



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Grenda Izabeli Menezes da Silva

Trabalho Curva Chave

CURITIBA

2022

Grenda Izabeli Menezes da Silva¹

¹GRR20182465

Trabalho Curva Chave

Trabalho avaliativo da disciplina TEA037,
apresentado ao curso de Graduação em
Engenharia Ambiental, Setor de Tecnolo-
gia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Michael Mannich.

CURITIBA
2022

Sumário

1	Caracterização da estação	4
2	Cota e vazão	5
3	Perfil transversal	6
4	Curva-chave	7
5	Ajuste das equações de Chezy e Manning	11

1 Caracterização da estação

A estação escolhida foi a Ponte BR-277 - Campo Largo, de código 65021800, localizada no município de Campo Largo-PR, no exutório da sub-bacia do Rio Passaúna (Figura 1). Sub-bacia essa que pertence a bacia do Rio Iguaçu, especificamente na sub-bacia do Alto Iguaçu. A região possui ao todo 9 estações fluviométricas e 6 estações pluviométricas.

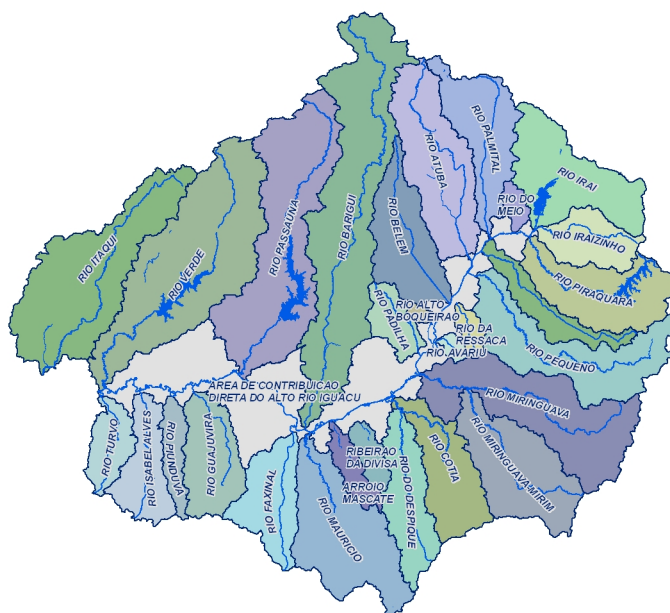


Figura 1: Sub-bacias do Alto Iguaçu

A Figura 2 mostra a localização da estação no mapa. Esta que possui área de drenagem de 84,4km² e está a 892,4 metros de altitude.

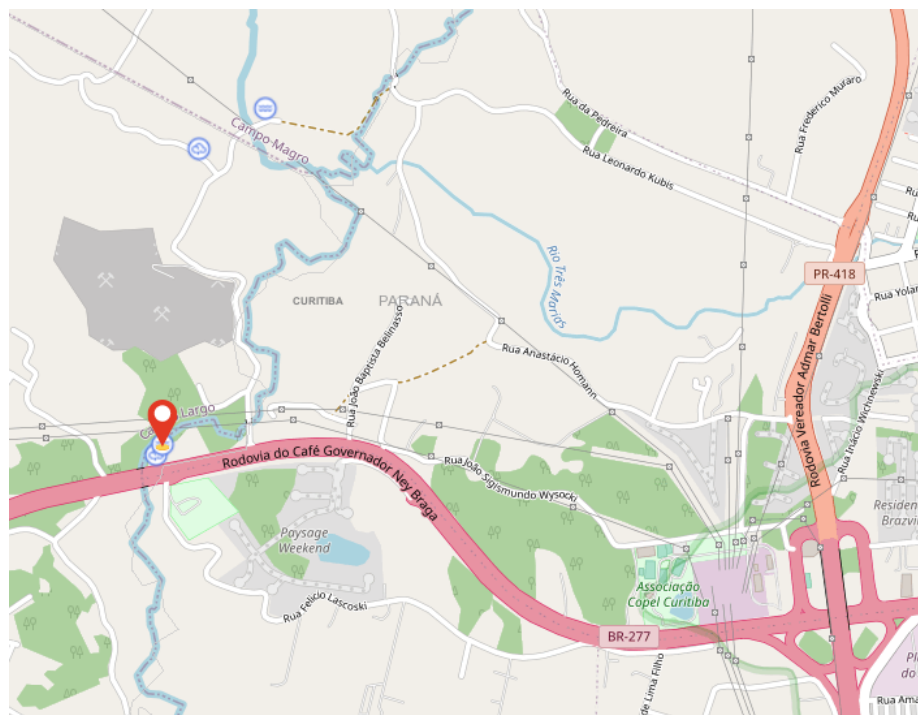


Figura 2: Localização da estação fluviométrica

2 Cota e vazão

Os dados de cota e vazão da estação possuem medição de 1987 a 2019 e estão representados graficamente na figura 3.

