


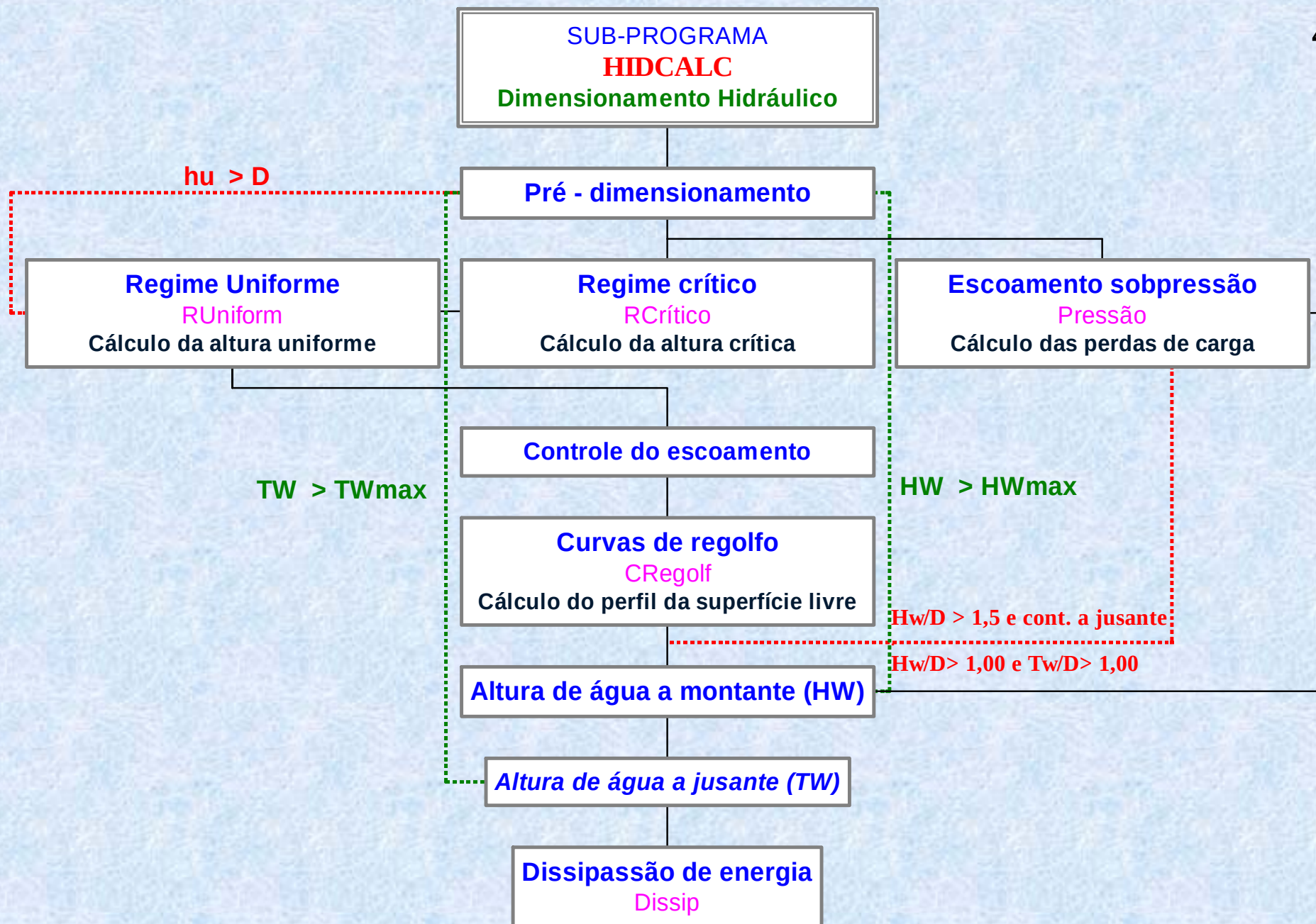
Bacia tipo WES

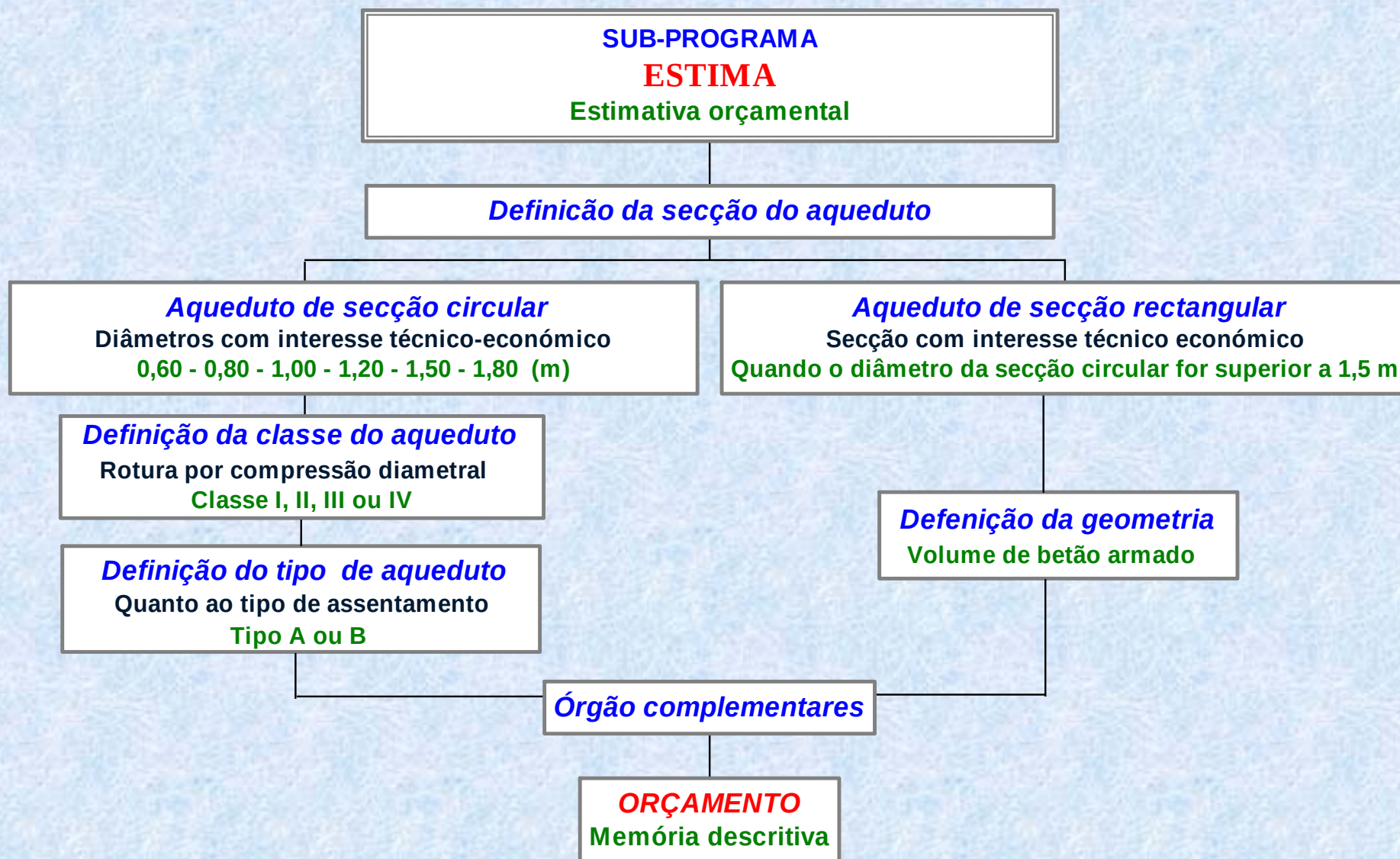
4 - PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

1
2









5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA A CASOS DE ESTUDO

1
6

Empreitadas da BRISA

- ↖ A1 - AUTO-ESTRADA DO NORTE Sublanço Pombal - Condeixa (COBA)
- ↖ A6 - AUTO-ESTRADA MARATECA / ELVAS Sublanço Estremoz - Borba (LUSOÁREA, Consultores)
- ↖ A6 - AUTO-ESTRADA MARATECA / ELVAS Sublanço Montemor-o-Novo / Évora (Tecnofisil)
- ↖ A9 - C.R.E..L. ESTÁDIO NACIONAL / ALVERCA Sublanço Loures - Bucelas (COBA)
- ↖ A12 - AUTO-ESTRADA SETÚBAL / MONTIJO (ENGIVIA, Consultores de engenharia)

