



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
CURSO DE AGRONOMIA

**Estimativa de volume de água em açude rural utilizando Geotecnologias**

TÁSSIO ROGÉRIO BORJA CAMPOS

**AREIA - PB**

## **Estimativa de volume de água em açude rural utilizando Geotecnologias**

TÁSSIO ROGÉRIO BORJA CAMPOS

TÁSSIO ROGÉRIO BORJA CAMPOS

**Estimativa de volume de água em açude rural utilizando Geotecnologias**

Trabalho de graduação apresentado ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino

**AREIA – PB**

TÁSSIO ROGÉRIO BORJA CAMPOS

**Estimativa de volume de água em açude rural utilizando Geotecnologias**

MONOGRAFIA APROVADA EM: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino - Orientador  
UFPB/CCA

---

Dra. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo  
DSER/CCA

---

Dr. Ricardo da Cunha Correia Lima  
INSA

**AREIA – PB**

## DEDICATÓRIA

A DEUS por me dar força, coragem, fé e bênçãos para seguir dia após dia e concluir mais uma fase da minha vida.

A SANTA LUZIA por abençoar minha visão, fazer com que eu possa ver o mundo com meus olhos.

Aos meus pais JOSE ROGÉRIO BORJA GONÇALVES e MARIA DO SOCORRO CAMPOS PEREIRA, por terem me incentivado a continuar meus estudos e ter dado condições para chegar até aqui.

A minha Irmã TÂMARA ROGÉRIA BORJA CAMPOS, por estar sempre me incentivado e me apoiando em todos os momentos.

A minha namorada SABRINA CRUZ DE SOUZA por ser minha companheira e me incentivar nesta jornada.

Aos meus familiares por sempre me apoiarem e incentivarem.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente por me acompanhar na minha caminhada me dando forças e guiando-me.

A minha mãe e ao meu pai, por serem a base da minha educação e sempre me darem força e condições para seguir sempre.

A meu orientador Professor Guttemberg da Silva Silvino por ter me orientado e ajudado não apenas neste trabalho, mas durante o curso.

Ao Instituto Nacional do Semiárido por ter aceitado a e fornecido equipamentos para realização do trabalho em sua propriedade.

A Ticiano por sempre estar de dentro do trabalho com paciência, e com empenho para que tudo ocorresse como planejado.

A IZABELLY PONTES por ser minha companheira de viagem e por fazer parte deste trabalho.

A Cristina por me ajudar sempre que precisei no laboratório e nas atividades.

A instituição UFPB, em especial o CCA, por terem me acolhido e com ajuda dos professores terem contribuído com meus conhecimentos científico e de vida.

A meu primo Cleriston, e meus amigos Leandro Almeida, Artur Felipe, Luiz Postimo, Normand, Matheus Borba e demais que durante essa jornada formamos uma verdadeira equipe, Castelinho 2.

Aos meus amigos e colegas da turma Agronomia 2013.1.

## Sumário

LISTA DE SIGLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	14
2.2 BARRAGENS AGRÍCOLAS.....	16
2.3 IMPORTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....	17
2.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS.....	18
2.5 RECEPTORES GPS/GNSS .....	20
2.6 POSICIONAMENTO .....	21
2.7 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO – SGB .....	22
2.8 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS – RBMC .....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
3.1 Localização da Área de Estudo.....	25
3.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	25
3.2.1 Implantação da base GPS .....	25
3.2.2 Coleta de dados para geração do contorno do reservatório .....	27
3.2.3 Coleta de dados para geração das curvas de nível .....	27
3.3 Atividades de Laboratório .....	28
3.3.1 Processamento dos dados do GPS – BASE .....	28
3.3.2 Geração das isolinhas e cálculo do volume .....	29
3.4 Métodos empíricos para cálculo do volume de água armazenada .....	29
3.4.1 Molle (1994).....	29
3.4.2 Kieling.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Estimativa de água armazenada .....	31
4.2 Comparação do volume de água armazenada no Açude Preto .....	34
5 CONCLUSÃO .....	36
6 REFERÊNCIAS.....	37

## **LISTA DE SIGLAS**

CCA – Centro de Ciências Agrárias;

DGPS – Differential GPS;

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas;

GNSS – Global Navigation Satellite Systems;

GPS - Global Positioning System;

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística;

IGS – International GPS Service for Geodynamics;

ITRF – International Terrestrial Reference Frame;

INSA – Instituto Nacional Do Semiárido;

NAVSTAR/GPS – NAVigation System with Time And Ranging/Global Positioning System;

RBMC – Rede Brasileira De Monitoramento Contínuo dos sistemas GNSS;

RGB – Redes Geodésicas Brasileiras

RTK – REAL TIME KINEMATIC;

SIGs – Sistema de informações geográficas;

SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro;

UFPB – Universidade Federal Da Paraíba;

UTM - Universal Transverse Mercator.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de bacia hidrográfica delimitada na carta topográfica. ....	15
Figura 2. Distribuição de demanda do uso da água segundo diversos usos. ....	15
Figura 3. Planta e perfil transversal de uma barragem, a isolinha de 0m corresponde a barragem. ....	16
Figura 4. Açude de terra. ....	18
Figura 5. Posicionamento RTK. ....	22
Figura 6. Estações SIRGAS 2000. ....	23
Figura 7. Estações geodésicas da RBMC. ....	24
Figura 8. Localização Geográfica do Açude Preto. ....	25
Figura 9. GPS Trimble R4 L1/L2 coletando dados para ponto baseINSA. ....	26
Figura 10. A) receptor GPS/GNSS RTK Trimble R4, B)Nível Topográfico. ....	27
Figura 11. Coleta dos pontos internos da bacia hidráulica para geração das curvas de nível. ....	28
Figura 12. Pontos do levantamento processados para baseINSA. ....	29
Figura 13. Mapa de Isolinhas de Profundidade ....	33
Figura 14. Gráfico representa curva Cota X Área. ....	33
Figura 15. Gráfico representa curva Cota X Volume. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficiente de escoamento superficial em função das características físicas da bacia hidrográfica. ....	14
Tabela 2. Dados técnicos do Açude Preto. ....	31
Tabela 3. Classificação de reservatórios de acordo com a área do espelho d'água e volume de água. ....	31
Tabela 4. Tabela Cota X Área X Volume. ....	32
Tabela 5. Tabela Cota x Área x Volume comparativa. ....	34

CAMPOS, Tássio Rogério Borja. **ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA EM AÇUDE RURAL UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**. Areia – PB, 2018. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

## **RESUMO**

O conhecimento da capacidade do volume de água armazenada no açude é imprescindível para o manejo da água. Para quantificar o valor do volume hídrico de reservatórios já construídos ou o modelamento de superfície submersas, são utilizadas técnicas de levantamento batimétrico com uso de GPS e Ecobatímetro, quando os reservatórios estão cheios. O objetivo deste trabalho foi testar o receptor GNSS RTK aliado a geotecnologias como método para determinação de volume do açude rural, comparando-se o resultado com métodos tradicionais. A área de estudo corresponde à bacia hidráulica do açude Preto, estando localizada na fazenda experimental do Instituto Nacional do Semiárido, no município de Campina Grande – PB. A pesquisa foi realizada em duas etapas, a primeira correspondeu ao levantamento de campo, onde a partir de um RN realizou-se a coleta de dados para geração do perímetro, bem como no interior do açude utilizando o equipamento GPS/GNSS Trimble R4 L1 L2 RTK, a segunda etapa correspondeu ao processamento dos dados em laboratório utilizando ferramentas de geoprocessamento, suporte computacional físico e lógico. A metodologia utilizada no trabalho proporcionou a obtenção dos dados necessários para geração de mapa de Isolinhas do açude Preto, bem como a Tabela Cota x Área x Volume, primordial para o seu monitoramento. As metodologias tradicionais superestimaram o volume do açude Preto em 40,74% e 17,29% de acordo com as equações propostas por Kelling (1991) e Molle (1994) respectivamente, tomando como valor real o volume de 191.973,51 m<sup>3</sup> obtido pela metodologia proposta pelo trabalho.