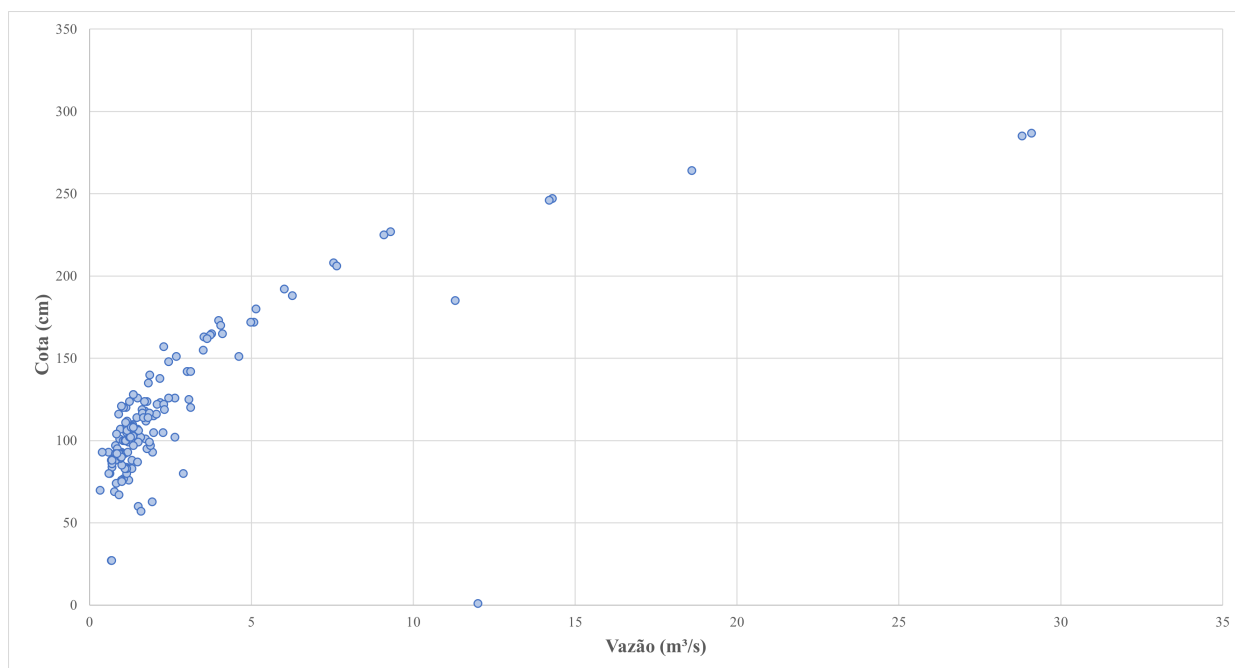


Figura 3: Gráfico Cota x Vazão

Em que foi possível visualizar tendências diferentes para certos períodos de tempo. Assim, os dados foram separados nesses intervalos e plotados conforme mostra a figura 4.