Empreitadas da JAE

- ↖ Ligação do IP3 ao IP5 - Variante a Viseu

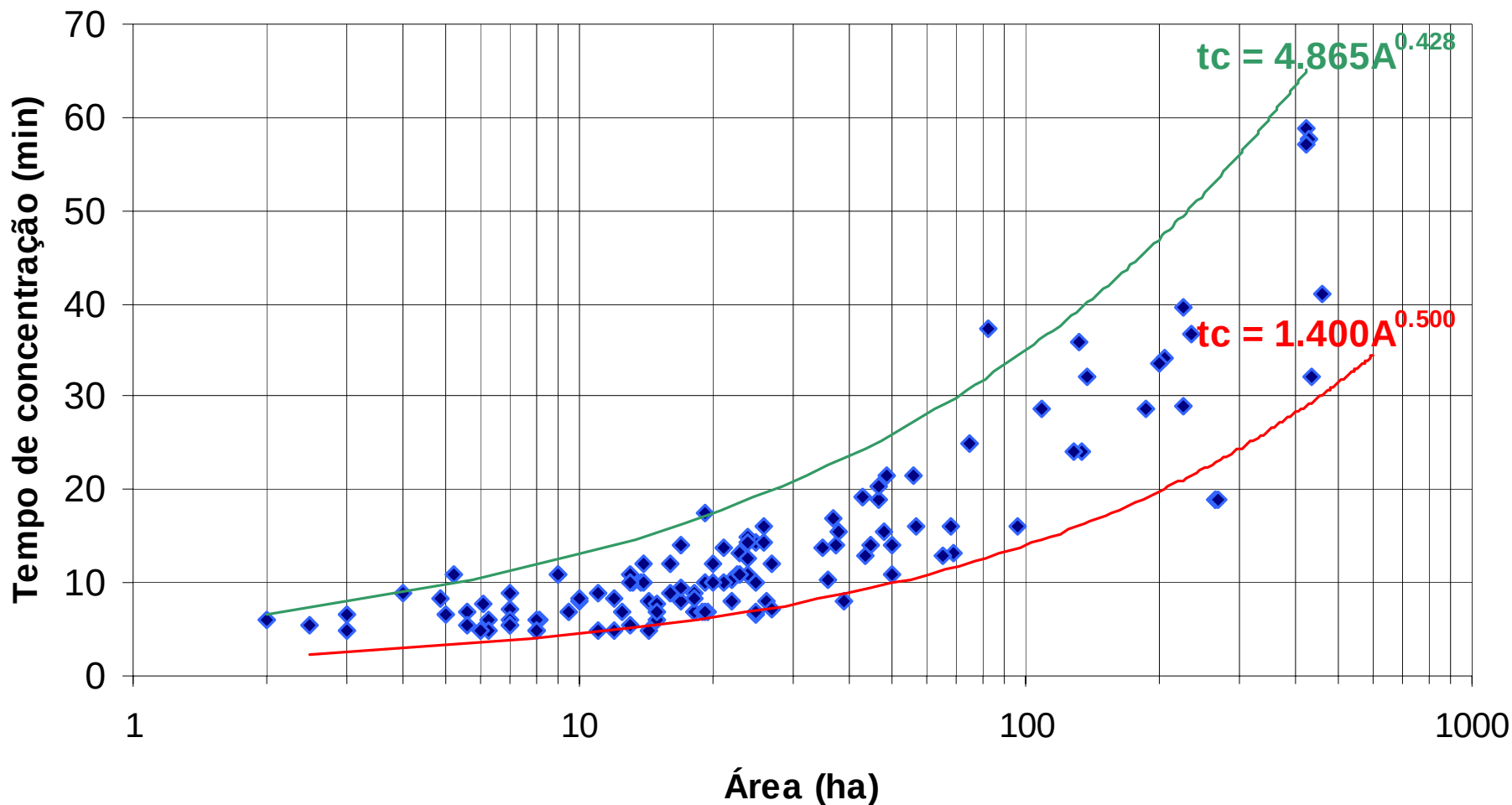
6 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS

1
7

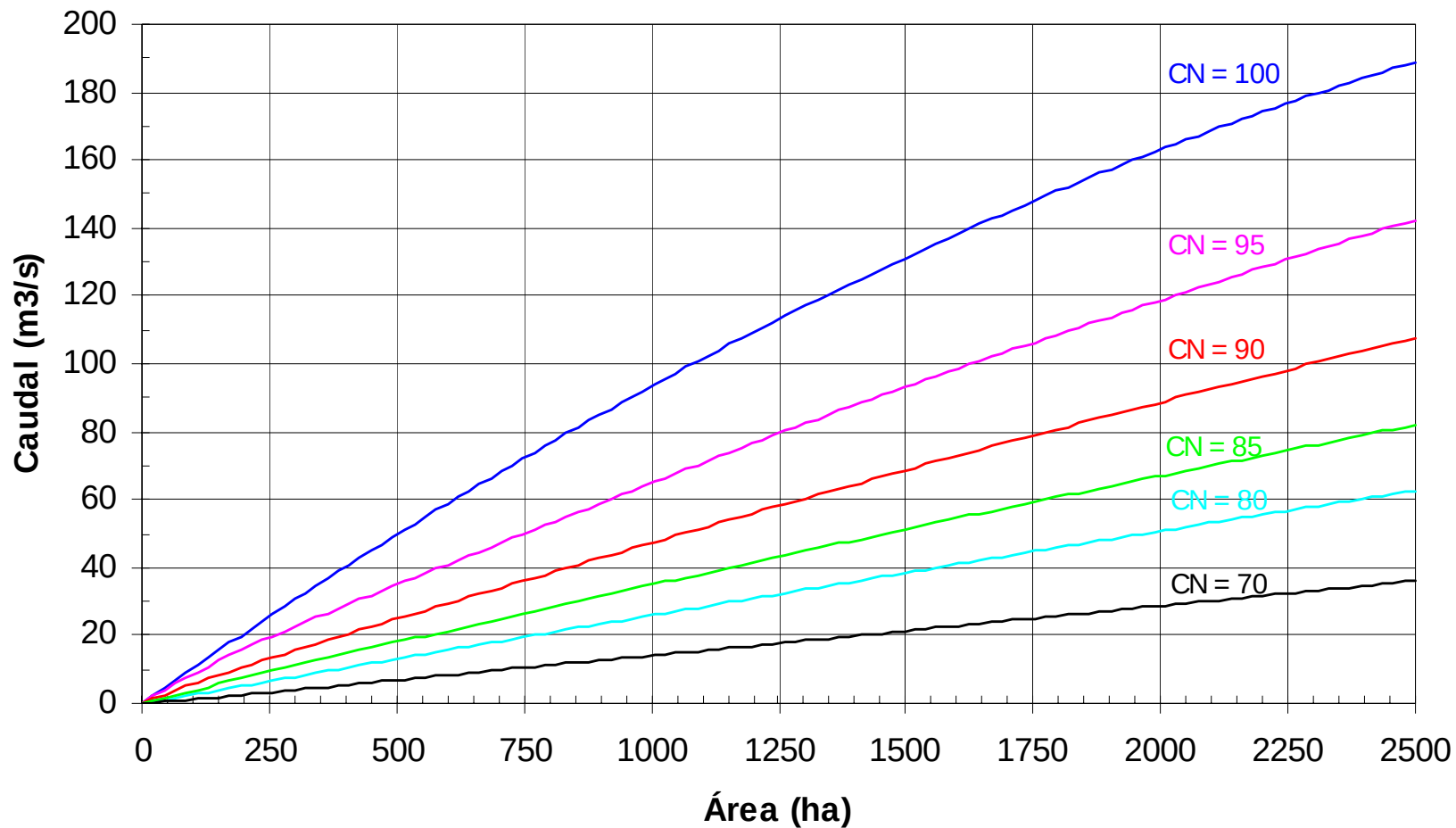
Dimensionamento hidrológico

Tempo de concentração

◆ Tempos de concentração calculados pelo programa HIDROPAS