**Palavras-chave:** açude, semiárida, manejo, GPS, GNSS RTK.

CAMPOS, Tássio Rogério Borja. **ESTIMATION OF VOLUME WATER RURAL WEIR USING GEOTECHNOLOGIES**. Areia - PB, 2018. 39p. Work Completion of course (Graduation in Agronomy) - Federal University of Paraiba.

#### **ABSTRACT**

Knowledge of the capacity of the volume of water stored in the pond is essential for water management. In order to quantify the value of the water volume of already constructed reservoirs or the submerged surface modeling, bathymetric survey techniques are used with GPS and Ecobatímetro when the reservoirs are full. The objective of this work was to test the RTK GNSS receiver coupled to geotechnologies as a method to determine the volume of the rural reservoir, comparing the results with traditional methods. The study area corresponds to the hydraulic basin of the Preto reservoir, being located in the experimental farm of the National Semiarid Institute, in the city of Campina Grande - PB. The research was carried out in two stages, the first one corresponded to the field survey, where from an RN the data was collected to generate the perimeter, as well as inside the dam using the GPS / GNSS equipment Trimble R4 L1 L2 RTK, the second step corresponded to the processing of data in the laboratory using geoprocessing tools, physical and logical computational support. The methodology used in the work provided the necessary data to generate Isolinhas map of the Preto reservoir, as well as the Table x Area x Volume, primordial for its monitoring. The traditional methodologies overestimated the volume of the Black weir by 40.74% and 17.29% according to the equations proposed by Kelling (1991) and Molle (1994) respectively, taking as real value the volume of 191,973.51 m<sup>3</sup> obtained by methodology proposed by the work.

**Keywords:** weir, semi-arid, management, GPS, GNSS RTK.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, onde praticamente todos os reservatórios têm menos de um século de construção, as políticas atuais consideram relevante a informação do volume útil dos reservatórios. Em inúmeras situações de pesquisas como planejamento rural e urbano, investimentos na geração de energia hidrelétrica, fornecimento de água, para o consumo humano, irrigação e controle de cheias, necessita-se saber o volume dos reservatórios já construídos, aqueles que não tiveram projeto e planejamento na execução de suas obras, sendo hoje objetos de mensuração de seus volumes.

Os açudes são reservatórios de água que constituem uma reserva palpável e oferta água a comunidades, algumas que não teriam condições de existir caso não houvesse um açude em sua localidade. Os açudes então têm uma forte importância social e econômica (Molle e Cadier, 1992).

No semiárido brasileiro, região que sofre por longos períodos de estiagem, os açudes foram construídos visando principalmente o abastecimento das populações e dos rebanhos nos períodos em que a falta de água assola a região. Além de proporcionar em suas margens o cultivo de hortas para subsistência do agricultor.

O conhecimento da capacidade do volume de água armazenada no açude é imprescindível para o manejo da água, haja vista que na região uma maior perda de água por evaporação, e o subdimensionamento aliado a condições de utilizações excessivas pode ocorrer à falta d'água em momentos mais críticos.

Vários são os métodos para determinação do volume dos reservatórios já construídos um deles utiliza o levantamento batimétrico com uso de GPS e Ecobatímetro, quando os reservatórios estão cheios. Já quando os açudes estão secos, utilizam-se técnicas convencionais e automatizadas, com uso de Estação Total.

Segundo Molle e Cadier (1992) para uma determinada profundidade, o volume armazenado varia muito segundo o açude: para ilustrar a variabilidade das situações encontradas na prática, vale lembrar que, num estudo que foi realizado sobre uma amostragem de 416 açudes, o volume desses reservatórios, para uma mesma profundidade de 4 m, variava numa gama de menos de 25.000 m<sup>3</sup> a mais de 500.000 m<sup>3</sup>, ou seja numa razão de 1 a 20. Isto se deve ao fato que alguns

açudes são encaixados (e represam menos água), geralmente situados em zonas de relevo ondulado ou acidentado, enquanto outros são "abertos" e encontrados de preferência em áreas de relevo plano e suave, com isso se relaciona a área do espelho d'água com a profundidade máxima.

Diante disso, se faz necessário buscar novos métodos que possam tornar o levantamento dos açudes secos mais práticos. A tecnologia GPS (Global Positioning System) proporciona a obtenção de dados precisos, tornando a realização dos trabalhos geodésicos e topográficos de maneira mais rápida, precisa e econômica. Tais vantagens vêm melhorando cada vez mais, na medida em que os equipamentos, os métodos de observação e as técnicas de processamento evoluem. É nesse contexto que se insere a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, desempenhando justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi testar o receptor GNSS RTK aliado a geotecnologias como método para determinação de volume do açude rural, comparando-se o resultado com métodos tradicionais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos, são as águas superficiais e subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso numa determinada região ou bacia hidrográfica, (TUCCI, 2001).

De acordo com Robaina (2007), dentre os principais elementos de uma bacia hidrográfica, que é a área delimitada por divisores de água, existem as nascentes em altitudes mais elevadas e o exutório, situado em altitudes mais baixas e onde passa todo o escoamento superficial da bacia. Na Tabela 1, apresenta-se um exemplo que ilustra a variação do escoamento superficial de acordo com a declividade do terreno, o tipo de solo e a forma de ocupação da bacia hidrográfica.

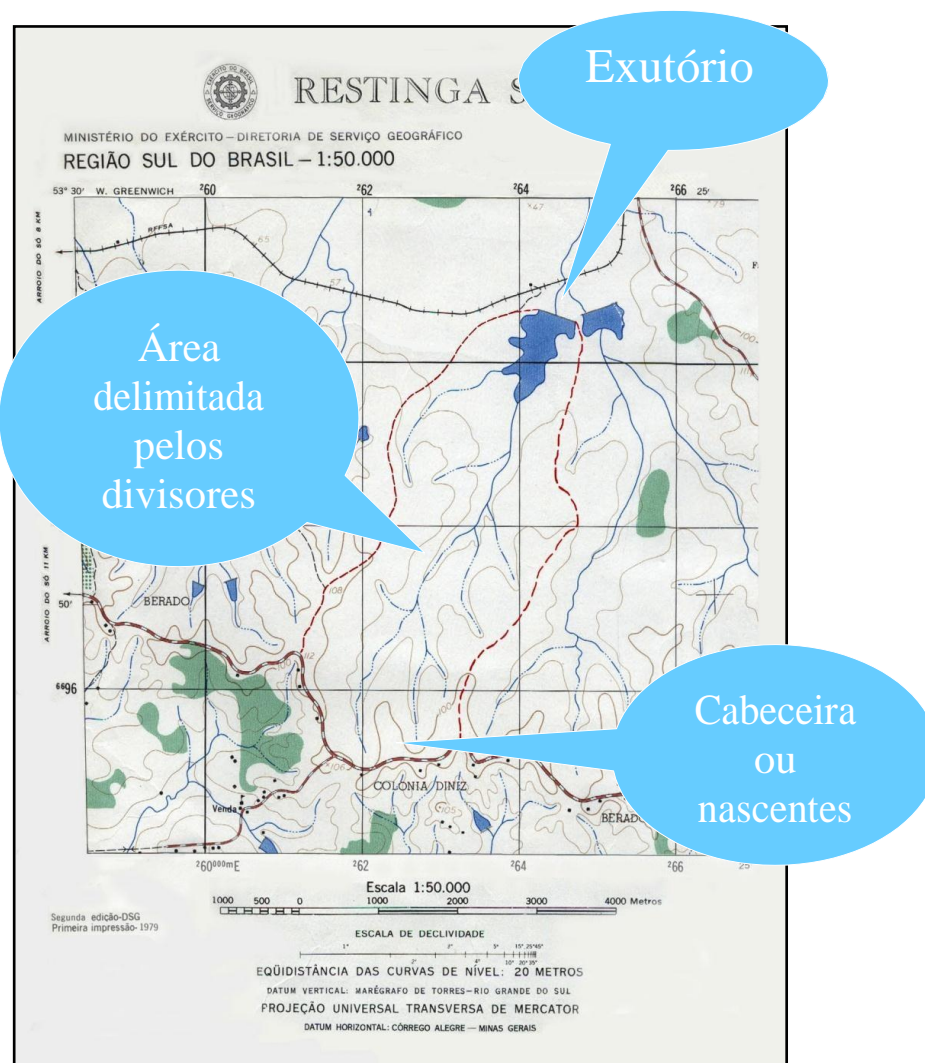
**Tabela 1.** Coeficiente de escoamento superficial em função das características físicas da bacia hidrográfica.

