



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA – FAMEV**  
**GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**



**GEOVANNA BÁRBARA RIBEIRO**

**PROJETO DE “AGUADAS” ARTIFICIAIS PARA A BUBALINOCULTURA:  
ESTUDO DE CASO**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2019**

**GEOVANNA BÁRBARA RIBEIRO**

**PROJETO DE “AGUADAS” ARTIFICIAIS PARA A BUBALINOCULTURA:  
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada a coordenação do curso graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Naiara Fernandes Silva

**UBERLÂNDIA – MG**

**2019**

**GEOVANNA BÁRBARA RIBEIRO**

**PROJETO DE “AGUADAS” ARTIFICIAIS PARA A BUBALINOCULTURA:  
ESTUDO DE CASO**

Monografia aprovada como requisito parcial a obtenção  
do título de Zootecnista no curso de graduação em  
Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia.

**APROVADA EM 9 DE JULHO DE 2019**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Raquel Naiara Fernandes Silva  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Águida Garreth Ferraz Rocha  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão  
Universidade Federal de Uberlândia

**UBERLÂNDIA – MG**

**2019**

A Deus, que me deu força, sabedoria, discernimento, capacitação e determinação para concluir mais uma fase da minha vida.

“Porque dEle, e por meio dEle, e para Ele são todas as coisas. A Ele, pois, a glória eternamente. Amém!” Romanos 11:36

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele não conseguiria ir tão longe, graças a meu Pai Celestial que tive motivação para continuar essa fase da minha vida, várias vezes pensei em desistir, mas sempre quando em oração Deus me respondia e me dava calma e colocava as pessoas certas para me apoiar, por isso O agradeço eternamente pelas bênçãos e pelos dias difíceis, onde não encontramos uma luz no fim do túnel, mas sempre há esperança e Ele está ao nosso lado para nos fazer acreditar que é possível vencer nossas batalhas, para Deus nada é impossível.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Naiara Fernandes Silva, pela oportunidade de realizar esse projeto incrível, tendo paciência para me explicar assuntos que eu nem sonhava em ter domínio. Obrigada pela orientação e ensinamentos. Tenho muito orgulho de dizer que fui sua orientada.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Águida Garreth Ferraz Rocha pela participação na banca e pelas valiosas sugestões. Obrigada por sempre ter passado sua alegria dentro de sala de aula, trazendo luz a dias difíceis na universidade.

Ao Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão pelos ensinamentos acadêmicos e reflexões sobre a vida.

Aos meus pais, Adriano Ribeiro e Carmen Lúcia, pelos ensinamentos cristãos, pelo amor, carinho, broncas, castigos, graças ao esforço de vocês me tornei a mulher que sou hoje.

Ao meu amado, Michael Dias, por todo amor, companheirismo, paciência, dedicação e amparo nessa reta final de conclusão de curso.

Aos meus amigos, por todo apoio, risos, choros e paciência durante esses cinco anos.

A todos que de maneira direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

Os bubalinos se destacam pelas variadas características que possuem, como rusticidade, adaptabilidade, docilidade, precocidade, entre outras, sendo considerado como alternativa de produção, seja na produção de leite, carne, couro ou auxiliando em atividades agrícolas. Muitos criadores possuem a ideia errônea que estes animais produzem em qualquer ambiente, os colocando em situações precárias sem sombreamento e com ausência de água para banho, impossibilitando-os de expressarem seu comportamento natural, os criando como bovinos. Os búfalos são animais que possuem poucas glândulas sudoríparas, conseqüentemente seu mecanismo de termorregulação é pouco desenvolvido, tornando-os susceptíveis ao estresse térmico. Por isso a necessidade de se ter uma “aguada” artificial ou “piscina” para estes animais dissiparem calor, diminuindo o estresse e podendo expressar seu comportamento natural. Diante disso, este trabalho objetivou apresentar uma metodologia para a construção de “aguadas” artificiais para a produção de bubalinos, visando melhorar o bem-estar animal, aumentando sua produtividade na produção de leite/dia, tendo como embasamento teórico experimentos realizados na Itália, e com auxílios de equipamento topográficos como Estação Total e receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Este é o primeiro projeto realizado com embasamentos teóricos para a construção de aguadas artificiais em propriedades rurais com produção de búfalos. O projeto foi executado na Fazenda Experimental do Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na cidade de Uberlândia, MG.

**Palavras-chave:** Aguadas Artificiais, Bubalinocultura, Sistema de Navegação Global por Satélite, Topografia.

## ABSTRACT

The buffaloes are distinguished by the varied characteristics they possess, such as rusticity, adaptability, docility, precocity, among others, being considered as an alternative production, whether in the production of milk, meat, leather or aiding in agricultural activities. Many breeders have the misconception that these animals produce in any environment, placing them in precarious situations without shading and lack of water for bath, making it impossible to express their natural behavior, creating them as cattle. Buffaloes are animals that have few sweat glands, consequently their mechanism of thermoregulation is poorly developed, making them susceptible to thermal stress. Therefore the need to have an artificial "pond" or "pool" for these animals to dissipate heat, reducing stress and being able to express their natural behavior. The objective of this work was to present a methodology for the construction of artificial "pond" for the production of buffaloes, aiming to improve animal welfare, increasing their productivity in milk production/day, based on theoretical experiments in Italy, and with topographic equipment aids such as Total Station and GNSS (Global Navigation Satellite System) receivers. This is the first project carried out with theoretical bases for the construction of artificial waterfalls in rural properties with buffalo production. The project was carried out at the Experimental Farm of Glória, belonging to the Federal University of Uberlândia (UFU), in the city of Uberlândia, MG.

