



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A REPRESENTAÇÃO DE CURVAS
COTA-VOLUME DE PEQUENOS AÇUDES**

THIAGO CLAUDINO PINHEIRO HONORATO

Orientador: Tarciso Cabral da Silva

JOÃO PESSOA - PB

2023

THIAGO CLAUDINO PINHEIRO HONORATO

Investigação sobre a representação de curvas cota-volume de pequenos açudes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Civil e Ambien-
tal referente ao curso de Engenharia Civil
do Centro de Tecnologia da Universidade Fe-
deral da Paraíba como requisito necessário
para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Tarciso Cabral da Silva

JOÃO PESSOA - PB
2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

H774i Honorato, Thiago Claudino Pinheiro.

Investigação sobre a representação de curvas
cota-volume de pequenos açudes / Thiago Claudino
Pinheiro Honorato. - João Pessoa, 2023.
104 f. : il.

Orientação: Tarciso Cabral da Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. método derivativo do fator forma. 2. método de
polinomial. 3. método geométrico. I. Silva, Tarciso
Cabral da. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

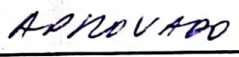
THIAGO CLAUDINO PINHEIRO HONORATO

INVESTIGAÇÃO SOBRE A REPRESENTAÇÃO DE CURVAS COTA-VOLUME DE PEQUENOS AÇUDES

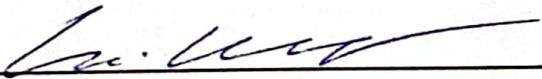
Trabalho de Conclusão de Curso em 15/06/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:



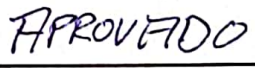
Tarciso Cabral da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



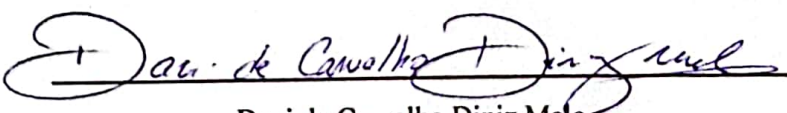
APROVADO



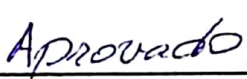
Gerald Norbert Souza da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



APROVADO



Davi de Carvalho Diniz Melo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



APROVADO

Pablo Brilhante de Souza
Matrícula Siape: 1483214
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Resumo

Esse trabalho visa mostrar a investigação feita sobre os métodos utilizados para a obtenção de relações das curvas cota-volume (CV) de pequenos açudes. Foram utilizados quatro métodos de cálculo i) Habili, baseado no fator de forma, ii) método da SUDENE, baseado nos parâmetros geométricos K e α , iii) os polinomiais de segundo grau iv) e os polinomiais de terceiro grau. Foram feitas aplicações dos métodos em 10 açudes localizadas no estado da Paraíba. Foram realizadas comparações entre os desempenhos dos métodos através dos erros produzidos em cada. De uma maneira geral o método que produziu resultados mais adequados foi o polinomial de terceiro grau. No entanto, os métodos da SUDENE e o de Habili demonstraram possuir características vantajosas.

Palavras-chave: método derivativo do fator forma, método de polinomial, método geométrico

Abstract

The objective of this work is to show the investigation carried out on the methods used to obtain relations of the dimension-volume curves (CV) of small dams. Four calculation methods were used i) Habili, based on the form factor, ii) SUDENE method, based on the geometric parameters K and α , iii) the second degree polynomials iv) and the third degree polynomials. Applications of the methods were made in 10 dams located in the state of Paraíba. Comparisons were made between the performance of the methods through the errors produced in each. In general, the method that produced the most adequate results was the third-degree polynomial. However, SUDENE's and Habili's methods demonstrated advantageous characteristics.

Keywords: form factor derivative method, polynomial method, geometric method

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapa de domínio de corpos hídricos na Paraíba	31
--	----

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Arara	34
Gráfico 2 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Arara	35
Gráfico 3 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Arara . .	36
Gráfico 4 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Arara	37
Gráfico 5 – Curva volume-volume pelo método do Açude Arara	38
Gráfico 6 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Brejinho	40
Gráfico 7 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Brejinho	41
Gráfico 8 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Brejinho .	42
Gráfico 9 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Brejinho . . .	43
Gráfico 10 – Curva volume-volume do Açude Brejinho	44
Gráfico 11 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Chã dos Pereiras	46
Gráfico 12 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Chã dos Pereiras	47
Gráfico 13 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Chã dos Pereiras	48
Gráfico 14 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Chã dos Pereiras	49
Gráfico 15 – Curva volume-volume do Açude Chã dos Pereiras	50
Gráfico 16 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude de Livramento	52
Gráfico 17 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude de Livramento	53
Gráfico 18 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude de Livramento	54
Gráfico 19 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude de Livramento	55
Gráfico 20 – Curva volume-volume do Açude de Livramento	56
Gráfico 21 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Gado Bravo	58
Gráfico 22 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Gado Bravo	59
Gráfico 23 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Gado Bravo	60
Gráfico 24 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Gado Bravo .	61
Gráfico 25 – Curva volume-volume do Açude Gado Bravo	62

Gráfico 26 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Gavião	64
Gráfico 27 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Gavião	65
Gráfico 28 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Gavião	66
Gráfico 29 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Gavião	67
Gráfico 30 – Curva volume-volume do Açude Gavião	68
Gráfico 31 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Lagoa do Matias	70
Gráfico 32 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Lagoa do Matias	71
Gráfico 33 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Lagoa do Matias	72
Gráfico 34 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Lagoa do Matias	73
Gráfico 35 – Curva volume-volume do Açude Lagoa do Matias	74
Gráfico 36 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Olho d'Água	76
Gráfico 37 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Olho d'Água	77
Gráfico 38 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Olho d'Água	78
Gráfico 39 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Olho d'Água	79
Gráfico 40 – Curva volume-volume do Açude Olho d'Água	80
Gráfico 41 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude São Braz	82
Gráfico 42 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude São Braz	83
Gráfico 43 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude São Braz	84
Gráfico 44 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude São Braz	85
Gráfico 45 – Curva volume-volume do Açude São Braz	86
Gráfico 46 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude São Pedro	88
Gráfico 47 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude São Pedro	89
Gráfico 48 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude São Pedro	90
Gráfico 49 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude São Pedro	91
Gráfico 50 – Curva volume-volume do Açude São Pedro	92
Gráfico 51 – Erros médios baseados na profundidade máxima	96
Gráfico 52 – Erros médios baseados no índice de abertura K	98
Gráfico 53 – Erros médios baseados no índice de forma α	99

Gráfico 54 – Erros médios baseados no fator de forma M 100

Lista de diagramas

Diagrama 1 – Fluxograma do trabalho	23
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1 – Cálculo de curva cota-volume	20
Tabela 2 – Classificação de Barragens conforme os coeficientes K e α	27
Tabela 3 – Classificação do Reservatório com base no fator M	29
Tabela 4 – Dados dos reservatórios investigados	31
Tabela 5 – Classificação do Açude Arara com base nos parâmetros K e α	36
Tabela 6 – Classificação do Açude Arara com base no fator M	37
Tabela 7 – Erros quadrado do Açude Arara	38
Tabela 8 – Classificação do Açude Brejinho com base nos parâmetros K e α	42
Tabela 9 – Classificação do Açude Brejinho com base no fator M	43
Tabela 10 – Erros quadrado do Açude Brejinho	44
Tabela 11 – Classificação do Açude Chã dos Pereiras com base nos parâmetros K e α	48
Tabela 12 – Classificação do Açude Chã dos Pereiras com base no fator M	49
Tabela 13 – Erros quadrado do Açude Chã dos Pereiras	51
Tabela 14 – Classificação do Açude de Livramento com base nos parâmetros K e α	54
Tabela 15 – Classificação do Açude de Livramento com base no fator M	55
Tabela 16 – Erros quadrado do Açude de Livramento	57
Tabela 17 – Classificação do Açude Gado Bravo com base nos parâmetros K e α	60
Tabela 18 – Classificação do Açude Gado Bravo com base no fator M	61
Tabela 19 – Erros quadrado do Açude Gado Bravo	63
Tabela 20 – Classificação do Açude Gavião com base nos parâmetros K e α	66
Tabela 21 – Classificação do Açude Gavião com base no fator M	67
Tabela 22 – Erros quadrado do Açude Gavião	68
Tabela 23 – Classificação do Açude de Livramento com base nos parâmetros K e α	72
Tabela 24 – Classificação do Açude Lagoa do Matias com base no fator M	73
Tabela 25 – Erros quadrado do Açude Lagoa do Matias	74
Tabela 26 – Classificação do Açude Olho d'Água com base nos parâmetros K e α	78
Tabela 27 – Classificação do Açude Olho d'Água com base no fator M	79
Tabela 28 – Erros quadrado do Açude Olho d'Água	80
Tabela 29 – Classificação do Açude São Braz com base nos parâmetros K e α	84
Tabela 30 – Classificação do Açude São Braz com base no fator M	85
Tabela 31 – Erros quadrado do Açude São Braz	87
Tabela 32 – Classificação do Açude São Braz com base nos parâmetros K e α	90
Tabela 33 – Classificação do Açude São Pedro com base no fator M	91
Tabela 34 – Erros quadrado do Açude São Pedro	93
Tabela 35 – Erros médios de cada método	93
Tabela 36 – Erros médios baseados na profundidade máxima	95
Tabela 37 – Erros médios baseados no índice de abertura K	97

Tabela 38 – Erros médios baseados no índice de forma α	98
Tabela 39 – Erros médios baseados no fator de forma M	100

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DPA	Dano Potencial Associado
ISE	Inspeção de Segurança Especial
ISR	Inspeção de Segurança Regular
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUPLAN	Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado
Sinima	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiental

Sumário

1	Introdução	16
1.1	Objetivos da Pesquisa	17
1.2	Estrutura da Tese	17
2	Referência Bibliográfica	18
2.1	Barragens no Brasil	18
2.2	Curva cota-volume	19
3	Metodologia	22
3.1	Métodos de cálculo	23
3.1.1	Mínimos quadrados aplicados a polinômios da segunda ordem	23
3.1.2	Mínimos quadrados aplicados a polinômios da terceira ordem	25
3.1.3	Método da SUDENE para a relação cota-volume acumulado	26
3.1.4	Método do Habili	29
3.1.5	Cálculo das Incertezas	29
3.2	Reservatórios Analisados	30
4	Resultados	34
4.1	Açude Arara	34
4.2	Açude Brejinho	39
4.3	Açude Chã dos Pereiras	45
4.4	Açude de Livramento	51
4.5	Açude Gado Bravo	57
4.6	Açude Gavião	63
4.7	Açude Lagoa do Matias	69
4.8	Açude Olho d'Água	75
4.9	Açude São Braz	81
4.10	Açude São Pedro	87
4.11	Panorama dos resultados	93
5	Conclusão	102
	Referências	103
	APÊNDICES	105
	Apêndice A	106

Apêndice B	110
Apêndice C	114
Apêndice D	117
Apêndice E	120
Apêndice F	123
Apêndice G	127
Apêndice H	130
Apêndice I	133
Apêndice J	136

1 Introdução

As barragens são estruturas construídas em curso permanente ou temporário de água para fins de retenção/acumulação de líquidos e/ou de misturas de líquidos e sólidos, de maneira segura e controlada. Uma barragem de acumulação de água é classificada como pequena quando apresenta um reservatório com volume inferior a 5 hm³ (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022).

Segundo a (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022), na elaboração do Relatório de Segurança de 2021, o Brasil tem cadastrado no Sistema Nacional de Informação de Segurança de Barragens (SNISB) 22.654 barragens. Delas tem-se que 87% possuem volume cadastrado, tendo então 70% dessas com capacidades inferiores a 5hm³, podendo então ser classificadas como pequenas barragens.

A análise das relações em curvas cota-volume para pequenas barragens é um tema que aborda o estudo das variações na capacidade de armazenamento de água em relação ao nível da água, ou cota, em barragens de menor porte. Essa análise é essencial para o dimensionamento adequado dessas estruturas. Essas curvas são construídas por estudos hidrológicos e levantamentos topográficos da área em que a barragem está localizada. Ademais, essa análise é importante para diversas finalidades. Primeiramente, ela auxilia no planejamento do uso da água armazenada, permitindo estimar a quantidade de água disponível em diferentes momentos. Com a curva determinada é possível ter um controle perante a capacidade de abastecimento para diferentes usos, como irrigação, abastecimento público, geração de energia hidrelétrica, entre outros.

Além disso, de acordo com (PISANIELLO, 2009) pequenas barragens falham com mais frequência do que as maiores, responsáveis pela maior parte do custo anual de rompimentos de barragens; ademais, a falha de pequenas barragens em cascata durante um evento de inundação pode gerar a falha de barragens maiores e mais perigosas a jusante. O autor também discorre sobre um planejamento ideal para reduzir esses riscos. Um dos pontos principais desse planejamento foi o de registro adequado das barragens, que necessita da curva cota-volume mais precisa.

Ademais de acordo com (SWAN; GRIFFIN, 2020), dados precisos das características de pequenas barragens e seus reservatórios são importantes para fins de conservação de espécies e ecossistemas, gestão de emergências e planejamento de recursos hídricos na bacia hidrográfica, como avaliação correta do volume de armazenamento disponível por cota, estimar perdas por evapotranspiração ou atender as necessidades para irrigação.

De acordo com (RODRIGUES; ALTHOFF, 2021) a utilização de pequenas barragens nas sub-bacias pode aumentar a disponibilidade hídrica em 500%.

Logo, tem-se que essas relações também são cruciais para a segurança da barragem. Ao analisar as variações cota-volume, é possível identificar os pontos críticos em que a estrutura da barragem pode estar sujeita a problemas. Dessa forma, é possível estabelecer

os limites de operação segura da barragem e adotar medidas de mitigação de riscos.

Diante de tal importância esse trabalho vem investigar qual o melhor método para a realização dessas curvas; utilizando de quatro maneiras de se calcular, a polinomial do segundo grau, a do terceiro grau, o método utilizado pela SUDENE e o método que chamaram de cálculo derivativo do índice de forma, que denominaremos de Habili. Com esses quatro métodos serão elaboradas as curvas CV para 10 pequenos açudes presentes na Paraíba, podendo então discutir quais maneira apresentaram o menor erro e quais foi mais simples de serem realizadas.

1.1 Objetivos da Pesquisa

O objetivo desse trabalho é estudar e comparar diferentes formas de criar curvas de cota-volume. E a partir desse contexto poder analisar criticamente qual dos métodos é o preferido.

Os objetivos específicos do trabalho são os seguintes:

- Apresentar as curvas de cota-volume por diferentes métodos;
- Investigar qual dos métodos de cálculo geram uma curva mais precisa;
- Avaliar qual é maneira mais vantajosa entre os quatro cálculos;

1.2 Estrutura da Tese

Para uma maior compreensão dos assuntos abordados, estruturou-se o presente trabalho em cinco capítulos, a saber:

- Capítulo 1: Introduz a temática abordada, falando sobre as motivações, objetivos e estrutura do trabalho.
- Capítulo 2: É feito uma revisão dos temas e conceitos que permitiram a realização da investigação;
- Capítulo 3: Mostram-se as áreas que vão ser estudadas, além de falar sobre os métodos de cálculo utilizados;
- Capítulo 4: São apresentados os resultados do trabalho, assim como a análise crítica em cima dele;
- Capítulo 5: As conclusões do trabalho são mostradas, assim como são feitas sugestões para pesquisas futuras.

2 Referência Bibliográfica

2.1 Barragens no Brasil

Os barramentos de cursos d'água construídos pelo homem foram desde cedo utilizados para a adaptação da civilização ao ambiente natural e à melhoria da qualidade de vida das populações. As barragens têm servido, desde há 5000 anos, para acumulação de água em tempo de disponibilidade, fornecendo-a quando é escassa nos cursos de água, e contribuindo ainda para atenuar efeitos inconvenientes de secas e cheias. (ANA, 2014)

Com base nisso as barragens são postas em cursos d'água interagindo diretamente com os aspectos relacionados à gestão dos recursos hídricos e ao meio ambiente. Devido a essa interação, elas devem estar conforme as políticas nacionais, como a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Conforme o artigo 1º do PNRH(BRASIL, 1997):

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Por consequência tem-se que as barragens interagem com um bem de domínio público e dotado de valor econômico, sendo sua gestão correta uma obrigação. Para assegurar o uso correto desse bem a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) foram criados pela Lei Federal n.º 12.334/2010, considerada o marco regulatório sobre o tema no Brasil. O objeto de aplicação da lei são barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos da mineração e acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características (BRASIL, 2010):

- I – altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;
- II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;
- V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei .(BRASIL, 2010)

Para assegurar o PNSB é realizado o Relatório de Segurança de Barragens (RSB) que realizado anualmente pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com base em informações enviadas pelas 33 entidades nacionais fiscalizadoras de segurança de barragens (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022).

Atualmente no SNISB, 12.167 barragens (ou 54%) possuem informação de altura, 19.744 (ou 87%) informação de volume e 11.488 (ou 51%), algum tipo de ato de autorização (outorga, concessão, autorização, licença, entre outros), estando, portanto, regularizadas.(AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022)

Em relação ao volume, 62% das barragens submetidas à PNSB possuem capacidade inferior a 3 hm³ (hectômetros cúbicos), sendo que as com volume inferior a 1 hm³ representam quase a metade do total (48%). Somente 3% das barragens submetidas à PNSB não possuem informação de volume (em 2020 eram 4%) .(AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022)

Sobre o volume também, a ANA reconhece barragens abaixo de 5 hm³ são classificadas como barragens pequenas.

Diante desse cenário, identifica-se um perfil das barragens submetidas à PNSB: são barragens pequenas, com volume inferior a 3 hm³, de terra, com finalidade para irrigação e com altura inferior a quinze metros.

2.2 Curva cota-volume

De acordo com (PEDROSA; SOUZA; NAZARÉ, 2009) o procedimental de cálculo para curva cota-volume é feito a partir do volume definido entre o plano da cota da água e a superfície do fundo da lagoa. Esse processo é repetido para cada cota, formando a curva cota-volume.

Já segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), se faz necessário a estimativa do volume máximo que pode ser armazenado por uma barragem antes de sua implantação. Sendo preciso a elaboração dos volumes acumulados em função das respectivas cotas, elaborando assim a curva cota-volume.

De acordo com (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE), 2005) o cálculo de tal curva pode ser feito da seguinte maneira:

Para a estimativa dos volumes parciais do reservatório, calcula-se o valor da área média intermediária entre duas cotas adjacentes. A média desses valores, multiplicada pelo desnível entre as duas cotas, resultaria no volume contido entre essas duas curvas de nível. (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE), 2005)

Com isso, se a seguinte tabela para os cálculos curva cota-volume:

Tabela 1 – Cálculo de curva cota-volume

Cota (m)	Área (m ²)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (m ³)
C ₀	A ₀	V ₀	V ₀
C ₁	A ₁	$V_1 = \frac{A_1 + A_0}{2a} \cdot (C_1 - C_0)$	V ₀ +V ₁
C ₂	A ₂	$V_2 = \frac{A_2 + A_1}{2a} \cdot (C_2 - C_1)$	V ₀ +V ₁ +V ₂
⋮	⋮	⋮	⋮

Cota (m)	Área (m ²)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (m ³)
----------	------------------------	----------------------------------	------------------------------------

C_n	A_n	$V_n = \frac{A_n + A_{n-1}}{2a} \cdot (C_n - C_{n-1})$	$\sum_i^n V_i$
-------	-------	--	----------------

3 Metodologia

Os dados utilizados para a realização da investigação foram retirados do Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PDRH - BR) realizado no ano de 1997. Dele foram escolhidos 8 açudes pertencentes a bacia da Paraíba para se fazer a comparação entre os diferentes métodos de cálculo.

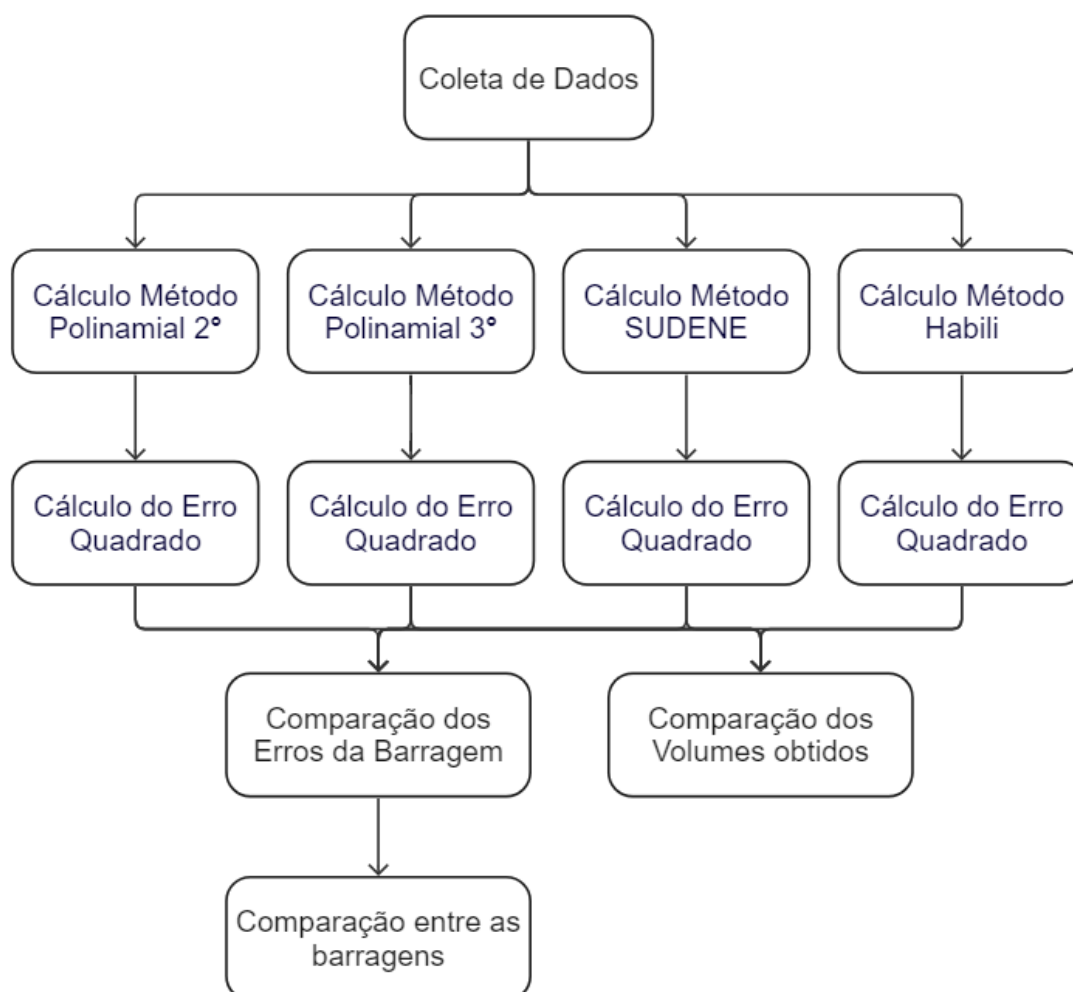
Na procura dessas barragens foram usados como critérios de seleção a posse de pelo menos 10 cotas de profundidade e a aproximação de volume ao intervalo de 1000-5000 m³. Ambas as regras foram propostas com dois objetivos, o de só utilizar pequenas barragens e o de terem dados suficientes para formar uma curva significativa.

Já para a seleção de métodos de cálculo, foram selecionados 4 diferentes meios. O primeiro deles sendo o da SUDENE, selecionado por ser o usado atualmente. Outro desses meios é o baseado no fator forma, que também será referido como método HABILI, selecionado por ser um que não existam estudos sobre na região em questão. Os outros dois formatos de cálculo escolhidos foram os polinomiais de segunda e terceira ordem, pois são os mais simples de se calcular e comumente conhecidos.

Para cada barragem foram aplicados os 4 métodos, fazendo uma curva cota-volume para cada um deles, e em seguida calculado as incertezas das curvas. Os erros então foram colocados em uma planilha com o de todas as barragens, sendo avaliado a média aritmética, a frequência dos menores erros e os erros mais distintos. Em seguida foi feita uma análise dos resultados e teorizado qual é o melhor método para se fazer este tipo de curva.

O procedimento do trabalho foi então feito a partir do seguinte esquema:

Diagrama 1 – Fluxograma do trabalho



Acervo Pessoal

3.1 Métodos de cálculo

3.1.1 Mínimos quadrados aplicados a polinômios da segunda ordem

Esse método é amplamente utilizado por programas tais como o Excel, para a geração de uma curva através de pontos entregues. Ele foi criado para resolver qualquer tipo de polinômio, sendo nesse capítulo apresentado o seu cálculo desdobrado para o polinômio do segundo grau.

De acordo com (ROONEY, 2012), os matemáticos considerados como pais do Método dos Mínimos Quadrados foram Adrien Marie Legendre (1752-1833) e Carl Friedrich Gauss (1777-1855).