Declividade (%)	Cobertura	Arenoso	Solo Franco	Argiloso
0-5	Floresta	0,10	0,30	0,40
5-10	Floresta	0,25	0,35	0,50
10-30	Floresta	0,30	0,50	0,60
0-5	Pastagem	0,10	0,30	0,40
5-10	Pastagem	0,15	0,35	0,55
10-30	Pastagem	0,20	0,40	0,60
0-5	Cultivos	0,30	0,50	0,60
5-10	Cultivos	0,40	0,60	0,70
10-30	Cultivos	0,50	0,70	0,80

**Fonte:** Robaina (2007).

De acordo com os valores do coeficiente de escoamento superficial, que constam na Tabela 1, pode-se destacar a importância da cobertura vegetal sobre o escoamento das águas, fato que pode ser observado pelos problemas atuais causados pelo desmatamento.

Na Figura 1 mostra-se a delimitação da área de uma bacia hidrográfica escolhida aleatoriamente visando exemplificar as características principais de limites topográficos como divisor d'água; físicos, tais como nascentes e exutório do reservatório.

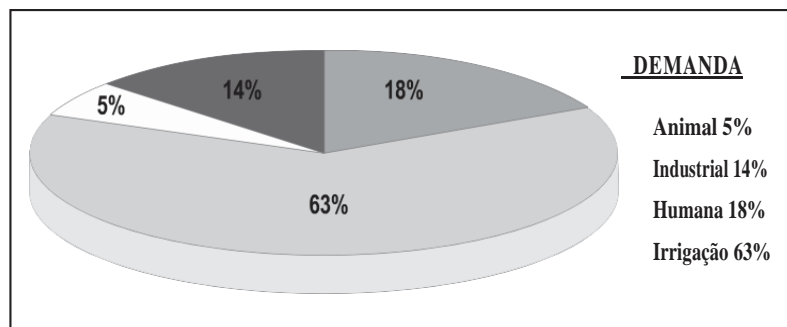


**Figura 1.** Exemplo de bacia hidrográfica delimitada na carta topográfica.

Dentre os usos da água, proporcionados pelos reservatórios, pode-se destacar o abastecimento doméstico, o abastecimento industrial, a geração de energia, o controle de enchentes, a recreação e a irrigação.

Na Figura 2 mostra-se a distribuição da demanda do uso da água dentre os diversos usos, onde pode-ser vista a magnitude da água utilizada em irrigação. Devido ao maior uso hídrico para irrigação, compreende cuidados de

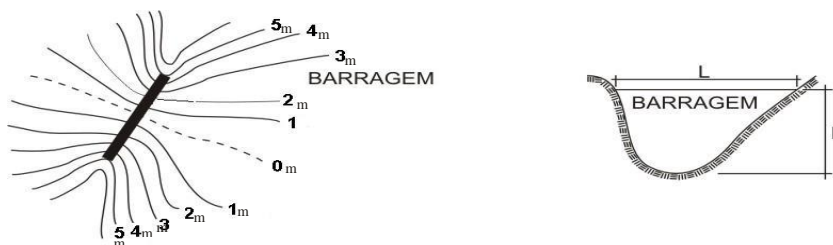
ordem legal, técnica e ambiental sobre o uso racional desse recurso natural e não renovável.



**Figura 2.** Distribuição da demanda do uso da água dentre os diversos usos.

## 2.2 BARRAGENS AGRÍCOLAS

Na Figura 3 ilustra os principais elementos que compõem a formação de um reservatório no qual é feito a partir da construção de barragens, que podem ser definidas como toda obra construída transversalmente ao escoamento de um curso de água (perene ou intermitente). Essas estruturas são construídas em vales com o objetivo de fechá-los transversalmente proporcionando uma elevação do nível da água (HRADILEK et. all. 2002).



**Figura 3.** Planta e perfil transversal de uma barragem, a isolinha de 0m corresponde a barragem.

A Agência Nacional das Águas (ANA), na Resolução nº 91 de 02/04/2012 (BRASIL, 2012), artigo 2º, define barragem como "qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas".

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) considera grande a barragem com altura de 10 a 15 m e que armazena mais de 3.000.000 m<sup>3</sup> em seu reservatório (CIGB, 2007).

Ainda, segundo Robaina (2007), as barragens de terra podem ser classificadas segundo diversos critérios, tais como ao material de construção (concreto simples ou concreto armado, alvenaria de pedras, madeira, aço e de terra), ao comportamento estático da estrutura (barragens em arco, em contrafortes e em perfil de gravidade ou de peso, caso das barragens de terra), à submersão (submersíveis e não submersíveis), à posição da sua crista em relação ao nível do solo (barragens de superfície e subterrâneas) e quanto à finalidade. As barragens são construídas com a finalidade de acumulação (reservação) ou derivação da água para uma determinada aplicação (geração de energia, irrigação).

### **2.3 IMPORTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Segundo Daker (1987), os reservatórios podem ser classificados como represas ou açudes. Os reservatórios são represas quando a barragem é construída num rio perene e são açudes quando o barramento é feito em rio de regime intermitente ou efêmero (captação da água da chuva), o que representa a grande maioria dos casos nas propriedades rurais.

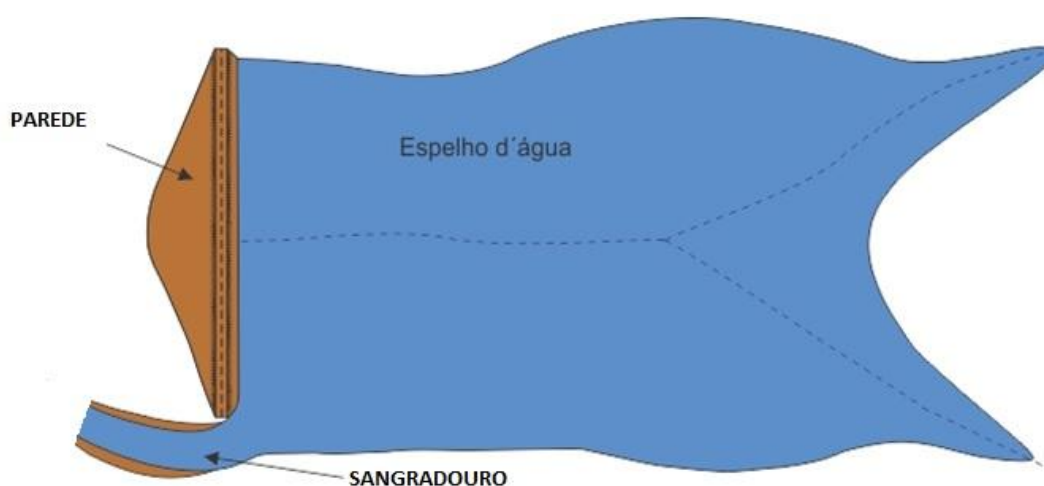
Conforme Robaina (2007), os reservatórios são construídos com a finalidade de acumulação quando a demanda for maior que a oferta de água proporcionada pelo manancial (rio, arroio, nascente) e são construídas com a finalidade de derivação quando a demanda pode ser suprida pelo manancial, mas necessita de elevação do nível da água para alimentar um canal (canal de derivação) que conduz a água para atender um determinado tipo de aproveitamento (irrigação).