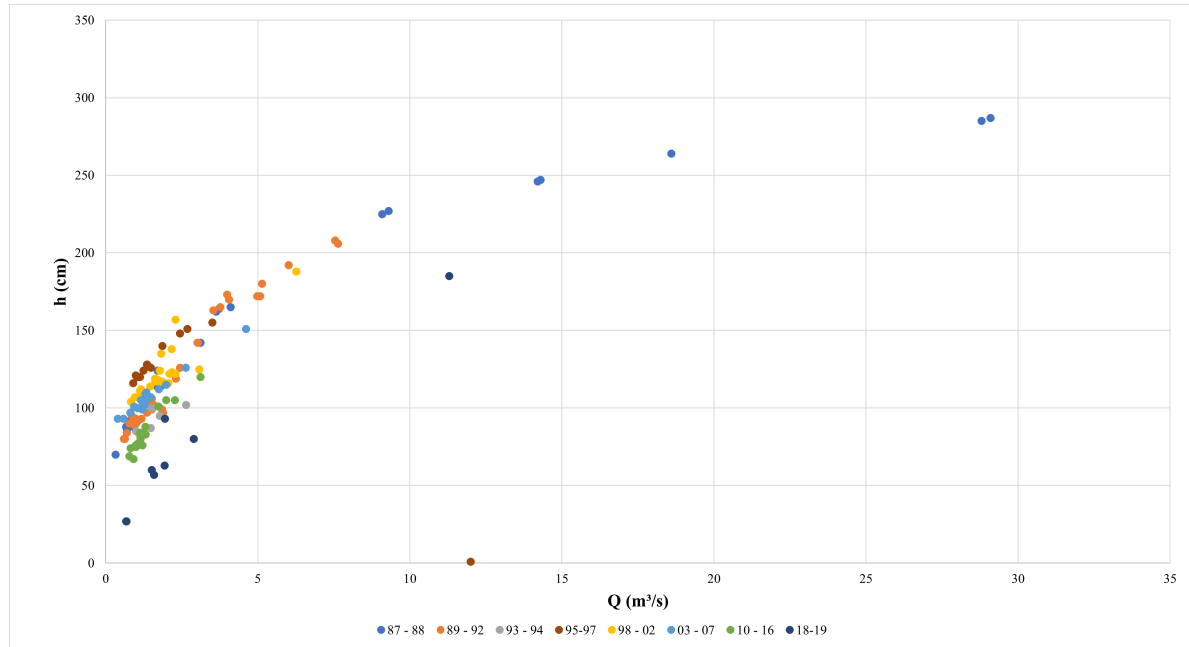


Figura 4: Gráfico Cota x Vazão por período

3 Perfil transversal

Os dados de perfil da calha do rio foi obtido juntamente com os demais valores de cota e vazão, no *hidroweb*. A planilha foi manipulada para a divisão dos pares ordenados x e y para os diferentes períodos de medição. Após a reorganização dos dados, os perfis foram plotados e deslocados verticalmente e horizontalmente, de maneira manual conforme foi preciso para a obtenção das seções de forma mais próximas possíveis. O resultado desse processo está apresentado abaixo:

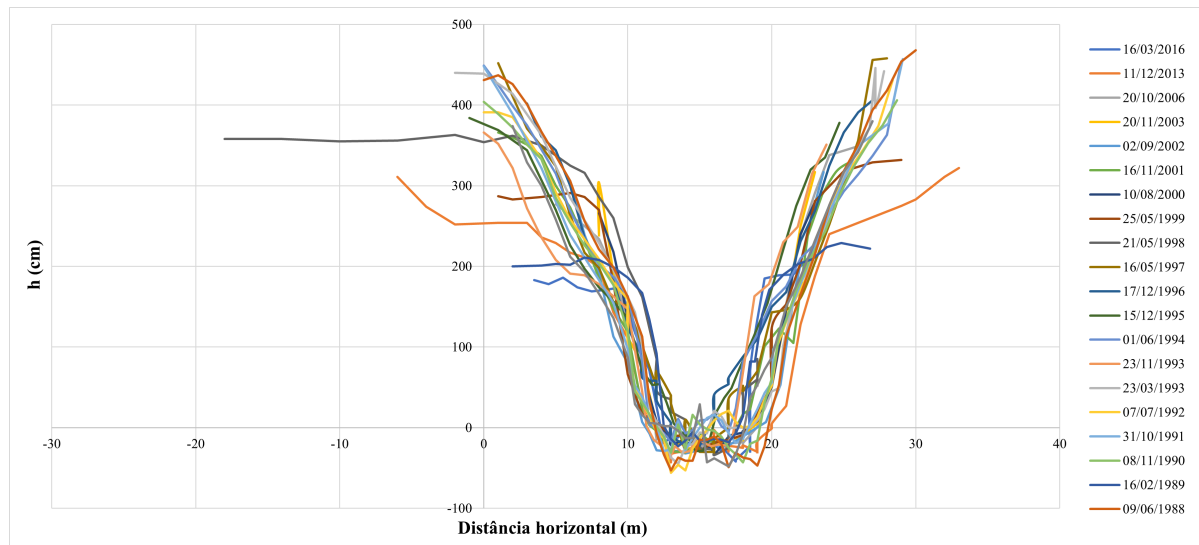


Figura 5: Perfis transversais de todas as medições

Desses, foi ainda filtrado períodos que possuem maior similaridade, com base no critério visual:

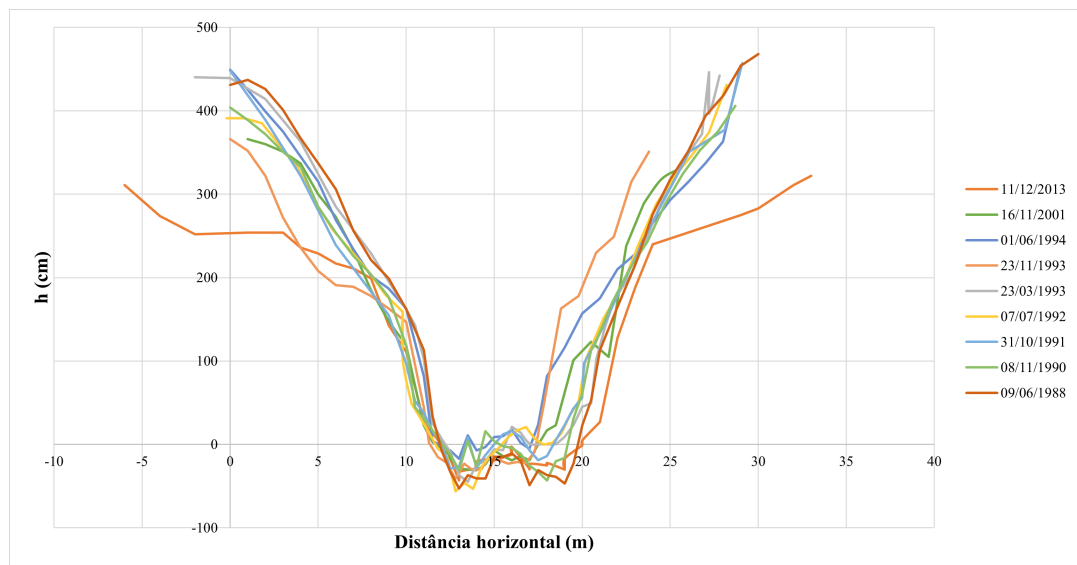


Figura 6: Perfis transversais de períodos específicos

O perfil escolhido para análises de área e perímetro, foi o da data 09/06/1988.

4 Curva-chave

A curva-chave ajustada para essa estação foi feita por meio da ferramenta *solver* do Excel, para obter os coeficientes a e b que chegue ao menor valor do somatório do erro quadrado entre a vazão observada e calculada pela equação: $Q = a(h - h_0)^b$.

A curva ajustada está na figura 7.