Nesse método será feita uma regressão da segunda ordem, para isso os pontos

observados irão se aproximar de uma curva de função aproximada a seguir, esta curva representará a curva cota-volume, sendo a variável independente a profundidade, sendo ela a diferença entre a menor cota do reservatório com a desejada, e o resultado o volume acumulado naquela profundidade:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + e \quad (3.1)$$

Nesse tipo de função (3.1), a soma quadrada dos resíduos é a seguinte:

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2)^2 \quad (3.2)$$

Derivando a função 3.2 para cada grau de polinômio desejado, se obtém:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= -2 \sum x_i \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_2} &= -2 \sum x_i^2 \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Como o valor desejado é uma função com maior aproximação possível aos pontos, serão minimizados os resíduos. Logo equiparamos as equações 3.3 a zero e obtemos o seguinte conjunto de cálculos:

$$\begin{aligned} (n) \cdot a_0 + (\sum x_i) \cdot a_1 + (\sum x_i^2) \cdot a_2 &= \sum y_i \\ (\sum x_i) \cdot a_0 + (\sum x_i^2) \cdot a_1 + (\sum x_i^3) \cdot a_2 &= \sum x_i \cdot y_i \\ (\sum x_i^2) \cdot a_0 + (\sum x_i^3) \cdot a_1 + (\sum x_i^4) \cdot a_2 &= \sum x_i^2 \cdot y_i \end{aligned} \quad (3.4)$$

Expressando o mesmo resultado em uma maneira matricial tem-se o seguinte cálculo:

$$X^T \cdot X \cdot a = X^T \cdot Y \quad (3.5)$$

Sendo o-da função 3.5 uma matriz de Vandermonde de grau 2 com n linhas e 3 colunas:

$$\begin{bmatrix} 1 & x & x^2 \\ 1 & x & x^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x & x^2 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Expandindo também os termos de 3.5, obtenhe-se:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x & \sum x^2 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x \cdot y \\ \sum x^2 \cdot y \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Nesse caso ao aplicar a regra de Cramer, se consegue obter os determinantes Δ , Δ_0 , Δ_1 e Δ_2 , e consequentemente obter os valores de a_0 , a_1 e a_2 , como mostrado a seguir:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\Delta_0}{\Delta} \\ a_1 &= \frac{\Delta_1}{\Delta} \\ a_2 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} \end{aligned} \quad (3.8)$$

3.1.2 Mínimos quadrados aplicados a polinômios da terceira ordem

Semelhante ao método apresentado no capítulo 3.1.1, tem-se como objetivo o cálculo obter a seguinte função:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + e \quad (3.9)$$

Do mesmo modo, a soma quadrada dos resíduos de 3.9 é a seguinte:

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2 - a_3 \cdot x_i^3)^2 \quad (3.10)$$

E derivando a função 3.10 para cada grau de polinômio desejado se obtém:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2 - a_3 \cdot x_i^3)^2 \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= -2 \sum x_i \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2 - a_3 \cdot x_i^3)^2 \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_2} &= -2 \sum x_i^2 \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2 - a_3 \cdot x_i^3)^2 \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_3} &= -2 \sum x_i^3 \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2 - a_3 \cdot x_i^3)^2 \end{aligned} \quad (3.11)$$

Equiparando as equações 3.11a zero, tem-se:

$$\begin{aligned} (n) \cdot a_0 + (\sum x_i) \cdot a_1 + (\sum x_i^2) \cdot a_2 + (\sum x_i^3) \cdot a_3 &= \sum y_i \\ (\sum x_i) \cdot a_0 + (\sum x_i^2) \cdot a_1 + (\sum x_i^3) \cdot a_2 + (\sum x_i^4) \cdot a_3 &= \sum x_i \cdot y_i \\ (\sum x_i^2) \cdot a_0 + (\sum x_i^3) \cdot a_1 + (\sum x_i^4) \cdot a_2 + (\sum x_i^5) \cdot a_3 &= \sum x_i^2 \cdot y_i \\ (\sum x_i^3) \cdot a_0 + (\sum x_i^4) \cdot a_1 + (\sum x_i^5) \cdot a_2 + (\sum x_i^6) \cdot a_3 &= \sum x_i^3 \cdot y_i \end{aligned} \quad (3.12)$$

Expressando a equação 3.12 em forma matricial, obtém-se:

$$X^T \cdot X \cdot a = X^T \cdot Y \quad (3.13)$$

Dessa vez, a matriz X é uma matriz de Vandermonde de grau 3 com n linhas e 4 colunas:

$$\begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 1 & x & x^2 & x^3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x & x^2 & x^3 \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Podemos expressar também esse resultado como:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 \\ \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 & \sum x^6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x \cdot y \\ \sum x^2 \cdot y \\ \sum x^3 \cdot y \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Resolvendo as determinantes do sistema, obtém-se os coeficientes da curva através dos seguintes cálculos:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\Delta_0}{\Delta} \\ a_1 &= \frac{\Delta_1}{\Delta} \\ a_2 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} \\ a_3 &= \frac{\Delta_3}{\Delta} \end{aligned} \quad (3.16)$$

3.1.3 Método da SUDENE para a relação cota-volume acumulado

Esse método, mostrado por (SUDENE; ERIC CADIER; FRANCOIS MOLLE, 1992) no Manual do Pequeno Açude, utiliza da seguinte fórmula para o descobrimento do volume do reservatório:

$$V = K \cdot H^\alpha \quad (3.17)$$

Sendo V o volume da barragem, H a profundidade, medida pela diferença da menor cota pela atual do açude, K o coeficiente de abertura e α o coeficiente de forma do açude. De acordo com esses termos os reservatórios podem ser classificadas como mostradas na tabela abaixo:

Tabela 2 – Classificação de Barragens conforme os coeficientes K e α

(K) COEFICIENTE DE ABERTURA



CARACTERIZAÇÃO	VALES ENCAIXADOS RELEVO MUITO ACIDENTADO	VALES REGULARES RELEVO ONDULADO MÉDIO	VALES ABERTOS E PLANOS. RELEVO POUCO MARCADO. (GRANDES AÇUDES)
VALOR DE (K)	200 - 1.000	800 - 3.000	2.000 - 10.000

(α) COEFICIENTE DE FORMA

CARACTERIZAÇÃO (PERFÍL DO VALE)	 ENCOSTAS CÔNCAVAS	 VALE EM V	 ENCOSTAS CONVEXAS
VALOR DE (α)	2.20 - 2.80	2.70 - 3.20	3.00 - 3.40

SUDENE

Para descobrir esses coeficientes foi utilizado do seguinte esquema.

Para iniciar a fórmula 3.17 foi transformada em logaritmo natural, obtendo:

$$\ln V = \ln(K \cdot H^\alpha)$$

$$\ln V = \ln K + \alpha \cdot \ln H \quad (3.18)$$

Em seguida, foi feita a substituição de $\ln K$ por b e alfa pôr a e $\ln H$ encontrando a seguinte equação:

$$y = b + a \cdot x \quad (3.19)$$

Com isso, obteve-se uma reta encontrada pelos mínimos quadrados ordinários, onde os coeficientes de inclinação e o termo independente resultantes serão, respectivamente, os valores de alfa e do $\ln K$.

Assim como os métodos polinomiais de segundo e terceiro grau, será necessário calcular os erros quadrados. Nisso se obtém a seguinte equação:

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i)^2 \quad (3.20)$$

Derivando a função 3.2 para cada grau de polinômio desejado, se obtém:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2)^2 \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= -2 \sum x_i \cdot (y_i - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2)^2 \end{aligned} \quad (3.21)$$

Como o valor desejado é uma função com maior aproximação possível aos pontos, serão minimizados os resíduos. Logo equiparamos as equações 3.21 a zero e obtemos o seguinte conjunto de cálculos:

$$\begin{aligned} (n) \cdot a_0 + (\sum x_i) \cdot a_1 &= \sum y_i \\ (\sum x_i) \cdot a_0 + (\sum x_i^2) \cdot a_1 &= \sum x_i \cdot y_i \end{aligned} \quad (3.22)$$

Expressando o mesmo resultado em uma maneira matricial tem-se o seguinte cálculo:

$$X^T \cdot X \cdot a = X^T \cdot Y \quad (3.23)$$

Sendo o-da função 3.23 uma matriz de Vandermonde de grau 2 com n linhas e 2 colunas:

$$\begin{bmatrix} 1 & x \\ 1 & x \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

Expandindo também os termos de 3.23 , obtenhe-se:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x \cdot y \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

Nesse caso ao aplicar a regra de Cramer, se consegue obter os determinantes Δ , Δ_0 e Δ_1 , e consequentemente obter os valores de a_0 , a_1 e a_2 , como mostrado a seguir:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\Delta_0}{\Delta} \\ a_1 &= \frac{\Delta_1}{\Delta} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Vale salientar que na utilização desse método é solicitado que se desconsidere os 3 primeiros pares de dados de cota-volume, sendo assim, visando uma padronização dos

dados utilizados, foram retirados para todos os métodos calculados nesse trabalho foram retirados os 3 primeiros valores.

3.1.4 Método do Habili

Esse método foi criado por (HAGHIABI *et al.*, 2013), no artigo ele denominou o método como cálculo baseado no fator forma, entretanto como o da SUDENE também se baseado em um coeficiente de forma, no presente trabalho ele será denominado de Habili.

Sendo entre os 4 métodos o mais simples de ser realizado, só precisando dos maiores valores de profundidade, volume acumulado e área superficial para sua solução, chamados de Y_m , V_m e A_m , respectivamente. Coletado tais dados se utiliza da seguinte equação para obtenção do fator forma M :

$$M = Y_m \cdot \frac{A_m}{V_m} \quad (3.27)$$

Obtido o fator forma, o reservatório poderá ser classificado a partir da seguinte tabela apresentada no trabalho de (MOHAMMADZADEH-HABILI *et al.*, 2009):

Tabela 3 – Classificação do Reservatório com base no fator M

M	Tipo do Reservatório	Nível da Classificação
3.5-4.5	Desfiladeiro	I
2.5-3.5	Colina	II
1.5-2.5	Colina de planície de inundação	III
1.0-1.5	Lago	IV

Para calcular o volume baseado na profundidade, será utilizado a seguinte formula:

$$V_y = V_m \cdot \left(\frac{y}{Y_m}\right)^M \quad (3.28)$$

Onde y é o valor da profundidade da qual se deseja calcular.

3.1.5 Cálculo das Incertezas

Para o cálculo das incertezas, foi escolhido o da média dos erros em módulo, obtido pela seguinte formula:

$$E = \frac{\sum(|V_{obs} - V_{est}|)}{V_{obs}} \quad (3.29)$$

Onde E é o erro, V_{obs} o valor observado nos dados coletados e V_{est} o valor estimado através dos cálculos feitos pelos 4 métodos. Vale salientar que os 3 primeiros pares de

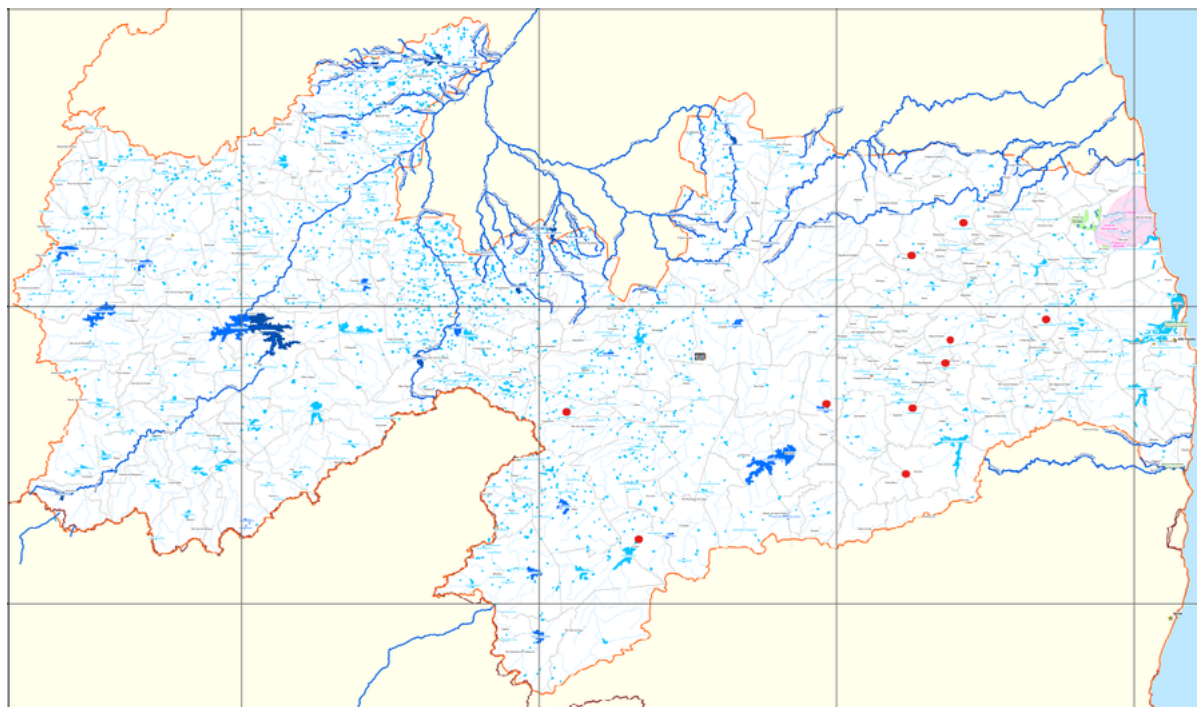
valores de cada método foram ignorados, logo eles também não entraram no cálculo dos erros.

3.2 Reservatórios Analisados

Os reservatórios escolhidos para o trabalho foram os seguintes 10:

- Açude Arara: localizado no município de Arara, não apresenta função definida e foi registrado pela SUPLAN;
- Açude Lagoa do Matias: localizado no município de Bananeiras, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA;
- Açude Brejinho: localizado no município de Juarez Távora, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA e pela SUPLAN;
- Açude Chã dos Pereiras: localizado no município de Ínga, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA;
- Açude de Livramento: localizado no município de Livramento, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA e pela SUPLAN;
- Açude Gado Bravo: localizado no município de Aroeiras, tem como funções abastecimento e perenização, e foi registrado pelo DNOCS;
- Açude Gavião: localizado no município de Fagundes, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA e pela SUPLAN;
- Açude Olho d'Água: localizado no município de Camalaú, tem como função abastecimento e foi registrado pela CAGEPA e pela SUPLAN;
- Açude São Braz: localizado no município do Congo, não apresenta função definida e foi registrado pela SUPLAN;
- Açude São Pedro: localizado no município de Campina Grande, tem como função abastecimento e foi registrado pelo DNOCS;

Mapeando a localização de cada uma das pequenas barragens através de pontos vermelhos no mapa coletado de (ANA, 2017), se obteve o seguinte esquema:

Figura 1 – Mapa de domínio de corpos hídricos na Paraíba

Adaptado de ANA, 2017

Para a realização dos cálculos foram necessárias as profundidades de cada reservatório assim como sua maior área superficial e seu volume por cota. A tabela 4 apresenta os maiores valores de profundidade, área superficial e volume acumulado das barragens selecionadas.

Tabela 4 – Dados dos reservatórios investigados

Reservatório	Profundidade Máxima(m)	Área Superficial Máxima (m²)	Volume Acumu- lado Máximo (m³)
AÇUDE ARARA	21.00	481840	4630040
AÇUDE BREJINHO	19.00	117600	1006700
AÇUDE CHÃ DOS PEREIRAS	14.00	285,040	1,766,100
AÇUDE DE LIVRAMENTO	11.00	723,180	2,432,420
AÇUDE GADO BRAVO	15.00	257,400	1,338,960

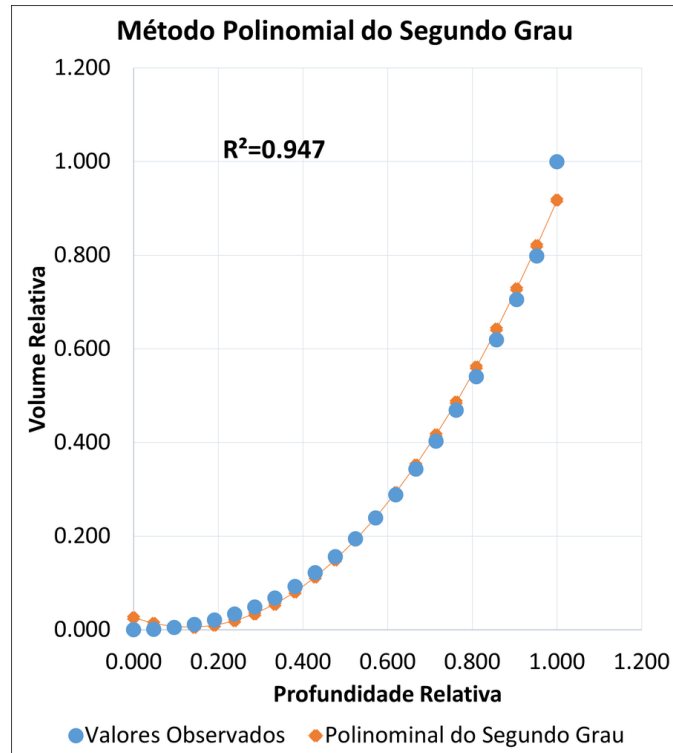
Reservatório	Profundidade Máxima(m)	Área Superficial Máxima (m ²)	Volume Acumu- lado Máximo (m ³)
AÇUDE GAVIÃO	21.00	170,240	1,450,840
AÇUDE LAGOA DO MATIAS	13.00	443600	2665919
AÇUDE OLHO D'ÁGUA	11.00	272,630	994,195
AÇUDE SÃO BRAZ	11.00	312,800	1,280,300
AÇUDE SÃO PEDRO	11.15	1075124.8	3945497

4 Resultados

4.1 Açude Arara

No primeiro dos reservatórios foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundidade-volume, calculada no 5:

Gráfico 1 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Arara

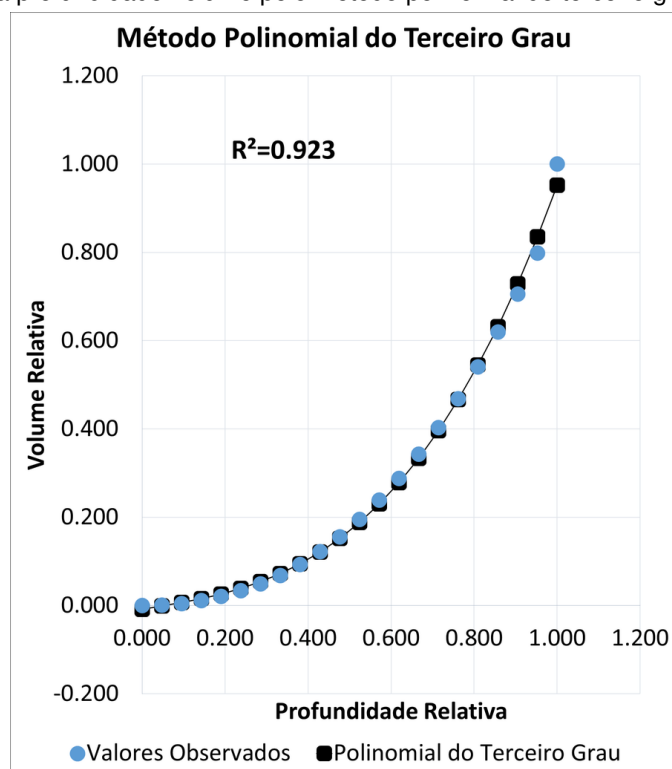


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 12%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 55% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 2 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Arara

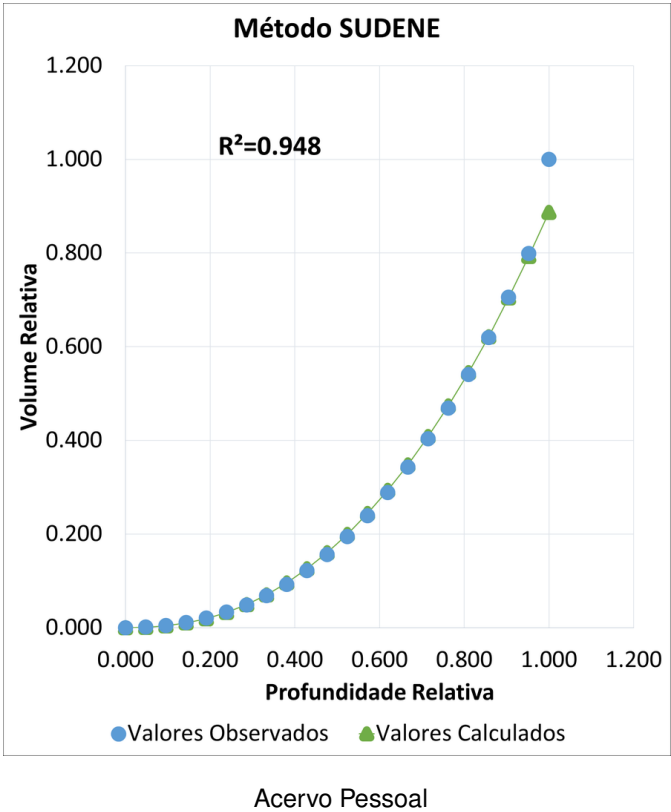


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 5%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 25% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 3 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Arara



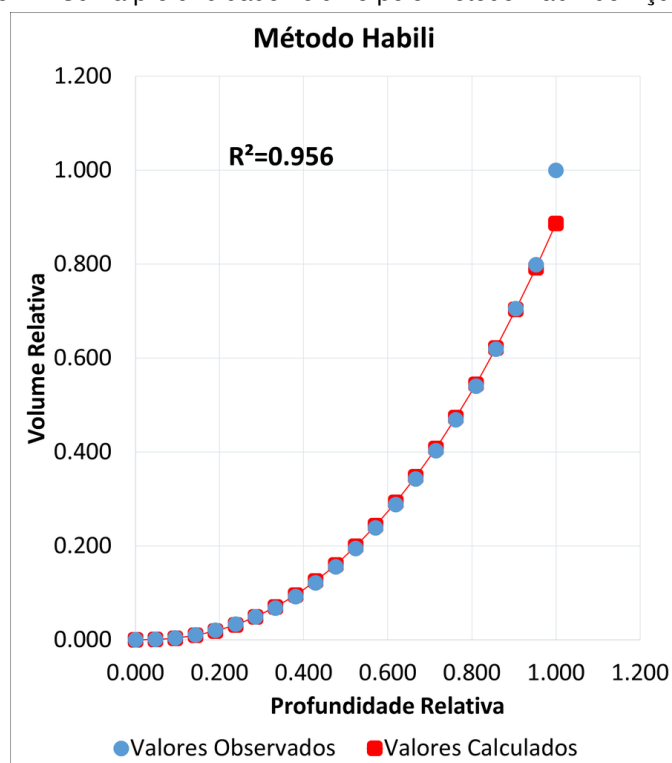
Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 3%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 11% na maior de suas cotas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

Tabela 5 – Classificação do Açude Arara com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.31	Encosta Concava
K	3653	Vale Aberto

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 4 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Arara



Acervo Pessoal

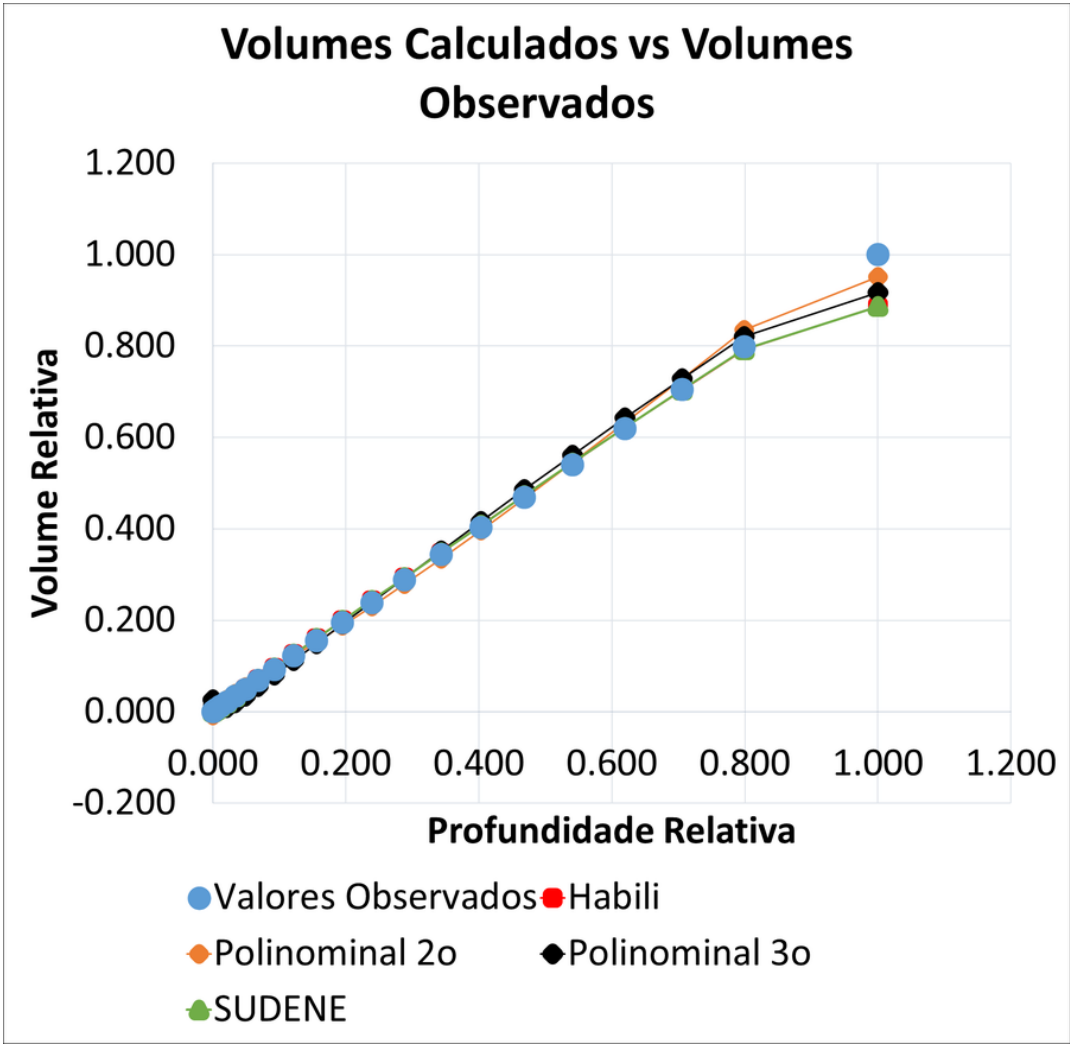
Nesse método foi obtido uma incerteza de 22%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 28% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

Tabela 6 – Classificação do Açude Arara com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.19	Colina de planície de inundação

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 5 – Curva volume-volume pelo método do Açude Arara



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em negrito.