**Key-words:** Artificial Pond, Bubalinoculture, Global Navigation Satellite System, Topography.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Gráfico de tamanho efetivo por cabeças do rebanho brasileiro de bubalinos. Brasil, Grande Região e Unidade da Federação - Brasil .....	16
<b>Figura 2</b> - Gráfico de avaliação de crescimento dos rebanhos bubalinos em diversas regiões do País em 5 anos.....	17
<b>Figura 3</b> - Gráfico de porcentagem de rebanhos bubalinos no Brasil por regiões no ano de 2017.....	20
<b>Figura 4</b> - Modelo do posicionamento relativo .....	29
<b>Figura 5</b> - Representação ilustrativa do posicionamento absoluto. ....	30
<b>Figura 6</b> - Esquema entre o usuário e o sistema utilizado. ....	33
<b>Figura 7</b> - Representação da projeção da distância D em X ( $\Delta X$ ) e em Y ( $\Delta Y$ ) .....	34
<b>Figura 8</b> - Quadrantes do Azimute .....	36
<b>Figura 9</b> - Levantamento de uma poligonal .....	37
<b>Figura 10</b> - Poligonal fechada. ....	37
<b>Figura 11</b> - Poligonal enquadrada. ....	38
<b>Figura 12</b> - Poligonal aberta. ....	38
<b>Figura 13</b> - Ângulos externos e internos de uma poligonal fechada. ....	39
<b>Figura 14</b> - Estação ré e vante. ....	39
<b>Figura 15</b> - Cálculo das coordenadas .....	40
<b>Figura 16</b> - Erro planimétrico.....	43
<b>Figura 17</b> - Divisão do erro planimétrico .....	43
<b>Figura 18</b> - Levantamento por irradiação.....	45
<b>Figura 19</b> - Área do levantamento topográfico .....	49
<b>Figura 20</b> - Receptor GNSS .....	50
<b>Figura 21</b> - Levantamento topográfico.....	50
<b>Figura 22</b> - (a) Corpos de prova de concreto; (b) Ponto materializado em campo. ....	51
<b>Figura 23</b> - Pontos levantados no terreno.....	52
<b>Figura 24</b> - Planta altimétrica da área estudada.....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produção Mundial de leite por espécie (Búfala: Mestiça Murrah x Mediterrânea; Vaca: Holando Argentino). .....	18
<b>Tabela 2</b> - Rendimento de laticínios com leite bubalino e bovino. ....	18
<b>Tabela 3</b> - Coordenadas cartesianas dos pontos levantados. ....	53

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1. Objetivo geral.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1. Bubalinocultura .....	13
2.1.1. Breve histórico .....	14
2.1.2. Bubalinocultura no Brasil.....	15
2.1.3. Bem-estar animal.....	20
2.1.4. Aguadas artificiais para a bubalinocultura.....	22
2.2. Posicionamento GNSS .....	23
2.2.1. Métodos de posicionamento GNSS.....	28
2.2.2. Tipos de processamentos GNSS .....	30
2.3. Levantamento Topográfico – Planimetria.....	34
2.3.1. <i>Levantamentos planimétricos: Poligonação</i> .....	36
<b>2.3.1.1. Cálculo de uma poligonal fechada</b> .....	40
2.3.2. <i>Irradiação</i> .....	45
2.3.3. <i>Levantamentos altimétricos: Nivelamentos</i> .....	46
<b>2.3.3.1. Nivelamento trigonométrico</b> .....	47
2.4. Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).....	48
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	49
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	52
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

Os búfalos desde que chegaram ao Brasil foram utilizados para a ocupação de áreas onde os bovinos não se desenvolviam, pois, a sua capacidade de adaptação em diversos climas e regiões é extremamente alta, o que fez com que várias pessoas criassem uma ideia errônea dizendo que esses animais se desenvolvem em qualquer condição ambiental. É necessário que se conheça o comportamento natural da espécie para que possa haver um bom manejo, boa alimentação e boas instalações, respeitando todas as exigências dos animais (ARAÚJO, 2009).

A bubalinocultura é uma área que tende a crescer, devido à alta produção de leite que estes animais produzem e com alto valor nutritivo, tendo ótima qualidade de carcaça, sendo mais nutritiva, tendo menos composição de gordura quando comparado aos bovinos (JORGE et al, 2011).

Pesquisas realizadas na Itália em 2009, demonstraram que búfalas quando possuem acesso a “piscinas” ou “aguadas artificiais” aumentam sua produção de leite em 1kg.dia. Há também a diminuição dos dias de concepção, com acesso a piscina temos 118 dias e sem piscina 154 dias (DOMENICO, 2017).

O sistema GNSS (Global Navigation Satellite Systems) propicia o entendimento da posição de qualquer objeto sobre a superfície terrestre por meio dos dados de posição e tempo. Esses dados podem ser aplicados na determinação de coordenadas tridimensionais precisas de pontos ao nível do milímetro, mas para satisfazer essa precisão têm de considerar alguns erros sistemáticos. Nas medições GNSS, a antena é uma origem de erros sistemáticos, correspondente ao centro de fase (CF) da antena. O centro de fase eletrônico é o ponto de entrada do sinal proveniente do satélite, esse ponto não se encontra exatamente no eixo central do sistema e não corresponde obrigatoriamente com o centro geométrico da antena (HUINCA, 2009).

Assim, o presente trabalho visa melhorar o bem-estar dos bubalinos com a construção de “piscinas” e fornecer para os produtores os dados corretos para essa construção, como largura, comprimento, profundidade e o local que deverá ser construído.

A partir de levantamentos GNSS e levantamentos topográficos como poligonação, irradiação e nivelamento trigonométrico foi feito o levantamento de uma área de 1000 m<sup>2</sup> na Fazenda Experimental do Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia, obtendo-se conhecimento de dois pontos distintos (coordenadas de partida) para a poligonação, verificando se o mesmo é propício para a execução do projeto.

