

AVALIAÇÃO DE ERROS NA ESTIMATIVA DE VAZÕES REGULARIZADAS POR AJUSTAMENTO DA TABELA COTA X VOLUME POR EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

José Nilson B. Campos¹; Luiz Sérgio V. Nascimento² & Ticiane M. de Carvalho Studart¹

Resumo - O presente trabalho analisa os erros cometidos na representação da relação cota vs. volume da bacia hidráulica de um reservatório, através de equações matemáticas. A avaliação do erro no cálculo do parâmetro de forma do reservatório (α) não se dá pela comparação dos resultados do volume acumulado ou da área do espelho d'água obtidos com equações e os valores reais, como já estudado por diversos pesquisadores. Uma vez que o parâmetro analisado influencia o volume total evaporado em um reservatório e, por conseguinte, sua disponibilidade hídrica, o objeto de comparação, neste estudo é a vazão regularizada, estimada através da utilização de equações para o cálculo de alfa e através da utilização dos dados topográficos reais. Foram analisados 20 reservatórios de pequeno a grande porte, todos no Estado do Ceará, e concluiu-se que equações simples têm desempenhos bastante satisfatórios na maioria dos reservatórios estudados e que há uma tendência de crescimentos dos erros com o nível de garantia adotado.

Abstract - The present paper analyzes the errors committed by representing the area-stage and volume-stage relationships by mathematical equations. The evaluation will not be done by comparison on volume or area, in real situation and calculated by the equation, as some researches already did. Once the reservoir shape factor (α), which reflect these relationships, affect directly the evaporation in reservoir, the comparison will be done on reservoir yield. Twenty reservoirs were analyzed (small and large ones), all in the State of Ceará. The results showed that simple equations have satisfactory performance and that is a trend of increasing errors with larger reliability levels.

Palavras Chave - Reservatório, Curva Cota x Volume.

INTRODUÇÃO

Os reservatórios de águas superficiais constituem-se em uma das principais ações estruturais empreendidas para o enfrentamento das secas no Nordeste Brasileiro. Desde os primórdios das

¹ Professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará - Campos do Pici - Bloco 713 - Fone: (85)288.9623 – Fax(85)288.9627 – e-mail: nilson@ufc.br e ticiane@ufc.br

² Estudante do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq – e-mail: lsvn@uol.com.br

ocupações dos sertões, muitos açudes – pequenos, médios e grandes - vêm sendo construídos, muitas vezes sem informações sobre suas bacias hidráulicas, refletidas pelas relações entre cota, área do lago e volume acumulado.

Nesse contexto, diversos pesquisadores desenvolveram estudos procurando representar estas relações através de equações matemáticas obtidas com levantamentos topográficos expeditos ou, modernamente, a partir de imagens de satélite. A maior parte dos estudos realizados, no entanto, analisam erros cometidos nas estimativas dos *volumes* reais dos reservatórios, através da aproximação da equação Molle e Cadier (1992) e Torreão (1997).

Nesta pesquisa buscou-se uma abordagem diferente. Como as aproximações são utilizadas, em última instância, para a estimativa das vazões regularizadas, foram estimados os erros cometidos na avaliação desta grandeza.

Procurou-se analisar erros na estimativa da cota volume para dois tipos de equação. Foram também avaliados dois tipos de erros: o *erro relativo*, que verifica a existência de alguma tendência na estimativa; e o *erro modular*, que mede a confiabilidade da estimativa.

METODOLOGIA

Para desenvolver os estudos selecionou-se uma amostra de 20 reservatórios situados no Estado do Ceará, com capacidades variando entre 12,10 hm³ e 1.956,26 hm³ (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos 20 reservatórios analisados no Estado do Ceará.