Segundo Lopes (2005) açude de terra, Figura 4, é uma estrutura construída em sentido geralmente transversal ao fluxo d'água, de tal forma que permita a formação de um reservatório artificial. Esse reservatório terá a finalidade de acumular água ou elevar o nível do curso d'água. Quando apenas as águas das chuvas serão acumuladas no reservatório, ele é denominado de açude, já os

reservatórios que tem um regime normal de abastecimento são denominados de represas.

Se, por um lado, as barragens de grande porte são construídas para garantir o abastecimento das populações e a implementação de grandes perímetros de irrigação, por outro, os pequenos e médios açudes podem permitir uma produção agrícola de auto-sustentação a nível de pequeno produtor, desde que explorados através de um dimensionamento hídrico adequado e de uma política de manejo racional (Molle e Cadier, 1992).

Sem dúvida, não é exagero afirmar que certas regiões, seriam inviáveis sem os açudes. O crescimento espontâneo e contínuo da pequena açudagem, registrado ao longo dos tempos, constitui a primeira clara demonstração do seu papel essencial e a marca do incansável labor que o sertanejo opõe à adversidade, valendo-se de técnicas outrora rudimentares, mas sempre aprimoradas (Molle e Cadier, 1992).



**Figura 4.** Açude de terra.

#### **2.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS**

Segundo MONICO (2008), atribuir coordenadas nada mais é do que posicionar o GPS, onde um dos primeiros problemas que o ser humano tentou solucionar foi o de determinar posições. Todas as atividades que necessitam de posicionamento são facilitadas com a ajuda do GPS, e em qualquer lugar da terra tem no mínimo quatro satélites a serem rastreados por ele.

De acordo com Teixeira (2010) as técnicas empregadas em posicionamento utilizando receptores GPS podem ser dispostas em três categorias: Pontual, também

chamado Absoluto ou Isolado; Diferencial ou Relativo e Diferencial em Tempo Real que se subdivide em: Differential GPS (DGPS) e Real Time Kinematic (RTK).

De acordo com o trabalho realizado por Teixeira (2010), o posicionamento relativo possibilita refinar a posição do receptor móvel, a partir de correções obtidas de um receptor base (receptor de referência), posicionado num local com coordenadas conhecidas. Para os levantamentos utilizando o posicionamento relativo, a posição do ponto será determinada em relação a outro ponto de coordenadas conhecidas em WGS-84, ou num sistema de referência compatível. O processamento encarregado de refinar (corrigir) as coordenadas do receptor móvel realiza-se posteriormente à coleta (geralmente no escritório), e é chamada de pós-processamento.

De acordo com Santos e Sá (2006) o GPS geodésico pode ser utilizado em levantamento altimétrico apresentando vários benefícios em relação aos métodos tradicionais, como precisão, eficiência e economia. No entanto, esses autores destacam que a adequada utilização do GPS é dependente da disponibilidade de dados que permitem o uso desta técnica, como a rede de GPS com estações de referência com coordenadas geodésicas e altitude ortométrica, e um modelo geoidal de alta precisão.

Para Rodrigues (2003), o sistema GPS pode ser aplicado para gerar posicionamento em tempo-real e fornecer precisões suficientes para os mais diversos usos, utilizando-se de receptores adequados em cada uso. É um sistema economicamente competitivo na maioria dos casos. Estas características permitem vislumbrar o alto potencial desta tecnologia e as ilimitadas possibilidades de aplicações na Geodésia, na navegação e nos mais diferentes tipos de áreas, como por exemplo: Levantamento de controle; levantamento de cadastro; geodinâmica; monitoramento de obras de engenharia (barragens, pontes, edifícios, etc.), navegação de precisão; fotogrametria; sistemas de informação geográfica (SIG); geodésia marinha e glacial.

O Sistema de Posicionamento Global, otimizou os trabalhos de engenharia, garantindo rapidez e precisão em diversos setores produtivos. O primeiro usuário de tecnologia GPS na agricultura brasileira foi à aviação agrícola, a partir de 1995, na fertilização das lavouras (MOLIN, 1998).

## 2.5 RECEPTORES GPS/GNSS

Em geral, os receptores GPS consistem dos mesmos conjuntos de funções, mesmo que suas implementações sejam distintas em diferentes tipos e marcas de receptores (TAYLOR e FRANCIS, 2002).

A antena do receptor GPS é o elemento responsável pela detecção das ondas eletromagnéticas vindas dos satélites, podendo ser considerada um sensor que traduz o sinal do satélite incidente em informações de amplitude e fase. Conforme TRANQUILLA et al. (1989, p. 356), a antena GPS converte a energia da onda em corrente elétrica, amplifica a força do sinal e disponibiliza os sinais ao processador do receptor.

Uma antena GPS deve ser capaz de rejeitar sinais que estão fora da banda de operação do GPS. Assim, o amplificador deve conter filtros distintos para cada frequência L1 e L2. Uma antena amplificada pode conduzir a um aumento de precisão ao permitir o rastreamento da quantidade máxima de satélites do horizonte, e pode ajudar a contornar os problemas de perdas de sinal devido ao movimento do veículo em levantamentos cinemáticos ou perdas de sinal sob vegetação densa.

Roque et al (2006), classifica os receptores GPS quanto ao tipo de dados recebidos da seguinte forma:

- Receptores de Código C/A – mais comumente chamados de receptores de navegação, possuem precisão de posicionamento da ordem de 18 m;
- Receptores L1 – utilizados em georreferenciamento para determinação das coordenadas dos vértices das propriedades e, através de técnicas específicas, transporte de coordenadas; possui precisão absoluta da ordem de 18 m, e, quando utilizado em método relativo, sua precisão pode chegar na ordem do centímetro;
- Receptores L1 e Código C/A – mesma aplicação que os equipamentos anteriores;
- Receptores L1 e L2 – São mais precisos, por utilizarem o sinal das duas portadoras, e, conforme o tempo de rastreamento podem chegar a precisões da ordem do milímetro. Utilizados em georreferenciamento principalmente para transporte de coordenadas;
  - Receptores L1 e L2 mais o código C/A;
  - Receptores L1 e L2 mais os códigos C/A e P – utilizados por usuários autorizados, possibilitam a determinação absoluta de coordenadas precisas.

## 2.6 POSICIONAMENTO

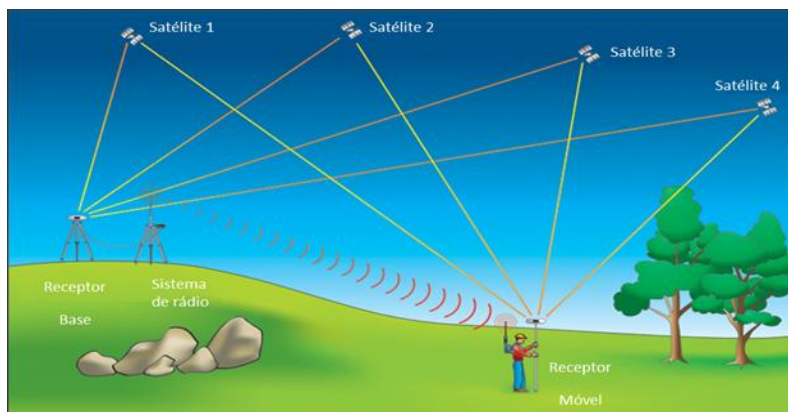
Posicionamento é definido como sendo a posição de objetos com relação a um referencial específico. O método de posicionamento pode ser classificado como absoluto quando as coordenadas de um objeto estão associadas diretamente ao geocentro, e relativo, quando as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. Um complemento a esta classificação refere-se ao deslocamento de um objeto, quando o posicionamento torna-se cinemático e oposição ao objeto em repouso e, desse modo, com posicionamento estático (MONICO, 2000).