O presente trabalho é composto por 5 capítulos. O primeiro observa-se uma breve introdução do projeto de construção de aguadas artificiais para a bubalinocultura relacionado com a topografia/geodésia, expondo o objetivo geral e os objetivos específicos. No segundo capítulo é realizado a revisão de literatura sobre a produção de búfalos, posicionamento GNSS (Global Navigation Satellite System) e como aplicá-lo na construção de aguadas artificiais, fazendo o levantamento do local para a implantação do projeto. No terceiro capítulo, explica-se como o trabalho foi desenvolvido. No quarto capítulo são os resultados e discussões e o quinto está exposto a conclusão de todo o trabalho.

### 1.1. Objetivo geral

Esse trabalho de conclusão de curso visou aplicar métodos de topografia e posicionamentos GNSS na obtenção de parâmetros de projetos de aguadas artificiais para a bubalinocultura, visando o bem-estar do animal.

### 1.2. Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram requeridos, entre eles:

- Revisar a bibliografia sobre a bubalinocultura;
- Determinar a área para a realização de aguadas artificiais;
- Levantar a área escolhida para a aplicação de aguadas a partir de técnicas topográficas e de GNSS;
- Processar os dados;
- Obter uma planta planialtimétrica da área.
- Analisar os resultados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo serão descritos assuntos que embasam esta pesquisa como: o conceito sobre a Bubalinocultura, seu histórico, a criação dos búfalos no Brasil, posicionamentos GNSS e correlatos.

### 2.1. Bubalinocultura

Os búfalos, assim como os bovinos, são classificados zologicamente pela ordem *Artiodactyla*, sub-ordem *Ruminantia*, família *Bovidae* e subfamília, *bovinae*. Diferenciando pelo gênero, *Bubalus* e sua espécie *bubalis*, encontrando dentro da espécie três subespécies, as quais são, *bubalis*, *kerebau* e *fulvus*. O *Bubalus bubalis bubalis*, considerado o búfalo doméstico, também conhecido como búfalo de água, pois costuma ficar parte do seu tempo em águas e charcos. Todos os búfalos presentes no sul do Brasil, são dessa espécie. O *Bubalus bubalis fulvus*, são animais de pequeno porte, tendo chifres menores, são nativos do Nordeste da Índia. O *Bubalus bubalis kerebau*, é o próprio Carabão, presente na região amazônica, conhecido também como búfalo do pântano. Se encontra na Ilha de Marajó, no estado do Pará (SIMPSON, 1945 apud MIRANDA, 1986).

A bubalinocultura é o estudo da criação de búfalos para a utilização humana. A criação dos búfalos domesticados é proveniente da produção de alimentos nobres, como carne e leite, com o teor de colesterol baixo. São importantes para o trabalho, auxiliando em atividades como animal de tração, sela, e de preparos para áreas da agricultura. Além de fornecer esterco e couro de boa qualidade. Sendo que os búfalos são escolhidos para o trabalho devido a sua docilidade e rusticidade, se adaptando a vários climas e regiões topográficas diferentes (EMBRAPA, 2000).

O búfalo por ser um animal bastante rústico, de fácil domesticação e bastante manso, além de ter uma força superior à dos bovinos, possui a capacidade de deslocar o dobro de carga do que o bovino, sendo de mesma idade, peso e tamanho, carregando cargas de 900 – 1000kg, em velocidade de 3 – 4 km/h (FONSECA, 1914).

### 2.1.1. Breve histórico

A origem dos búfalos se deu no Norte da Índia e Sul da China, e sua domesticação ocorreu nas civilizações que viviam às margens dos rios Eufrates, Tigres, Indus e Yangtze. Segundo alguns historiadores dizem que os búfalos foram os primeiros animais a serem domesticados para o trabalho (COOCKRIL, 1974 apud MIRANDA, 1986).

Antes do desenvolvimento leiteiro atual, o búfalo ocupava um lugar importante na economia rural, fornecendo leite para laticínios urbanos e rurais para a população que habitava em vilas e cidades na maior parte da Índia. Os búfalos ainda é a base da agricultura indiana, sendo essencial para o cultivo de terras e para o transporte rural. Estes animais produzem leite com elevado teor de gordura, sendo exclusivo para a produção de manteiga *ghee* (WHYTE; MATHUR, 1966).

Segundo a Mitologia Chinesa, existia um deus dos rebanhos, e vários outros deuses para as diferentes espécies de animais. Desta forma, o “Deus de Byres”, Rei de Kine ou “Niu Wang”, representava os búfalos. As estátuas mediam 5m de altura, e possuía elevada importância no folclore chinês. Tal mitologia menciona que não havia bovinos na terra e o homem não possuía animais para auxiliá-lo no trabalho (naquela época, a agricultura), tendo como consequência mal-estar, pois não haviam alimentos suficientes, ficando até três dias sem se alimentar. Assim, o “Imperador dos Céus” comovido com a persistência do ser humano em sobreviver, enviou o búfalo à Terra para ajudar o homem a produzir seu alimento. Portanto, alguns historiadores acreditam que os bovinos descendem dos bubalinos. A partir do seu *habitat* o búfalo se espalhou por todo o mundo, atingindo os países do Extremo Oriente, Europa, Austrália, África e na América Latina (MIRANDA, 1986).

Atualmente, a Índia possui a maior população de bovinos e búfalos no mundo (lembrando que o abate destes animais nessa região é restrito, devido à religião da população, pois para o hinduísmo a vaca é sagrada), assim, neste país encontra-se 57% do rebanho mundial de búfalos (105 milhões), e 15% do rebanho bovinos do mundo (199 milhões) (BEEFPOINT, 2012).