Tabela 7 – Erros quadrado do Açude Arara

Barragem	AÇUDE ARARA

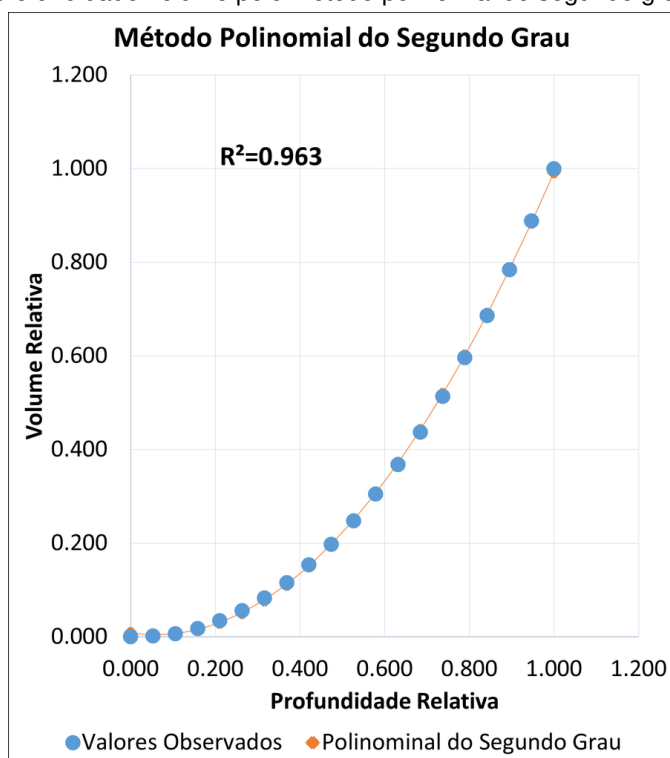
Barragem	AÇUDE ARARA
Polinomial 2º	12%
Polinomial 3º	5%
SUDENE	3%
HABILI	22%

Nesse reservatório foi observado o método SUDENE como o de menor erro, entretanto ele também obteve a maior incerteza na sua profundidade máxima. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.2 Açude Brejinho

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 6 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Brejinho

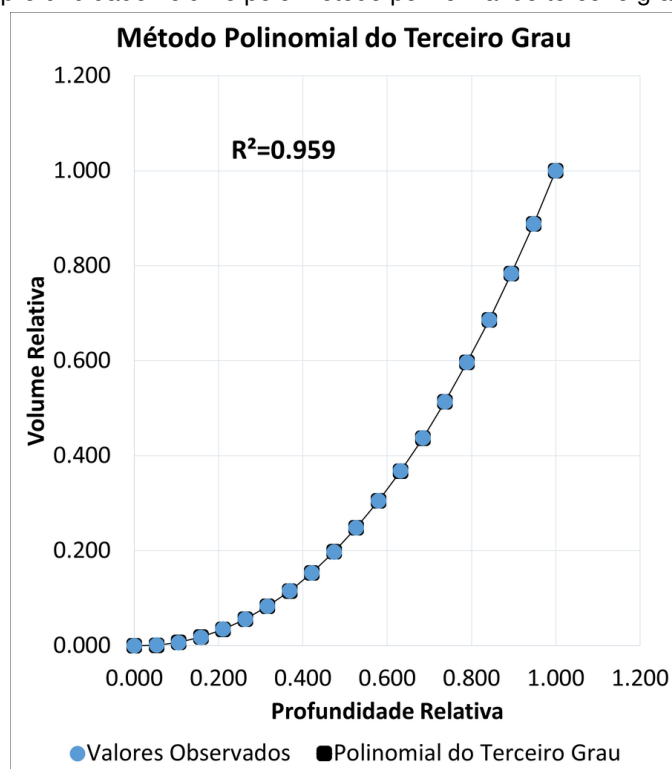


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 2%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 13% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 7 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Brejinho

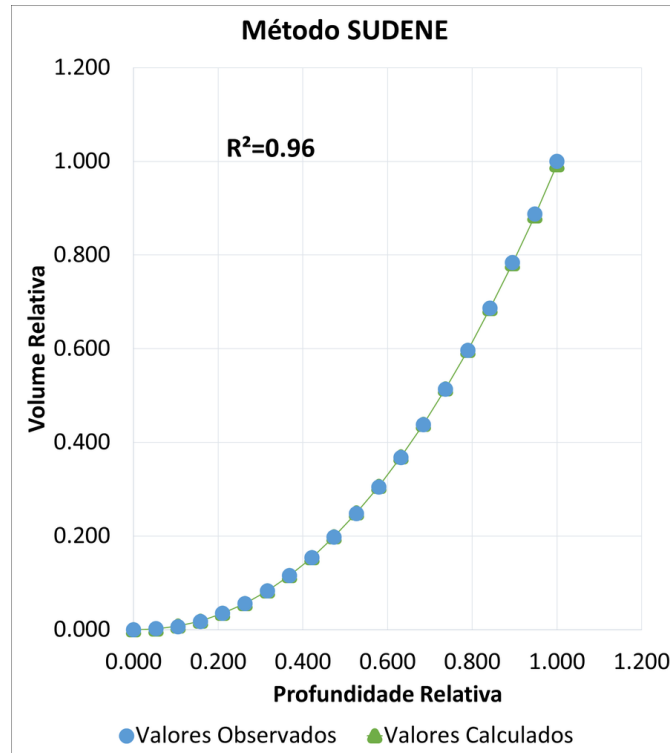


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 0%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 2% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 8 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Brejinho



Acervo Pessoal

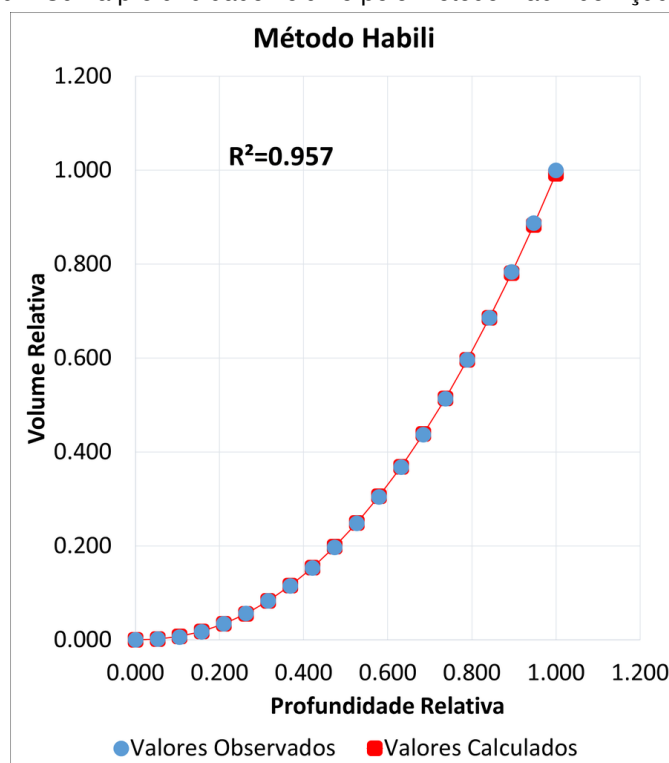
Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 0%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 1% na maior de suas cotas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

Tabela 8 – Classificação do Açude Brejinho com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.15	Encosta Concava
K	1759	Vale Regular

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 9 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Brejinho



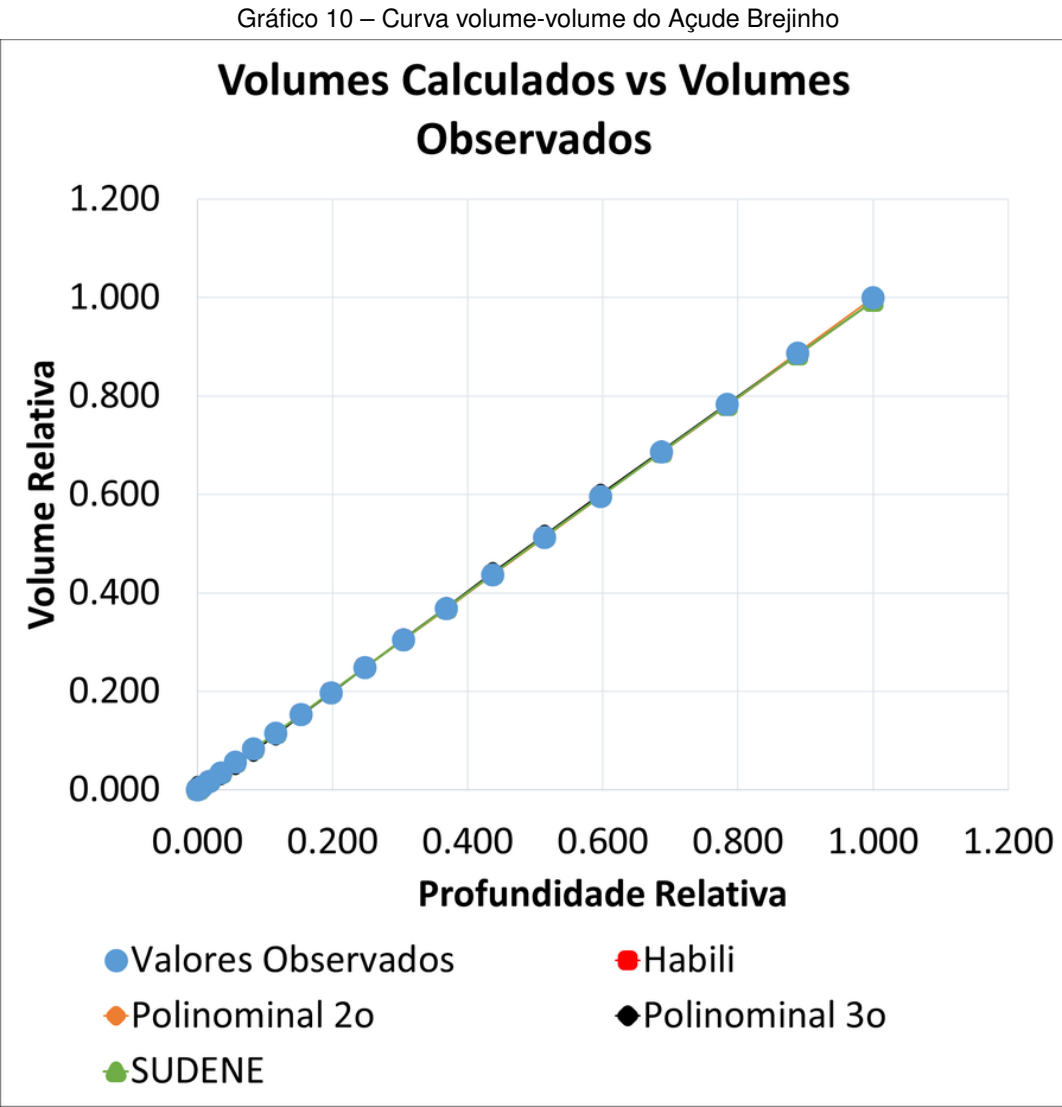
Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 3%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 10% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

Tabela 9 – Classificação do Açude Brejinho com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.22	Colina de planície de inundação

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em **negrito**.

Tabela 10 – Erros quadrado do Açude Brejinho

Barragem	Açude Brejinho

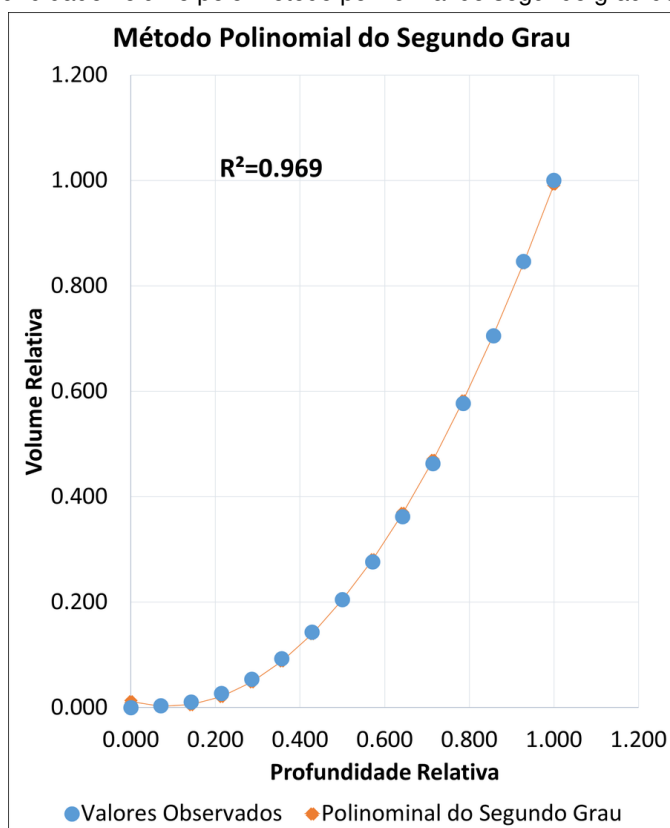
Barragem	Açude Brejinho
Polinomial 2º	2%
Polinomial 3º	0%
SUDENE	0%
HABILI	3%

Nesse reservatório foi observado o método SUDENE como o de menor erro, entretanto ele também obteve a maior incerteza na sua profundidade máxima. Ademais observou-se que os métodos Habili e o polinomial do 3º apresentaram erros proporcionais a sua profundidade.

4.3 Açude Chã dos Pereiras

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 11 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Chã dos Pereiras

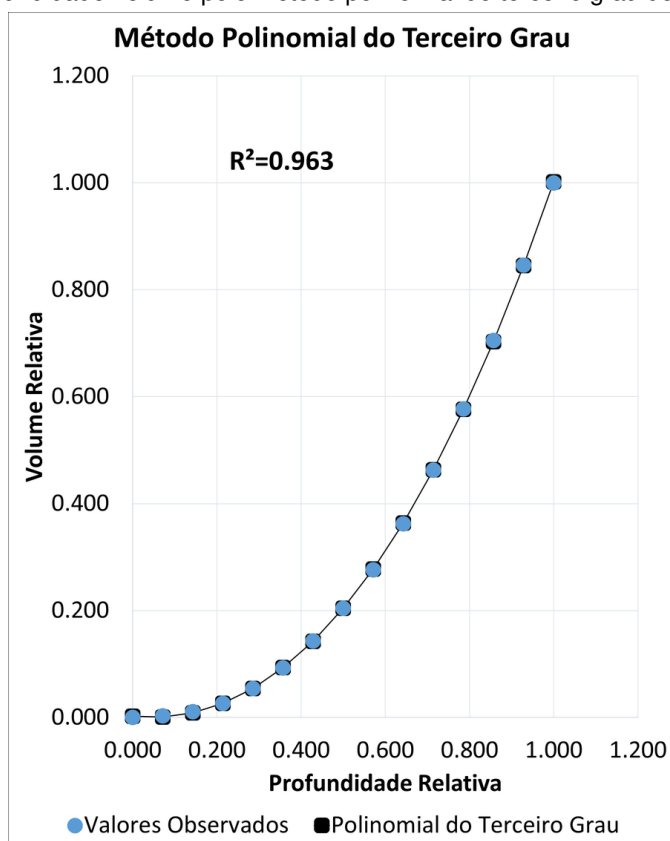


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 2%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 10% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 12 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Chã dos Pereiras

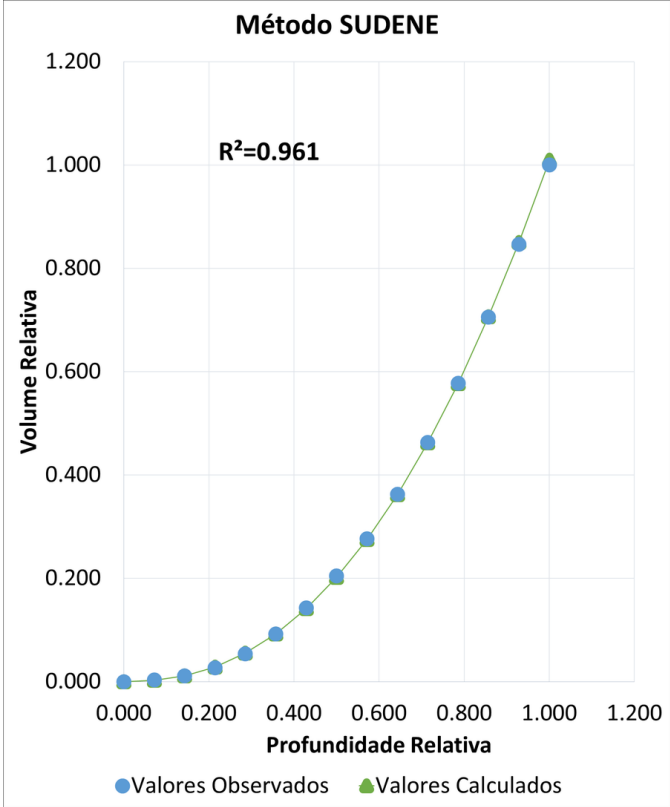


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 0%, apresentando erros regulares e decrescentes, sendo o maior deles de 1% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 13 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Chã dos Pereiras



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 1%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 2% na menor de suas cotas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 5:

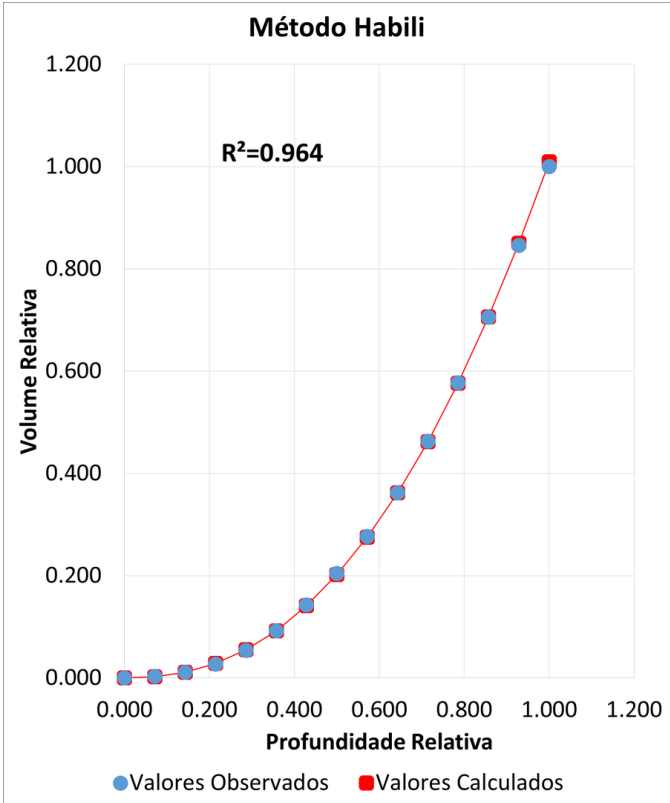
Tabela 11 – Classificação do Açude Chã dos Pereiras com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.32	Encosta Concava

Coeficiente	Valor	Classificação
K	3890	Vale Aberto

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 14 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Chã dos Pereiras



Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 2%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 9% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

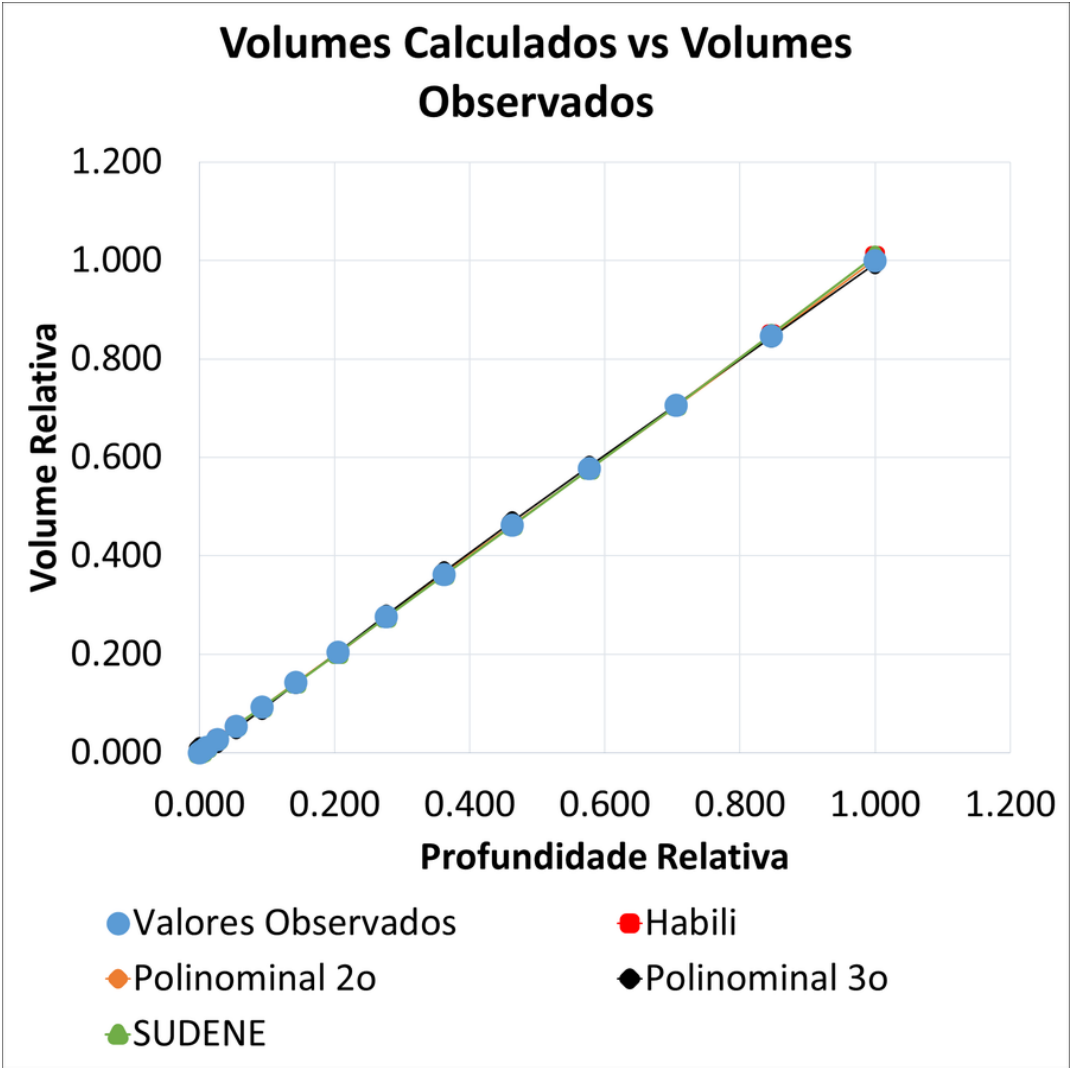
Tabela 12 – Classificação do Açude Chã dos Pereiras com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.26	Colina de planície de inundação

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 15 – Curva volume-volume do Açude Chã dos Pereiras



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em **negrito**.

Tabela 13 – Erros quadrado do Açude Chã dos Pereiras

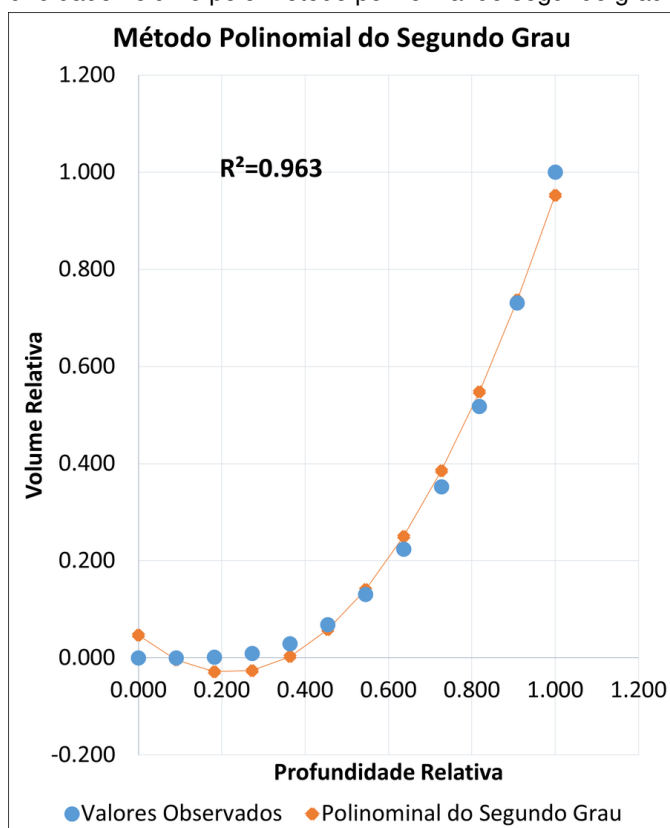
Barragem	Açude Chã dos Pereiras
Polinomial 2°	2%
Polinomial 3°	0%
SUDENE	1%
HABILI	2%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3° como o de menor erro. Ademais observou-se que ambos os métodos Habili e polinomial do 3° apresentaram erros proporcionais a suas profundidades.

4.4 Açude de Livramento

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 16 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude de Livramento

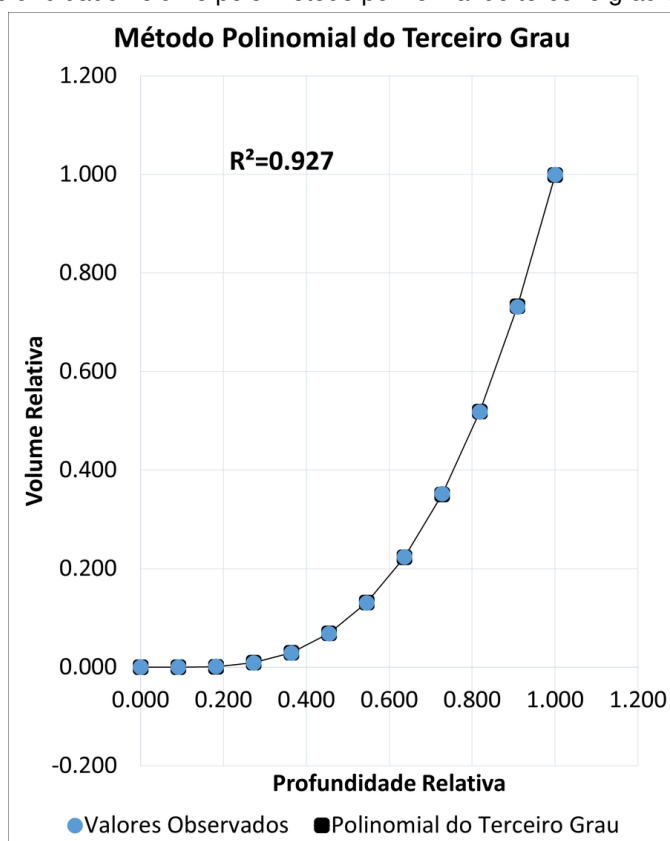


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 18%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 90% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 17 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude de Livramento

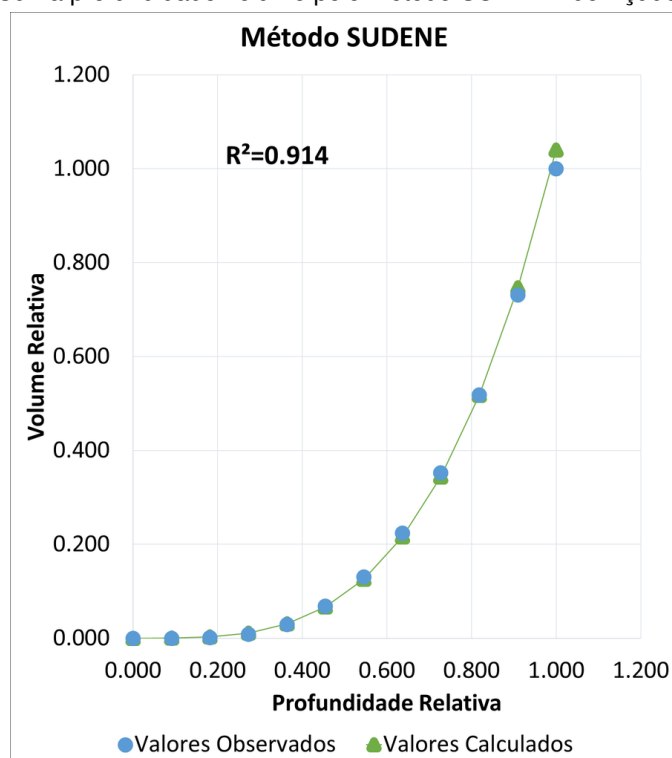


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 1%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 2% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 18 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude de Livramento



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 3%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 6% na menor de suas cotas calculadas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

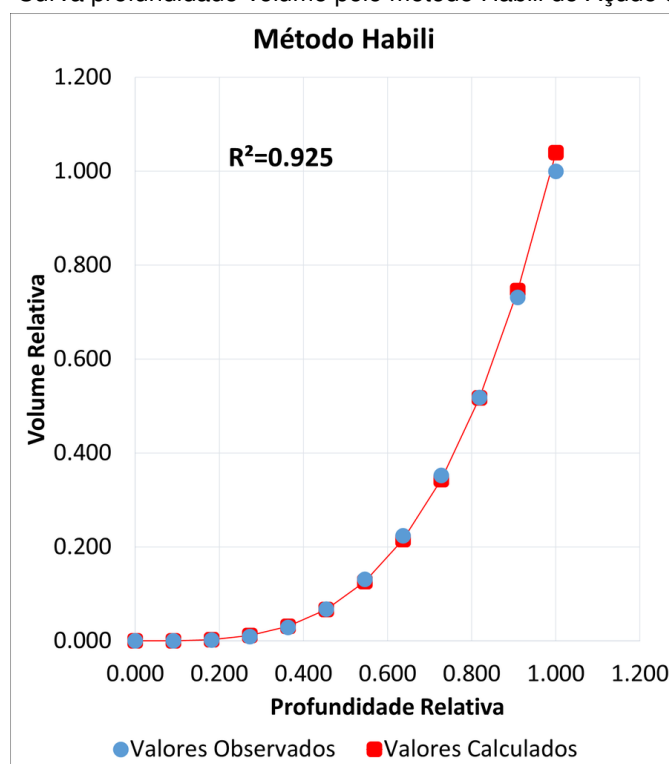
Tabela 14 – Classificação do Açude de Livramento com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	3.47	Encosta Convexa

Coeficiente	Valor	Classificação
K	601	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 19 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude de Livramento



Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 6%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 26% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

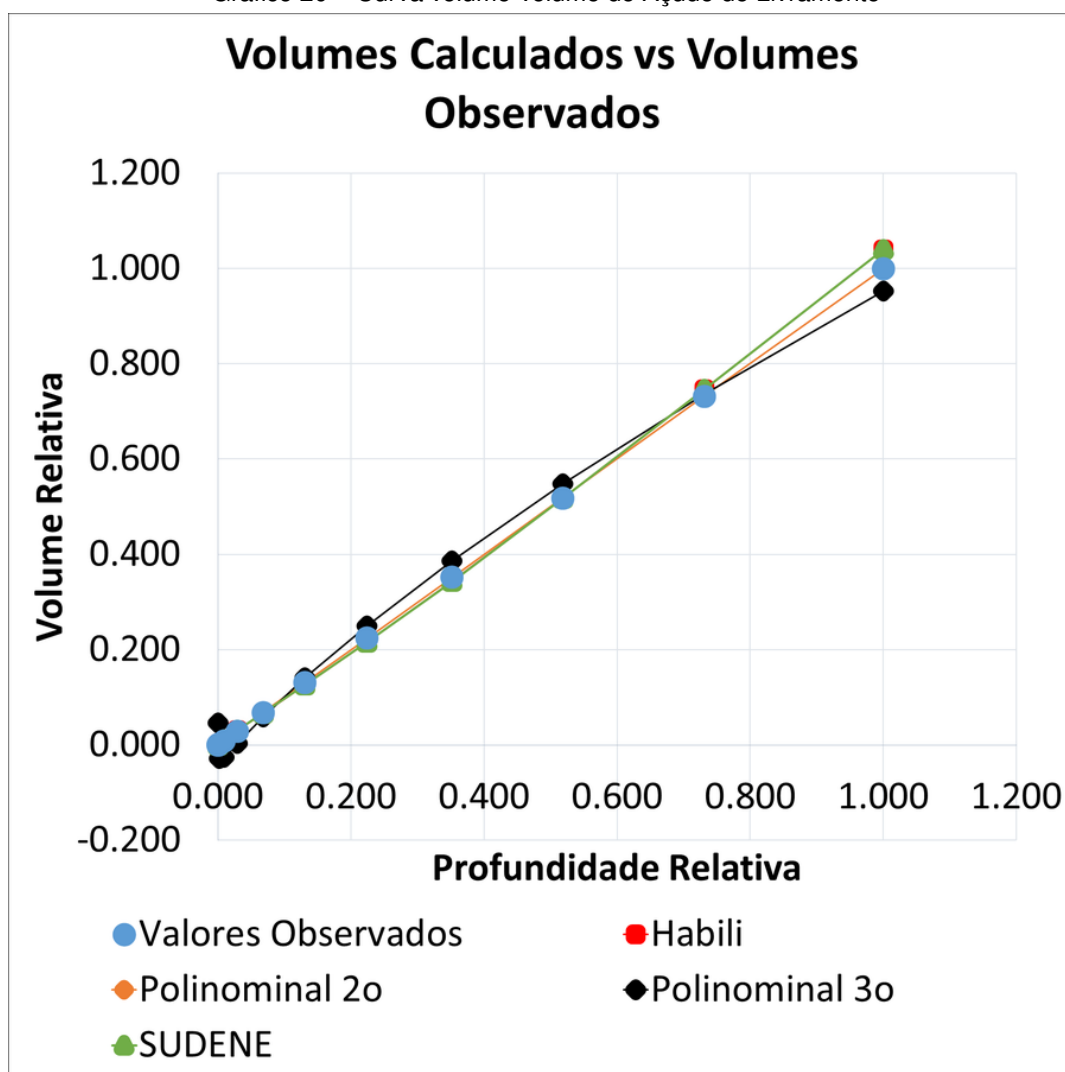
Tabela 15 – Classificação do Açude de Livramento com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	3.27	Colina

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 20 – Curva volume-volume do Açude de Livramento



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em negrito.