Outro conceito importante no geoposicionamento é o conceito de posicionamento em tempo real e o pós-processado. No primeiro caso, a estimativa da posição da estação de interesse ocorre, praticamente, no mesmo instante em que as observações são coletadas. No pós-processado, as posições dos pontos em que dados foram coletados são estimativas num processamento posterior à coleta (HOFMANN-WELLENHOF et al, 1997).

A estação base possui coordenadas conhecidas com as quais se determina o vetor de posição, que representa a posição relativa entre as estações, e dessa forma são obtidas as coordenadas da estação móvel (MONICO, 2000, p. 183).

Segundo Oliveira (2011), a técnica de posicionamento RTK é baseada na solução da portadora dos sinais transmitidos pelos sistemas globais de navegação (Figura 5) por satélites GPS, Glonass e Galileo, este último ainda em fase de implantação. Uma estação de referência provê correções instantâneas para estações móveis.

Ainda segundo Oliveira (2011) a estação base (com coordenadas conhecidas), dotada de um receptor GNSS e um rádio-modem transmissor, retransmite a fase da portadora que ela mediu, e as unidades móveis comparam suas próprias medidas da fase com a recebida da estação de referência. Isto permite que as estações móveis calculem suas posições relativas com precisão milimétrica, ao mesmo tempo em que suas posições relativas absolutas são relacionadas com as coordenadas da estação base.



**Figura 5.** Posicionamento RTK.

## 2.7 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO – SGB

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) foi iniciado na década de 40, e caracteriza-se pelo conjunto de estações que representam o controle horizontal e vertical necessários à localização e representação cartográfica no território brasileiro, seu estabelecimento e manutenção são atribuições do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através de seu Departamento de Geodésia. A materialização do Sistema Geodésico Brasileiro dá-se através das Redes Geodésicas Brasileiras (RGB): Rede Horizontal, Rede Vertical e Rede Tridimensional (Rede Nacional GPS, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC), que são formadas pelos conjuntos de estações e coordenadas geodésicas (IBGE, informativo).

Na década de 70, eram observados os satélites do Sistema TRANSIT. Em fins da década de 80, o IBGE, através do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros (IBGE).

Depois da adoção de diversos países ao seu sistema de referência, foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, realizada em outubro de 1993 em Assunção, Paraguai, o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul). A realização inicial do sistema SIRGAS é composta por 58 estações distribuídas pelo continente Sul Americano, onde onze destas estações estão localizadas no Brasil, sendo que

nove delas coincidem com estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). As coordenadas das estações SIRGAS foram determinadas através de uma campanha GPS realizada em junho de 1995 e referidas ao ITRF (International Terrestrial Reference Frame), época 1995,4 (IBGE, informativo).

No ano 2000 foi realizada a campanha SIRGAS 2000, tendo em vista a manutenção do SIRGAS como “referencial geodésico capaz de atender aos padrões atuais de posicionamento”, além de atender à componente altimétrica do SIRGAS, esta componente surgiu visando a definição e implantação de um sistema altimétrico único para a América do Sul. Nesta campanha também foram reocupadas as estações da campanha de 1995, ocupadas estações próximas aos marégrafos que definem o referencial altimétrico em cada país e ocupadas estações altimétricas próximas às fronteiras entre os países. Esta nova campanha é composta por 184 estações (Figura 6) situadas na América do Sul, América Central e América do Norte, e então o Sistema SIRGAS passou a ser denominado Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (IBGE).



**Figura 6.** Estações SIRGAS 2000.

## **2.8 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS – RBMC**

Segundo o IBGE, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) refere-se ao conjunto de estações geodésicas (Figura 7), equipadas com receptores GNSS (Global Navigation Satellite Systems) de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas.

Ainda segundo o IBGE, a utilização da tecnologia GNSS (Global Navigation Satellite System) provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica. À medida que as técnicas de posicionamento evoluem, diversas aplicações em tempo real e pós-processado têm surgido, tornando o papel da RBMC cada vez mais amplo.

As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outro papel importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS (International GPS Service for Geodynamics), garantindo uma melhor precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro. Cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de Internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a operação contínua da estação (IBGE).

Atualmente, a maioria das estações possui receptores de última geração, os quais dispensam o uso de computadores e a sua comunicação com o CCRBMC (Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) para gerenciamento e transferência de dados é feita através da internet. Uma vez configurados, os receptores transmitem dados diariamente e/ou em tempo real, dependendo da estação (Muguio, 2012).

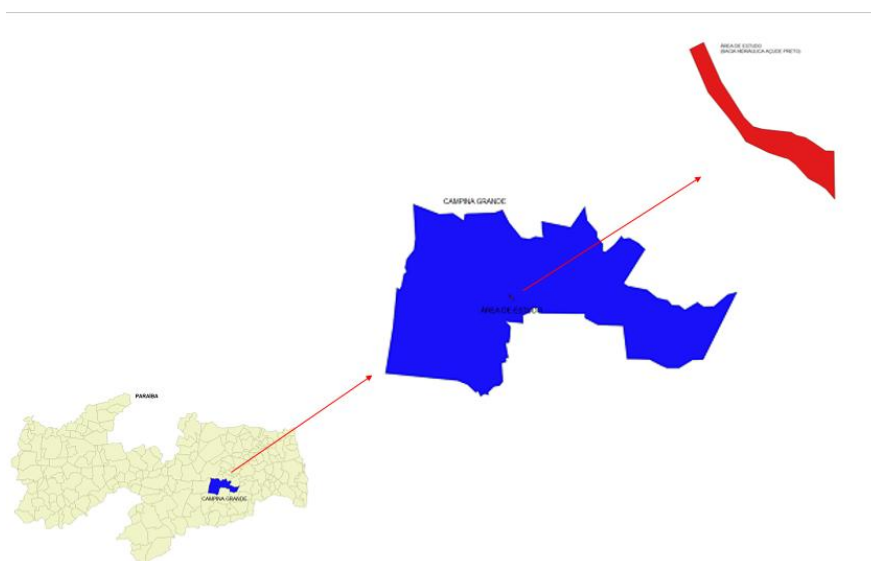


**Figura 7.** Estações geodésicas da RBMC.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da Área de Estudo

O trabalho foi realizado em um açude rural localizado na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido, coordenadas geográficas Latitude Sul 07°16'9.28" e Longitude Oeste 35°58'29.03", no município de Campina Grande, Estado da Paraíba. A Fazenda Experimental (Figura 8) possui área de 600,00 hectares, relevo levemente ondulado, sendo o uso atual constituído por reserva legal, reserva permanente de caatinga hiperxerófila e vários experimentos.



**Figura 8.** Localização Geográfica do Açude Preto.

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo que a primeira corresponde ao levantamento de campo e a segunda corresponde ao processamento dos dados em laboratório utilizando ferramentas de geotecnologias.

#### 3.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO

O trabalho envolveu levantamentos de campo, onde numa primeira ação, foi realizada a coleta de dados para determinação do contorno do espelho d'água do reservatório, bem como dos pontos de profundidades.

##### 3.2.1 Implantação da base GPS

Nesta etapa do trabalho foi realizada a instalação do GPS/GNSS L1\L2, marca Trimble modelo R4, em ponto de base a qual teve seu tempo de rastreamento de

06 horas 07 minutos e 45 segundos, como objetivo de obter o ponto de Referência de Nível (Base) para utilização como referência para o levantamento dos pontos móveis .