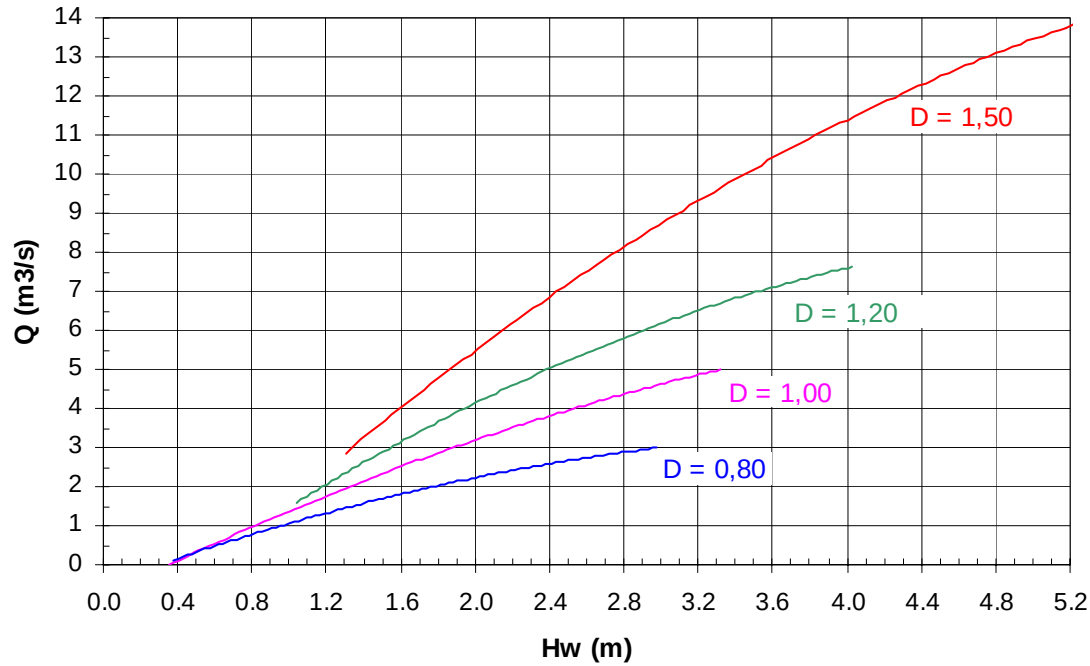
Caudal de ponta de cheia



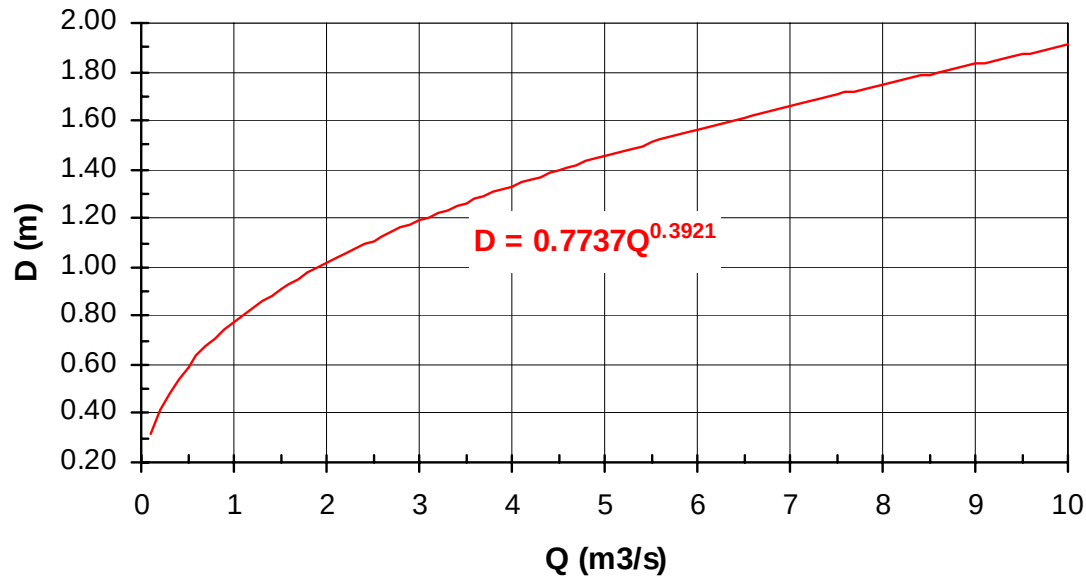
Caudal de ponta de cheia para um período de retorno de 50 anos.
Região pluviométrica A