Tabela 16 – Erros quadrado do Açude de Livramento

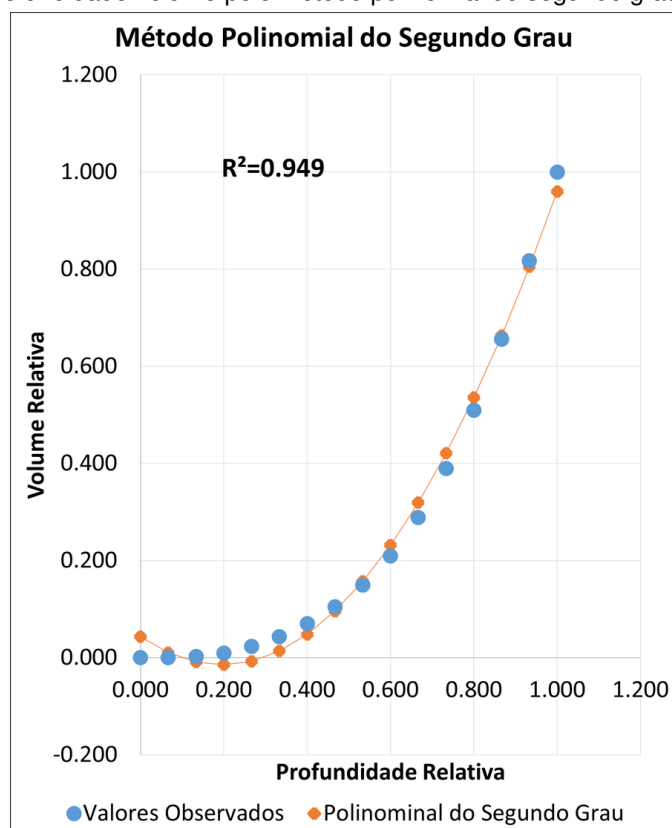
Barragem	Açude de Livramento
Polinomial 2°	18%
Polinomial 3°	1%
SUDENE	3%
HABILI	6%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3° como o de menor erro. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.5 Açude Gado Bravo

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 21 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Gado Bravo

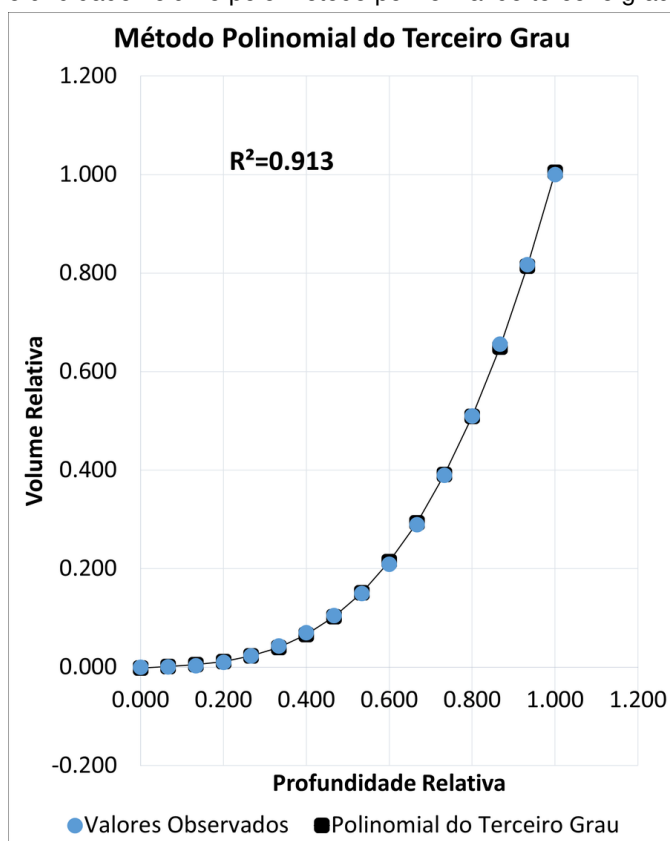


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 24%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 130% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 22 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Gado Bravo

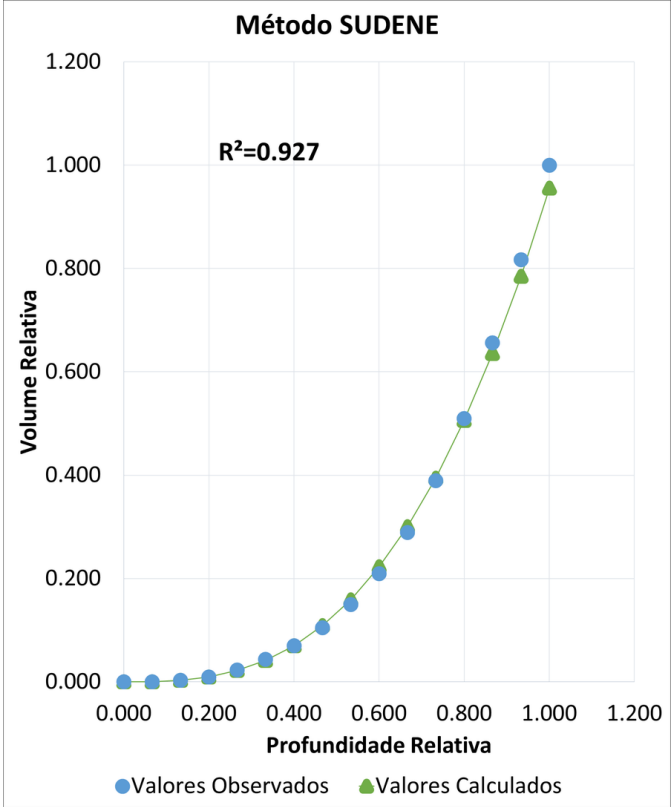


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 2%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 7% na segunda menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 23 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Gado Bravo



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 4%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 7%. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

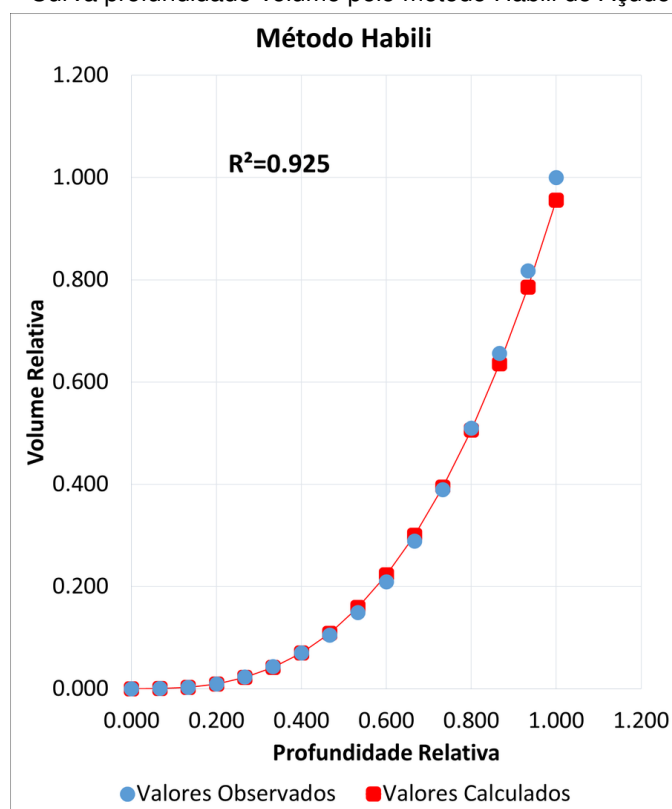
Tabela 17 – Classificação do Açude Gado Bravo com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.85	Vale em V

Coeficiente	Valor	Classificação
K	565	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 24 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Gado Bravo



Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 4%, sendo seus erros irregulares. Nessa curva a maior incerteza foi de 10%. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

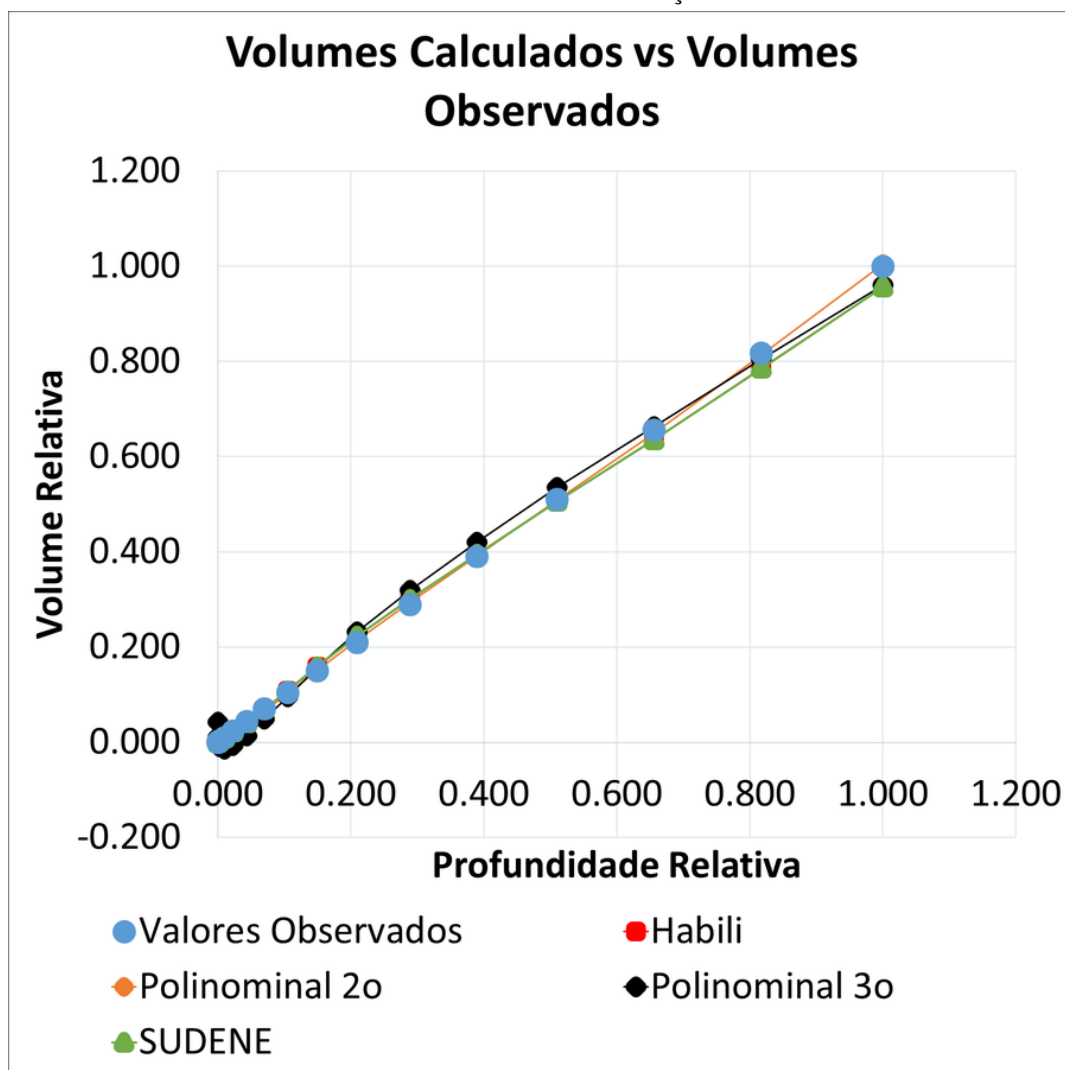
Tabela 18 – Classificação do Açude Gado Bravo com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.88	Colina

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 25 – Curva volume-volume do Açude Gado Bravo



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em **negrito**.

Tabela 19 – Erros quadrado do Açude Gado Bravo

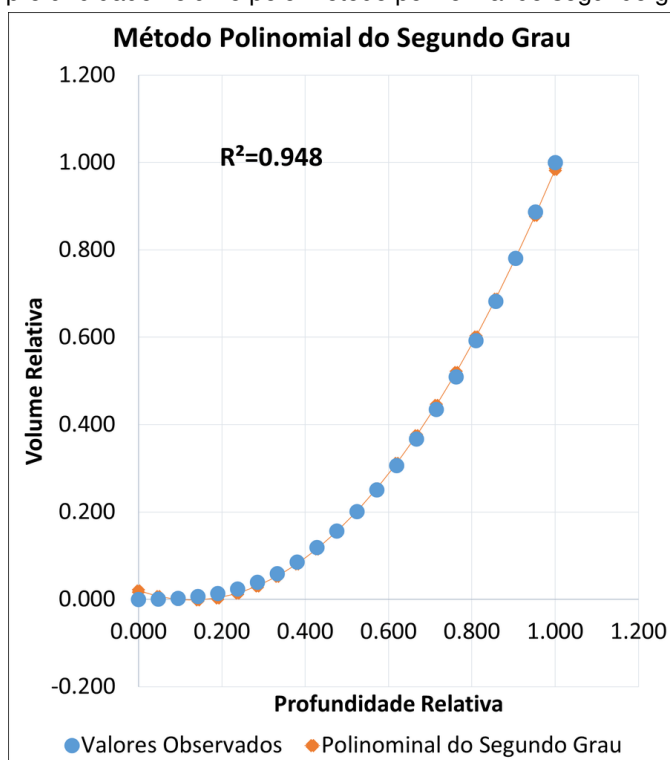
Barragem	Açude Gado Bravo
Polinomial 2º	24%
Polinomial 3º	2%
SUDENE	4%
HABILI	4%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3º como o de menor erro. Ademais observou-se que método teve erros regulares.

4.6 Açude Gavião

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 26 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Gavião

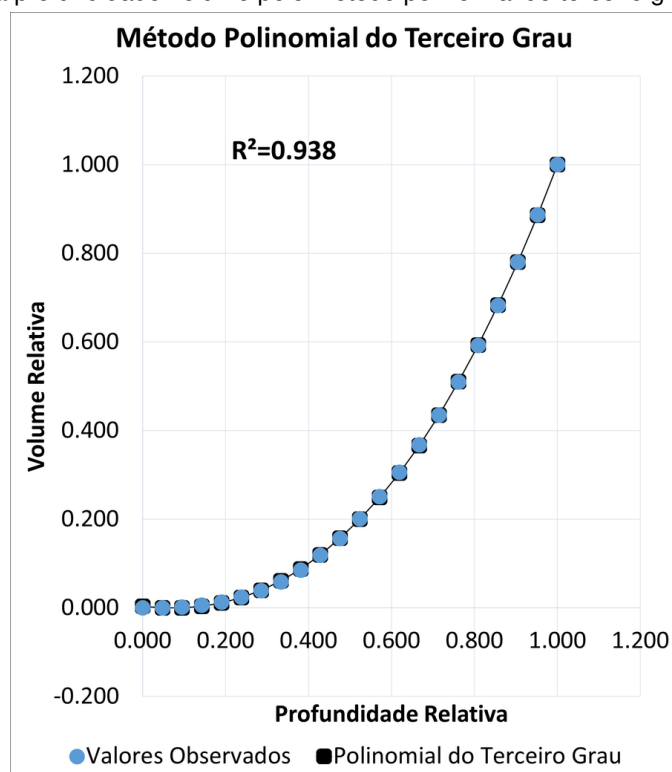


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 9%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 74% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 27 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Gavião

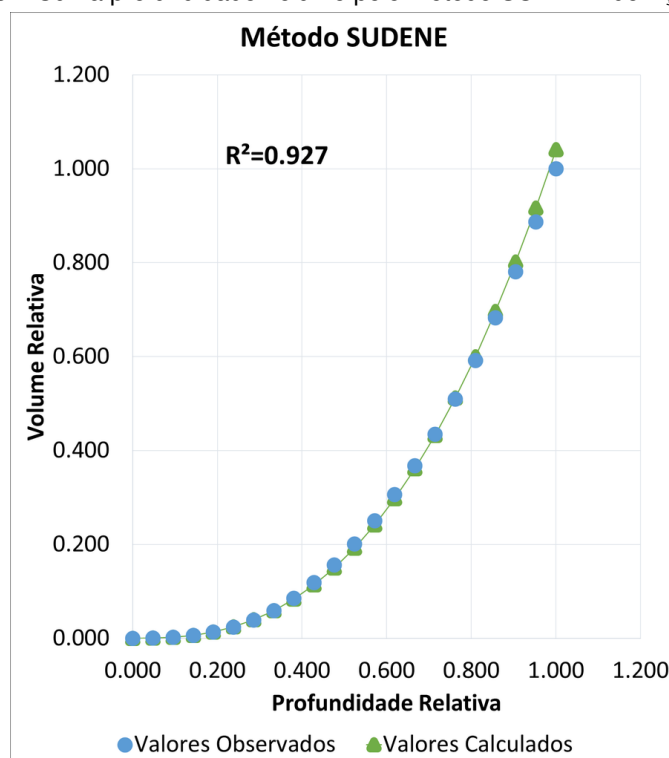


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 2%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 15% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 28 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Gavião



Acervo Pessoal

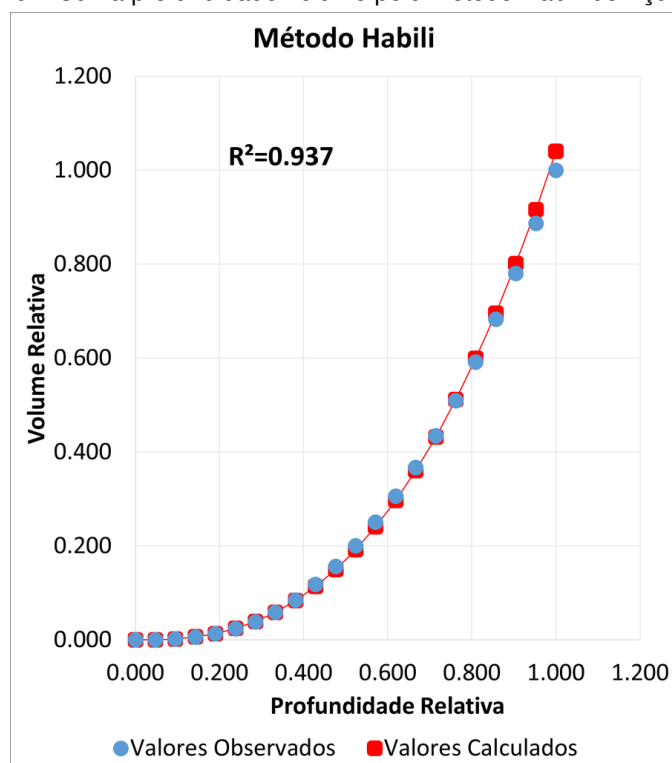
Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 3%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 4% na maior de suas cotas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

Tabela 20 – Classificação do Açude Gavião com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.61	Encosta Concava
K	532	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 29 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Gavião



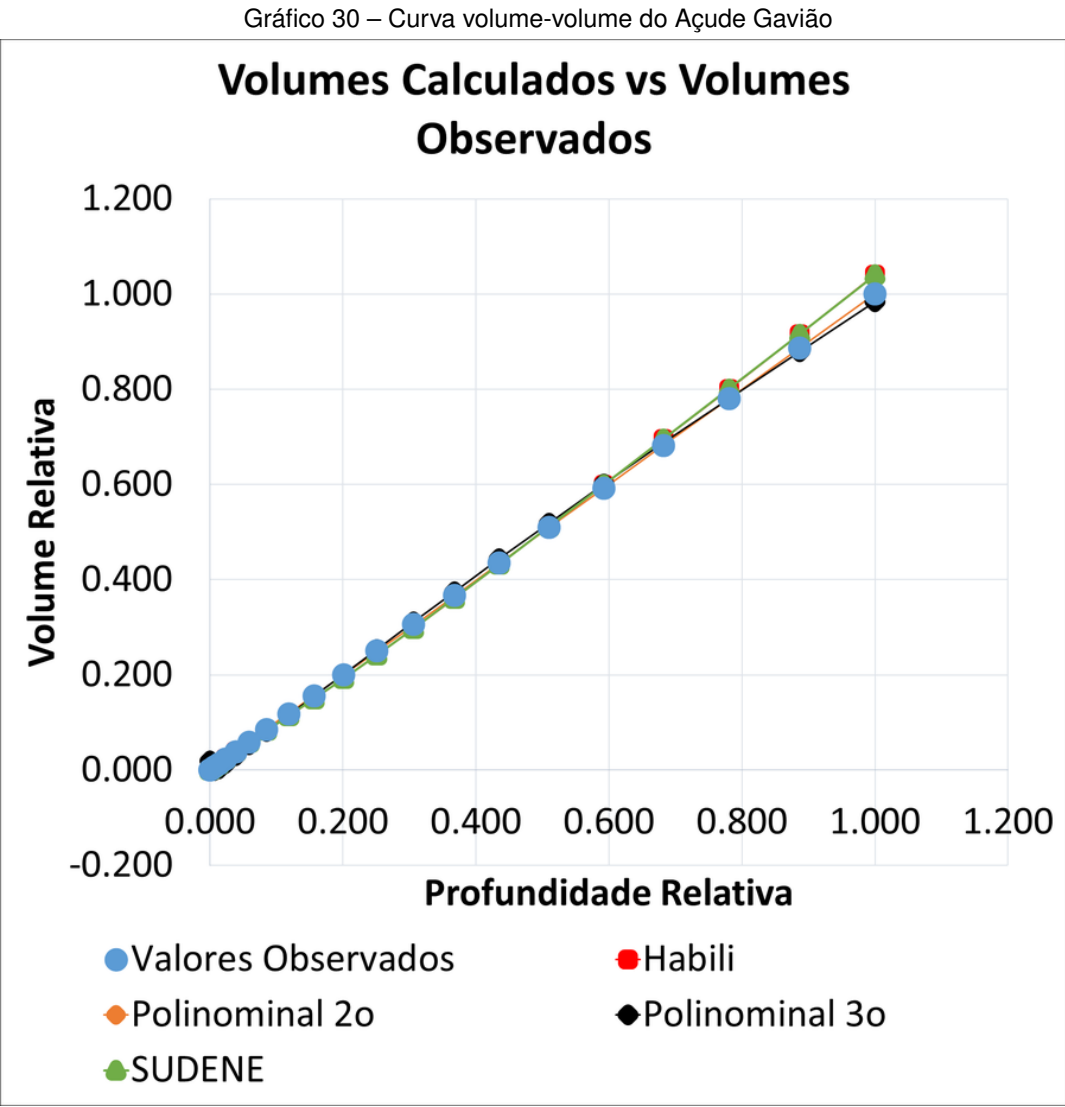
Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 6%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 28% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

Tabela 21 – Classificação do Açude Gavião com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.46	Colina de planície de inundação

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em negrito.