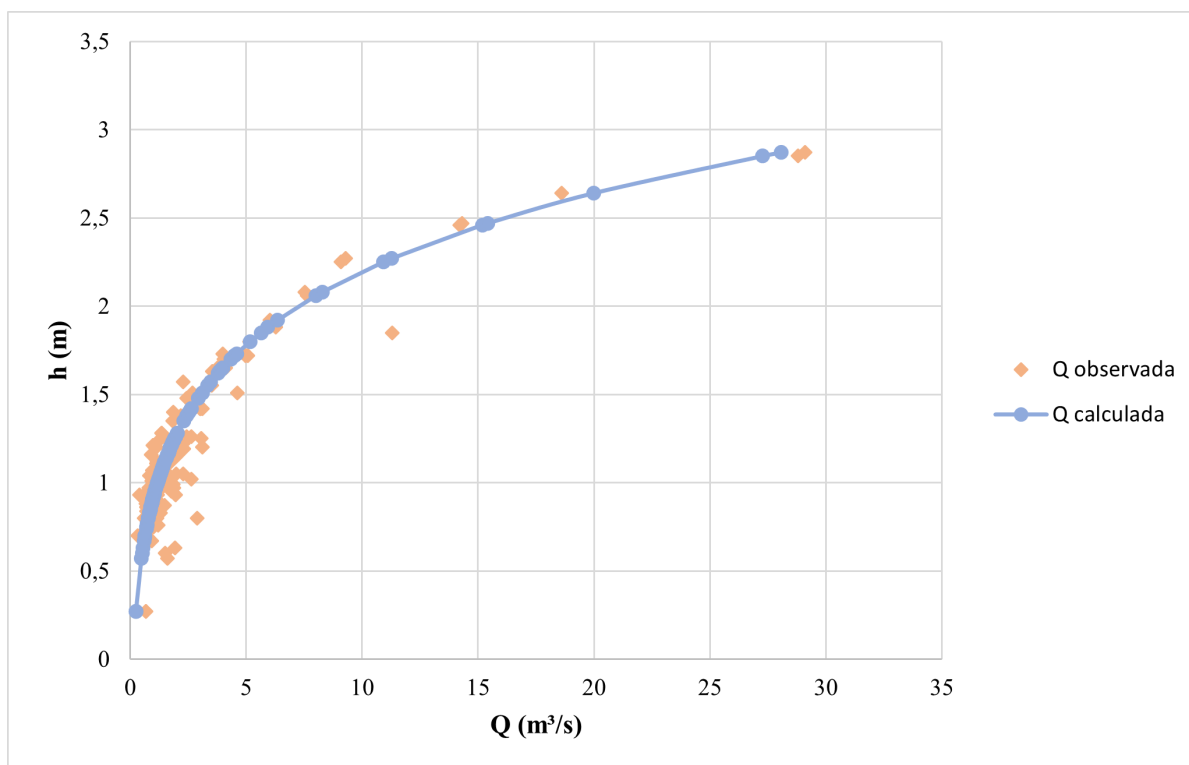


Figura 7: Curva-chave ajustada para todos os valores da estação

A diferença relativa de cada vazão observada e calculada pelo ajuste da curva-chave é representada graficamente na figura 8.

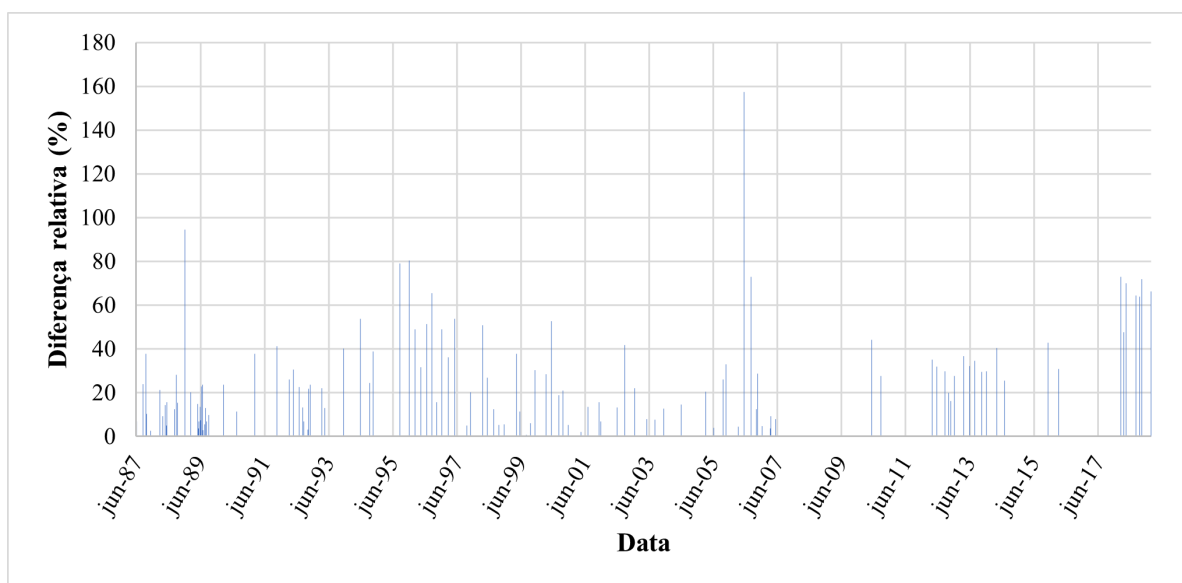
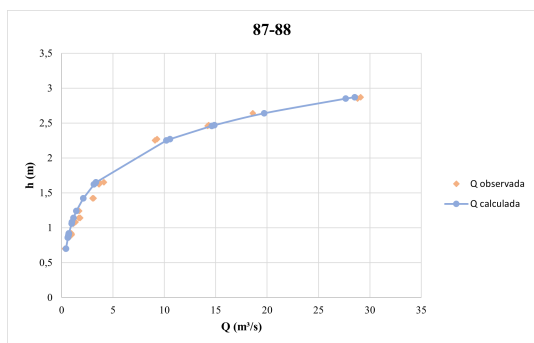


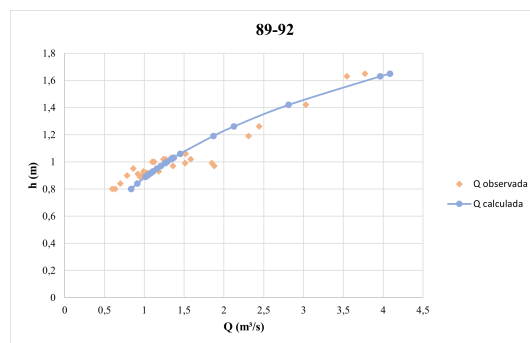
Figura 8: Diferença relativa das vazões

O gráfico das diferenças mostra que o ajuste não é satisfatório em vários períodos, atingindo até diferença superior a 100%. Conforme citado anteriormente, essa