Açude	Município	Capacidade (hm³)	Área da Bacia de Drenagem (Km²)	Rio/Riacho Barrado
Banabuiú	Banabuiú	1800,00	13.500,00	Banabuiú
Boa Viagem	Boa Viagem	47,00	409,00	Boa Viagem
Cachoeira	Aurora	34,33	134,60	Caiçara
Canoas	Assaré	69,25	575,40	Riacho São Miguel
Cedro	Quixadá	126,00	224,00	Sitiá
Cipoada	Morada Nova	17,25	372,60	Santa Rosa
Farias Brito	Farias Brito	197,60	-	-
Joaquim Távora	Jaguaribe	23,66	159,40	Feiticeiro
Jucá	Jucá	34,17	-	-
Monsenhor Tabosa	Monsenhor Tabosa	12,10	81,00	Quixeramobim
Muquem	Cariús	47,64	295,20	Riacho Muquém
Nobre	Senador Pompeu	22,09	18,10	Nobre

Tabela 1 (cont.). Características dos 20 reservatórios analisados no Estado do Ceará.

Açude	Município	Capacidade (hm³)	Área da Bacia de Drenagem (Km²)	Rio/Riacho Barrado
Orós	Orós	1956,26	18393,30	Orós
Patú	Senador Pompeu	71,83	835,41	Patú
Pedras Brancas	Banabuiú	434,05	1.787,00	Sitiá
Poço de Barro	Morada Nova	52,00	341,60	Livramento
Pombas	-	17,58	-	-
Prazeres	Barro	32,50	123,47	Das Cuncas
Puiu	-	24,50	-	-
Quixeramobim	Quixeramobim	54,00	8.300,00	Quixeramobim

Fonte: Ceará (1992)

(-) NÃO INFORMADO

Equações Analisadas

Foram analisadas três equações, todas do tipo $V = a.h^b$, para a representação geral da curva cota vs. volume. Em duas delas, foram consideradas duas hipóteses nas simulações das vazões regularizadas: (1) capacidade real do açude (K_{real}) e altura (h) correspondente àquela capacidade, calculado pela equação em análise e (2) altura real do reservatório (h_{real}) e capacidade (K) correspondente àquela altura calculada pela equação em análise.

Equação Tipo 1

A Equação Tipo 1 considera a constante “b” da equação geral igual 3 (três), passando a ser escrita na forma $V = \alpha.h^3$, sendo a constante α (fator de forma da bacia hidráulica) dada por:

$$\alpha = \frac{K}{h^3} \quad (1)$$

onde K representa a capacidade do açude e h sua altura correspondente, sendo esta, a equação mais simples.

Equação Tipo 2

A segunda equação também considera a constante “b” como sendo igual a três. Porém, a constante α é calculada por regressão linear, sendo a reta de regressão forçada a passar pela origem. O cálculo foi feito considerando α como sendo a inclinação da reta que tem, como valores do eixo das ordenadas (y), os volumes dos reservatórios em diferentes cotas e, para valores do eixo das abscissas (x), as diferentes alturas correspondentes elevadas ao cubo. A equação utilizada é a seguinte:

$$\alpha = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2)$$

onde $x = h^3$ e $y = V$ (volume).

Equação Tipo 3

A terceira equação não considera a constante “b” igual a três, como nas duas anteriores, mas procura o melhor valor para as constantes “a” e “b”, conjuntamente. O cálculo é feito aplicando-se logaritmo dos dois lados da equação $V = a.h^b$, obtendo-se:

$$\log(V) = \log(a) + b \cdot \log(h) \quad (3)$$

onde “log (a)” é a interceptação da reta de regressão e “b” é a inclinação da reta. Assim tem-se que:

$$\log a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (4)$$

e

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (5)$$

conhecendo-se log (a) foi possível calcular o valor da constante “a”.

Tabela 2. Equações Tipo 1, 2 e 3 para o cálculo do fator de forma do reservatório (α).

Equação Tipo	Forma da Equação	Cálculo dos parâmetros	Observações
1	$V = \alpha.h^3$	$\alpha = \frac{K}{(h_{\max})^3}$	$K = K_{\text{real}}$ $h_{\max} = h_{\text{max real}}$
2.1	$V = \alpha.h^3$	$\alpha = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$	$K = K_{\text{real}}$ $h_{\max} \neq h_{\text{max real}}$
2.2	$V = \alpha.h^3$	$\alpha = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$	$K \neq K_{\text{real}}$ $h_{\max} = h_{\text{max real}}$

Tabela 2 (cont.). Equações Tipo 1, 2 e 3 para o cálculo do fator de forma do reservatório (α).