Dimensionamento hidráulico

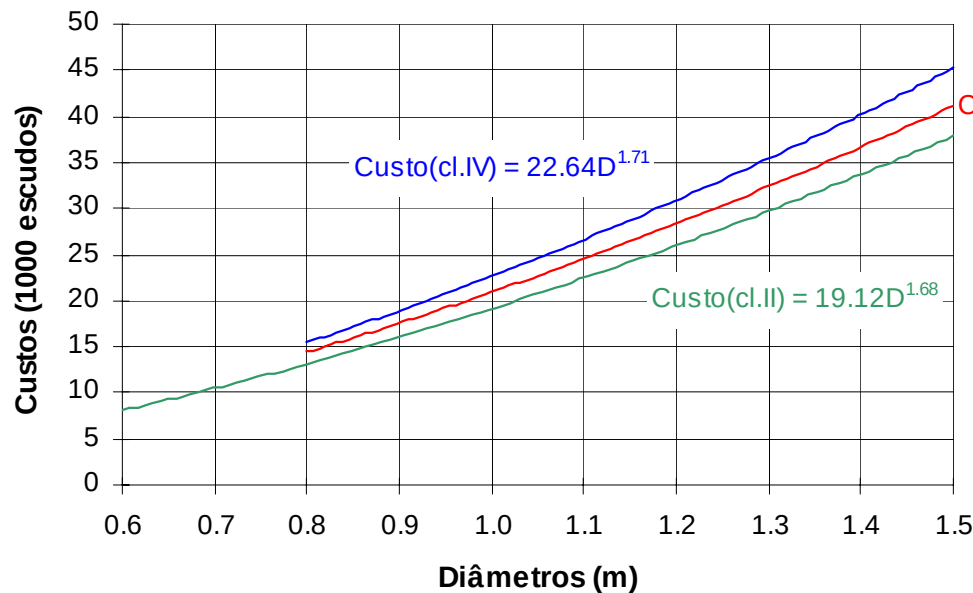
1
9



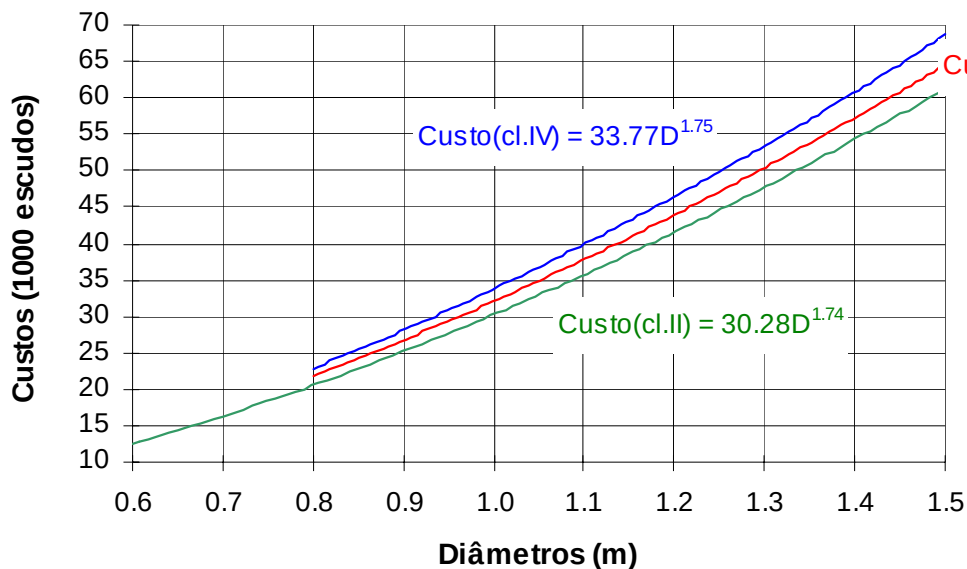
- PH's de secção circular.
- Estrutura de entrada com muros de ala.
- Controlo à entrada.



Estimativa de custos (Dez. 99)

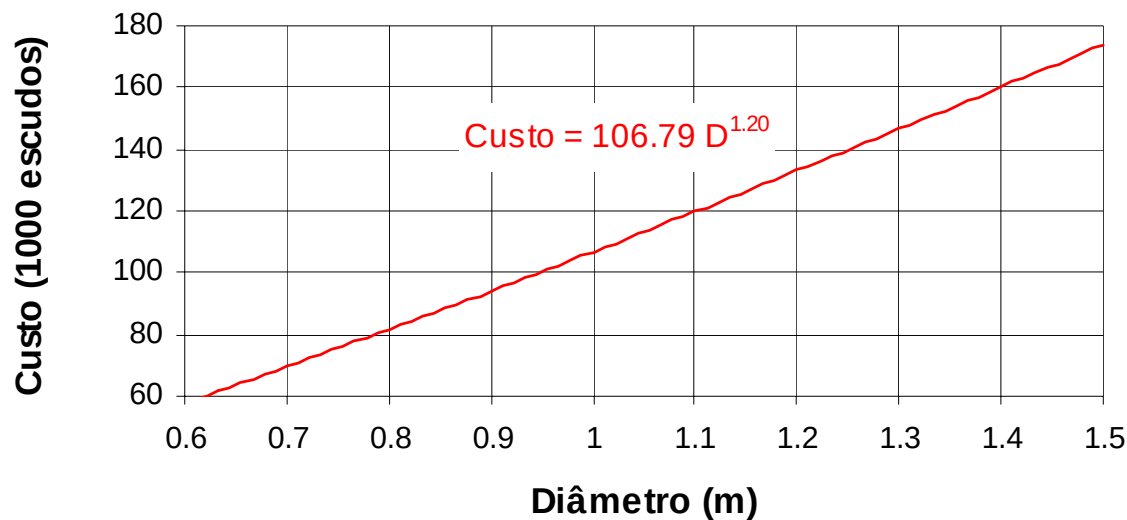


Custos para aquedutos de secção circular do tipo A.