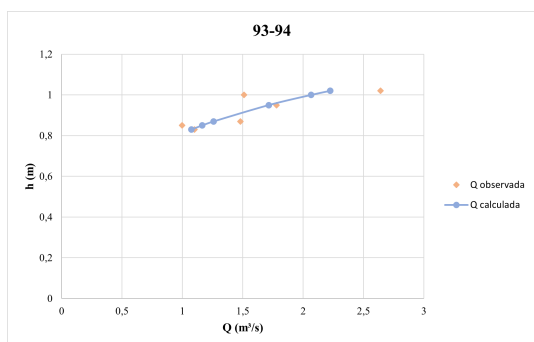
diferença de tendências nos períodos faz-se necessário o ajuste também para esses intervalos de tempo. Foi então separado esses valores e utilizado o mesmo método citado no ajuste da curva-chave de todos os dados, para cada período. Os resultados gráficos estão mostrados nas sub-figuras abaixo:



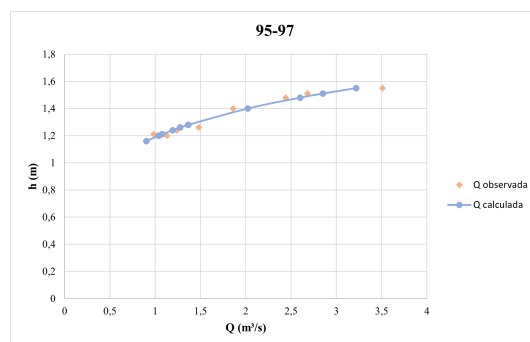
(a)



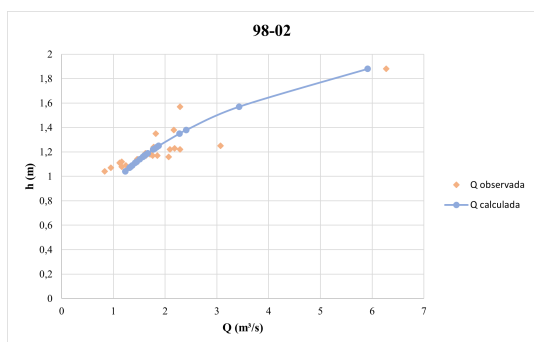
(b)



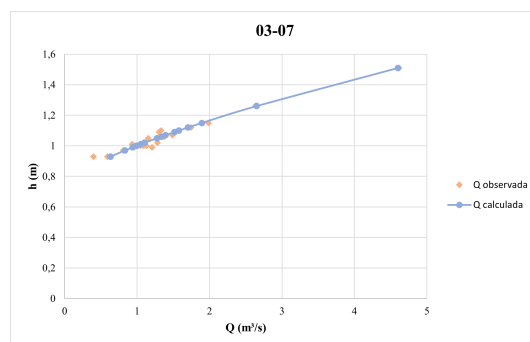
(c)



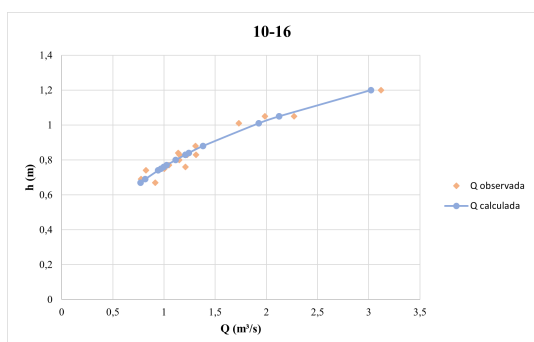
(d)



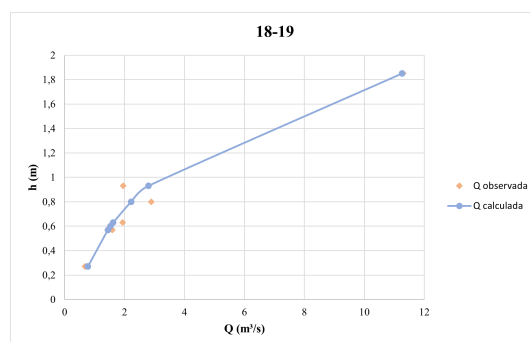
(e)



(f)



(g)



(h)

Os coeficientes a e b , e h_0 obtidos para cada ajuste, está na tabela 10 já empregados na equação.