Equação Tipo	Forma da Equação	Cálculo dos parâmetros	Observações
3.1	$V = a.h^b$	$\log a = \bar{Y} - b\bar{X}$ $b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$	$K = K_{\text{real}}$ $h_{\text{max}} \neq h_{\text{max real}}$
3.2	$V = a.h^b$	$\log a = \bar{Y} - b\bar{X}$ $b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$	$K \neq K_{\text{real}}$ $h_{\text{max}} = h_{\text{max real}}$

Simulação dos Reservatórios

De posse dos dados das relações cotas vs. volume e das vazões históricas afluentes aos reservatórios listados da Tabela 1, foi estimada a vazão regularizada de cada açude, através do programa SIMRES ®, considerando quatro níveis de garantia - 80%, 90%, 95% e 98% e utilizando metodologia descrita em Campos et. al. (2000).

As equações descritas anteriormente foram utilizadas para o cálculo de novas relações cota x volume para cada um dos açudes resultando, conseqüentemente, em novas estimativas de vazão regularizada.

No caso das equações Tipo 2 e Tipo 3, foram consideradas duas hipóteses nas estimativas das vazões regularizadas:

1. Simulou-se cada reservatório com suas capacidades reais e curvas cota vs. volume calculadas, respectivamente, pelas equações 2.1 e 3.1.
2. Simulou-se cada reservatório com uma capacidade fictícia, calculada pelas equações 2.2 e 3.2, correspondente à altura máxima real.

Baseado nas vazões obtidas pelas equações Tipo 1, 2 e 3 foram calculados os erros das estimativas em relação à vazão do reservatório estimada com os dados das curvas cota vs. volume originais.

Os erros individuais nas estimativas da vazão regularizada utilizando-se diferentes metodologias de cálculo do parâmetro “ α ”.

Dois tipos de erros individuais foram analisados:

$$E_1 = \left(\frac{Q_{equ}}{Q_{real}} - 1 \right) \times 100 \quad (6)$$

$$E_2 = \left[\left(\frac{Q_{equ}}{\mu} - 1 \right) - \left(\frac{Q_{real}}{\mu} - 1 \right) \right] \quad (7)$$

onde:

Q_{equ} . = Vazão regularizada obtida com os volumes calculados pela equação;

$Q_{res.}$ = Vazão regularizada obtida com a curva cota vs. volume real;

μ = volume afluyente médio anual

Assim o Erro individual 1 refere-se ao erro da vazão regularizada (em hm³/ano) em cada reservatório utilizando as diversas equações de α em relação à vazão regularizada (em hm³/ano) deste mesmo reservatório utilizando-se dados da curva cota vs. volume real.

O Erro individual 2 refere-se a diferença entre a razão vazão regularizada/ volume médio afluyente anual, utilizando as diversas equações para o cálculo de α utilizando-se dados da curva cota vs. volume real.

RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa foram expressos em forma de tabelas, como forma de sintetizar e simplificar. Como pode ser constatado na Tabela A1 em anexo, para alguns reservatórios, os valores obtidos para o Erro individual1 são muito grandes. Isto se deve ao fato deste erro ser uma relação direta entre as vazões, e assim, para reservatórios com pequenos valores de vazão regularizada, pequenas diferenças em volume de água significam percentuais elevados, ocasionado erros significativos.

Para eliminar o “efeito de escala” embutido no Erro individual 1, calculou-se o Erro individual 2. Observa-se que os Erros individuais 2 são invariavelmente menores que os Erros individuais 1.