A população mundial de búfalos já ultrapassou mais de 168 milhões de animais, das quais a Ásia possui 95,53%, a África com 2,24%, a América com 1,69%, Europa com 0,30% e por fim a Oceania com 0,02% (BORGHESE, 2005 apud JORGE; COUTO; CRUDELI; PATIÑO, 2011).

### 2.1.2. Bubalinocultura no Brasil

Segundo alguns autores a presença dos búfalos no Brasil ocorreu em 1890 com a chegada de uma embarcação proveniente da Itália, ficando alojados na Ilha de Marajó, Estado do Pará. Porém, há relatos da presença destes animais desde de 1747, com a chegada de um grupo de escravos na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. Dentro deste grupo, encontrava-se um jovem, filho de rei africano, que viajava como clandestino e conseguiu pisar em solo brasileiro. Esse jovem, conhecido como Chico Rei, ao conhecer o Governante Português Visconde de Barbacena, tendo comprado sua carta de alforria, ofereceu ao governante um tipo de cinto, tendo como material couro de búfalo com pedras valiosas (FONSECA, 1986).

No entanto, a versão mais provável da introdução dos búfalos no Brasil, é a que cita a entrada dos animais pela Ilha de Marajó,

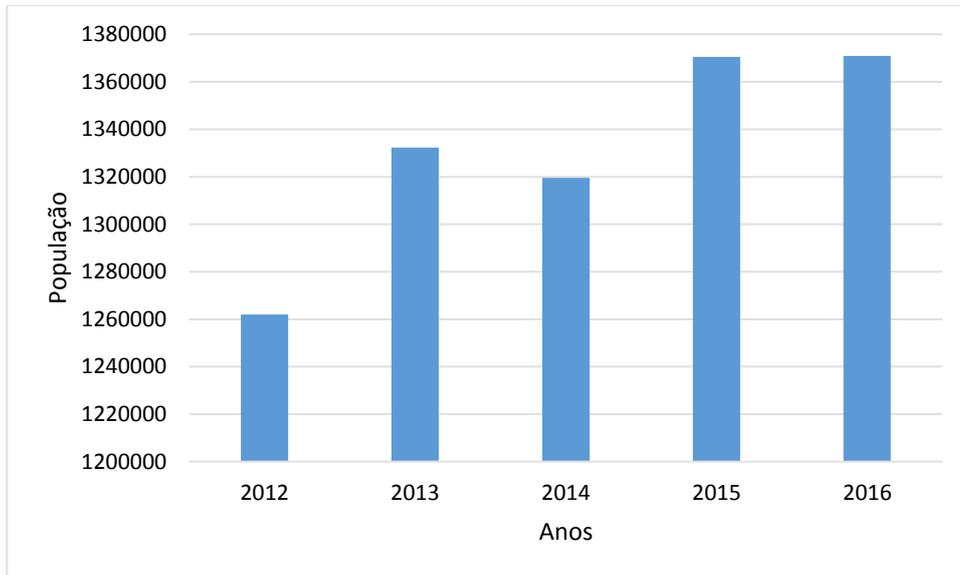
na importação realizada pelo criador paraense Vicente Chermont de Miranda, que adquiriu búfalos da raça Mediterrâneo, do Conde italiano Rospigliosi Camilo, de Roma, em fevereiro de 1895. Os animais foram embarcados no Porto de Nantes, França, e transportados em um navio denominado Brasileiro. Nos anos seguintes, muitas outras importações foram realizadas pelo mesmo criador e por outros da Ilha de Marajó, da Região do Baixo Amazonas, do Nordeste, do Sul e de Minas (EMBRAPA, 2000).

Outras importações foram feitas, distribuindo os animais por todo o país, sendo interrompidas em 1956 por um dispositivo legal que proibia qualquer tipo de importações. Mas em 1962 a proibição foi rompida. Assim, entraram as primeiras quantias de animais da raça Murrah (MIRANDA, 1986).

No Brasil, há 4 raças que são reconhecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, o Mediterrâneo, o qual é italiano, possui dupla aptidão (carne e leite), de porte médio e robusto. O Murrah, oriundo da Índia, diferencia das outras raças pelos chifres, que são curtos e possui formato de caracol, selecionado para produção leiteira. O Jafarabadi (búfalo-do-rio), também é de origem indiana, possui dupla aptidão, sendo a raça menos robusta e de maior porte, diferencia-se pelos chifres longos. E por fim o Carabao (búfalo-do-pântano), situado na Ilha de Marajó, Pará, veio do norte das Filipinas, também é considerado de dupla aptidão e são usados para trabalho, seus chifres são grandes e voltados para cima (EMBRAPA, 1998).

De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, o Brasil possui o maior rebanho de bubalinos da América, com cerca de 5 milhões de animais. 30% das criações no país são destinadas à produção leiteira. A partir do Figura 1, observa-se o crescimento do rebanho bubalino no Brasil no período de 2012 a 2016 (IBGE, 2017).