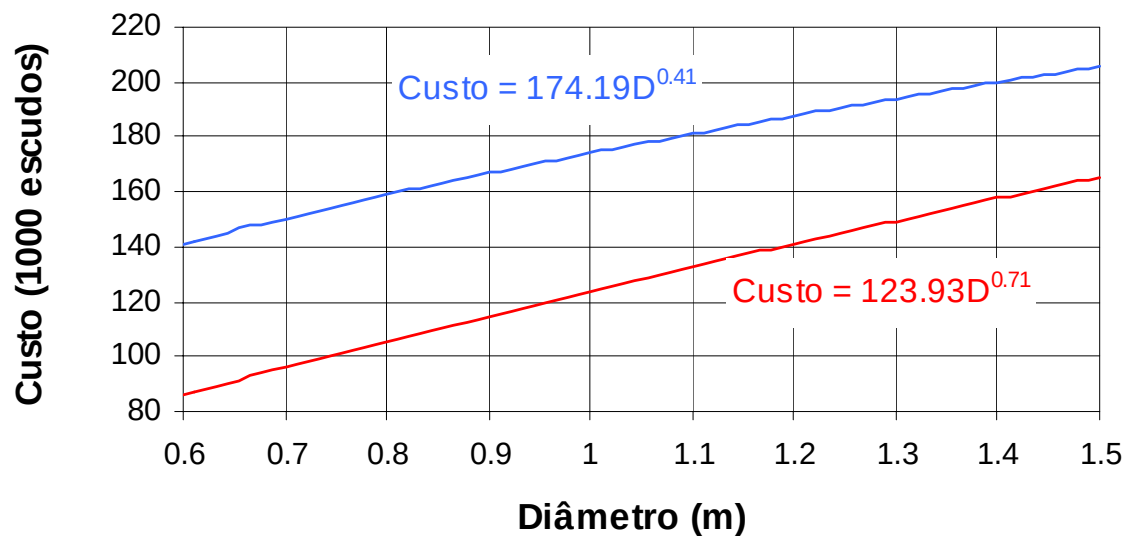


Custos para aquedutos de secção circular do tipo B.

Estimativa de custos (Dez. 99)



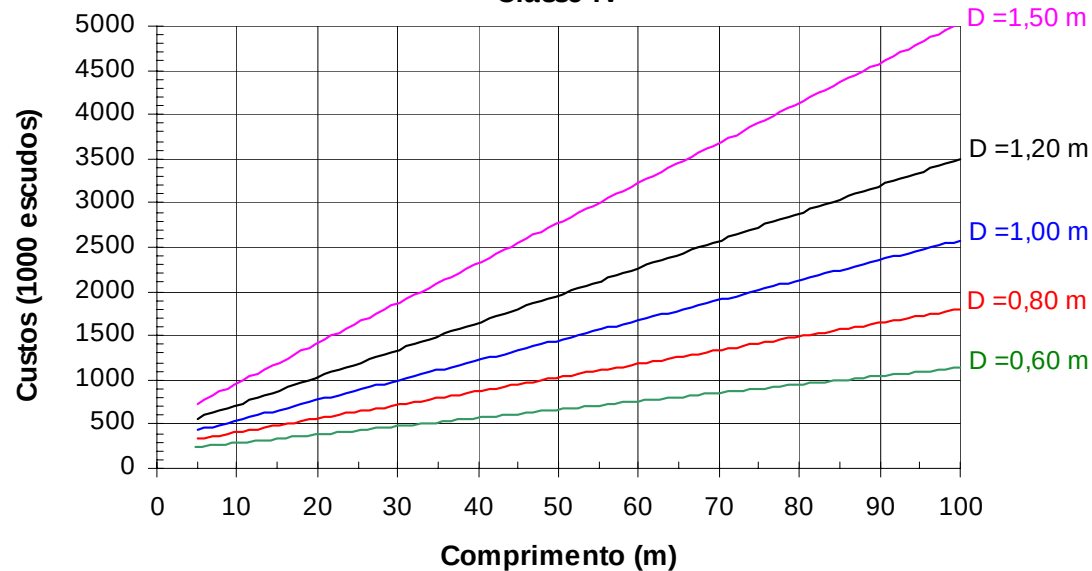
Custos de estruturas de entrada e de saída com muros de ala.