Erros Médios Relativos e Modulares

Para uma analisar o desempenho de cada equação e possibilitar uma melhor comparação dos resultados obtidos, foi calculada a média dos erros individuais obtidos com cada equação, sendo esta média calculada de duas formas distintas:

Na primeira, foi calculada a média aritmética dos valores dos erros, considerando os sinais positivos e negativos (erro médio relativo). Um erro com sinal negativo significa que a vazão regularizada utilizando uma dada equação é menor que a vazão regularizada utilizando seus dados reais de curva cota vs. volume. Na segunda forma, consideramos os valores dos erros em módulo (erro médio modular).

Erro médio relativo

Os erros médios relativos, tanto para o Erro 1 como para o Erro 2 estão expostos nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Estes valores não representam o valor médio real dos erros pois, ao considerar os sinais, estes interferem no resultado. Porém, as médias podem ser tomadas como base para observar o comportamento de cada equação em um dado nível de garantia. Como os valores médios dos erros estão muito próximos de zero, pode-se dizer que não existe viés na estimativa de α , qualquer que tenha sido a equação utilizada para estimar este parâmetro.

Tabela 3. Erro médio relativo 1 (em porcentagem).

Equação	Nível de Garantia			
	80 %	90 %	95 %	98 %
1	-0,37	0,37	-1,23	-1,64
2.1	-0,86	-0,16	-1,42	-2,74
2.2	-0,23	0,47	-1,38	-1,87
3.1	1,32	3,37	3,29	4,87
3.2	-0,96	0,68	0,51	0,56

Tabela 4. Erro médio relativo 2 (em porcentagem).

Equação	Nível de Garantia			
	80 %	90 %	95 %	98 %
1	-0,15	0,01	-0,06	0,01
2.1	-0,36	-0,18	-0,09	-0,21
2.2	-0,11	0,04	-0,07	0,02
3.1	0,65	1,18	1,39	1,64
3.2	-0,74	-0,02	0,44	0,17

Erro médio modular

Os erros médios modulares, tanto para o Erro 1 como para o Erro 2 estão expostos nas tabelas 5 e 6, respectivamente. Observa-se que pelo efeito de escala referido anteriormente, os erros médios modulares 1 são superiores aos 2. A Tabela 6 mostra que independentemente da equação utilizada, os erros médios cometidos na estimativa da vazão regularizada são bem pequenos, da ordem de 2%,

o que implica que, em média, não se justifica o uso de metodologias sofisticadas para o cálculo do parâmetro α .

Tabela 5. Erro médio absoluto 1 (em porcentagem).

Equação	Nível de Garantia			
	80 %	90 %	95 %	98 %
1	2,88	5,38	6,08	7,00
2.1	3,00	5,52	5,68	7,16
2.2	2,85	5,31	6,23	7,50
3.1	2,66	5,29	6,58	9,58
3.2	3,22	4,05	4,01	5,76

Tabela 6. Erro médio absoluto 2 (em porcentagem).

Equação	Nível de Garantia			
	80 %	90 %	95 %	98 %
1	1,57	1,87	1,80	1,59
2.1	1,63	1,89	1,67	1,56
2.2	1,57	1,84	1,82	1,69
3.1	1,24	1,73	1,93	2,15
3.2	1,61	1,12	1,16	1,30

Erro Máximo Modular em Cada Reservatório

Outra informação extraída das tabelas A1 e A2, em anexo, foi o erro máximo por reservatório. De posse deste valor, foi possível identificar a equação e a garantia em que o erro assume seu valor máximo. Ao considerar o valor máximo do erros, desprezamos os sinais, obtendo-se assim os erros máximos em módulo. Novamente foram feitas as análises para os dois tipos de (tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Erro máximo modular 1 (em porcentagem).

Reservatório	Equação	Garantia (%)	Erro
Banabuiú	3.1	98	10,54
B. Viagem	3.1	98	16,67
Cachoeira	3.1	98	45,45
Canoas	1	95	21,43
Cedro	1 -2.1 -2.2	98	20,59
Cipoada	3.1	98	9,38

Tabela 7 (cont.). Erro máximo modular 1 (em porcentagem).