**Figura 1** - Gráfico de tamanho efetivo por cabeças do rebanho brasileiro de bubalinos. Brasil, Grande Região e Unidade da Federação - Brasil

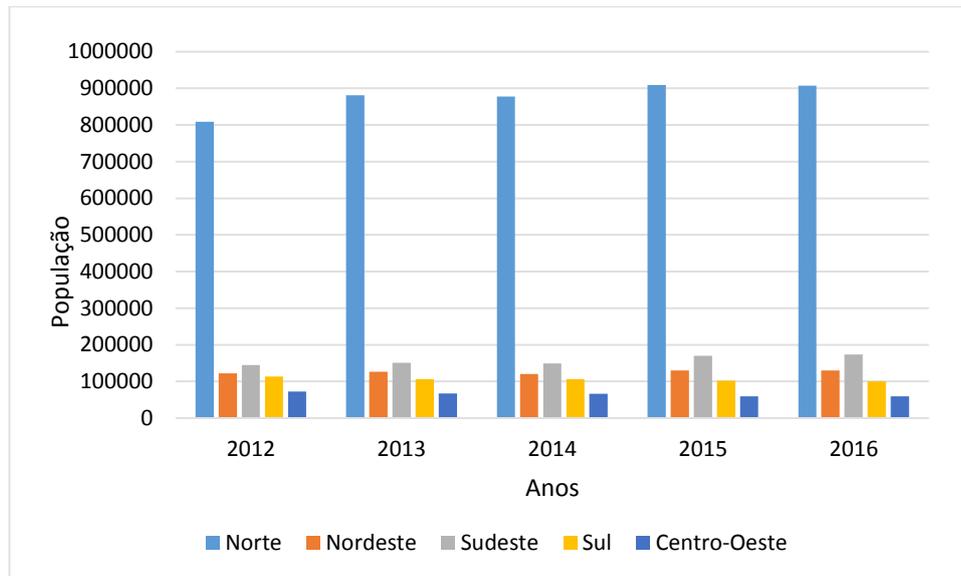


Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal, 2017.

Nos anos de 2013 a 2014, o único *rebanho* que registrou queda foi o de *bubalinos* que *reduziu* seu efetivo em torno de 1,0%. Não se sabe o motivo desta queda, podendo ser por falta de registro dos animais na Associação Brasileira de Criadores de Bubalinos, por caça, pois em certas regiões do país, como no Amazonas o búfalo é considerado praga, fazendo com que a população desta região os cassem, ou até mesmo por mortalidade dos bezerros, consequência de sanidade inadequada ou falta de reposição de touros e matrizes.

Dados do IBGE de 2012 a 2016, mostram a variação dos rebanhos de bubalinos nas cinco regiões do país (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste). Os animais concentraram-se no Pará (36,0%) e Amapá (20,1%), sendo os municípios de Chaves (PA), Soure (PA) e Cutias (AP) aqueles que mais abrigaram estes animais (FIGURA 2).

**Figura 2** - Gráfico de avaliação de crescimento dos rebanhos bubalinos em diversas regiões do País em 5 anos.



Fonte: IBGE – Pesquisa da Pecuária Municipal, 2017.

O rebanho brasileiro de bubalinos em 2013 foi de 1,332 milhões de cabeças, indicando aumento de 5,6% comparado com 2012. Entre 2012 e 2013, observou-se grande aumento deste rebanho na Região Norte (8,9%), nas Regiões Nordeste e Sudeste, houve aumentos respectivos de 3,2% e 4,3%. Por outro lado, quedas significativas ocorreram na Região Sul. Na Região Centro-Oeste, houve queda de 7,7%. Em 2014 o rebanho de bubalinos foi de 1,32 milhões de cabeças, sendo 1,0% menor que o registrado em 2013. No comparativo com 2013, todas as Grandes Regiões mostraram redução do número absoluto de bubalinos. Já o rebanho de bubalinos de 2015 foi de 1,37 milhões de cabeças, representando um aumento de 3,5% em relação ao ano anterior. Em termos absolutos, a Região Norte foi a que registrou o maior crescimento do efetivo de bubalinos, seguida pelas Regiões Sudeste e Nordeste. As Regiões Centro-Oeste e Sul, por outro lado, registraram redução da espécie. Em 2016, o efetivo brasileiro de bubalinos foi de 1,37 milhões de cabeças, se mantendo estável em relação ao ano anterior (IBGE, 2017).

A bubalinocultura é uma área que tende a crescer no decorrer dos anos, pois é uma espécie fácil de ser manejada, são animais dóceis e sua qualidade do leite é superior aos bovinos. Com o avanço do desenvolvimento tecnológico, hoje conseguimos elaborar bons resultados com uma ampla variedade de produtos, como queijos, manteiga, leite em pó, leite pasteurizado, leite fermentado, sorvete, doce de leite, etc (JORGE et al, 2011).

Segundo Jorge et al (2011), o leite de búfala apresenta maior densidade e acidez do que o leite de vaca. É importante ressaltar que a acidez do leite de búfala é considerada normal de

15,7 – 22,3°Dornic variando de acordo com a raça, superando grande parte dos valores já gravados do leite bovino (13 – 18°Dornic). Além disso, o leite de búfala apresenta maiores valores de sólidos totais, gordura, proteína e lactose quando comparado ao leite bovino (TABELA 1).

O que chama a atenção no leite de búfala é sua tonalidade ser mais branca, consequência da ausência de pigmentos carotenoides. A ausência dos carotenoides proporciona uma manteiga mais branca, cristalina e mais consistente (HUHN et al, 1982 apud JORGE et al, 2011).

**Tabela 1** - Produção Mundial de leite por espécie (Búfala: Mestiça Murrah x Mediterrânea; Vaca: Holando Argentino).

<b>Parâmetros</b>	<b>Búfala</b>	<b>Vaca</b>
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,030	1,031
<b>Acidez (°Dornic)</b>	18,5	17
<b>pH</b>	6,9	7,0
<b>Sólidos Totais (%)</b>	17,2	12,2
<b>Gordura (%)</b>	7,6	3,4
<b>Proteína (%)</b>	4,0	3,6
<b>Lactose (%)</b>	4,8	4,7
<b>Cinzas (%)</b>	0,8	0,8

Fonte: Fundadora et al, 2001.

De acordo com Jorge et al (2011), para a preparação de laticínios, o controle da matéria prima que se produz ao usar o leite de búfala varia de 20 – 40% quando comparado ao leite de vaca (TABELA 2).