A base foi Instalada em ponto estratégico, e nomeado EEInsaBase, no qual ficou definido como RN - Referência de Nível, a antena do GPS foi instalada a 1,778 m, medida do RN até o centro do ressalto amarelo (Figura 9).



**Figura 9.** GPS Trimble R4 L1/L2 coletando dados para ponto baseINSA.

Realizou-se o Pós-processamento dos dados coletados na base GPS tomando como referência a estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo localizada na laje superior do bloco CM pertencente à coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - nas seguintes coordenadas, sistema UTM 178.917,587 m (E), 9.201.606,165 m (N) 25S a uma altitude Elipsoidal de 534,100 m, tornando assim esse ponto conhecido para utilizar a técnica Real Time Kinematic.

Utilizou-se o software Trimble Business Center – TBC<sup>(R)</sup> e as configurações foram realizadas com o Sistema de Coordenadas UTM referido pelo Datum SIRGAS Zona 25S (Anexo I).

As coordenadas do vértice EEInsaBase, foram obtidas com correção através da RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.

### 3.2.2 Coleta de dados para geração do contorno do reservatório

O método utilizado para georreferenciar o espelho d'água do corpo hídrico envolvido neste trabalho foi o método relativo cinemático o qual provê o posicionamento cinemático em tempo real, chamado de Real Time Kinematic, uma técnica que vem evoluindo rapidamente o que permite a obter informações, diretamente no campo, sem a necessidade de pós-processamento e atingir uma posição centimétrica.

Para o levantamento do perímetro foi utilizado um receptor GPS/GNSS RTK de dupla frequência marca Trimble R4 (Figura 10A), e realizou-se conferência dos pontos de altitudes a partir de um nível de engenharia (Figura 10B), onde os dados foram confrontados e conferido.



**Figura 10.** A) receptor GPS/GNSS RTK Trimble R4, B)Nível Topográfico.

### 3.2.3 Coleta de dados para geração das curvas de nível

Nesta fase do trabalho de campo foi realizada a coleta de dados no interior da bacia hidráulica do açude com o objetivo de determinar as Coordenadas X e Y, bem como a altitude. Para geração das curvas de nível foram utilizados os pontos situados abaixo da altitude do contorno do açude, denominados pontos internos.

Para coleta dos pontos internos utilizou-se o GPS Trimble R4 L1 L2 RTK que coletava os pontos de forma automática a cada 1 segundo, essa configuração foi através de sua controladora conectada também por ligação bluetooth. O sistema

RTK corrige o erro instantaneamente devido a antena fixada no receptor GNSS que se comunica com o rádio transmissor, modelo Trimble HPB450, além de possibilitar ao operador visualizar o erro na tela da controladora. Como a área de estudo é relativamente grande, o caminhamento no interior da bacia hidráulica foi realizado com uma motocicleta na qual fixou-se a antena e o controlador do GPS (Figura 11). O caminhamento foi realizado de maneira aleatória cobrindo toda a bacia hidráulica do reservatório.



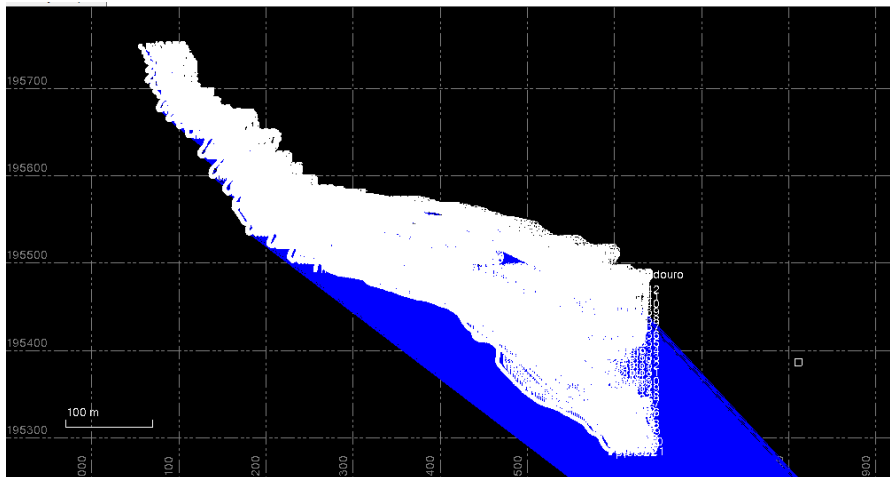
**Figura 11.** Coleta dos pontos internos da bacia hidráulica para geração das curvas de nível.

### **3.3 Atividades de Laboratório**

#### **3.3.1 Processamento dos dados do GPS – BASE**

Após o término do trabalho de campo foi realizada a transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GPS para computador através de cabo de comunicação (USB). O programa utilizado para transferência e processamento dos dados foi o TBC - Trimble Business Center™. Os dados coletados na EEInsaBase (Figura 12) foram corrigidos pela base PBCG da RBMC. Após a correção utilizou-se os dados da EEInsaBase para o processamento dos demais pontos obtidos (Figura

15). Esse procedimento gerou um relatório com dados de longitude, latitude e altitude de cada ponto, exportado no formato XLM, sendo compatível com o programa Microsoft EXCEL.



**Figura 12.** Pontos do levantamento processados para EEInsaBase.

### 3.3.2 Geração das isolinhas e cálculo do volume

Para geração do Modelo Digital do Terreno a partir dos dados do levantamento foi utilizado o Software SURFER vs. 12.0 Demo, no qual realizou-se a consistência e interpolação dos dados pelo método de kriging, pois o resultado do processo de interpolação é o modelo tridimensional do reservatório de onde se extrai outras informações como volume, área, mapa de isolinhas de profundidade e tabela cota versus área versus volume.

## 3.4 Métodos empíricos para cálculo do volume de água armazenada

### 3.4.1 Molle (1994)

O método proposto por Molle (1994), disponibilizado no Manual do Pequeno Açude, realiza o cálculo da estimativa do volume de água pela seguinte equação:

$$V = (A * H) / \alpha$$

Onde: V: volume do açude;

A: área do espelho d'água do açude;

$\alpha$ : Coeficiente de forma do açude;

H: profundidade máxima do açude.

Onde é considerado o valor médio de  $\alpha = 2,70$ .

### 3.4.2 Kieling

O método de Kieling para estimar o potencial de armazenamento de água em açudes relaciona a superfície total da área alagada e a altura máxima da água no maciço, de acordo com a seguinte equação:

$$V = (4/9) * S * H$$

Onde: V – volume de água acumulada, em m<sup>3</sup>;

S – superfície da bacia hidráulica em m<sup>2</sup>;

H – profundidade máxima do açude, em m.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativa de água armazenada

O levantamento para delimitação do volume do Açude Preto foi realizado com um total de 3.882 pontos, sendo calculada a profundidade (m) através da altitude dos referidos pontos, obtidos com precisão milimétrica.

Os dados técnicos do açude Preto estão apresentados na tabela 2, sendo tomado como referência a cota de sangria (nível Máximo de armazenamento) de 475,647 metros. Observa-se que o volume máximo do açude corresponde a 191.973,51 m<sup>3</sup> e, segundo a classificação de Straskraba e Tundisi (2000), o açude Preto é considerado muito pequeno em armazenamento de água (Tabela 3), contudo desempenha importante papel no suprimento hídrico local, haja vista, que está situada na região semiárida.

**Tabela 2.** Dados técnicos do Açude Preto.

Dados Técnicos	Unidades de Medida
Área máxima do espelho d'água	70.199,17 m <sup>2</sup>
Volume máximo	191.973,51 m <sup>3</sup>
Profundidade média	2,55 m
Profundidade máxima	8,66 m

Na tabela 3 esta sendo apresentada a classificação proposta por Straskraba e Tundisi (2000), nessa tabela pode se verificar as categorias relacionadas com à área do espelho de água e o volume de água dos reservatórios.