Reservatório	Equação	Garantia (%)	Erro
F. Brito	3.2	90	2,87
J. Távora	3.1	98	21,05
Juca	2.1	98	15,00
M. Tabosa	3.2	80	5,21
Muquem	2.1	98	14,29
Nobre	Todas	90	25,00
Orós	3.1 - 3.2	90	13,79
Patú	3.2	98	10,82
P. Brancas	2.1	95	14,43
P. de Barro	3.1	98	9,33
Pombas	1 -2.1 -2.2 -3.1	98	3,85
Prazeres	3.1	98	16,00
Puiu	2.1	95	11,59
Quixeramobim	3.2	95	3,14

Tabela 8. Erro máximo modular 2 (em porcentagem).

Reservatório	Equação	Garantia	Valor
Banabuiú	3.1	98	4,56
B. Viagem	3.1	98	1,75
Cachoeira	3.1	98	8,16
Canoas	1	95	7,75
Cedro	1 - 2.1 - 2.2	98	6,62
Cipoada	3.1	98	0,94
F. Brito	3.2	90	1,65
J. Távora	3.1	98	3,11
Juca	2.1	98	1,64
M. Tabosa	3.2	80	0,41
Muquem	2.1	98	1,83
Nobre	Todas	90	3,65
Orós	3.1 - 3.2	90	4,99
Patú	3.2	98	3,67
P. Brancas	2.1	95	6,42

Tabela 8 (cont.). Erro máximo modular 2 (em porcentagem)

Reservatório	Equação	Garantia	Valor
P. de Barro	3.1	98	2,39
Pombas	1 - 2.1 - 2.2 - 3.1	98	0,99
Prazeres	3.1	98	6,35
Puiu	2.1	95	2,14
Quixeramobim	3.2	95	0,75

Erro Máximo Modular por Equação

As tabelas 9 e 10 exibem a equação e o nível de garantia onde ocorreram os erros máximos modulares em cada reservatório

Tabela 9. Equação em que ocorreu o erro máximo modular 1 (em porcentagem)

Garantia	Equação	Reservatório	Erro
98%	1	Cachoeira	27,27
98%	2.1	Cachoeira	27,27
98%	2.2	Cachoeira	27,27
98%	3.1	Cachoeira	45,45
98%	3.2	Cachoeira	36,36

Tabela 10. Equação em que ocorreu o erro máximo modular 2 (em porcentagem)

Garantia	Equação	Reservatório	Erro
95%	1	Canoas	7,75%
90%	2.1	Cedro	6,62%
95%	2.2	Canoas	7,24%
98%	3.1	Cachoeira	8,16%

CONCLUSÕES

A análise feita até o momento indica que não existe viés nas estimativas das vazões regularizadas utilizando-se qualquer uma das equações para o cálculo do parâmetro de forma do reservatório (α), uma vez que os erros médios relativos são muito próximos de zero.

Não parece haver ganho significativo em precisão (diminuição do erro em relação á utilização da curva cota vs. volume real do reservatório) com a complexidade da equação. A equação mais simples de todas (Equação 1) pode ser utilizada sem grandes problemas.

Parece existir uma tendência dos erros serem maiores quanto maior o nível de garantia, embora este fato não tenha se verificado em todos os casos analisados.

Com relação aos erros máximos por reservatório, no caso do Erro 1, a maioria de erros máximos ocorreu para o nível de garantia de 98%, o que reforça a idéia de que os mesmos aumentam com a garantia. Para o Erro 2, a tabela de erros máximos apresentou uma grande quantidade de máximos na garantia de 80, sendo esta quantidade acompanhada de perto pela garantia de 98. Deve-se observar que os máximos diferem nos dois tipos de erros.

A pesquisa continua em andamento no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará e futuras publicações apresentarão resultados mais conclusivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.N.B., STUART, T.M.C., FRANCO, S. and LUNA, R. Hydrological Transformations in Jaguaribe River Basin during 20th Century IN: Proceedings of the 20th Annual American Geophysical Union, Fort Collins Hydrology Days Publications , 2000 , v. 1 , n. 1

CEARÁ. (1992). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

MOLLE, F. e CADIER, E. (1992). Manual do Pequeno Açude. SUDENE/ORSTOM, Recife, Pe.