Tabela 22 – Erros quadrado do Açude Gavião

Barragem	AçudeGavião

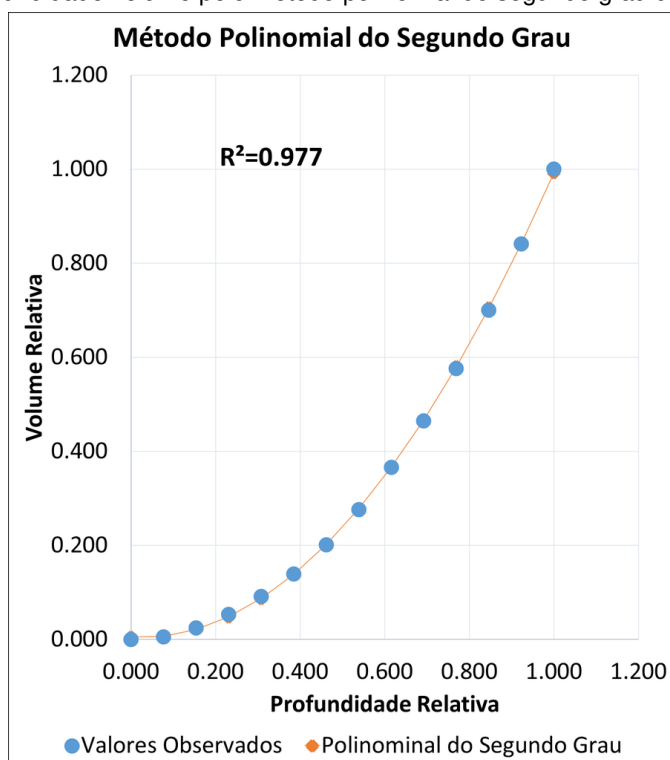
Barragem	AçudeGavião
Polinomial 2º	9%
Polinomial 3º	2%
SUDENE	3%
HABILI	6%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3º como o de menor erro. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.7 Açude Lagoa do Matias

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 31 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Lagoa do Matias

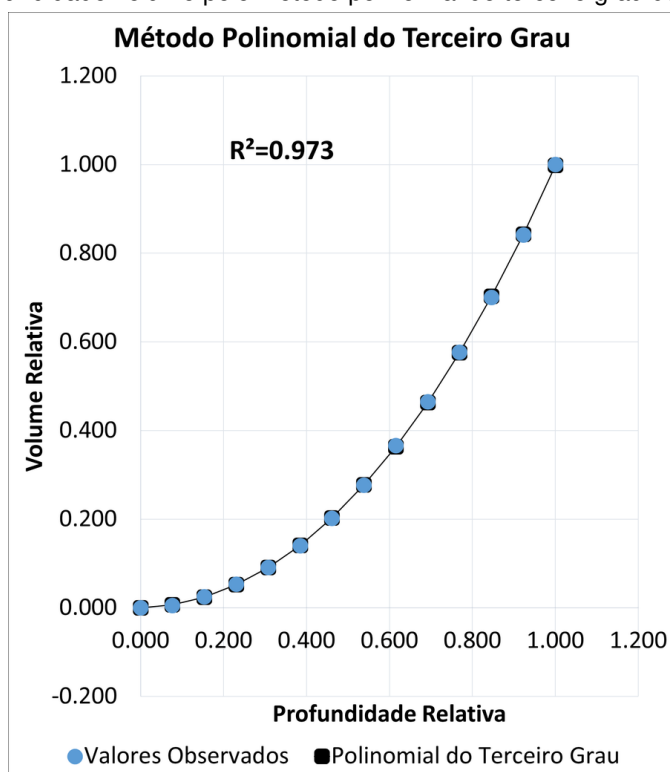


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 1%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 5% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 32 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Lagoa do Matias

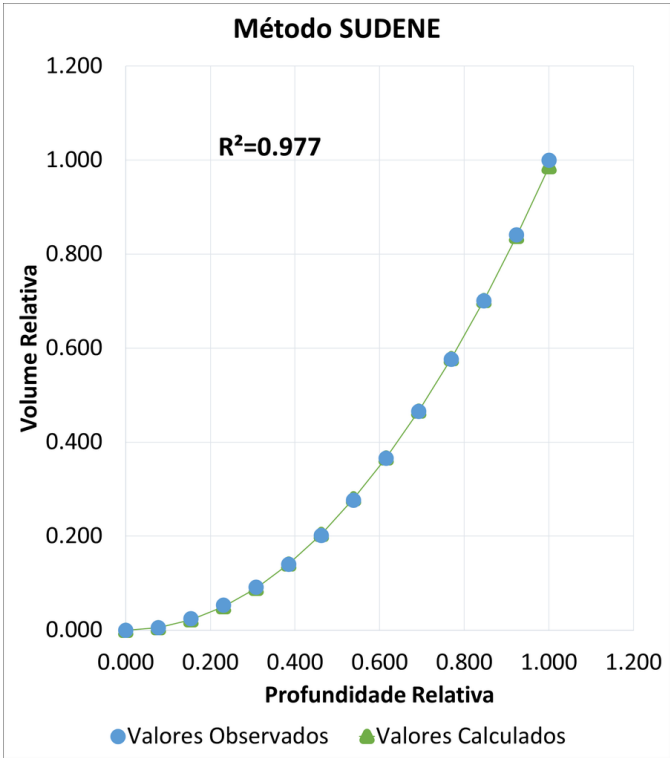


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 0%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 1% na segunda menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 33 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Lagoa do Matias



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 1%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 2% na menor de suas cotas calculadas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

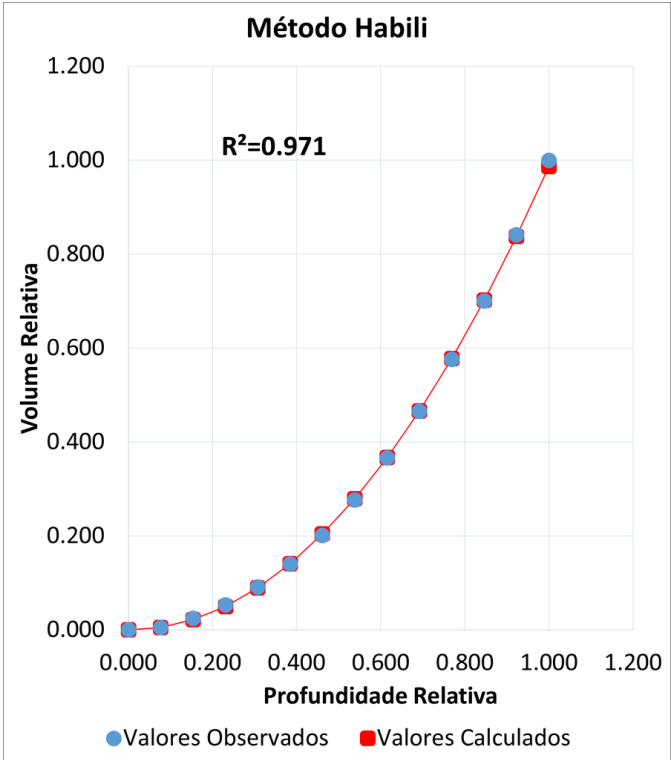
Tabela 23 – Classificação do Açude de Livramento com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	3.47	Encosta Convexa

Coeficiente	Valor	Classificação
K	601	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 34 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Lagoa do Matias



Acervo Pessoal

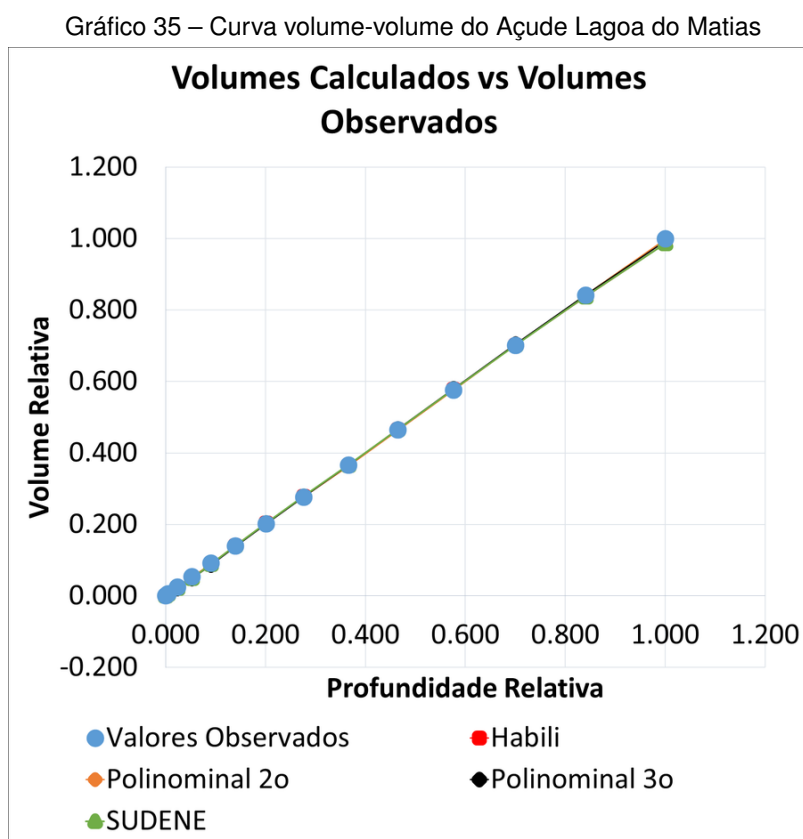
Nesse método foi obtido uma incerteza de 4%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 14% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

Tabela 24 – Classificação do Açude Lagoa do Matias com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.16	Colina de planície de inundação

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em negrito.

Tabela 25 – Erros quadrado do Açude Lagoa do Matias

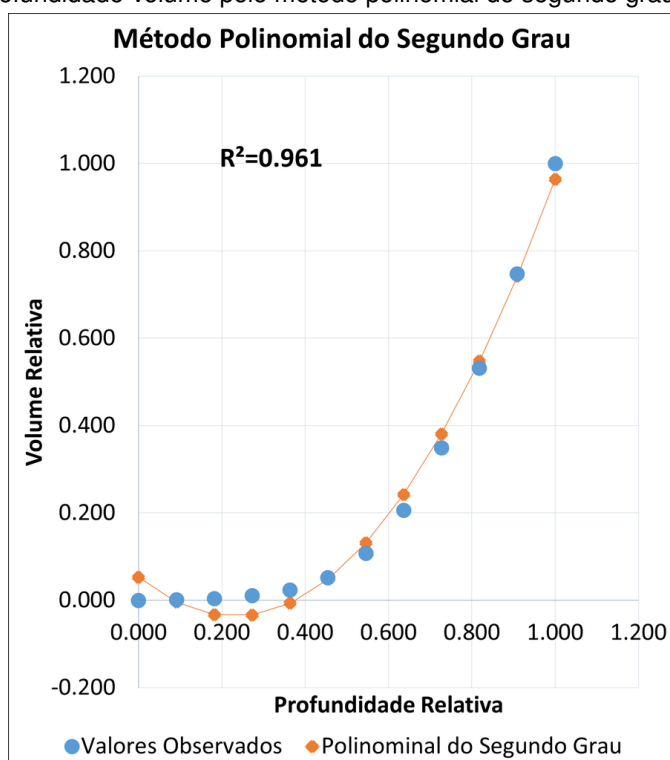
Barragem	Açude Lagoa do Matias
Polinomial 2º	1%
Polinomial 3º	0%
SUDENE	1%
HABILI	4%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3º como o de menor erro. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.8 Açude Olho d'Água

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 36 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude Olho d'Água

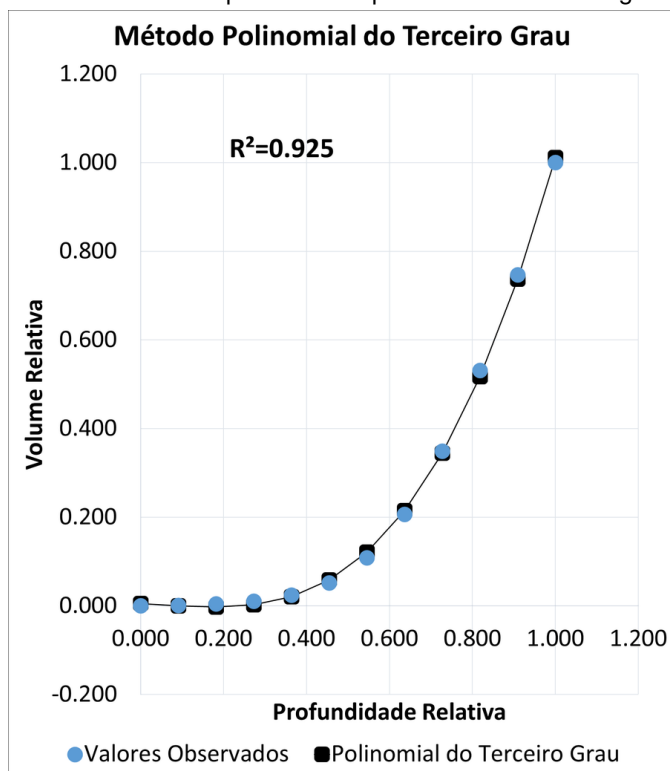


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 24%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 128% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 37 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude Olho d'Água

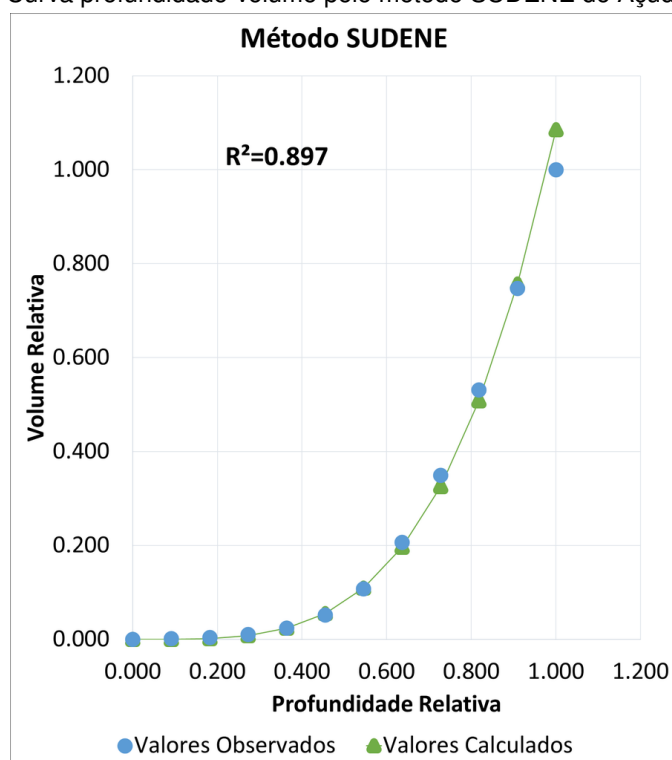


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 6%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 13% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 38 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude Olho d'Água



Acervo Pessoal

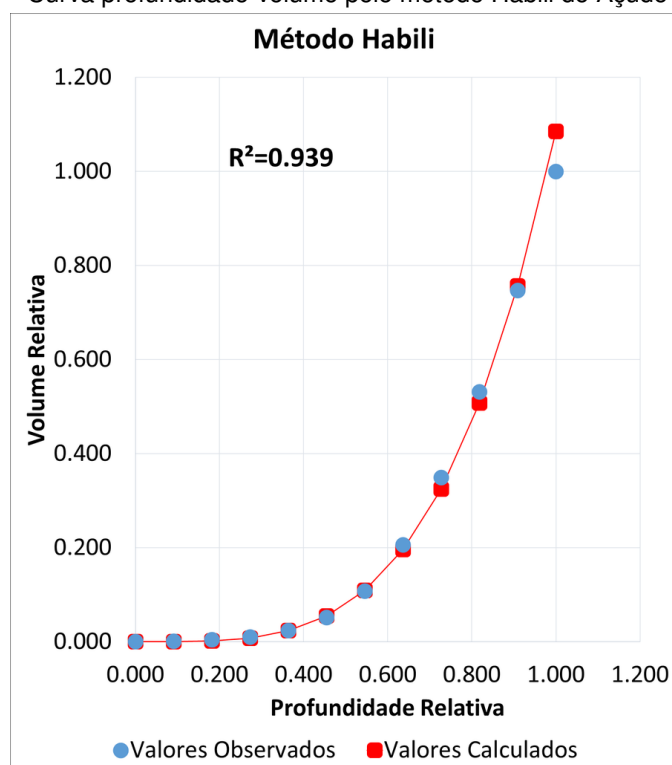
Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 4%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 9% na maior de suas cotas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

Tabela 26 – Classificação do Açude Olho d'Água com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	3.79	Encosta Convexa
K	123	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 39 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude Olho d'Água



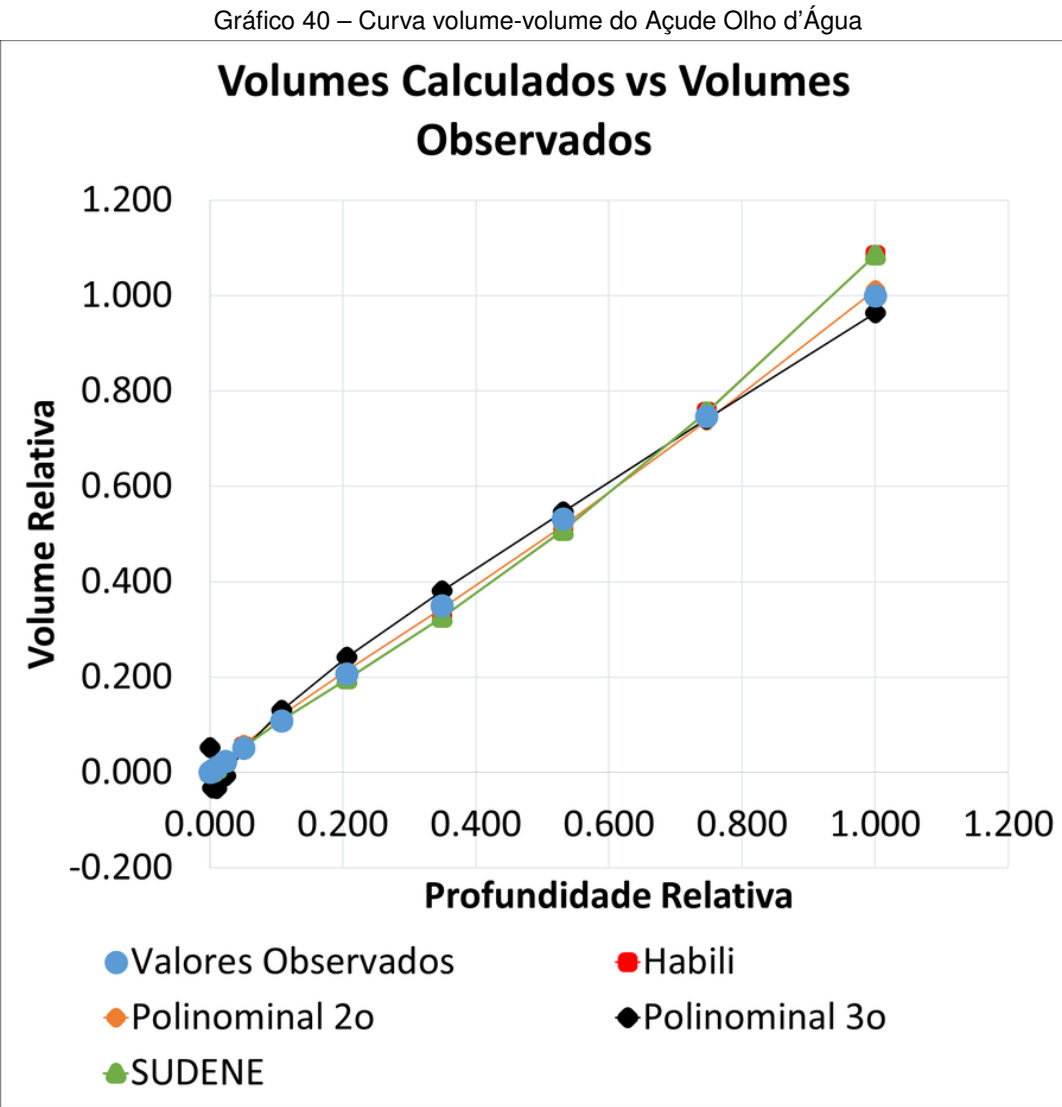
Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 33%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 100% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

Tabela 27 – Classificação do Açude Olho d'Água com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
M	3.02	Colina

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em negrito.

Tabela 28 – Erros quadrado do Açude Olho d'Água

Barragem	AçudeOlho d'Água

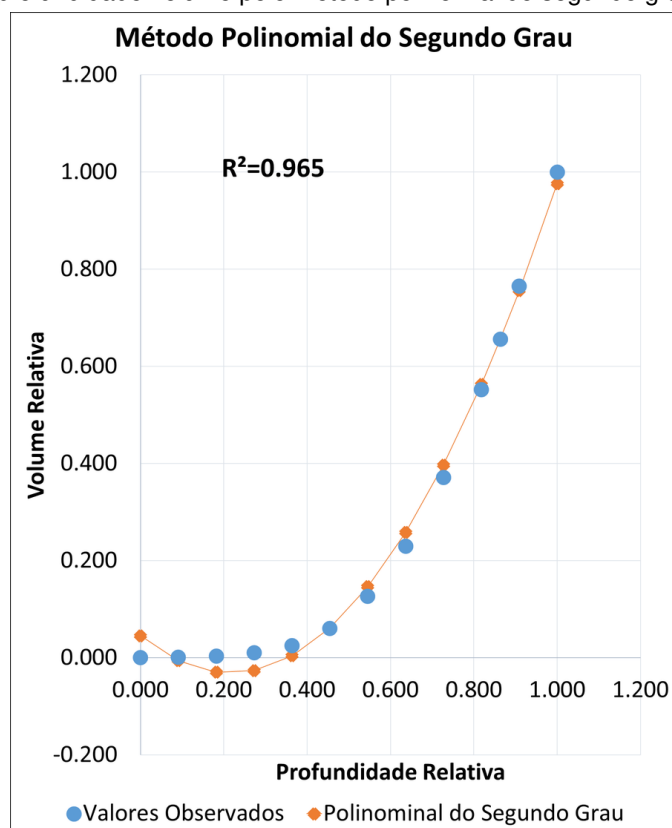
Barragem	Açude Olho d'Água
Polinomial 2º	24%
Polinomial 3º	6%
SUDENE	4%
HABILI	33%

Nesse reservatório foi observado o método SUDENE como o de menor erro, entretanto ele também obteve a maior incerteza na sua profundidade máxima. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.9 Açude São Braz

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundidade-volume, calculada no 5:

Gráfico 41 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude São Braz

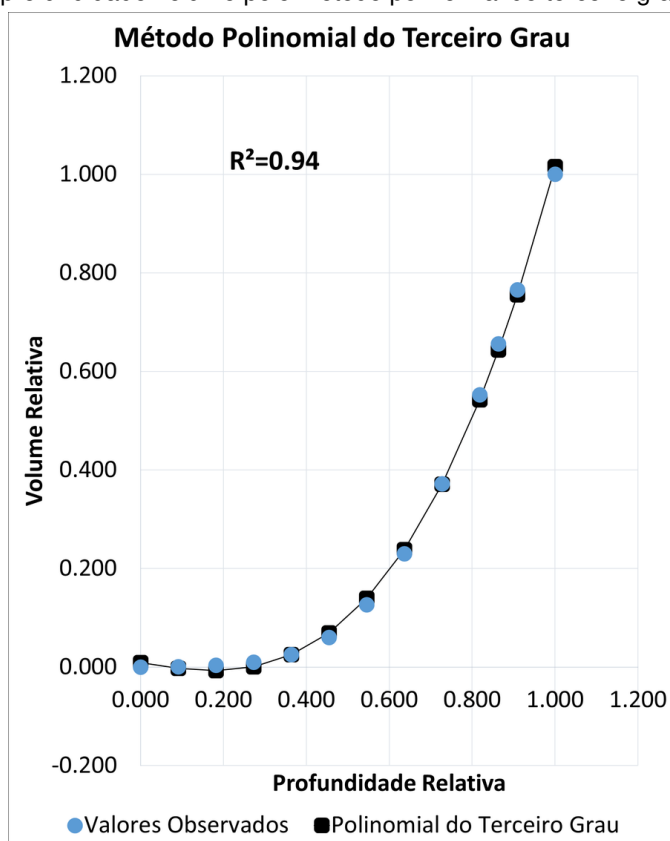


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 14%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 84% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 42 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude São Braz

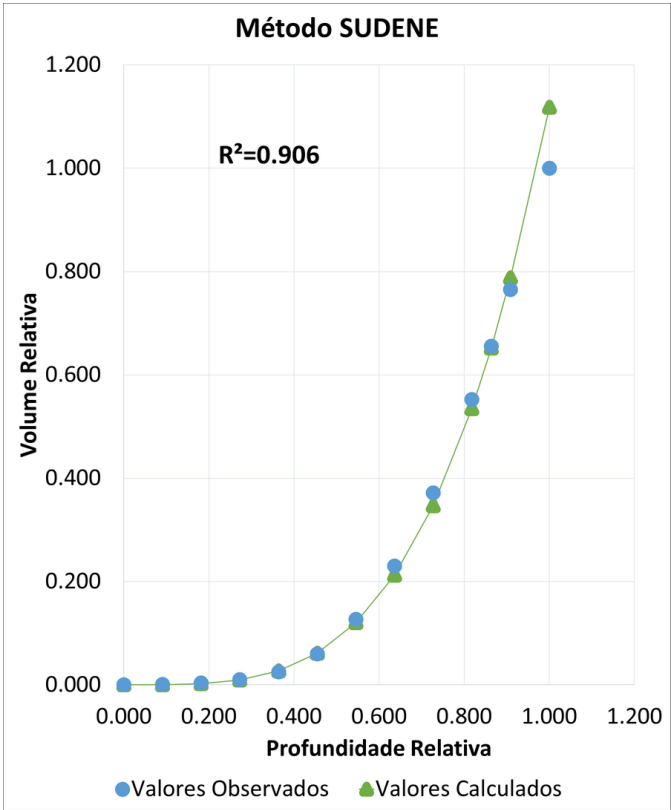


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 4%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 16% na segunda menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 43 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude São Braz



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 5%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 12% na maior de suas cotas calculadas. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

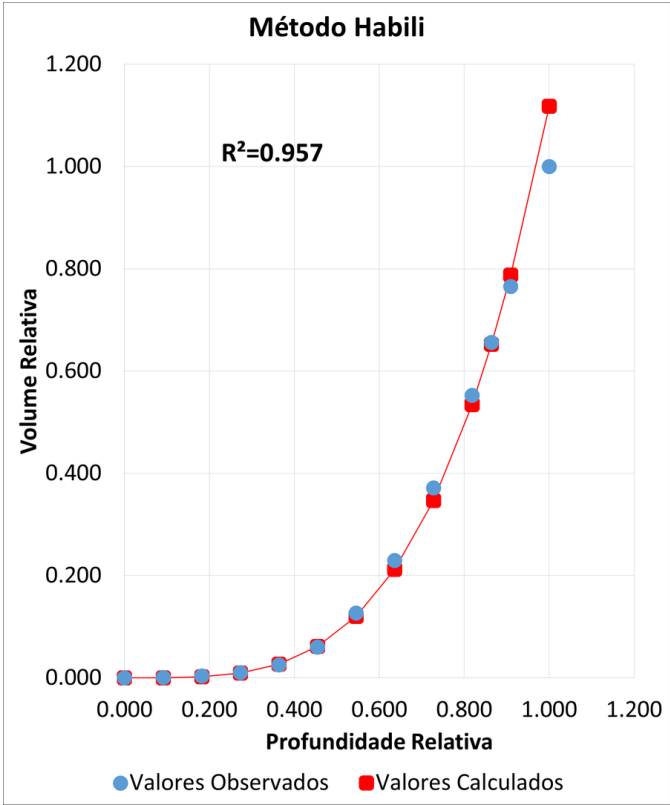
Tabela 29 – Classificação do Açude São Braz com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	3.68	Encosta Convexa

Coeficiente	Valor	Classificação
K	212	Vale Encaixado

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 44 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude São Braz



Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 41%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 162% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

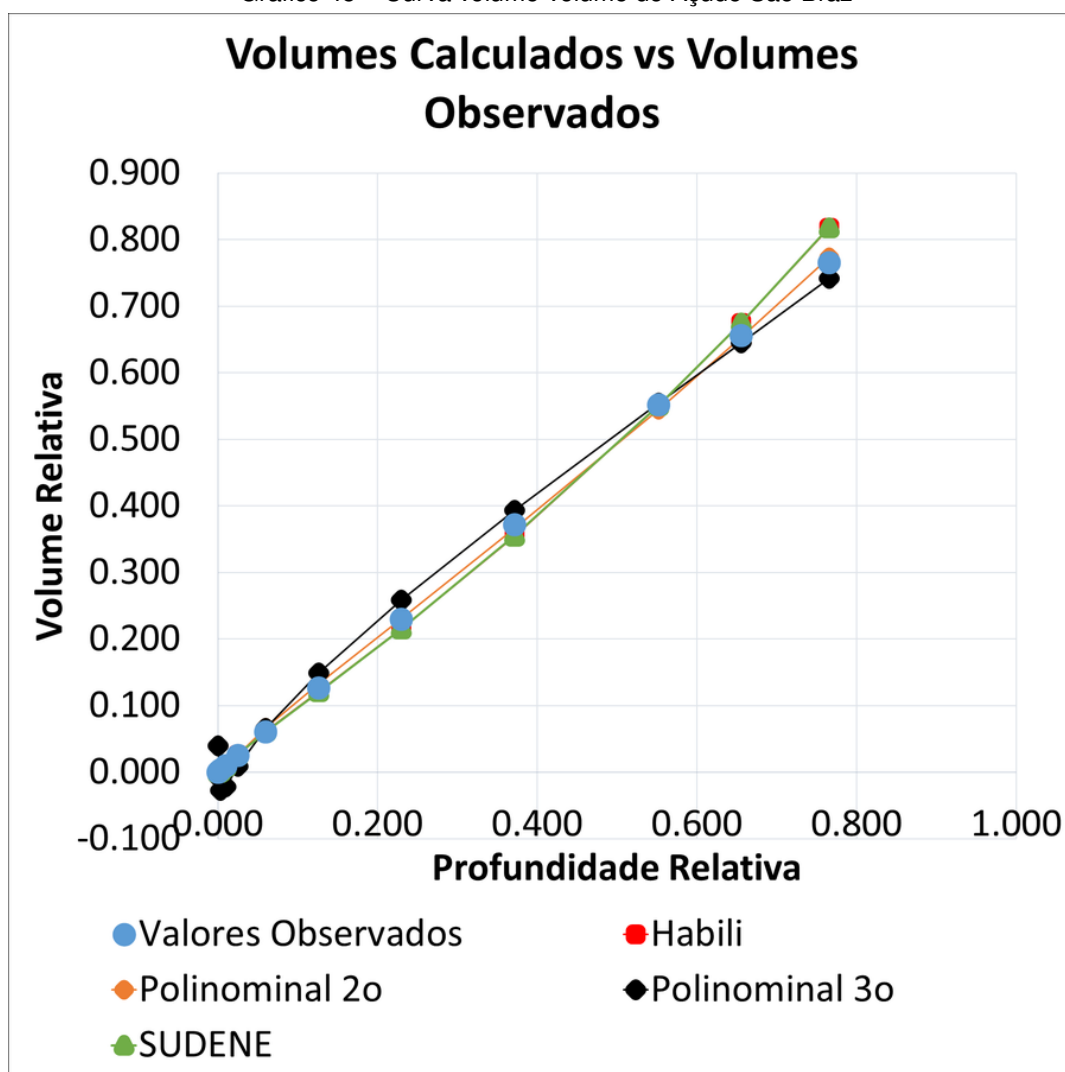
Tabela 30 – Classificação do Açude São Braz com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	2.69	Colina

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 45 – Curva volume-volume do Açude São Braz



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em **negrito**.