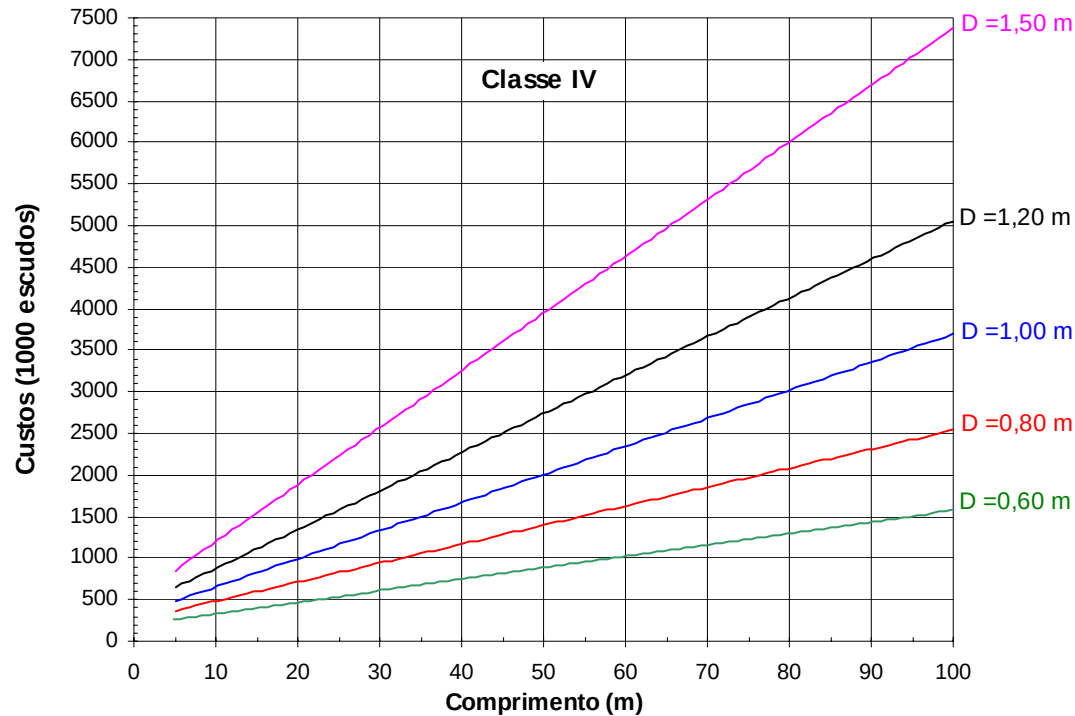
Custos de estruturas de entrada em recipiente.

Estimativa de custos (Dez. 99)

Classe IV



Custos de PH's com aqueduto do tipo A e classe IV.



Custos de PH's com aqueduto do tipo B e classe IV.

Síntese e conclusões

O estudo efectuado e os resultados obtidos conduzem às seguintes considerações e conclusões:

- ↖ são de aplicação corrente em Portugal diversos métodos cinemáticos para a determinação de caudais de ponta de cheia em bacias hidrográficas de PH's, sendo o de maior divulgação o baseado na fórmula racional;
- ↖ os valores dos caudais de ponta cheia obtidos pelos métodos do SCS (Soil Conservation Service), de Mockus e de Temez são da mesma ordem de grandeza;
- ↖ o cálculo da intensidade de precipitação é, geralmente, efectuado através das curvas IDF de Matos e Silva (1986), existem no entanto curvas IDF mais recentes e obtidas com informação udométrica mais vasta (Brandão e Rodrigues, 2000);
- ↖ as fórmulas de utilização mais frequente para cálculo do tempo de concentração são as de Kirpich (Pickering e David), SCS e Temez;

Síntese e conclusões (cont.)

2

4

- ↖ **o tempo de concentração em bacias de PH's não deve ser inferior a 5 min, uma vez que, para pequenas bacias (< 5 ha), o caudal de ponta de cheia é sobreavaliado devido às elevadas intensidades de precipitação que resultam da extrapolação das curvas IDF;**
- ↖ **os tipos de escoamentos mais utilizados no dimensionamento hidráulico de aquedutos são os escoamentos com controlo à entrada, pois nestes casos o caudal admitido apenas é condicionado pela altura de água a montante, pelo tipo de estrutura de entrada e inclinação do aqueduto;**
- ↖ **o dimensionamento hidráulico de aquedutos é frequentemente efectuado pela metodologia proposta pelo U.S. Bureau of Public Roads;**
- ↖ **para velocidades de escoamento à saída dos aquedutos superiores a 4,50 m/s não é aconselhável a utilização de enrocamentos de protecção, devido às dimensões do enrocamento a utilizar, pelo que se recorre a estruturas de dissipação de energia;**
- ↖ **por razões técnico-económicas, as passagens hidráulicas mais comuns em Portugal são de secção circular com estrutura de entrada em recipiente, ou com muros de ala, estrutura de saída com muros de ala e enrocamento de protecção a jusante da estrutura de saída.**

Propostas finais

As acções que se julgam mais relevantes para a continuação do estudo sobre o dimensionamento de PH's são:

- ↖ **aperfeiçoamento do programa de cálculo automático desenvolvido, nomeadamente na interface gráfica, de modo a tornar possível a sua utilização em conjunto com programas de desenho assistido por computador;**
- ↖ **inclusão no programa HIDROPAS de rotinas de dimensionamento hidráulico de aquedutos de secções diferentes das circulares e rectangulares;**
- ↖ **estudo em modelo físico de estruturas de entrada e de saída, que, para além de permitirem o estudo das perdas de carga localizadas, permitam averiguar a sua influência no escoamento ao longo do aqueduto;**
- ↖ **estudo do escoamento em aquedutos com degraus.**