TORREÃO, T. R. (1997). Erros nas estimativas de volumes de reservatórios a partir de alturas e áreas máximas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará.

ANEXOS

Tabela A1. Erros individuais tipo 1.

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Banabuiú	1	-0,63	-2,04	-0,74	1,13
	2.1	-1,80	-2,22	-2,05	0,40
	2.2	-1,02	-1,81	-0,40	2,60
	3.1	2,50	3,13	6,93	10,54

Tabela A1 (cont.). Erros individuais tipo 1.

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
B. Viagem	1	1,18	0,00	-3,03	0,00
	2.1	2,37	2,13	0,00	0,00
	2.2	1,18	0,00	-3,03	0,00
	3.1	-1,18	-4,26	-12,12	-16,67
	3.2	2,96	3,19	-3,03	-5,56
Cachoeira	1	-6,67	-10,34	-16	-27,27
	2.1	-6,67	-10,34	-5,26	-27,27
	2.2	-6,67	-10,34	-15,79	-27,27
	3.1	4,44	10,34	15,79	45,45
	3.2	2,22	3,45	10,53	36,36
Canoas	1	8,22	10,81	21,43	16,67
	2.1	5,48	8,11	17,14	11,11
	2.2	8,90	10,81	20,00	16,67
	3.1	2,74	3,60	7,14	5,56
	3.2	-2,74	-0,90	1,43	-5,56
Cedro	1	-5,45	-6,23	-6,23	-5,45
	2.1	-5,45	-6,62	-6,23	-5,45
	2.2	-5,45	-6,23	-6,23	-5,45
	3.1	-1,17	1,56	5,45	4,67
	3.2	-4,29	-1,17	3,90	3,90
Cipoada	1	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	2.1	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	2.2	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	3.1	-0,94	-0,94	-0,94	-0,94
	3.2	0,94	0,00	-0,31	0,00
F. Brito	1	0,47	0,24	0,24	0,00
	2.1	0,00	-0,24	-0,24	-0,24
	2.2	0,00	0,00	0,00	0,00
	3.1	0,71	0,71	0,71	0,47
	3.2	-1,41	-1,65	-0,71	-0,71

Tabela A1 (cont.). Erros individuais tipo 1

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
J. Távora	1	-0,78	-0,78	-1	0,00
	2.1	-0,78	-0,78	-0,78	0,00
	2.2	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
	3.1	-3,11	-3,11	-3,11	-3,11
	3.2	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
Juca	1	-1,50	-1,50	-1,37	-1,50
	2.1	-1,64	-1,50	-1,37	-1,64
	2.2	-1,37	-1,50	-1,37	-1,50
	3.1	0,41	0,14	0,27	0,14
	3.2	-0,27	-0,27	0,00	-0,14
M. Tabosa	1	0,12	0,08	0,04	0,08
	2.1	0,00	0,04	0,00	0,04
	2.2	0,12	0,08	0,04	0,08
	3.1	0,08	0,08	0,08	0,08
	3.2	-0,41	-0,21	-0,17	-0,12
Muquem	1	-0,55	-0,73	-0,55	-0,73
	2.1	-1,47	-1,28	-1,28	-1,28
	2.2	-0,55	-0,55	-1,10	-0,92
	3.1	0,55	0,18	0,37	0,18
	3.2	-1,83	-1,28	-0,73	-0,37
Nobre	1	0,00	3,65	0,00	0,00
	2.1	0,00	3,65	0,00	0,00
	2.2	0,00	3,65	0,00	0,00
	3.1	0,00	3,65	0,00	0,00
	3.2	0,00	3,65	0,00	0,00
Orós	1	1,03	0,99	1,75	2,00
	2.1	0,54	0,25	1,50	0,99
	2.2	1,19	0,99	2,00	2,12
	3.1	3,43	4,00	4,51	4,99
	3.2	3,43	4,00	4,51	-4,00