Tabela 31 – Erros quadrado do Açude São Braz

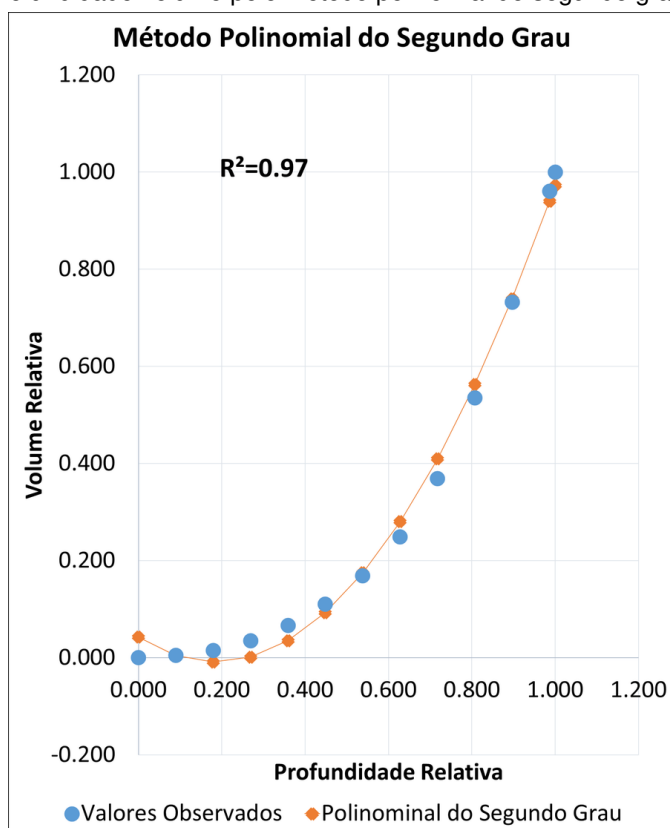
Barragem	Açude São Braz
Polinomial 2°	14%
Polinomial 3°	4%
SUDENE	5%
HABILI	41%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3° como o de menor erro. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.10 Açude São Pedro

Nesse reservatório foi aplicado o método polinomial do segundo grau, sendo obtida a seguinte curva de profundida-volume, calculada no 5:

Gráfico 46 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do segundo grau do Açude São Pedro

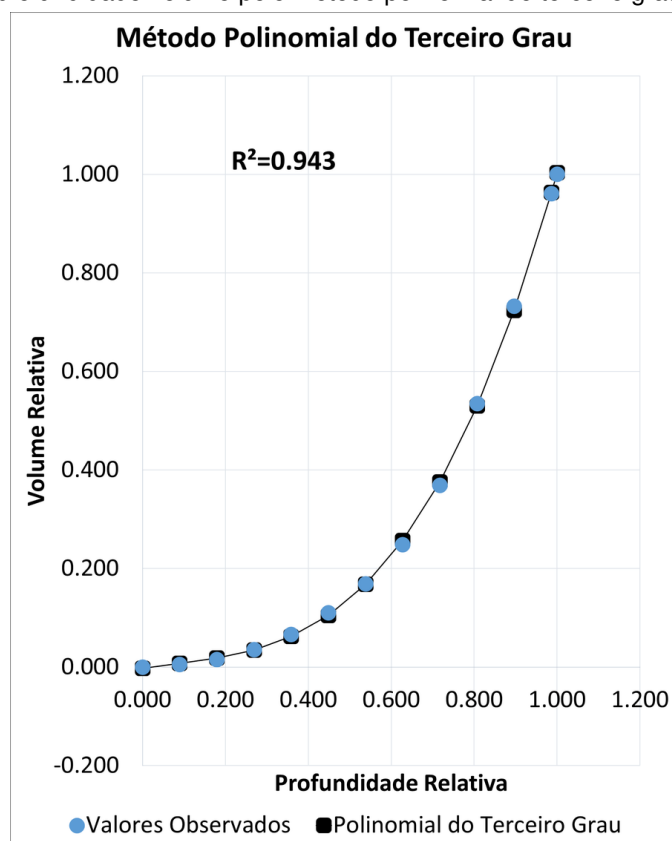


Acervo Pessoal

Nessa curva foi calculado uma incerteza média de 11%, sendo seus erros irregulares, e o maior deles de 47% na menor cota calculada.

Já ao fazer pelo método polinomial do terceiro grau, mostrado no 5, se obteve a seguinte curva resultante:

Gráfico 47 – Curva profundidade-volume pelo método polinomial do terceiro grau do Açude São Pedro

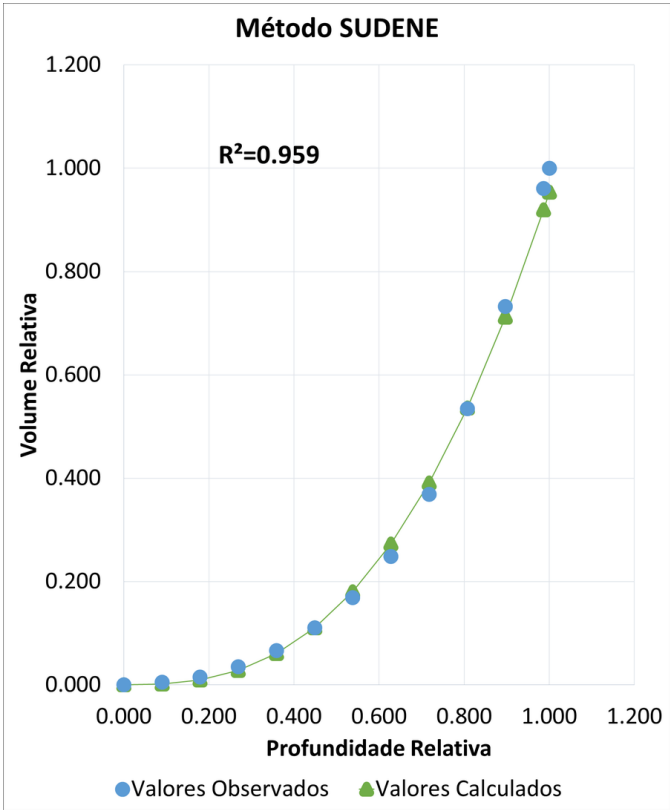


Acervo Pessoal

Na curva resultante foi observado um erro médio de 2%, apresentando erros irregulares, sendo o maior deles de 7% na menor cota calculada.

Em seguida foi realizado o cálculo através do método SUDENE, que gerou a seguinte curva:

Gráfico 48 – Curva profundidade-volume pelo método SUDENE do Açude São Pedro



Acervo Pessoal

Dessa maneira foi obtido uma incerteza média de 5%, apresentando pontos de erros irregulares, sendo o maior deles de 10%. A partir dos parâmetros K e α , foi possível fazer a seguinte classificação da barragem, conforme a tabela 2:

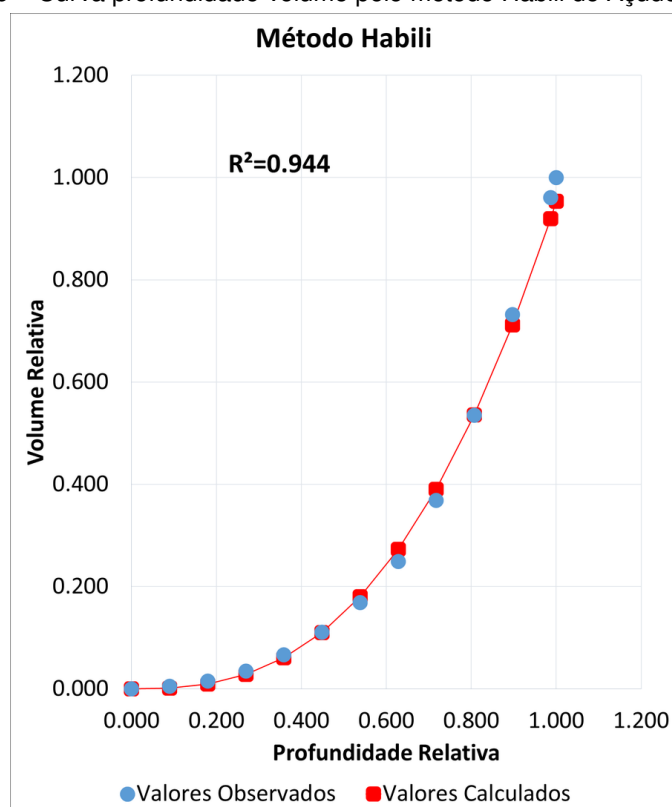
Tabela 32 – Classificação do Açude São Braz com base nos parâmetros K e α

Coeficiente	Valor	Classificação
α	2.69	Encosta Concava

Coeficiente	Valor	Classificação
K	5737	Vale Aberto

Por fim, foi realizado o método Habili e obtida a seguinte curva de profundidade-volume:

Gráfico 49 – Curva profundidade-volume pelo método Habili do Açude São Pedro



Acervo Pessoal

Nesse método foi obtido uma incerteza de 8%, sendo seus erros regulares, reduzidos proporcionalmente a profundidade. Nessa curva a maior incerteza foi de 33% na menor das cotas calculadas. Ademais com o valor M obtido foi possível classificar o açude a partir da tabela 3.

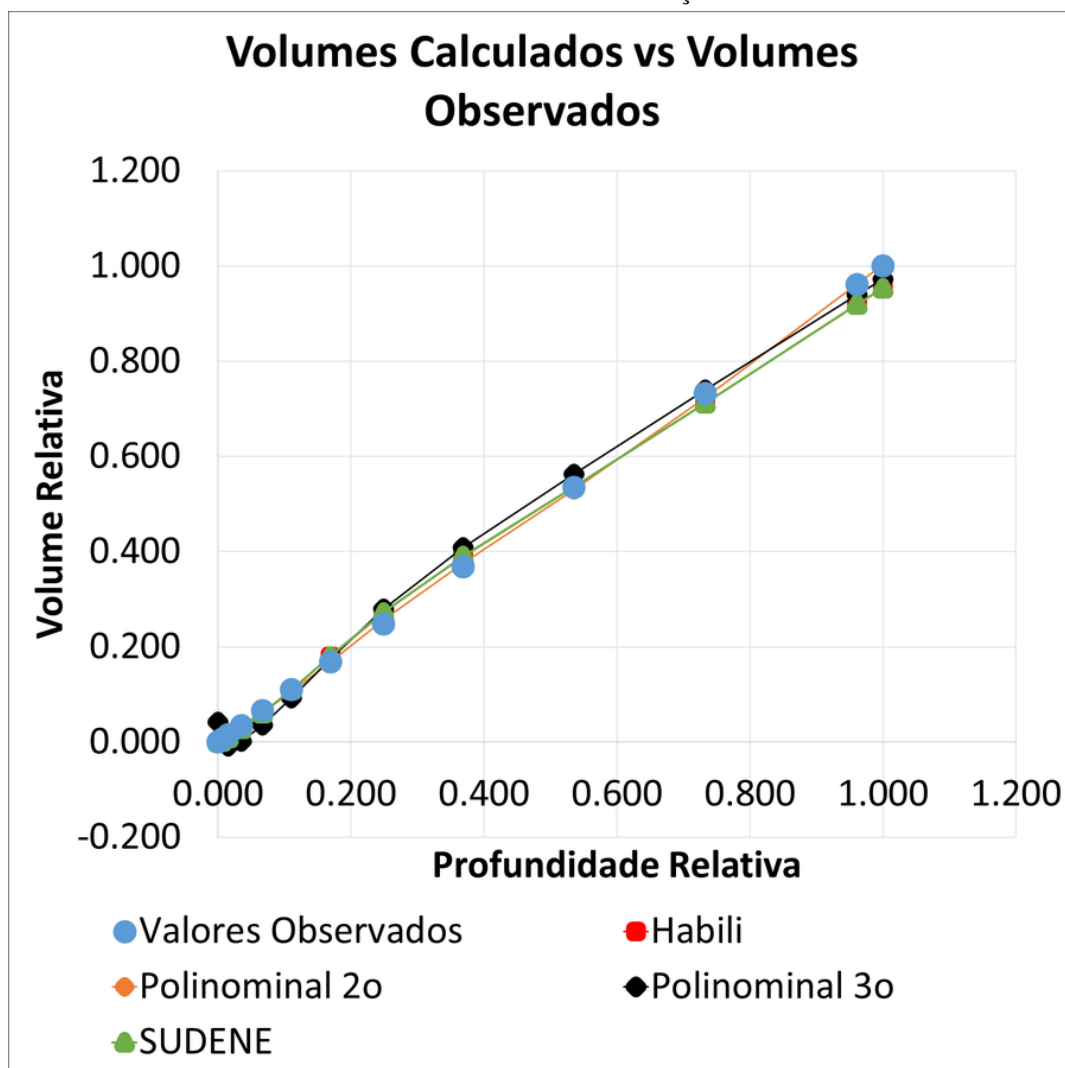
Tabela 33 – Classificação do Açude São Pedro com base no fator M

Coeficiente	Valor	Classificação
-------------	-------	---------------

Coeficiente	Valor	Classificação
M	3.04	Colina

Ao comparar o volume de todos os métodos, foi obtido o seguinte gráfico:

Gráfico 50 – Curva volume-volume do Açude São Pedro



Acervo Pessoal

A seguir mostram-se as incertezas obtidas nas curvas feitas neste capítulo, as menores foram demarcadas em **negrito**.

Tabela 34 – Erros quadrado do Açude São Pedro

Barragem	Açude São Pedro
Polinomial 2°	11%
Polinomial 3°	2%
SUDENE	5%
HABILI	8%

Nesse reservatório foi observado o método polinomial do 3° como o de menor erro. Ademais observou-se que só o método Habili apresentou erros proporcionais a sua profundidade.

4.11 Panorama dos resultados

Obtidas as curvas através dos 4 métodos para cada um dos reservatórios foram juntadas as incertezas para ser observado o panorama, como mostrado abaixo:

Tabela 35 – Erros médios de cada método

Reservatório	Polinomial 2°	Polinomial 3°	SUDENE	HABILI
---------------------	----------------------	----------------------	---------------	---------------

Reservatório	Polinomial 2º	Polinomial 3º	SUDENE	HABILI
AÇUDE ARARA	12%	5%	3%	22%
AÇUDE BREJINHO	2%	0%	0%	3%
AÇUDE CHÃ DOS PEREIRAS	2%	0%	1%	2%
AÇUDE DE LIVRAMENTO	18%	1%	3%	6%
AÇUDE GADO BRAVO	24%	2%	4%	4%
AÇUDE GAVIÃO	9%	2%	3%	6%
AÇUDE LAGOA DO MATIAS	1%	0%	1%	4%

Reservatório	Polinomial 2º	Polinomial 3º	SUDENE	HABILI
AÇUDE OLHO D'ÁGUA	24%	6%	4%	33%
AÇUDE SÃO BRAZ	14%	4%	5%	41%
AÇUDE SÃO PEDRO	11%	2%	5%	8%
Erro Médio dos Métodos	12%	2%	3%	13%

Acervo Pessoal

No modelo geral foi observado o método polinomial do terceiro grau como o de menor erro, contudo o da SUDENE apresentou o menor erro máximo entre os métodos.

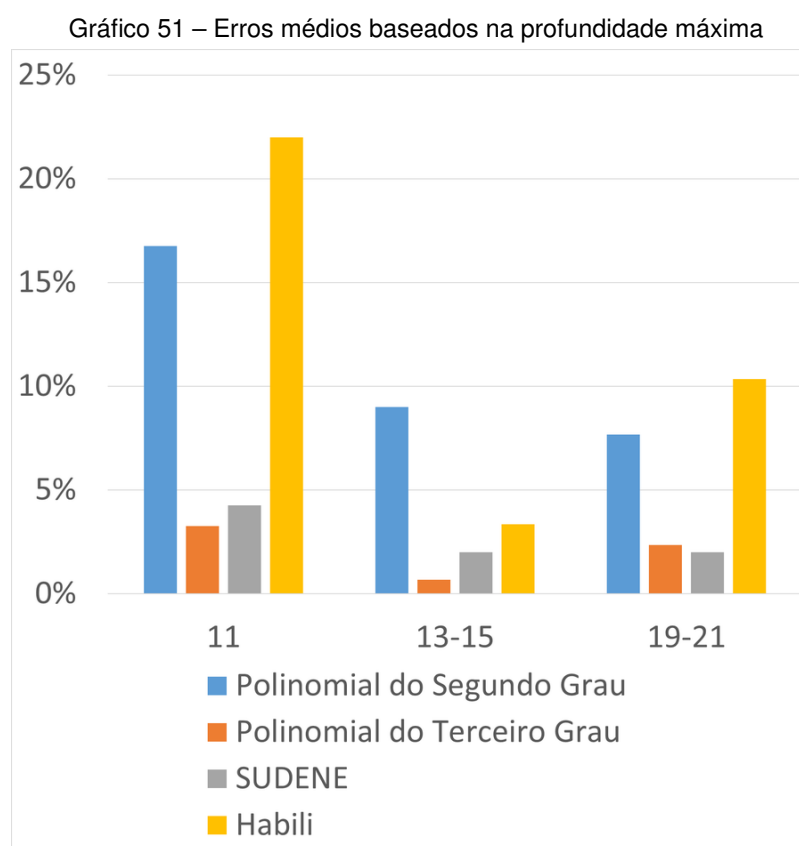
Com os valores obtidos também foram feitos os erros médios conforme a profundidade máxima, o índice de forma α , o índice de abertura K e o fator forma M. Com isso, foram obtidos as seguintes tabelas, a primeira delas sendo a de profundidade onde os açudes foram agrupados em 3 categorias, a entre 11-12, a entre 13-15 e a de 19-21.

Tabela 36 – Erros médios baseados na profundidade máxima

Profundidade Máxima (m)	Polinomial 2º	Polinomial 3º	SUDENE	HABILI
-------------------------	---------------	---------------	--------	--------

Profundidade Máxima (m)	Polinomial 2°	Polinomial 3°	SUDENE	HABILI
11-12	17%	3%	4%	22%
13-15	9%	1%	2%	3%
19-21	8%	2%	2%	10%

Transformando essa tabela em um gráfico tem-se a seguinte situação:



Acervo Pessoal

Nessa separação por profundidade foi observado o método polinomial do terceiro grau como o mais preciso para todas as profundidades.

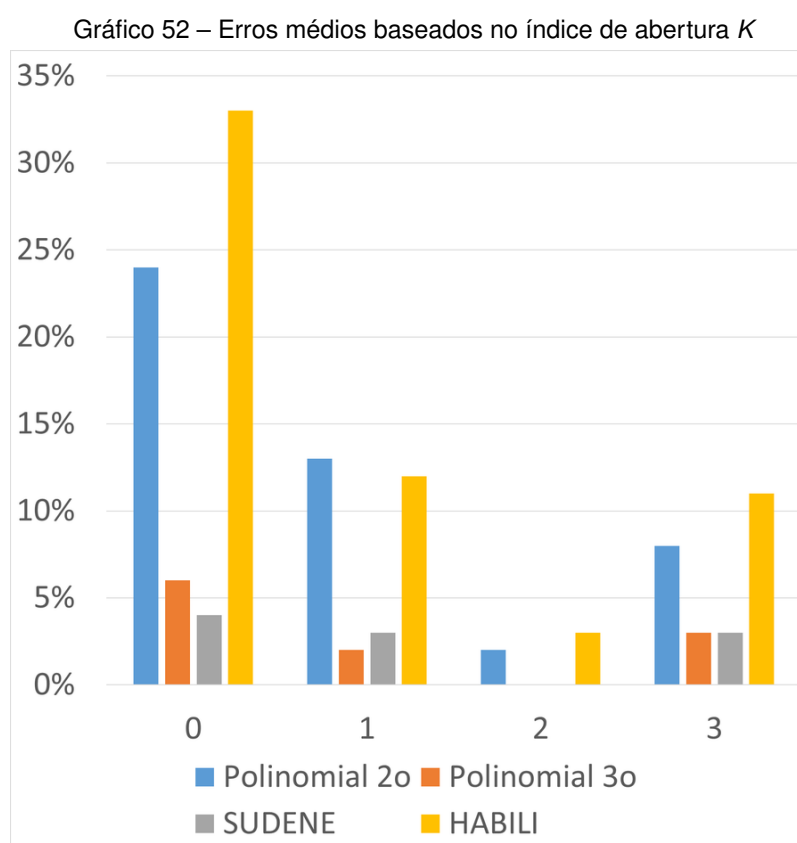
Já para o índice K, foram criados níveis baseados nas classificações da tabela 2, sendo 0 para valores inferiores a 200, 1 para valores entre 200-1.000, 2 para valores entre

1.000-3.000 e 3 para valores entre 2.000-10.000. Com isso foi gerada a seguinte tabela:

Tabela 37 – Erros médios baseados no índice de abertura K

Nível de K	Polinomial 2°	Polinomial 3°	SUDENE	HABILI
0	24%	6%	4%	33%
1	13%	2%	3%	12%
2	2%	0%	0%	3%
3	8%	3%	3%	11%

Transformando essa tabela em um gráfico tem-se a seguinte situação:



Acervo Pessoal

Ao comparar os erros pelo nível de K , foi observado uma precisão maior através do método polinomial do terceiro grau, a exceção para valores de K abaixo de 200, onde o método da SUDENE foi mais preciso.

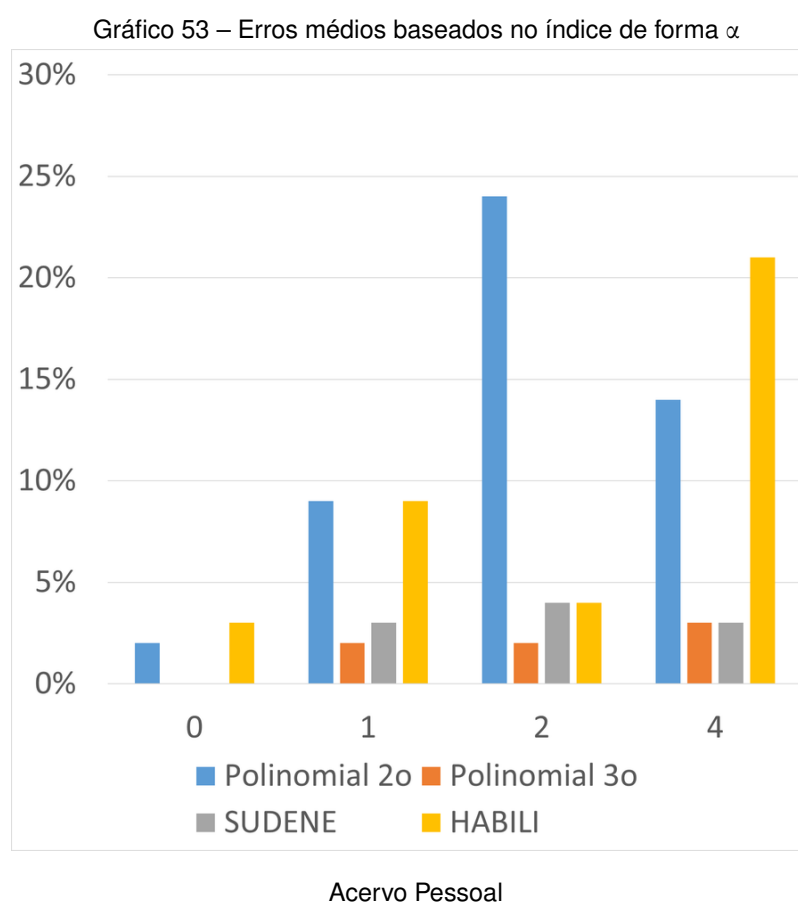
Para o índice α , foram criados níveis baseados nas classificações da tabela 2, sendo 0 para valores inferiores a 2.2, 1 para valores entre 2.2-2.8, 2 para valores entre 2.7-3, 3 para valores entre 3.0-3.4 e 4 para valores acima de 3.4. Com isso foi gerada a seguinte tabela:

Tabela 38 – Erros médios baseados no índice de forma α

Nível de α	Polinomial 2º	Polinomial 3º	SUDENE	HABILÍ

Nível de α	Polinomial 2º	Polinomial 3º	SUDENE	HABILI
0	2%	0%	0%	3%
1	9%	2%	3%	9%
2	24%	2%	4%	4%
4	14%	3%	3%	21%

Transformando essa tabela em um gráfico tem-se a seguinte situação:



Nessa separação por profundidade foi observado o método polinomial do terceiro

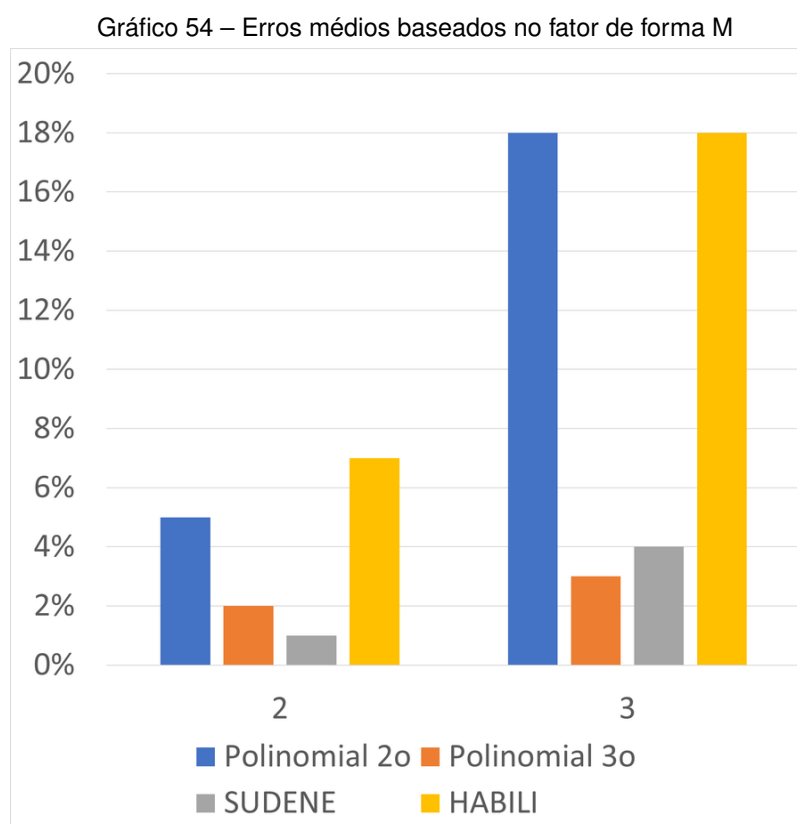
grau como o mais preciso para todas as profundidades.