Período	Equação ajustada	r^2
87 - 88	$Q = 1,01 \times 10^{-6}(h + 3,18167)^{9,53}$	0,86822
89 - 92	$Q = 0,07415(h + 1,04308)^{7,53457}$	0,96964
93 - 94	$Q = 0,00949(h + 3,18167)^{9,53}$	0,99543
95 - 97	$Q = 0,00197(h + 1,03785)^{9,53}$	0,98544
98 - 02	$Q = 1,41 \times 10^{-5}(h + 2,95136)^{8,21947}$	0,95781
03 - 07	$Q = 6,68797(h - 0,74505)^{1,39524}$	0,99224
10 - 16	$Q = 0,03083(h + 1,15420)^{5,35518}$	0,97661
18 - 19	$Q = 0,00547(h + 2,21806)^{5,43697}$	0,92311
Todos	$Q = 1,06 \times 10^{-7}(h + 4,03029)^{10,03951}$	0,75742

Tabela 1: Equações ajustadas para a curva-chave

5 Ajuste das equações de Chezy e Manning

Conforme citado na seção 3, utilizou-se o perfil do ano de 1988 para realizar os ajustes das equação de Chezy e Manning.

Inicialmente o perfil foi plotado separadamente e feita uma análise grosseira em relação a sua área:

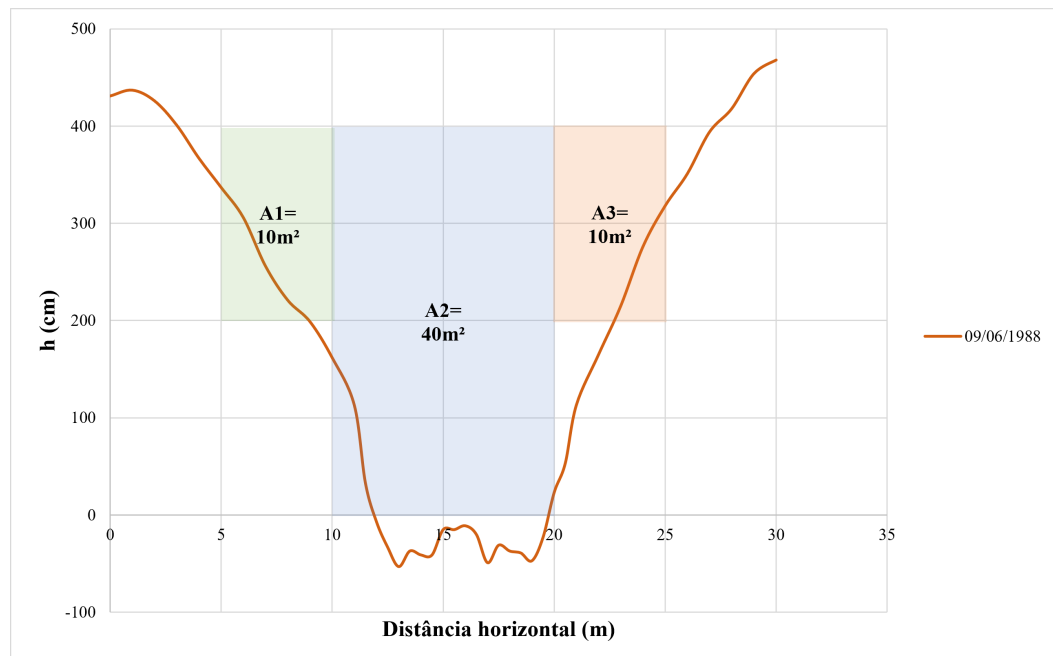
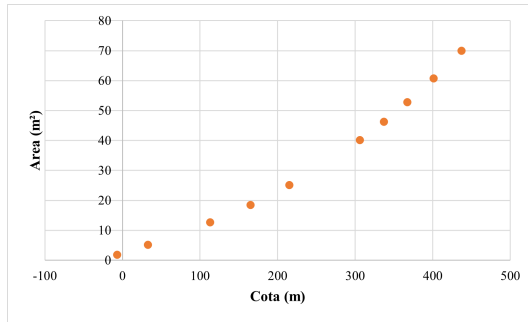


Figura 9: Estimativa da área total da seção de 1988

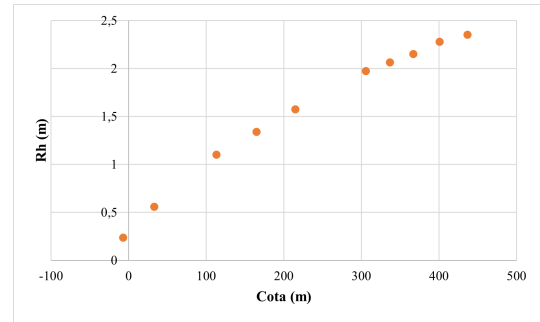
Após isso, foi calculado área e perímetros para diferentes cotas, por meio da área de retângulos com Δy e Δx da própria medição. O perímetro foi feito por soma da distâncias entre os pontos.