Tabela A1 (cont.). Erros individuais tipo 1

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Patú	1	0,49	1,22	1,00	0,73
	2.1	0,24	0,73	0,12	0,61
	2.2	0,49	1,22	0,61	0,73
	3.1	0,86	1,59	0,98	1,10
	3.2	-3,67	-2,81	-2,93	-3,05
P. Brancas	1	5,22	4,77	4,00	3,94
	2.1	6,42	5,53	5,34	4,45
	2.2	5,41	5,09	4,96	4,20
	3.1	2,04	1,84	1,84	1,40
	3.2	-0,45	-0,06	0,00	0,45
P. de Barro	1	-2,39	-2,05	-2,05	-1,70
	2.1	-2,39	-2,05	-2,39	-2,39
	2.2	-2,05	-1,70	-2,05	-1,70
	3.1	2,39	2,05	2,05	2,39
	3.2	1,02	0,68	0,34	1,02
Pombas	1	0,00	0,00	0,99	0,99
	2.1	0,00	0,00	0,99	0,99
	2.2	0,00	0,00	0,99	0,99
	3.1	0,00	0,00	0,00	0,99
	3.2	-0,99	-0,99	0,00	0,00
Prazeres	1	0,00	1,59	1,59	3,17
	2.1	0,00	1,59	1,59	3,17
	2.2	0,00	1,59	1,59	3,17
	3.1	0,00	3,17	4,76	6,35
	3.2	-3,17	0,00	3,17	1,59
Puiu	1	-0,80	-0,53	-1,34	-1,34
	2.1	-1,60	-1,34	-2,14	-1,60
	2.2	-0,53	-0,53	-1,34	-1,34
	3.1	0,80	0,80	0,80	0,80
	3.2	-0,27	-0,53	-0,53	0,00

Tabela A1 (cont.). Erros individuais tipo 1

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Quixeramobim	1	-0,30	-0,30	-0,30	-0,15
	2.1	-0,22	-0,22	-0,22	-0,15
	2.2	-0,30	-0,30	-0,30	-0,15
	3.1	0,30	0,37	0,37	0,15
	3.2	-0,75	-0,60	-0,67	-0,22

Tabela A2. Erros tipo 2 (em porcentagem)

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80	90	95	98
Banabuiú	1	-0,52	-1,30	-0,38	0,49
	2.1	-1,47	-1,42	-1,04	0,17
	2.2	-0,84	-1,16	-0,20	1,13
	3.1	2,05	1,99	3,52	4,56
	3.2	-3,15	-0,61	0,26	1,18
B. Viagem	1	0,70	0,00	-0,35	0,00
	2.1	1,40	0,70	0,00	0,00
	2.2	0,70	0,00	-0,35	0,00
	3.1	-0,70	-1,40	-1,40	-1,05
	3.2	1,75	1,05	-0,35	-0,35
Cachoeira	1	-4,89	-4,89	-5,00	-4,89
	2.1	-4,89	-4,89	-1,63	-4,89
	2.2	-4,89	-4,89	-4,89	-4,89
	3.1	3,26	4,89	4,89	8,16
	3.2	1,63	1,63	3,26	6,53
Canoas	1	6,20	6,20	7,75	4,65
	2.1	4,13	4,65	6,20	3,10
	2.2	6,72	6,20	7,24	4,65
	3.1	2,07	2,07	2,58	1,55
	3.2	-2,07	-0,52	0,52	-1,55

Tabela A2 (cont). Erros tipo 2 (em porcentagem)