Já para o fator forma M, foram utilizados os níveis apresentados na tabela 3, criando assim a seguinte tabela:

Tabela 39 – Erros médios baseados no fator de forma M

Nível de M	Polinomial 2°	Polinomial 3°	SUDENE	HABILI
2	5%	2%	1%	7%
3	18%	3%	4%	18%

Transformando essa tabela em um gráfico tem-se a seguinte situação:



Acervo Pessoal

Pelo fator forma M, obteve-se uma precisão igual para os métodos da SUDENE e o polinomial do terceiro grau.

Logo como resultado da investigação feita no presente trabalho, o método polinomial de terceiro grau foi o mais preciso em todas às dez barragens estudadas. Deve-ser realçado também que apesar de o método polinomial do terceiro grau ter sido mais preciso, o método da SUDENE obteve a menor divergência entre resultados. Contudo, o método da SUDENE obteve os erros maiores nas profundidades máximas das barragens. Por último temos que o método Habili teve um maior regularidade entre seus erros, decrescendo com base na sua profundidade.

5 Conclusão

Este trabalho foi realizado no sentido de conhecer o uso do método de Habili e da sua eficiência em relação ao da SUDENE e das curvas dos polinômios. Assim, o trabalho presente teve como objetivo investigar 4 métodos de cálculo de curva cota-volume, com aplicação em 10 açudes no estado da Paraíba.

Com base nos erros calculados a partir dos 4 métodos foi possível concluir que o método mais que proporcionou maior precisão foi o polinomial do terceiro grau.

Também foi observado que o método com menor incerteza máxima foi o da SUDENE, mas que este também apresentava erros nas profundidades mais relevantes, ou seja, as de maiores cotas da superfície da água.

Deve ser registrado que, apesar de apresentar erros maiores, os métodos da SUDENE e de Habili apresentam parâmetros ligados à forma do reservatório. Esses parâmetros podem permitir uma avaliação preliminar da capacidade de armazenamento em um sítio de uma barragem, em fase preliminar ou de planejamento inicial de obras de barramento para a segurança hídrica.

Por fim foi visto que o método Habili apresentou os maiores erros médios. Entretanto, ele também resultou na série de erros mais regulares e que decresciam conforme a profundidade aumentava.

Como recomendação para trabalhos seguintes, tem-se o estudo do melhor método com a retirada de uma maior número pares de valores de menores profundidades, como recomendado no método SUDENE.

Recomenda-se também realizar a avaliação comparativa de métodos para reservatórios de maior porte, acima de 10 hm^3 de capacidade de armazenamento, com alturas das barragens sugeridas acima de pelo menos 12 metros.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório de Segurança de Barragens 2021**. Brasília: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2021>.

ANA. **Mapas Temáticos do Domínio dos Corpos Hídricos Superficiais nas Unidades da Federação**. 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/41e22269-004a-4c5c-ae4-dee57d76d1b5>. Acesso em: 04/06/2023.

ANA. SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS. **MANUAL DE POLÍTICAS E PRÁTICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**, Brasília, v. 7, p. 1 – 186, 2014. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/publicacoes/ArquivosPNSB_Docs_Estruturantes/produto-07-manual-de-politicas-e-praticas-de-seguranca-de-barragens-manual-para-a-ana-e-entidades-fiscalizadoras.pdf.

BRASIL. **LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010**. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE). **Manual Pequenas Obras DAEE**. São Paulo-SP, 2005. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/2014/08/25/manual-pequenas-obras-dae/>.

HAGHIABI, A. H. *et al.* DERIVATION OF RESERVOIR'S AREA-CAPACITY EQUATIONS BASED ON THE SHAPE FACTOR. **The International Journal of Science & Technoledge**, v. 37, n. C1, p. 163 – 167, Janeiro 2013.

MOHAMMADZADEH-HABILI, J. *et al.* Derivation of Reservoir's Area-Capacity Equations. **JOURNAL OF HYDROLOGIC ENGINEERING**, ASCE, v. 14, n. 9, p. 1017 – 1023, Setembro 2009. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0000074>.

PEDROSA, V. de A.; SOUZA, R. Í. G.; NAZARÉ, A. V. B. CURVAS COTA-VOLUME E COTA-ÁREA DA LAGOA DA COCA-COLA LOCALIZADA NO DISTRITO INDUSTRIAL LUIZ CAVALCANTE. In: **VXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. [S.l.: s.n.], 2009.

PISANIELLO, J. How to manage the cumulative flood safety of catchment dams. **Water SA**, v. 35, n. 4, Novembro 2009. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/76783>.

RODRIGUES, L. N.; ALTHOFF, D. Pequenas barragens na agricultura. In: RODRIGUES, L. N.; ALTHOFF, D. (Ed.). **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: história, política pública, economia e recurso hídrico**. [S.l.: s.n.], 2021. cap. 26, p. 447 – 461.

ROONEY, A. **A História da Matemática**. 1. ed. São Paulo-SP: M.Books Editora, 2012. v. 1. 216 p. ISBN 8576801337.

SUDENE; ERIC CADIER; FRANCOIS MOLLE (coord.). **Manual do Pequeno Açude**. 3. ed. Recife: ORSTOM, 1992. v. 2. Disponível em: <http://www.gota.eng.br/downloads/biblioteca/manualpeqacude.pdf>.

SWAN, B.; GRIFFIN, R. A LiDAR–optical data fusion approach for identifying and measuring small stream impoundments and dams. **Transactions in GIS**, v. 24, n. 1, p. 174 – 188, Novembro 2020.

Apêndices

Apêndice A

Barragem	AÇUDE ARARA
----------	-------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
79.00	1,680	0	0.00	0.000	0.000
80.00	9,600	5,640	1.00	0.048	0.001
81.00	23,400	22,140	2.00	0.095	0.005
82.00	37,200	52,440	3.00	0.143	0.011
83.00	51,000	96,540	4.00	0.190	0.021
84.00	64,800	154,440	5.00	0.238	0.033
85.00	78,600	226,140	6.00	0.286	0.049
86.00	101,232	316,056	7.00	0.333	0.068
87.00	123,864	428,604	8.00	0.381	0.093
88.00	146,469	563,784	9.00	0.429	0.122
89.00	169,128	721,596	10.00	0.476	0.156
90.00	191,760	902,040	11.00	0.524	0.195
91.00	216,488	1,106,164	12.00	0.571	0.239
92.00	241,216	1,335,016	13.00	0.619	0.288
93.00	265,944	1,588,596	14.00	0.667	0.343
94.00	290,672	1,866,904	15.00	0.714	0.403
95.00	315,400	2,169,940	16.00	0.762	0.469
96.00	348,688	2,501,984	17.00	0.810	0.540
97.00	381,976	2,867,316	18.00	0.857	0.619
98.00	415,264	3,265,936	19.00	0.905	0.705
99.00	448,552	3,697,844	20.00	0.952	0.799
100.00	481,840	4,630,040	21.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	481,840	4,630,040	21		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	12690.82072
b	-69891.78628
c	120220.6917

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	120,221	0.026		
1.00	63,020	0.014		
2.00	31,200	0.007		
3.00	24,763	0.005		
4.00	43,707	0.009	55%	55%
5.00	88,032	0.019	43%	43%
6.00	157,740	0.034	30%	30%
7.00	252,828	0.055	20%	20%
8.00	373,299	0.081	13%	13%
9.00	519,151	0.112	8%	8%
10.00	690,385	0.149	4%	4%
11.00	887,000	0.192	2%	2%
12.00	1,108,997	0.240	0%	0%
13.00	1,356,376	0.293	-2%	2%
14.00	1,629,137	0.352	-3%	3%
15.00	1,927,279	0.416	-3%	3%
16.00	2,250,802	0.486	-4%	4%
17.00	2,599,708	0.561	-4%	4%
18.00	2,973,994	0.642	-4%	4%
19.00	3,373,663	0.729	-3%	3%
20.00	3,798,713	0.820	-3%	3%
21.00	4,249,145	0.918	-8%	8%
		Erro Médio	8%	12%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	395.4298176
b	234.7814675
c	32326.82158
d	-37555.80553

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	-37,556	-0.008		
1.00	-4,599	-0.001		
2.00	31,200	0.007		
3.00	72,214	0.016		
4.00	120,815	0.026	-25%	25%
5.00	179,377	0.039	-16%	16%
6.00	250,270	0.054	-11%	11%
7.00	335,869	0.073	-6%	6%
8.00	438,545	0.095	-2%	2%

9.00	560,671	0.121	1%	1%
10.00	704,620	0.152	2%	2%
11.00	872,765	0.189	3%	3%
12.00	1,067,477	0.231	3%	3%
13.00	1,291,130	0.279	3%	3%
14.00	1,546,096	0.334	3%	3%
15.00	1,834,748	0.396	2%	2%
16.00	2,159,458	0.466	0%	0%
17.00	2,522,599	0.545	-1%	1%
18.00	2,926,543	0.632	-2%	2%
19.00	3,373,663	0.729	-3%	3%
20.00	3,866,332	0.835	-5%	5%
21.00	4,406,922	0.952	5%	5%
		Erro Médio	-3%	5%

4)

Método SUDENE

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	8.637639344
2	0.693147181	10.00514121
3	1.098612289	10.86742494
4	1.386294361	11.47771271
5	1.609437912	11.94756095
6	1.791759469	12.32890956
7	1.945910149	12.66367469
8	2.079441542	12.96828869
9	2.197224577	13.24242648
10	2.302585093	13.4892207
11	2.397895273	13.71241414
12	2.48490665	13.91640873
13	2.564949357	14.10445383
14	2.63905733	14.27836117
15	2.708050201	14.439792
16	2.772588722	14.59021008
17	2.833213344	14.73259458
18	2.890371758	14.86888696
19	2.944438979	14.99905696
20	2.995732274	15.12326051
21	3.044522438	15.34807607

Formato da equação:	K.Hα
α	2.307212207
K	3653.851496

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m_{ps}^3)	Volume Relativo (v_{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	3,654	0.001		
2.00	18,084	0.004		
3.00	46,086	0.010		
4.00	89,502	0.019	7%	7%
5.00	149,769	0.032	3%	3%
6.00	228,092	0.049	-1%	1%
7.00	325,515	0.070	-3%	3%
8.00	442,967	0.096	-3%	3%
9.00	581,287	0.126	-3%	3%
10.00	741,247	0.160	-3%	3%
11.00	923,559	0.199	-2%	2%
12.00	1,128,888	0.244	-2%	2%
13.00	1,357,859	0.293	-2%	2%
14.00	1,611,059	0.348	-1%	1%
15.00	1,889,048	0.408	-1%	1%
16.00	2,192,357	0.474	-1%	1%
17.00	2,521,492	0.545	-1%	1%
18.00	2,876,941	0.621	0%	0%
19.00	3,259,168	0.704	0%	0%
20.00	3,668,624	0.792	1%	1%
21.00	4,105,739	0.887	11%	11%
		Erro Médio	0%	3%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
Y_m	21
V_m	4,630,040
A_m	481,840
M	2.185432523

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m_{ps}^3)	Volume Relativo (v_{ps})	Erro	Erro Quadrado
------------------	---------------------------------	------------------------------	------	---------------

0.00	0	0.000		
1.00	5,970	0.001		
2.00	27,155	0.006		
3.00	65,869	0.014		
4.00	123,517	0.027	-28%	28%
5.00	201,148	0.043	-30%	30%
6.00	299,613	0.065	-32%	32%
7.00	419,632	0.091	-33%	33%
8.00	561,831	0.121	-31%	31%
9.00	726,769	0.157	-29%	29%
10.00	914,948	0.198	-27%	27%
11.00	1,126,827	0.243	-25%	25%
12.00	1,362,829	0.294	-23%	23%
13.00	1,623,348	0.351	-22%	22%
14.00	1,908,751	0.412	-20%	20%
15.00	2,219,381	0.479	-19%	19%
16.00	2,555,563	0.552	-18%	18%
17.00	2,917,607	0.630	-17%	17%
18.00	3,305,804	0.714	-15%	15%
19.00	3,720,432	0.804	-14%	14%
20.00	4,161,759	0.899	-13%	13%
21.00	4,630,040	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-22%	22%

Apêndice B

Barragem	AÇUDE BREJINHO
----------	----------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
76.00	1,200	0	0.00	0.000	0.000
77.00	2,800	2,000	1.00	0.053	0.002
78.00	5,800	6,400	2.00	0.105	0.006
79.00	16,400	17,500	3.00	0.158	0.017
80.00	18,800	35,100	4.00	0.211	0.035
81.00	24,000	56,500	5.00	0.263	0.056
82.00	30,000	83,500	6.00	0.316	0.083
83.00	35,400	116,200	7.00	0.368	0.115
84.00	41,200	154,500	8.00	0.421	0.153
85.00	47,600	198,900	9.00	0.474	0.198
86.00	54,000	249,700	10.00	0.526	0.248
87.00	60,400	306,900	11.00	0.579	0.305
88.00	66,600	370,400	12.00	0.632	0.368
89.00	73,200	440,300	13.00	0.684	0.437
90.00	80,000	516,900	14.00	0.737	0.513
91.00	86,800	600,300	15.00	0.789	0.596
92.00	94,400	690,900	16.00	0.842	0.686
93.00	101,800	789,000	17.00	0.895	0.784
94.00	108,000	893,900	18.00	0.947	0.888
95.00	117,600	1,006,700	19.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	117,600	1,006,700	19		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	3097.869674
b	-6663.884712
c	7500

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	7,500	0.007		
1.00	3,934	0.004		
2.00	6,564	0.007		
3.00	15,389	0.015		
4.00	30,410	0.030	13%	13%
5.00	51,627	0.051	9%	9%
6.00	79,040	0.079	5%	5%
7.00	112,648	0.112	3%	3%
8.00	152,453	0.151	1%	1%
9.00	198,452	0.197	0%	0%
10.00	250,648	0.249	0%	0%
11.00	309,039	0.307	-1%	1%
12.00	373,627	0.371	-1%	1%
13.00	444,409	0.441	-1%	1%
14.00	521,388	0.518	-1%	1%
15.00	604,562	0.601	-1%	1%
16.00	693,932	0.689	0%	0%
17.00	789,498	0.784	0%	0%
18.00	891,260	0.885	0%	0%
19.00	999,217	0.993	1%	1%
		Erro Médio	2%	2%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	25.54227155
b	2369.914935
c	-1271.911187
d	74.86166008

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	75	0.000		
1.00	1,198	0.001		
2.00	7,215	0.007		
3.00	18,278	0.018		
4.00	34,541	0.034	2%	2%
5.00	56,156	0.056	1%	1%
6.00	83,277	0.083	0%	0%
7.00	116,058	0.115	0%	0%
8.00	154,652	0.154	0%	0%
9.00	199,211	0.198	0%	0%

10.00	249,890	0.248	0%	0%
11.00	306,840	0.305	0%	0%
12.00	370,217	0.368	0%	0%
13.00	440,172	0.437	0%	0%
14.00	516,859	0.513	0%	0%
15.00	600,432	0.596	0%	0%
16.00	691,044	0.686	0%	0%
17.00	788,847	0.784	0%	0%
18.00	893,995	0.888	0%	0%
19.00	1,006,642	1.000	0%	0%
		Erro Médio	0%	0%

4)

Método SUDENE

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	7.60090246
2	0.693147181	8.764053269
3	1.098612289	9.76995616
4	1.386294361	10.46595641
5	1.609437912	10.94199592
6	1.791759469	11.33260191
7	1.945910149	11.66306812
8	2.079441542	11.94794938
9	2.197224577	12.20055746
10	2.302585093	12.42801548
11	2.397895273	12.63427724
12	2.48490665	12.82233878
13	2.564949357	12.99521159
14	2.63905733	13.15560471
15	2.708050201	13.30518481
16	2.772588722	13.44575037
17	2.833213344	13.5785216
18	2.890371758	13.70334919
19	2.944438979	13.82218821

Formato da equação:	K.H α
α	2.154101961
K	1759.007715

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	1,759	0.002		
2.00	7,829	0.008		
3.00	18,751	0.019		
4.00	34,847	0.035	1%	1%
5.00	56,353	0.056	0%	0%
6.00	83,461	0.083	0%	0%
7.00	116,331	0.116	0%	0%
8.00	155,101	0.154	0%	0%
9.00	199,896	0.199	-1%	1%
10.00	250,824	0.249	0%	0%
11.00	307,988	0.306	0%	0%
12.00	371,479	0.369	0%	0%
13.00	441,383	0.438	0%	0%
14.00	517,779	0.514	0%	0%
15.00	600,742	0.597	0%	0%
16.00	690,343	0.686	0%	0%
17.00	786,648	0.781	0%	0%
18.00	889,719	0.884	0%	0%
19.00	999,616	0.993	1%	1%
		Erro Médio	0%	0%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
Y _m	19
V _m	1,006,700
A _m	117,600
M	2.219529155

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	1,461	0.001		
2.00	6,805	0.007		
3.00	16,736	0.017		
4.00	31,693	0.031	10%	10%
5.00	52,006	0.052	8%	8%

6.00	77,947	0.077	7%	7%
7.00	109,746	0.109	6%	6%
8.00	147,606	0.147	4%	4%
9.00	191,707	0.190	4%	4%
10.00	242,213	0.241	3%	3%
11.00	299,275	0.297	2%	2%
12.00	363,031	0.361	2%	2%
13.00	433,610	0.431	2%	2%
14.00	511,133	0.508	1%	1%
15.00	595,714	0.592	1%	1%
16.00	687,462	0.683	0%	0%
17.00	786,478	0.781	0%	0%
18.00	892,859	0.887	0%	0%
19.00	1,006,700	1.000	0%	0%
		Erro Médio	3%	3%

Apêndice C

Barragem	AÇUDE CHÃ DOS PEREIRAS
----------	------------------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
216.00	4,000	0	0.00	0.000	0.000
217.00	7,700	5,850	1.00	0.071	0.003
218.00	18,600	19,000	2.00	0.143	0.011
219.00	38,480	47,540	3.00	0.214	0.027
220.00	57,480	95,520	4.00	0.286	0.054
221.00	78,120	163,320	5.00	0.357	0.092
222.00	99,960	252,360	6.00	0.429	0.143
223.00	118,000	361,340	7.00	0.500	0.205
224.00	136,280	488,480	8.00	0.571	0.277
225.00	166,640	639,940	9.00	0.643	0.362
226.00	188,720	817,620	10.00	0.714	0.463
227.00	214,600	1,019,280	11.00	0.786	0.577
228.00	238,800	1,245,980	12.00	0.857	0.705
229.00	258,200	1,494,480	13.00	0.929	0.846
230.00	285,040	1,766,100	14.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	285,040	1,766,100	14		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	10739.1936
b	-26520.13898
c	20076.20588

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	20,076	0.011		
1.00	4,295	0.002		
2.00	9,993	0.006		
3.00	37,169	0.021		
4.00	85,823	0.049	10%	10%
5.00	155,955	0.088	5%	5%
6.00	247,566	0.140	2%	2%
7.00	360,656	0.204	0%	0%
8.00	495,223	0.280	-1%	1%
9.00	651,270	0.369	-2%	2%
10.00	828,794	0.469	-1%	1%
11.00	1,027,797	0.582	-1%	1%
12.00	1,248,278	0.707	0%	0%
13.00	1,490,238	0.844	0%	0%
14.00	1,753,676	0.993	1%	1%
		Erro Médio	1%	2%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	146.3120077
b	7666.641439
c	-9899.094903
d	4098.934641

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	4,099	0.002		
1.00	2,013	0.001		
2.00	16,138	0.009		
3.00	47,352	0.027		
4.00	96,533	0.055	-1%	1%
5.00	164,558	0.093	-1%	1%
6.00	252,307	0.143	0%	0%
7.00	360,656	0.204	0%	0%
8.00	490,483	0.278	0%	0%
9.00	642,666	0.364	0%	0%
10.00	818,084	0.463	0%	0%
11.00	1,017,614	0.576	0%	0%
12.00	1,242,133	0.703	0%	0%
13.00	1,492,521	0.845	0%	0%
14.00	1,769,653	1.002	0%	0%
		Erro Médio	0%	0%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
------------------	----------------------	--------------------

0		
1	0	8.67419694
2	0.693147181	9.852194258
3	1.098612289	10.76932674
4	1.386294361	11.46709093
5	1.609437912	12.00346675
6	1.791759469	12.43861192
7	1.945910149	12.79757462
8	2.079441542	13.09905381
9	2.197224577	13.3691297
10	2.302585093	13.61415296
11	2.397895273	13.83460705
12	2.48490665	14.03543293
13	2.564949357	14.21728888
14	2.63905733	14.38428428

Formato da equação:	K.H α
α	2.321906678
K	3890.537071

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m_{ps}^3)	Volume Relativo (v_{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	3,891	0.002		
2.00	19,452	0.011		
3.00	49,870	0.028		
4.00	97,261	0.055	-2%	2%
5.00	163,287	0.092	0%	0%
6.00	249,347	0.141	1%	1%
7.00	356,655	0.202	1%	1%
8.00	486,295	0.275	0%	0%
9.00	639,251	0.362	0%	0%
10.00	816,425	0.462	0%	0%
11.00	1,018,653	0.577	0%	0%
12.00	1,246,716	0.706	0%	0%
13.00	1,501,350	0.850	0%	0%
14.00	1,783,249	1.010	-1%	1%
		Erro Médio	0%	1%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
Y_m	14
V_m	1,766,100
A_m	285,040
M	2.259532303

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m_{ps}^3)	Volume Relativo (v_{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	4,543	0.003		
2.00	21,751	0.012		
3.00	54,372	0.031		
4.00	104,154	0.059	-9%	9%
5.00	172,444	0.098	-6%	6%
6.00	260,351	0.147	-3%	3%
7.00	368,832	0.209	-2%	2%
8.00	498,727	0.282	-2%	2%
9.00	650,794	0.368	-2%	2%
10.00	825,723	0.468	-1%	1%
11.00	1,024,147	0.580	0%	0%
12.00	1,246,657	0.706	0%	0%
13.00	1,493,802	0.846	0%	0%
14.00	1,766,100	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-2%	2%

Apêndice D

Barragem	AÇUDE DE LIVRAMENTO
----------	---------------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
39.00	0	0	0.00	0.000	0.000
40.00	920	460	1.00	0.091	0.000
41.00	6,420	4,130	2.00	0.182	0.002
42.00	28,430	21,555	3.00	0.273	0.009
43.00	69,670	70,605	4.00	0.364	0.029
44.00	120,240	165,560	5.00	0.455	0.068
45.00	185,520	318,440	6.00	0.545	0.131
46.00	267,230	544,815	7.00	0.636	0.224
47.00	355,600	856,230	8.00	0.727	0.352
48.00	452,280	1,260,170	9.00	0.818	0.518
49.00	584,520	1,778,578	10.00	0.909	0.731
50.00	723,180	2,432,420	11.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	723,180	2,432,420	11		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	32421.03521
b	-156278.7755
c	113526.5302

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	113,527	0.047		
1.00	-10,331	-0.004		
2.00	-69,347	-0.029		
3.00	-63,520	-0.026		
4.00	7,148	0.003	90%	90%
5.00	142,659	0.059	14%	14%
6.00	343,011	0.141	-8%	8%
7.00	608,206	0.250	-12%	12%
8.00	938,243	0.386	-10%	10%
9.00	1,333,121	0.548	-6%	6%
10.00	1,792,842	0.737	-1%	1%
11.00	2,317,405	0.953	5%	5%
		Erro Médio	9%	18%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	2280.70979
b	-5210.676324
c	2230.554945
d	631.3956044

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	631	0.000		
1.00	-68	0.000		
2.00	2,495	0.001		
3.00	22,006	0.009		
4.00	72,148	0.030	-2%	2%
5.00	166,606	0.068	-1%	1%
6.00	319,064	0.131	0%	0%
7.00	543,206	0.223	0%	0%
8.00	852,716	0.351	0%	0%
9.00	1,261,279	0.519	0%	0%
10.00	1,782,579	0.733	0%	0%
11.00	2,430,300	0.999	0%	0%
		Erro Médio	0%	1%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	6.131226489
2	0.693147181	8.326032686
3	1.098612289	9.978363087
4	1.386294361	11.16485624
5	1.609437912	12.01708895
6	1.791759469	12.67118935
7	1.945910149	13.20820157
8	2.079441542	13.66029431

9	2.197224577	14.04675719
10	2.302585093	14.39132473
11	2.397895273	14.7043972

Formato da equação:	K.Hα
α	3.479744177
K	601.5006035

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	602	0.000		
2.00	6,710	0.003		
3.00	27,510	0.011		
4.00	74,860	0.031	-6%	6%
5.00	162,732	0.067	2%	2%
6.00	306,905	0.126	4%	4%
7.00	524,760	0.216	4%	4%
8.00	835,138	0.343	2%	2%
9.00	1,258,218	0.517	0%	0%
10.00	1,815,433	0.746	-2%	2%
11.00	2,529,392	1.040	-4%	4%
		Erro Médio	0%	3%