**Tabela 2** - Rendimento de laticínios com leite bubalino e bovino.

<b>Rendimento para um quilograma (Kg) de produto</b>			
<b>Produto</b>	<b>Búfala (litros)</b>	<b>Vaca (litros)</b>	<b>Economia de matéria prima (%)</b>
<b>Iogurte</b>	1,2	2,0	40
<b>Queijo Mozzarella</b>	5,5	8,0 – 10,0	39
<b>Doce de Leite</b>	2,5	3,5	29
<b>Manteiga (*)</b>	15	20	25
<b>Queijo Provolone</b>	7,43	8,0 – 10,0	20

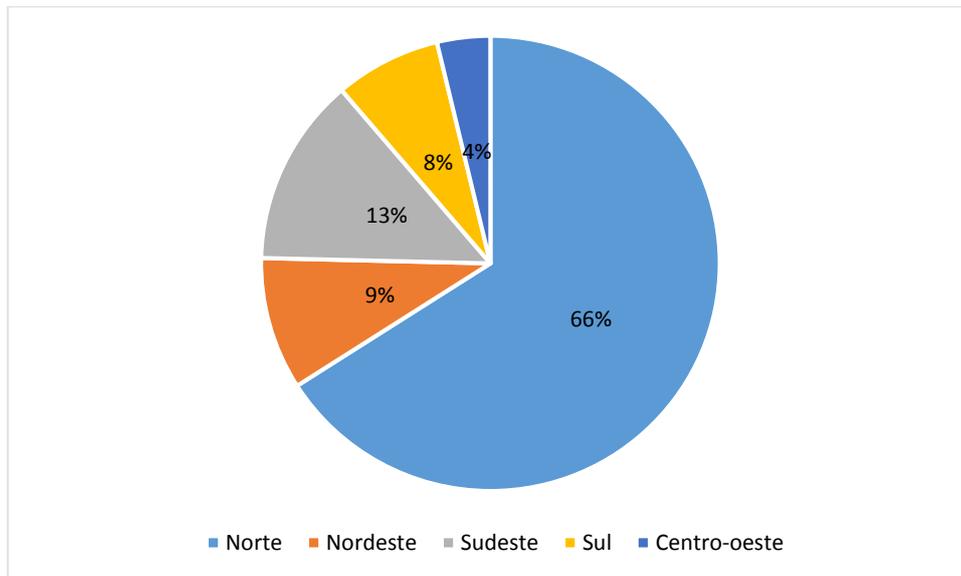
Fonte: Huhn et al. (1986) e (\*) Furtado (1979) apud. Jorge et al, 2011.

Além da produção de leite, os búfalos demonstram condições de competir com os bovinos, na produção de carne de excelente qualidade. Em média o peso dos machos bubalinos varia de 750 kg a 950kg e as fêmeas varia de 400 kg a 700 kg. A carne dos bubalinos é semelhante à carne bovina, porém a gordura possui coloração branca opaca, diferente dos bovinos que é amarelada. O índice de gordura intramuscular da carne de búfalo é menor do que o da carne bovina. A carne de búfalo possui 40% menos colesterol, 12% menos de gordura, 55% menos de calorias, 11% a mais de proteínas e 10% a mais de minerais, sendo assim considerada uma carne mais nutritiva e mais saudável (ABACB, s/d).

A agropecuária tem grande interesse na geração de empregos e renda no Estado do Pará, onde cerca de 230 mil associações em 144 municípios serão visitados pelos recenseadores que recolhem dados para o Censo Agro 2017. O Pará é grande fornecedor de mandioca, soja e dendê, e compete com a Bahia a colocação de maior produtor de cacau do Brasil. Mas, ao avaliar as estatísticas, há um setor específico que chama a atenção: a criação de búfalos na Ilha de Marajó, localizado no norte do estado, a ilha concentra o maior rebanho de búfalos do Brasil. De acordo com a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), do IBGE, o estado contava com cerca de 520 mil cabeças (38% do total nacional) em 2016, das quais mais de 320 mil estavam na costa norte e nordeste da ilha. O município de Soure, que acomoda uma das Agências do IBGE em Marajó, encontra-se o segundo maior rebanho da ilha (74.500 cabeças) e é a capital turística da região. Turistas que saem do Terminal Hidroviário de Belém com o intuito de frequentar as praias, acaba encontrando informações de que o búfalo é o gerador de toda a economia local, da gastronomia ao transporte de cargas. A bubalinocultura no estado não envolve somente pecuaristas, uma vez que os animais fornecem carne para restaurantes, leite para laticínios, couro e chifres para os artesãos, e trabalho para tração nas lavouras e os animais também são usados para patrulha da Polícia Militar, pois os mesmos montam nos animais e saem a trabalho (SEDANO, 2017).

Segundo o IBGE (2017), a população de búfalos no Brasil fechou o último ano de 2017 com um pouco mais de 1 milhão de cabeças. Sendo no Norte do país com um total de 911.166 cabeças (sendo a maior concentração na Ilha de Marajó – PA), no Nordeste com 130.065 cabeças, no Sudeste com 184.948 cabeças, Sul com 103.366 e por fim a região Centro-Oeste com 51.850 cabeças (FIGURA 3).

**Figura 3** - Gráfico de porcentagem de rebanhos bubalinos no Brasil por regiões no ano de 2017.



Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal, 2017.

Assim, com todas essas informações, o papel do Zootecnista é melhorar a produção, aumentando a qualidade do produto final, garantindo segurança alimentar, respeitando a sustentabilidade da produção e adotando os métodos do bem-estar animal, além de garantir condições sanitárias adequadas para o trabalhador e o animal, prevenindo futuras enfermidades que venha comprometer a saúde dos mesmos. Deve saber administrar a fazenda do produtor, gerando lucros para o mesmo, objetivando a otimização de recursos e o aumento da produtividade. Além de identificar o problema da propriedade e dar uma solução para o produtor.