Entretanto, por se tratar de uma seção relativamente pequena, suas medições de seção transversal fornece poucos valores, pois foi realizada a cada 5 metros, diminuindo significativamente a precisão da área e perímetro.

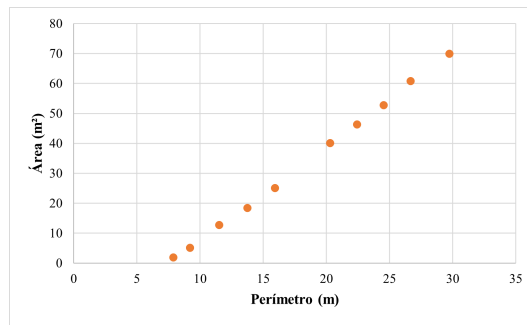
Assim, os valores calculados de Área, Perímetro e Raio Hidráulico (R_h) para dados específicos de cota, ficaram:



(a)



(b)



(c)

O maior valor de área ficou em 69 na cota 437, o que condiz com a primeira estimativa realizada.

Para os ajustes das equação de Chezy (1) e Manning (2), foram usados os valores de área, perímetro e raio hidráulico calculado, e utilizado o *Solver* para achar C , S e n , em que S possui valores diferentes para cada ajuste.

$$Q = C A R_h^{1/2} h S^{1/2} \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (2)$$

o resultado dos valores encontrados pelo *solver* está na tabela 2.

	n	C	S
Chezy	-	1,302838	1,30715
Manning	0,96879	-	1,62535

Tabela 2: Variáveis das equações

Por fim, utilizando os mesmos valores da data de 1988, o gráficos dos ajustes ficou:

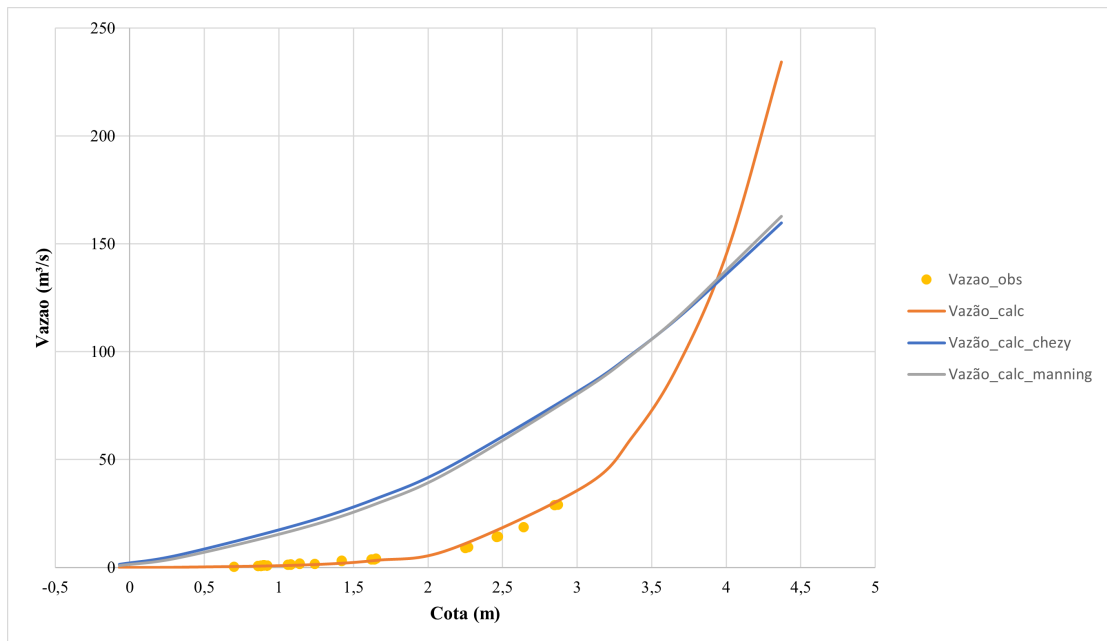


Figura 10: Ajustes das equações

Em que os ajustes para as equações de Chezy e Manning mostram similaridade entre si, porém muita diferença da curva-chave ajustada para esse período, o que possivelmente se deve a falta de precisão nos cálculos de área e perímetro da seção.