**Tabela 3.** Classificação de reservatórios de acordo com a área do espelho d'água e volume de água.

Categoria	Área (Km <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Grande	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup> - 10 <sup>11</sup>
Médio	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup> - 10 <sup>10</sup>
Pequeno	1 - 10 <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup>
Muito pequeno	< 1	< 10 <sup>6</sup>

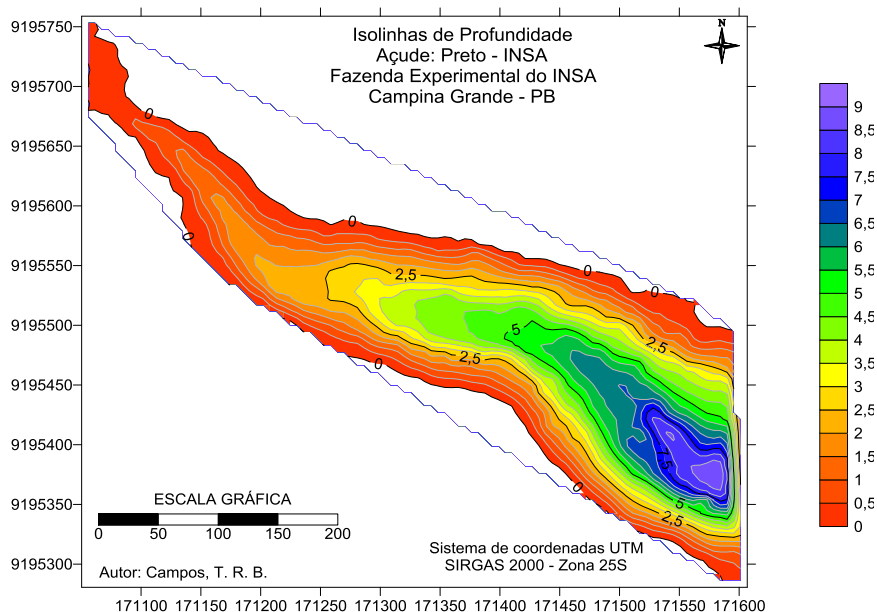
Tendo em vista que a maioria dos açudes rurais foram construídos sem projeto técnico, o levantamento realizado no referido açude gerou a tabela cota versus área versus volume a cada metro de profundidade (Tabela 4) para que assim, possa ser fiscalizado pelo proprietário e/ou pelas instituições competentes.

**Tabela 4.** Tabela Cota X Área X Volume.

Cota (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
466,00	0,00	0,00
467,00	231,16	29,72
468,00	2.284,37	1.319,13
469,00	4.179,87	4.457,14
470,00	9.199,57	11.030,03
471,00	14.876,61	22.888,12
472,00	22.537,17	41.565,90
473,00	30.378,79	67.915,37
474,00	41.519,74	103.875,23
475,00	54.797,00	152.271,93
<b>475,65</b>	<b>70.199,17</b>	<b>191.973,51</b>

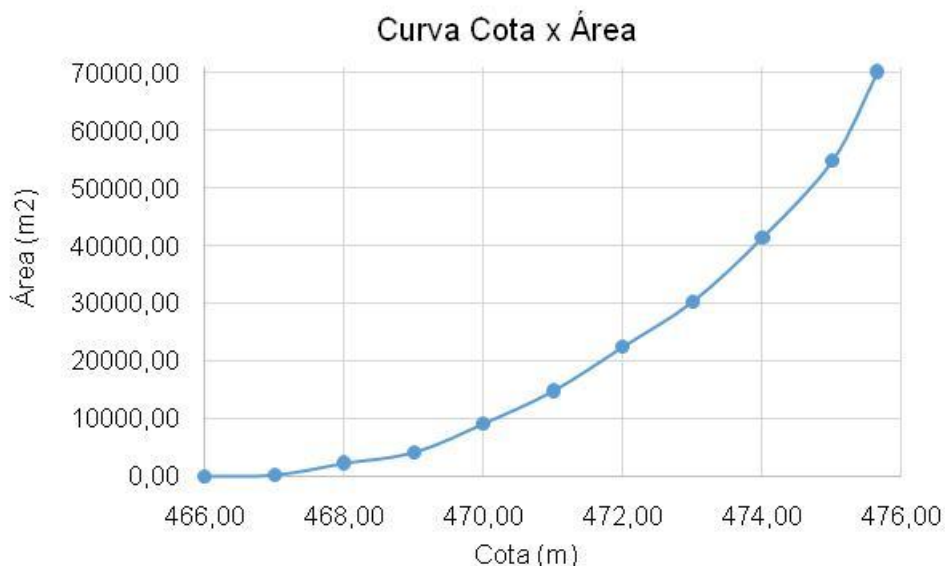
A tabela cota x área x volume atual foi gerada com equidistâncias de um metro, obedecendo às mesmas condições da confecção tabela original elaborada pelo DNOCS.

A utilização de técnicas modernas de geotecnologias (posicionamento por satélite - GPS), sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas (SIGs) fornecem um alto grau de eficiência e confiabilidade dos resultados. O resultado da interpolação dos pontos coletados pode ser visualizado através do mapa de isolinhas de profundidades que mostra a distribuição do relevo da bacia hidráulica (Figura 13), evidenciando as áreas rasas próximas às margens e as áreas mais profundas localizadas perto do barramento do açude. Verifica-se que a profundidade é bastante irregular, sendo o valor máximo de 8,66m e a profundidade média sendo bastante inferior. Com base nas altitudes de cada ponto da bacia, a profundidade média do levantamento é de aproximadamente 2,55m.

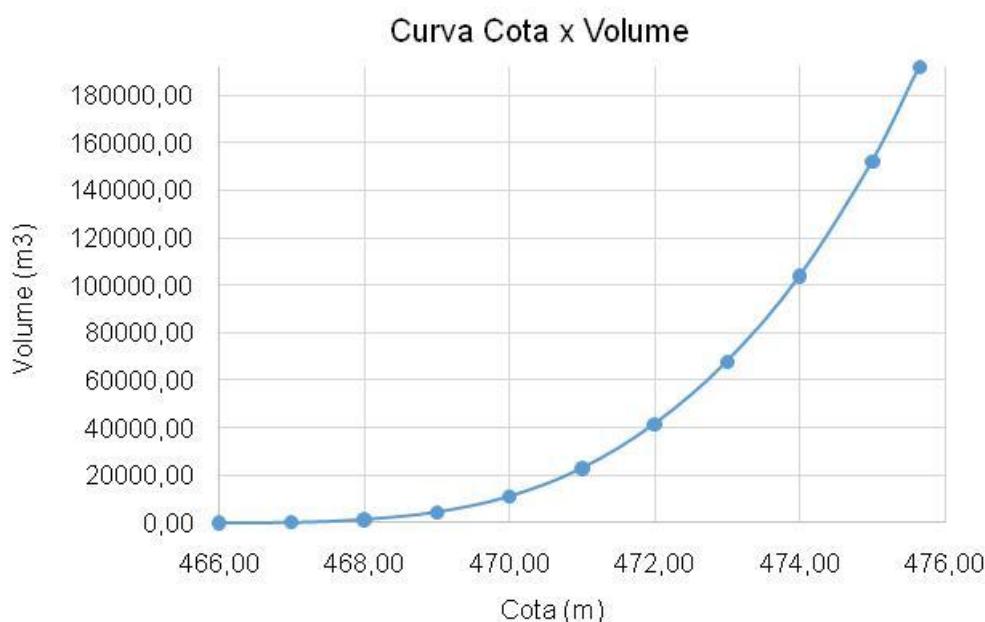


**Figura 13.** Mapa de Isolinhas de Profundidade

De acordo com os dados do geoprocessamento é possível calcular a área do espelho de água e o volume para cada cota, conforme figura 14 e 15. Observando-se um aumento da profundidade em função do aumento da cota, obtendo-se maior área do espelho d'água e, conseqüentemente, maior o volume do reservatório.