### 2.1.3. Bem-estar animal

Existem vários conceitos de bem-estar animal, mas o que os zootecnistas adotam é o que diz que o animal deve se encontrar em um estado de saúde física e mental completa, em que o mesmo deve estar em equilíbrio com o ambiente em que vive (MOLENTO, 2005 apud. SANTOS, 2010).

Assim, o zootecnista deve ficar atento com as cinco liberdades, teoria criada pelo professor John Webster e divulgada pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC), as quais são: livre de fome e sede; livre de dor e doença; livre de desconforto; livre para expressar seu comportamento natural; livre de medo e estresse (PAIXÃO, 2005 apud. SANTOS, 2010).

Na liberdade nutricional o animal deve estar livre de fome e sede, ou seja, deve ter acesso a água limpa e comida para suprir todas as suas necessidades nutricionais, caso isso não ocorra o animal entra em desequilíbrio nutricional e desidratação, caindo a produtividade do rebanho.

Para que o animal seja livre de dores e doenças, as vacinações do rebanho devem estar em dia, observando sempre o comportamento natural do animal.

Para que haja a liberdade do desconforto, os animais devem possuir abrigo que os protejam das chuvas e radiações solares intensas, com temperatura ambiente confortável, no caso dos búfalos, a condição climática ideal para seu crescimento e reprodução são temperaturas do ar entre 13-18°C, associada à umidade relativa do ar média entre 55 e 65% (MARAI e HAEEB, 2010 apud GARCIA, 2013). Portanto, caso a temperatura do ar ultrapasse 18°C, causa estresse aos animais, impedindo que os mesmos expressem seu potencial genético, causando queda no desempenho (produção leiteira, qualidade da carne, qualidade do couro e reprodução), conseqüentemente, levando a prejuízos para o produtor.

Os bubalinos possuem pelos grossos, em menor quantidade quando comparado aos bovinos e distribuídos por todo o corpo. Estes animais possuem o mecanismo de termorregulação pouco desenvolvido, conseqüência da pouca quantidade das glândulas sudoríparas, não sendo tão eficiente na sua regulação de calor corporal, muita das vezes entrando em estresse térmico. Em ambientes tropicais, água, sombra e lama são essenciais para os animais se refrescarem e terem dissipação do calor corporal, sendo alternativas para sua regulação térmica (VALE, 1994; MORAES JÚNIOR et al., 2009, SILVA et al., 2010a apud. SANTOS, 2010).

Os animais em geral devem ser livres para expressarem seu comportamento natural da espécie, no caso dos bubalinos deve-se ter grande área para pastoreio, harmonia entre os animais, pois são animais gregários. Eles devem ser livres de medo e estresse, ou seja, que não possuam comportamentos negativos, no caso dos búfalos, ficar afastado por muito tempo de pessoas e animais, pois são animais curiosos e gostam de ficar por perto, ou não querer entrar na sala de ordenha, por causa de maus tratos dos ordenadores, etc.

Ultimamente, o homem vem tendo a consciência de que os animais não são apenas para o servir, conseqüentemente, vem tendo um aumento de consumidores que exigem que os produtos de origem animal sejam livres de sofrimentos. O produtor que não se atenta ao bem-estar animal pode estar a caminho de sair do mercado agropecuário (ABLAS et al., 2007).

Pesquisas realizadas na Itália, mostram que búfalos que possuem acesso às “piscinas” ou aguadas artificiais, possuem melhoria na produção de leite e as búfalas gestantes reduzem seus dias de concepção.

#### 2.1.4. Aguadas artificiais para a bubalinocultura

Os búfalos (*Bubalus bubalis*), que são considerados animais rústicos e que se adequam em qualquer ambiente (pensamento errôneo), tem como obstáculo o fornecimento de recursos para que estes animais se protejam contra o calor, particularmente contra a radiação solar direta, fundamental motivo de estresse para essa espécie. Em situações de clima tropical, muitas das vezes os búfalos estão expostos a carga térmica radiante, tendo como consequência maior produção de calor metabólico e grande nível de desconforto (KELLY & BOND, 1971 apud. ABLAS et al., 2007). Para minimizar os problemas com calor e ectoparasitas, estes animais realizam o chafurdamento durante o dia, onde os animais cobrem o seu corpo com lama. Anil e Thomas (1996 apud. ABLAS et al. 2007) dizem que,

Aspersão de água, água ou lama para imersão e qualquer mecanismo que propicie resfriamento por evaporação parecem ser os melhores métodos para auxiliar o búfalo na termólise e manutenção da homeotermia.

É necessário que seja fornecido sombra e água para imersão aos búfalos domesticados, mas deve-se levar em conta o dimensionamento das aguadas artificiais ou “piscinas” para não haver o superlotação, causando mais estresse para os animais (TULLOCH, 1992 apud ABLAS et al., 2007).

O experimento realizado por Ablas et al. (2007), foi utilizado dez búfalas, onde foi construído uma “piscina”, com piso em terra, obtendo cinco metros de largura por dez metros de comprimento e um metro de profundidade, o qual atendeu as necessidades destes dez animais, onde se todos mergulhassem ao mesmo tempo haveria espaço e que mantivessem distância entre eles.

Segundo Tulloch (1992 apud SANTOS, 2010), na falta de água para imersão, os bubalinos começam a agir igual aos bovinos, procurando proteção contra o calor em sombras. Em dada circunstâncias, é inevitável o uso de sombreamento, garantindo o bem-estar e o desempenho produtivo dos animais.