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Cedro	1	-5,45	-6,23	-6,23	-5,45
	2.1	-5,45	-6,62	-6,23	-5,45
	2.2	-5,45	-6,23	-6,23	-5,45
	3.1	-1,17	1,56	5,45	4,67
	3.2	-4,29	-1,17	3,90	3,90
Cipoada	1	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	2.1	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	2.2	0,00	-0,31	-0,31	0,00
	3.1	-0,94	-0,94	-0,94	-0,94
	3.2	0,94	0,00	-0,31	0,00
F. Brito	1	0,47	0,24	0,24	0,00
	2.1	0,00	-0,24	-0,24	-0,24
	2.2	0,00	0,00	0,00	0,00
	3.1	0,71	0,71	0,71	0,47
	3.2	-1,41	-1,65	-0,71	-0,71
J. Távora	1	-0,78	-0,78	-1,00	0,00
	2.1	-0,78	-0,78	-0,78	0,00
	2.2	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
	3.1	-3,11	-3,11	-3,11	-3,11
	3.2	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
Juca	1	-1,50	-1,50	-1,37	-1,50
	2.1	-1,64	-1,50	-1,37	-1,64
	2.2	-1,37	-1,50	-1,37	-1,50
	3.1	0,41	0,14	0,27	0,14
	3.2	-0,27	-0,27	0,00	-0,14
M. Tabosa	1	0,12	0,08	0,04	0,08
	2.1	0,00	0,04	0,00	0,04
	2.2	0,12	0,08	0,04	0,08
	3.1	0,08	0,08	0,08	0,08
	3.2	-0,41	-0,21	-0,17	-0,12

Tabela A2 (cont). Erros tipo 2 (em porcentagem)

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Muquem	1	-0,55	-0,73	-0,55	-0,73
	2.1	-1,47	-1,28	-1,28	-1,28
	2.2	-0,55	-0,55	-1,10	-0,92
	3.1	0,55	0,18	0,37	0,18
	3.2	-1,83	-1,28	-0,73	-0,37
Nobre	1	0,00	3,65	0,00	0,00
	2.1	0,00	3,65	0,00	0,00
	2.2	0,00	3,65	0,00	0,00
	3.1	0,00	3,65	0,00	0,00
	3.2	0,00	3,65	0,00	0,00
Orós	1	1,03	0,99	1,75	2,00
	2.1	0,54	0,25	1,50	0,99
	2.2	1,19	0,99	2,00	2,12
	3.1	3,43	4,00	4,51	4,99
	3.2	3,43	4,00	4,51	-4,00
Patú	1	0,49	1,22	1,00	0,73
	2.1	0,24	0,73	0,12	0,61
	2.2	0,49	1,22	0,61	0,73
	3.1	0,86	1,59	0,98	1,10
	3.2	-3,67	-2,81	-2,93	-3,05
P. Brancas	1	5,22	4,77	4,00	3,94
	2.1	6,42	5,53	5,34	4,45
	2.2	5,41	5,09	4,96	4,20
	3.1	2,04	1,84	1,84	1,40
	3.2	-0,45	-0,06	0,00	0,45
P. de Barro	1	-2,39	-2,05	-2,05	-1,70
	2.1	-2,39	-2,05	-2,39	-2,39
	2.2	-2,05	-1,70	-2,05	-1,70
	3.1	2,39	2,05	2,05	2,39
	3.2	1,02	0,68	0,34	1,02

Tabela A2 (cont.). Erros tipo 2 (em porcentagem)

Açude	Equação	Nível de Garantia			
		80%	90%	95%	98%
Pombas	1	0,00	0,00	0,99	0,99
	2.1	0,00	0,00	0,99	0,99
	2.2	0,00	0,00	0,99	0,99
	3.1	0,00	0,00	0,00	0,99
	3.2	-0,99	-0,99	0,00	0,00
Prazeres	1	0,00	1,59	1,59	3,17
	2.1	0,00	1,59	1,59	3,17
	2.2	0,00	1,59	1,59	3,17
	3.1	0,00	3,17	4,76	6,35
	3.2	-3,17	0,00	3,17	1,59
Puiu	1	-0,80	-0,53	-1,34	-1,34
	2.1	-1,60	-1,34	-2,14	-1,60
	2.2	-0,53	-0,53	-1,34	-1,34
	3.1	0,80	0,80	0,80	0,80
	3.2	-0,27	-0,53	-0,53	0,00
Quixeramobim	1	-0,30	-0,30	-0,30	-0,15
	2.1	-0,22	-0,22	-0,22	-0,15
	2.2	-0,30	-0,30	-0,30	-0,15
	3.1	0,30	0,37	0,37	0,15
	3.2	-0,75	-0,60	-0,67	-0,22