**Figura 14.** Gráfico que representa a curva Cota X Área.



**Figura 15.** Gráfico que representa a curva Cota X Volume.

#### 4.2 Comparação do volume de água armazenada no Açude Preto

A Tabela 5 apresenta os resultados de Cota x Área associados ao volume obtido pelo método proposto na pesquisa em comparação com os métodos tradicionais. Vale destacar que os métodos tradicionais de estimativa volume d'água armazenada superestimaram o volume real do reservatório, isso se deve por conta das formas geométricas dos açudes nunca serem iguais nem perfeitas.

A estimativa de Kieling (1991) superestima o volume real (191.973,51 m³) em 40,74% correspondendo a 78.215,30 m³, já o modelo de estimativa segundo Molle (1994) superestima o volume em 17,29% correspondendo a 33.183,83 m³.

Esta superestimativa pode trazer grandes problemas, pois o planejamento de consumo de água está diretamente relacionado com o volume armazenado e caso este volume acabe antes do previsto pode-se ocasionar perda de produção (em áreas onde a demanda de água seja para irrigação), falta de água para população (se tratando de açudes que abasteçam cidades), entre outros problemas.

**Tabela 5.** Tabela comparativa dos valores de Cota x Área x Volume.

	Campos, 2018		Kieling, 1991	Molle, 1994
Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Volume (m³)	Volume (m³)
466,00	-	-	-	-

467,00	231,16	29,72	889,70	741,42
468,00	2.284,37	1.319,13	8.792,29	7.326,91
469,00	4.179,87	4.457,14	16.087,85	13.406,55
470,00	9.199,57	11.030,03	35.408,12	29.506,77
471,00	14.876,61	22.888,12	57.258,43	47.715,36
472,00	22.537,17	41.565,90	86.743,07	72.285,89
473,00	30.378,79	67.915,37	116.924,61	97.437,17
474,00	41.519,74	103.875,23	159.804,86	133.170,72
475,00	54.797,00	152.271,93	210.907,56	175.756,30
<b>475,65</b>	<b>70.199,17</b>	<b>191.973,51</b>	<b>270.188,81</b>	<b>225.157,34</b>

## **5 CONCLUSÃO**

A utilização do GPS RTK aliada às ferramentas de geotecnologias facilitaram a estimativa do volume de água do açude Preto.

A estimativa do volume de água a partir da metodologia utilizada no trabalho foi inferior às adotadas tradicionalmente, obtendo-se uma maior acurácia dos dados.

As metodologias tradicionais superestimaram o volume do açude Preto em 40,74% e 17,29% de acordo com as equações propostas por Kieling (1991) e Molle (1994) respectivamente, tomando como valor real o volume de 191.973,51 m<sup>3</sup> obtido pela metodologia proposta pelo trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto no. 24.643, de 10 de julho de 1934. Código das águas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 10 jul. 1934. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)> . Acesso em 10 jan 2018.

CORSEUIL, C.W; ROBAINA, A.D. **Determinação altimétrica através do sistema de posicionamento global. Mira, Santa Maria**, v.33, n.5, p.673-8, 2003.

DAKER, A. A água na Agricultura. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 1987, 7ª ed. V.2, 408.

GRANDO, D. L.; LAND, V.; RHODEN, A. C.. **Levantamentos Topográficos – Estação Total x GPS RTK**. In: Simpósio De Agronomia E Tecnologia De Alimentos, 1., 2014, Itapiranga. Resumo... . Itapiranga: Agrotec, 2014, p. 1 - 5. Disponível em: <<http://faifaculdades.edu.br/eventos/AGROTEC/2014/1AGROTEC/arquivos/resumos/res21.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

HRADILEK, P. J et all. Avaliação de pequenas barragens. Brasília: Bureau of reclamation, 2002, 74 p.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS: theory and practice**. 3.ed. Wien: Springer, 2001.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS: theory and practice**. 3.ed. Wien: Springer, 1994.

IBGE. Diretoria de Geociências. Departamento de Cartografia e Geodésia. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico**. Informativo geocêntrico. Ano 1, nº 1. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/outros\\_documentos\\_tecnicos/pmrg/informativo1.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/pmrg/informativo1.pdf)> Acessado em 13 jan. 2018.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **A Nova Realização SIRGAS – SIRGAS 2000** – Grupo de Trabalho I e III. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/geografia/seminário/sirgas/realização2000.htm>>.

IBGE. Geociências. Métodos e documentos de referência. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – RBMC**. Disponível em <

<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/outros-documentos-tecnicos/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-continuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html>> Acessado em 14 jan. 2018.

IBGE. Geociências. RBMC - **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>> Acessado em 14 jan. 2018.

KIELING, João Carlos. **Açudagem**. IRGA, 1991.44 p. Separata de: Lavoura Azzozeira, Porto Alegre, v. 44, n. 399, Nov./dez. 1991.

LOPES, J. D. S., LIMA, F. Z. Pequenas barragens de terra: planejamento, dimensionamento e construção. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 274p.

Molle, F.: Cadier, E.(1992). **Manual do Pequeno Açude**. SUDENE-DPG/PRN/HME, Recife.

MOLLE, F. (1994). **Geometria dos Pequenos Açudes**. SUDENE-DPG/PRN/HME, Recife, 139 p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS Descrição, fundamentos e aplicações**. 1. ed. Presidente Prudente: Editora UNESP, 2000.

Muguio, Miguel Ribeiro. **Implantação e análise da estação GNSS para o monitoramento contínuo da barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá / Miguel Ribeiro Muguio**. – Curitiba, 2012.

Oliveira, E. F. **Posicionamento em tempo real com GPS RTK**. Por mundo Geo, 2011. Revista InfoGNSS. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/posicionamento-em-tempo-real-com-gps-rtk/>> Acesso em 20 jan. 2018.

ROBAINA, A. D. **Hidráulica Agrícola A** – Parte I. Apostila de aula 98 p. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, RS. 2007.

RODRIGUES, V.A. **Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem**. 2003. 96 p. Dissertação

(Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ROQUE, Cassiano Garcia et al. **GEORREFERENCIAMENTO**. Revista de Ciências Agro-ambientais, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p.87-102, nov. 2006. Disponível em: <[http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10\\_artigo\\_v4\\_.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10_artigo_v4_.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SANTOS, M. S. T.; SÁ, N. C. **Uso do GPS em levantamentos geofísicos terrestres**. Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 63-80, 2006.

SILVA, Arlan Tavares da et al. **Levantamento Topográfico com GPS Geodésico e Estação Total da Propriedade EMBRAPA Caprinos em Sobral-CE**. In: JEPEX, 5., 2009, Recife. Resumo... . Recife: Ufrpe, 2009. p. 1 - 3. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0220-4.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SILVEIRA, L.C. **Fundamentos de topografia**. Criciúma: Escola Brasileira de Agrimensura, Curso Técnico de Agrimensura a Distância, 2000. p.381-502.

STRASKRABA, M. & TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. In: TUNDISI, J. G. ed. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. São Carlos, ILEC/IEE. 2000. v.9, 280p.

TAYLOR E FRANCIS (2002). **Manual of Geospatial Science and Technology**. Chapter 10: GPS instrumentation issues. Grejner-Brzezinska, D. Editora: J. Bossler.

TEIXEIRA, A. H. C. **Aplicação do georreferenciamento (coordenadas UTM) em projetos geotécnicos e geométricos de rodovias**. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO. Ouro Preto.

TRANQUILLA, J. M.; COLPITTS, B. G.; CARR, J. P. (1989). **Measurement of lowmultipath Antennas for Topex**. In: 5th INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING. Las Cruces, New Mexico. P. 356-361.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Ed. Da UFRGS, Porto Alegre: ABRH, RS, 2001.