5) **Método Habili**

Formato da equação:	Vm.pM
y_m	11
V_m	2,432,420
A_m	723,180
M	3.270397382

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	956	0.000		
2.00	9,221	0.004		
3.00	34,725	0.014		
4.00	88,971	0.037	-26%	26%
5.00	184,578	0.076	-11%	11%
6.00	335,069	0.138	-5%	5%
7.00	554,724	0.228	-2%	2%
8.00	858,487	0.353	0%	0%
9.00	1,261,894	0.519	0%	0%
10.00	1,781,017	0.732	0%	0%
11.00	2,432,420	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-6%	6%

Apêndice E

Barragem	AÇUDE GADO BRAVO
----------	------------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
1.00	0	0	0.00	0.000	0.000
2.00	1,120	560	1.00	0.067	0.000
3.00	4,880	3,560	2.00	0.133	0.003
4.00	13,800	12,900	3.00	0.200	0.010
5.00	22,480	31,040	4.00	0.267	0.023
6.00	31,280	57,920	5.00	0.333	0.043
7.00	40,780	93,950	6.00	0.400	0.070
8.00	51,800	140,240	7.00	0.467	0.105
9.00	67,600	199,940	8.00	0.533	0.149
10.00	92,800	280,140	9.00	0.600	0.209
11.00	120,640	386,860	10.00	0.667	0.289
12.00	149,000	521,680	11.00	0.733	0.390
13.00	172,840	682,600	12.00	0.800	0.510
14.00	199,160	878,600	13.00	0.867	0.656
15.00	232,080	1,094,220	14.00	0.933	0.817
16.00	257,400	1,338,960	15.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	257,400	1,338,960	15		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	8963.629202
b	-52613.01155
c	57614.44853

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	57,614	0.043		
1.00	13,965	0.010		
2.00	-11,757	-0.009		
3.00	-19,552	-0.015		
4.00	-9,420	-0.007	130%	130%
5.00	18,640	0.014	68%	68%
6.00	64,627	0.048	31%	31%
7.00	128,541	0.096	8%	8%
8.00	210,383	0.157	-5%	5%
9.00	310,151	0.232	-11%	11%
10.00	427,847	0.320	-11%	11%
11.00	563,470	0.421	-8%	8%
12.00	717,021	0.536	-5%	5%
13.00	888,499	0.664	-1%	1%
14.00	1,077,904	0.805	1%	1%
15.00	1,285,236	0.960	4%	4%
		Erro Médio	17%	24%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	439.4842357
b	-924.7661008
c	4827.578047
d	-2375.149639

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	-2,375	-0.002		
1.00	1,967	0.001		
2.00	7,097	0.005		
3.00	15,651	0.012		
4.00	30,266	0.023	2%	2%
5.00	53,579	0.040	7%	7%
6.00	88,227	0.066	6%	6%
7.00	136,847	0.102	2%	2%
8.00	202,076	0.151	-1%	1%
9.00	286,551	0.214	-2%	2%
10.00	392,908	0.293	-2%	2%
11.00	523,785	0.391	0%	0%
12.00	681,818	0.509	0%	0%
13.00	869,645	0.649	1%	1%
14.00	1,089,902	0.814	0%	0%
15.00	1,345,225	1.005	0%	0%
		Erro Médio	1%	2%

41	Método CUDENE
----	---------------

7)

Método Sedente

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	6.327936784
2	0.693147181	8.177515824
3	1.098612289	9.46498259
4	1.386294361	10.34303197
5	1.609437912	10.96681803
6	1.791759469	11.450518
7	1.945910149	11.85111052
8	2.079441542	12.2057726
9	2.197224577	12.54304476
10	2.302585093	12.86581815
11	2.397895273	13.16480965
12	2.48490665	13.43366432
13	2.564949357	13.68608501
14	2.63905733	13.90555234
15	2.708050201	14.10740375

Formato da equação:	K.Hα
α	2.852570982
K	565.3857169

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	565	0.000		
2.00	4,084	0.003		
3.00	12,983	0.010		
4.00	29,496	0.022	5%	5%
5.00	55,745	0.042	4%	4%
6.00	93,773	0.070	0%	0%
7.00	145,562	0.109	-4%	4%
8.00	213,046	0.159	-7%	7%
9.00	298,119	0.223	-6%	6%
10.00	402,639	0.301	-4%	4%
11.00	528,435	0.395	-1%	1%
12.00	677,308	0.506	1%	1%
13.00	851,035	0.636	3%	3%
14.00	1,051,372	0.785	4%	4%
15.00	1,280,055	0.956	4%	4%
		Erro Médio	0%	4%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
y _m	15
V _m	1,338,960
A _m	257,400
M	2.883581287

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	544	0.000		
2.00	4,013	0.003		
3.00	12,919	0.010		
4.00	29,614	0.022	5%	5%
5.00	56,357	0.042	3%	3%
6.00	95,340	0.071	-1%	1%
7.00	148,704	0.111	-6%	6%
8.00	218,548	0.163	-9%	9%
9.00	306,937	0.229	-10%	10%
10.00	415,905	0.311	-8%	8%
11.00	547,461	0.409	-5%	5%
12.00	703,590	0.525	-3%	3%
13.00	886,256	0.662	-1%	1%
14.00	1,097,403	0.820	0%	0%
15.00	1,338,960	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-3%	4%

Apêndice F

Barragem	AÇUDE GAVIÃO
----------	--------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
76.00	0	0	0.00	0.000	0.000
77.00	1,120	560	1.00	0.048	0.000
78.00	4,000	3,120	2.00	0.095	0.002
79.00	7,800	9,020	3.00	0.143	0.006
80.00	12,400	19,120	4.00	0.190	0.013
81.00	18,400	34,520	5.00	0.238	0.024
82.00	25,080	56,260	6.00	0.286	0.039
83.00	32,480	85,040	7.00	0.333	0.059
84.00	44,160	123,360	8.00	0.381	0.085
85.00	51,600	171,840	9.00	0.429	0.118
86.00	60,000	227,040	10.00	0.476	0.156
87.00	68,440	291,360	11.00	0.524	0.201
88.00	76,080	363,720	12.00	0.571	0.251
89.00	84,640	444,080	13.00	0.619	0.306
90.00	93,400	533,100	14.00	0.667	0.367
91.00	102,400	631,000	15.00	0.714	0.435
92.00	114,000	739,200	16.00	0.762	0.509
93.00	125,440	858,920	17.00	0.810	0.592
94.00	136,800	990,040	18.00	0.857	0.682
95.00	148,400	1,132,640	19.00	0.905	0.781
96.00	158,880	1,286,880	20.00	0.952	0.887
97.00	170,240	1,450,840	21.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	170,240	1,450,840	21		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	4264.737436
b	-22904.27442
c	28272.80632

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	28,273	0.019		
1.00	9,633	0.007		
2.00	-477	0.000		
3.00	-2,057	-0.001		
4.00	4,892	0.003	74%	74%
5.00	20,370	0.014	41%	41%
6.00	44,378	0.031	21%	21%
7.00	76,915	0.053	10%	10%
8.00	117,982	0.081	4%	4%
9.00	167,578	0.116	2%	2%
10.00	225,704	0.156	1%	1%
11.00	292,359	0.202	0%	0%
12.00	367,544	0.253	-1%	1%
13.00	451,258	0.311	-2%	2%
14.00	543,502	0.375	-2%	2%
15.00	644,275	0.444	-2%	2%
16.00	753,577	0.519	-2%	2%
17.00	871,409	0.601	-1%	1%
18.00	997,771	0.688	-1%	1%
19.00	1,132,662	0.781	0%	0%
20.00	1,276,082	0.880	1%	1%
21.00	1,428,032	0.984	-2%	2%
		Erro Médio	8%	9%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	58.5002427
b	2421.979791
c	-7781.961683
d	4931.209486

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	4,931	0.003		
1.00	-370	0.000		
2.00	-477	0.000		
3.00	4,963	0.003		
4.00	16,299	0.011	15%	15%
5.00	33,883	0.023	2%	2%

6.00	58,067	0.040	-3%	3%
7.00	89,200	0.061	-5%	5%
8.00	127,634	0.088	-3%	3%
9.00	173,721	0.120	-1%	1%
10.00	227,810	0.157	0%	0%
11.00	290,253	0.200	0%	0%
12.00	361,401	0.249	1%	1%
13.00	441,605	0.304	1%	1%
14.00	531,216	0.366	0%	0%
15.00	630,586	0.435	0%	0%
16.00	740,064	0.510	0%	0%
17.00	860,002	0.593	0%	0%
18.00	990,751	0.683	0%	0%
19.00	1,132,662	0.781	0%	0%
20.00	1,286,086	0.886	0%	0%
21.00	1,451,374	1.000	0%	0%
		Erro Médio	0%	2%

4)

Método SUDENE

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	6.327936784
2	0.693147181	8.045588281
3	1.098612289	9.107199613
4	1.386294361	9.858490187
5	1.609437912	10.44929415
6	1.791759469	10.93773908
7	1.945910149	11.35087701
8	2.079441542	11.72286219
9	2.197224577	12.05431909
10	2.302585093	12.33288149
11	2.397895273	12.58231489
12	2.48490665	12.80413962
13	2.564949357	13.00376001
14	2.63905733	13.1864643
15	2.708050201	13.35506114
16	2.772588722	13.5133238
17	2.833213344	13.66343107
18	2.890371758	13.80550063
19	2.944438979	13.94006175
20	2.995732274	14.06773124
21	3.044522438	14.18765326

Formato da equação:	K.H α
α	2.611250452
K	532.4774355

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	532	0.000		
2.00	3,254	0.002		
3.00	9,380	0.006		
4.00	19,881	0.014	-4%	4%
5.00	35,603	0.025	-3%	3%
6.00	57,312	0.040	-2%	2%
7.00	85,716	0.059	-1%	1%
8.00	121,477	0.084	2%	2%
9.00	165,222	0.114	4%	4%
10.00	217,546	0.150	4%	4%
11.00	279,022	0.192	4%	4%
12.00	350,198	0.241	4%	4%
13.00	431,605	0.297	3%	3%
14.00	523,755	0.361	2%	2%
15.00	627,148	0.432	1%	1%
16.00	742,267	0.512	0%	0%
17.00	869,584	0.599	-1%	1%
18.00	1,009,560	0.696	-2%	2%
19.00	1,162,645	0.801	-3%	3%
20.00	1,329,280	0.916	-3%	3%
21.00	1,509,896	1.041	-4%	4%
		Erro Médio	0%	3%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
Y_m	21
V_m	1,450,840

A_m	170,240
M	2.464117339

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	801	0.001		
2.00	4,419	0.003		
3.00	12,000	0.008		
4.00	24,382	0.017	-28%	28%
5.00	42,253	0.029	-22%	22%
6.00	66,217	0.046	-18%	18%
7.00	96,814	0.067	-14%	14%
8.00	134,535	0.093	-9%	9%
9.00	179,838	0.124	-5%	5%
10.00	233,149	0.161	-3%	3%
11.00	294,869	0.203	-1%	1%
12.00	365,380	0.252	0%	0%
13.00	445,044	0.307	0%	0%
14.00	534,208	0.368	0%	0%
15.00	633,203	0.436	0%	0%
16.00	742,350	0.512	0%	0%
17.00	861,959	0.594	0%	0%
18.00	992,327	0.684	0%	0%
19.00	1,133,744	0.781	0%	0%
20.00	1,286,491	0.887	0%	0%
21.00	1,450,840	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-6%	6%

Apêndice G

Barragem	AÇUDE LAGOA DO MATIAS
----------	-----------------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
322.00	0	0	0.00	0.000	0.000
323.00	42,280	14,033	1.00	0.077	0.005
324.00	60,080	65,013	2.00	0.154	0.024
325.00	94,520	141,665	3.00	0.231	0.053
326.00	108,200	242,948	4.00	0.308	0.091
327.00	151,640	372,258	5.00	0.385	0.140
328.00	177,600	536,707	6.00	0.462	0.201
329.00	223,040	736,596	7.00	0.538	0.276
330.00	255,280	975,575	8.00	0.615	0.366
331.00	273,440	1,239,883	9.00	0.692	0.465
332.00	318,680	1,535,654	10.00	0.769	0.576
333.00	344,800	1,867,309	11.00	0.846	0.700
334.00	404,960	2,241,786	12.00	0.923	0.841
335.00	443,600	2,665,919	13.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	443,600	2,665,919	13		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	16430.13462
b	-11096.51484
c	13489.18571

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	13,489	0.005		
1.00	18,823	0.007		
2.00	57,017	0.021		
3.00	128,071	0.048		
4.00	231,985	0.087	5%	5%
5.00	368,760	0.138	1%	1%
6.00	538,395	0.202	0%	0%
7.00	740,890	0.278	-1%	1%
8.00	976,246	0.366	0%	0%
9.00	1,244,461	0.467	0%	0%
10.00	1,545,537	0.580	-1%	1%
11.00	1,879,474	0.705	-1%	1%
12.00	2,246,270	0.843	0%	0%
13.00	2,645,927	0.993	1%	1%
		Erro Médio	0%	1%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	175.5251954
b	13007.39331
c	6052.296755
d	-1570.87605

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	-1,571	-0.001		
1.00	17,664	0.007		
2.00	63,967	0.024		
3.00	138,392	0.052		
4.00	241,990	0.091	0%	0%
5.00	375,816	0.141	-1%	1%
6.00	540,923	0.203	-1%	1%
7.00	738,363	0.277	0%	0%
8.00	969,190	0.364	1%	1%
9.00	1,234,457	0.463	0%	0%
10.00	1,535,217	0.576	0%	0%
11.00	1,872,523	0.702	0%	0%
12.00	2,247,429	0.843	0%	0%
13.00	2,660,987	0.998	0%	0%
		Erro Médio	0%	0%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	9.549166978

2	0.693147181	11.08234253
3	1.098612289	11.86122039
4	1.386294361	12.40060271
5	1.609437912	12.82734244
6	1.791759469	13.1932076
7	1.945910149	13.50979485
8	2.079441542	13.79078232
9	2.197224577	14.03052758
10	2.302585093	14.24446691
11	2.397895273	14.44000891
12	2.48490665	14.62278343
13	2.564949357	14.7960594

Formato da equação:	K.H α
α	2.03895509
K	14081.32028

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	14,081	0.005		
2.00	57,867	0.022		
3.00	132,273	0.050		
4.00	237,803	0.089	2%	2%
5.00	374,811	0.141	-1%	1%
6.00	543,574	0.204	-1%	1%
7.00	744,321	0.279	-1%	1%
8.00	977,245	0.367	0%	0%
9.00	1,242,513	0.466	0%	0%
10.00	1,540,276	0.578	0%	0%
11.00	1,870,666	0.702	0%	0%
12.00	2,233,806	0.838	0%	0%
13.00	2,629,807	0.986	1%	1%
		Erro Médio	0%	1%

5)

Método Habili

Formato da equação:	V _m .pM
y _m	13
V _m	2,665,919
A _m	443,600
M	2.163156495

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	10,380	0.004		
2.00	46,493	0.017		
3.00	111,764	0.042		
4.00	208,240	0.078	14%	14%
5.00	337,439	0.127	9%	9%
6.00	500,583	0.188	7%	7%
7.00	698,703	0.262	5%	5%
8.00	932,692	0.350	4%	4%
9.00	1,203,342	0.451	3%	3%
10.00	1,511,366	0.567	2%	2%
11.00	1,857,413	0.697	1%	1%
12.00	2,242,080	0.841	0%	0%
13.00	2,665,919	1.000	0%	0%
		Erro Médio	4%	4%

Apêndice H

Barragem	AÇUDE OLHO D'ÁGUA
----------	-------------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
82.00	400	0	0.00	0.000	0.000
83.00	1,740	1,080	1.00	0.091	0.001
84.00	4,390	4,155	2.00	0.182	0.004
85.00	8,000	10,350	3.00	0.273	0.010
86.00	18,410	23,555	4.00	0.364	0.024
87.00	36,760	51,140	5.00	0.455	0.051
88.00	75,450	107,245	6.00	0.545	0.108
89.00	120,050	204,995	7.00	0.636	0.206
90.00	163,800	346,970	8.00	0.727	0.349
91.00	198,440	528,090	9.00	0.818	0.531
92.00	230,370	742,595	10.00	0.909	0.747
93.00	272,630	994,195	11.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	272,630	994,195	11		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x ² + b.x + c
a	13875.86913
b	-70253.96603
c	52495.16484

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	52,495	0.053		
1.00	-3,883	-0.004		
2.00	-32,509	-0.033		
3.00	-33,384	-0.034		
4.00	-6,507	-0.007	128%	128%
5.00	48,122	0.048	6%	6%
6.00	130,503	0.131	-22%	22%
7.00	240,635	0.242	-17%	17%
8.00	378,519	0.381	-9%	9%
9.00	544,155	0.547	-3%	3%
10.00	737,542	0.742	1%	1%
11.00	958,682	0.964	4%	4%
		Erro Médio	11%	24%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x ³ + b.x ² + c.x + d
a	948.6739187
b	-1777.250527
c	-4321.128686
d	5535.805861

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	5,536	0.006		
1.00	386	0.000		
2.00	-2,626	-0.003		
3.00	2,191	0.002		
4.00	20,530	0.021	13%	13%
5.00	58,083	0.058	-14%	14%
6.00	120,542	0.121	-12%	12%
7.00	213,598	0.215	-4%	4%
8.00	342,944	0.345	1%	1%
9.00	514,272	0.517	3%	3%
10.00	733,273	0.738	1%	1%
11.00	1,005,641	1.012	-1%	1%
		Erro Médio	-2%	6%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	6.98471632
2	0.693147181	8.332067707
3	1.098612289	9.244741799
4	1.386294361	10.06709339
5	1.609437912	10.84232225
6	1.791759469	11.58287122
7	1.945910149	12.23074087

8	2.079441542	12.7569936
9	2.197224577	13.177022
10	2.302585093	13.51790609
11	2.397895273	13.80968864

Formato da equação:	K.Hα
α	3.785946876
K	123.1209325

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	123	0.000		
2.00	1,698	0.002		
3.00	7,883	0.008		
4.00	23,426	0.024	1%	1%
5.00	54,525	0.055	-7%	7%
6.00	108,735	0.109	-1%	1%
7.00	194,907	0.196	5%	5%
8.00	323,134	0.325	7%	7%
9.00	504,712	0.508	4%	4%
10.00	752,106	0.756	-1%	1%
11.00	1,078,920	1.085	-9%	9%
		Erro Médio	0%	4%

5) **Método Habili**

Formato da equação:	Vm.pM
Y_m	11
V_m	994,195
A_m	272,630
M	3.016440437

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	718	0.001		
2.00	5,810	0.006		
3.00	19,742	0.020		
4.00	47,017	0.047	-100%	100%
5.00	92,167	0.093	-80%	80%
6.00	159,742	0.161	-49%	49%
7.00	254,308	0.256	-24%	24%
8.00	380,443	0.383	-10%	10%
9.00	542,736	0.546	-3%	3%
10.00	745,784	0.750	0%	0%
11.00	994,195	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-33%	33%

Apêndice I

Barragem	AÇUDE SÃO BRAZ
----------	----------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
92.00	0	0	0.00	0.000	0.000
93.00	2,000	1,000	1.00	0.091	0.001
94.00	4,800	4,400	2.00	0.182	0.003
95.00	12,400	13,000	3.00	0.273	0.010
96.00	26,000	32,200	4.00	0.364	0.025
97.00	64,000	77,200	5.00	0.455	0.060
98.00	106,000	162,200	6.00	0.545	0.127
99.00	158,000	294,200	7.00	0.636	0.230
100.00	205,200	475,800	8.00	0.727	0.372
101.00	257,200	707,000	9.00	0.818	0.552
101.50	273,200	839,600	9.50	0.864	0.656
102.00	288,000	979,900	10.00	0.909	0.765
103.00	312,800	1,280,300	11.00	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	312,800	1,280,300	11		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	17355.70016
b	-82542.06167
c	57722.2644

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	57,722	0.045		
1.00	-7,464	-0.006		
2.00	-37,939	-0.030		
3.00	-33,703	-0.026		
4.00	5,245	0.004	84%	84%
5.00	78,904	0.062	-2%	2%
6.00	187,275	0.146	-15%	15%
7.00	330,357	0.258	-12%	12%
8.00	508,151	0.397	-7%	7%
9.00	720,655	0.563	-2%	2%
9.50	839,925	0.656	0%	0%
10.00	967,872	0.756	1%	1%
11.00	1,249,799	0.976	2%	2%
		Erro Médio	5%	14%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	931.5429187
b	2034.79843
c	-17891.8622
d	11377.26675

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	11,377	0.009		
1.00	-3,548	-0.003		
2.00	-8,815	-0.007		
3.00	1,167	0.001		
4.00	31,985	0.025	1%	1%
5.00	89,231	0.070	-16%	16%
6.00	178,492	0.139	-10%	10%
7.00	305,359	0.239	-4%	4%
8.00	475,419	0.371	0%	0%
9.00	694,264	0.542	2%	2%
9.50	823,727	0.643	2%	2%
10.00	967,481	0.756	1%	1%
11.00	1,300,661	1.016	-2%	2%
		Erro Médio	-3%	4%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	6.907755279
2	0.693147181	8.38935982
3	1.098612289	9.472704636
4	1.386294361	10.37972173

5	1.609437912	11.25415474
6	1.791759469	11.99658542
7	1.945910149	12.59201509
8	2.079441542	13.07275288
9	2.197224577	13.46878594
9.5	2.251291799	13.64068087
10	2.302585093	13.7952058
11	2.397895273	14.06260498

Formato da equação:	K.H α
α	3.6763554
K	212.4509286

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	212	0.000		
2.00	2,716	0.002		
3.00	12,059	0.009		
4.00	34,725	0.027	-8%	8%
5.00	78,872	0.062	-2%	2%
6.00	154,177	0.120	5%	5%
7.00	271,731	0.212	8%	8%
8.00	443,954	0.347	7%	7%
9.00	684,531	0.535	3%	3%
9.50	835,061	0.652	1%	1%
10.00	1,008,356	0.788	-3%	3%
11.00	1,431,490	1.118	-12%	12%
		Erro Médio	0%	5%

5)	Método Habili
----	---------------

Formato da equação:	Vm.pM
y _m	11
V _m	1,280,300
A _m	312,800
M	2.687495118

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	2,035	0.002		
2.00	13,110	0.010		
3.00	38,979	0.030		
4.00	84,451	0.066	-162%	162%
5.00	153,834	0.120	-99%	99%
6.00	251,103	0.196	-55%	55%
7.00	379,989	0.297	-29%	29%
8.00	544,031	0.425	-14%	14%
9.00	746,614	0.583	-6%	6%
9.50	863,379	0.674	-3%	3%
10.00	990,990	0.774	-1%	1%
11.00	1,280,300	1.000	0%	0%
		Erro Médio	-41%	41%

Apêndice J

Barragem	AÇUDE SÃO PEDRO
----------	-----------------

1)	Valores Observados
----	--------------------

Cota(m _o)	Área Superficial (m _o ²)	Volume Acumulado (m _o ³)	Profundidade (m)	Profundidade Relativa (p)	Volume Relativo Observado (v _o)
88.00	12,813	0	0.00	0.000	0.000
89.00	26,297	19,554	1.00	0.090	0.005
90.00	55,208	60,280	2.00	0.179	0.015
91.00	101,235	138,501	3.00	0.269	0.035
92.00	146,976	262,607	4.00	0.359	0.067
93.00	199,501	435,844	5.00	0.448	0.110
94.00	261,909	666,550	6.00	0.538	0.169
95.00	368,019	981,514	7.00	0.628	0.249
96.00	579,601	1,455,324	8.00	0.717	0.369
97.00	730,250	2,110,250	9.00	0.807	0.535
98.00	827,491	2,889,120	10.00	0.897	0.732
99.00	977,386	3,791,559	11.00	0.987	0.961
99.15	1,075,125	3,945,497	11.15	1.000	1.000
VALORES MÁXIMOS	1,075,125	3,945,497	11.15		

2)	Método polinomial 2 ° grau (ps)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x2 + b.x + c
a	47007.16374
b	-195092.2475
c	167561.0213

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	167,561	0.042		
1.00	19,476	0.005		
2.00	-34,595	-0.009		
3.00	5,349	0.001		
4.00	139,307	0.035	47%	47%
5.00	367,279	0.093	16%	16%
6.00	689,265	0.175	-3%	3%
7.00	1,105,266	0.280	-13%	13%
8.00	1,615,282	0.409	-11%	11%
9.00	2,219,311	0.562	-5%	5%
10.00	2,917,355	0.739	-1%	1%
11.00	3,709,413	0.940	2%	2%
11.15	3,836,331	0.972	3%	3%
		Erro Médio	4%	11%

3)	Método polinomial 3 ° grau (pt)
----	---------------------------------

Formato da equação:	a.x3 + b.x2 + c.x + d
a	3212.789819
b	-7811.523108
c	43316.05458
d	-8455.687203

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m _{ps} ³)	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	-8,456	-0.002		
1.00	30,262	0.008		
2.00	72,633	0.018		
3.00	137,934	0.035		
4.00	245,443	0.062	7%	7%
5.00	414,435	0.105	5%	5%
6.00	664,188	0.168	0%	0%
7.00	1,013,979	0.257	-3%	3%
8.00	1,483,084	0.376	-2%	2%
9.00	2,090,779	0.530	1%	1%
10.00	2,856,342	0.724	1%	1%
11.00	3,799,050	0.963	0%	0%
11.15	3,956,926	1.003	0%	0%
		Erro Médio	1%	2%

4)	Método SUDENE
----	---------------

Profundidade (m)	Ln(Profundidade) = X	Ln(VAcumulado) = Y
0		
1	0	9.880935148
2	0.693147181	11.00675151
3	1.098612289	11.83863355
4	1.386294361	12.47841199

5	1.609437912	12.98504058
6	1.791759469	13.40987043
7	1.945910149	13.79685156
8	2.079441542	14.19073911
9	2.197224577	14.56231684
10	2.302585093	14.87646258
11	2.397895273	15.14828776
11.15	2.411439498	15.18808549

Formato da equação:	K.H α
α	2.689758493
K	5737.044757

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0		
1.00	5,737	0.001		
2.00	37,016	0.009		
3.00	110,161	0.028		
4.00	238,827	0.061	9%	9%
5.00	435,260	0.110	0%	0%
6.00	710,767	0.180	-7%	7%
7.00	1,075,964	0.273	-10%	10%
8.00	1,540,927	0.391	-6%	6%
9.00	2,115,291	0.536	0%	0%
10.00	2,808,321	0.712	3%	3%
11.00	3,628,967	0.920	4%	4%
11.15	3,763,611	0.954	5%	5%
		Erro Médio	0%	5%

5)

Método Habili

Formato da equação:	Vm.pM
y _m	11.15
V _m	3,945,497
A _m	1,075,125
M	3.038309627

Profundidade (m)	Volume Acumulado (m ³ _{ps})	Volume Relativo (v _{ps})	Erro	Erro Quadrado
0.00	0	0.000		
1.00	2,595	0.001		
2.00	21,320	0.005		
3.00	73,080	0.019		
4.00	175,146	0.044	33%	33%
5.00	345,020	0.087	21%	21%
6.00	600,373	0.152	10%	10%
7.00	959,016	0.243	2%	2%
8.00	1,438,876	0.365	1%	1%
9.00	2,057,977	0.522	2%	2%
10.00	2,834,432	0.718	2%	2%
11.00	3,786,429	0.960	0%	0%
11.15	3,945,497	1.000	0%	0%
		Erro Médio	8%	8%