## 2.2. Posicionamento GNSS

Os Estados Unidos na década de 1970, criou um sistema que revolucionou os trabalhos que dependiam das determinações das posições geográficas, o NAVSTAR – GPS (*Global Positioning System*), sistema de radionavegação administrado pela Força Aérea Americana. Logo depois, a antiga URSS, desenvolveu o GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), um sistema militar que foi planejado para proporcionar posicionamento 3D e velocidade, bem como informações de tempo, sob quaisquer condições climáticas, em nível local, regional e global, que tinha a função semelhante ao NAVSTAR – GPS. Já no final da década de 90, a Agencia Espacial Europeia criou o Galileo, sistema que fornece diferentes serviços aos usuários, como, serviços de posição, velocidade e tempo, sendo o primeiro satélite lançado no final do ano de 2005. Assim, todos esses sistemas têm sido chamados de GNSS (*Global Navigation Satellite System*), termo criado em 1991, durante a 10ª Conferência de Navegação Aérea, quando a ICAO (*International Civil Aviation Organization*) admitiu que a fonte primaria para a navegação aérea no século XXI seria o GNSS (MONICO, 2008).

O posicionamento GNSS é definido em função do momento da estimativa da posição da estação de interesse e da posição dos pontos. Quando a estimativa da posição da estação de interesse ocorre praticamente no mesmo instante em que as observações são coletadas, estamos perante posicionamento em tempo real e quando a estimativa das posições dos pontos ocorre em um processamento posterior à coleta das observações, estamos perante o posicionamento pós-processado (MONICO, 2008 apud. MUGUIO, 2012).

O começo de navegação pelo sistema de posicionamento por GNSS consiste da medida das pseudodistâncias – distância obtida pela multiplicação do tempo de propagação do sinal, resultante do processo de correlação, pela velocidade de propagação da luz –, entre o usuário (receptor) e o satélite, de pelo menos quatro satélites acima do horizonte do observador. Compreendidas as coordenadas dos satélites, referentes ao sistema geocêntrico terrestre, é possível determinar as coordenadas de um ponto na superfície terrestre (SEEBER, 2003 apud. HUINCA, 2009).

Portanto, a pseudodistância (PD) é descrita da seguinte maneira,

É igual a diferença entre o tempo registrado no receptor ( $t_r$ ) no instante de recepção do sinal e o tempo, registrado no satélite ( $t_s$ ), no instante de transmissão do sinal, multiplicado pela velocidade da luz no vácuo. Esta distância, nesta forma simples, não resulta propriamente na distância geométrica entre a antena do receptor e antena do satélite ( $p_{rs}$ ), devido entre outros fatores, à refração atmosférica (ionosfera ( $I_{rs}$ ) e troposfera ( $T_{rs}$ )) e dos efeitos de multicaminho ( $multipath = dm$ ), além de outros erros

(orbital, por exemplo). Assim, se faz necessário tomar em consideração as correções em relação à estas interferências para que se possa obter a distância de forma correta (SEGANTINE, 2001 apud. MUGUIO, 2012).

Assim temos a seguinte fórmula (Equação 1):

$$PDRS = prs + c[dtr - dts] + Irs + Trs + dmrs + \varepsilon PDrs \quad (1)$$

Onde:

- PDRS – Pseudodistância;
- prs – Distância geométrica entre o satélite e a antena do receptor;
- c – Velocidade da luz no vácuo;
- dtr e dts – contribuição dos ruídos gerados internamente no receptor e no satélite respectivamente;
- Irs e Trs – componentes da atmosfera, nomeadamente ionosfera e troposfera;
- dmrs – efeitos do multicaminho dos códigos;
- $\varepsilon PDrs$  – contribuição dos ruídos aleatórios nas medições ou erro da medida da pseudodistância.

Outro meio de posicionamento do GNSS é pela fase da onda portadora, uma variável muito mais precisa que a pseudodistância, pois é utilizada para a maioria das atividades geodésicas (MONICO, 2008 apud. HUINCA, 2009). Essa variável é igual à diferença entre a fase do sinal do satélite, recebido no receptor, e a fase do sinal gerado no receptor, ambas no instante de recepção t. Sua equação, pode ser descrita por (SEEBER, 2003 apud. HUINCA, 2009) (Equação 2):

$$\Phi_B^i = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) (|X_j - X_B| - N_B^j \lambda + c \delta t_B) \quad (2)$$

Onde:

- $\Phi_B^i$ : diferença de fase medida da onda portadora do receptor instalado em B a um satélite j;
- $\lambda$ : comprimento da onda portadora;
- $N_B^j$ : número inteiro de ciclos de onda (ambiguidades);
- $X_j$ : vetor de posição do satélite;
- $X_B$ : vetor de posição da antena do receptor i posicionada em B;
- c: velocidade da luz no vácuo;

- $\delta t_B$ : erro de sincronização entre o sistema de tempo GPS e o relógio receptor  $i$  instalado em B.

As observáveis GNSS, como todas as outras observáveis envolvidas nos processos de medidas, estão sujeitas a erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Os erros sistemáticos podem ser determinados (modelados como termos adicionais) ou eliminados por técnicas apropriadas de observação. Os erros grosseiros, são causados por falhas nas medições, leitura errada nos instrumentos, identificação de alvo, e normalmente estão relacionados com a falta de atenção do observador ou uma falha no equipamento. Já os erros aleatórios, não apresentam nenhuma relação funcional com as medidas e são, normalmente, as desigualdades restantes nas observações, depois que todos os erros grosseiros e sistemáticos forem eliminados ou minimizados. Eles são indispensáveis, sendo considerados como uma propriedade das observações (MUGUIO, 2012).

Segundo Muguio (2012), em relação ao posicionamento pelo GNSS, existem quatro tipos principais de erros: satélite, propagação do sinal, receptor/antena e estação.

Por satélite temos os seguintes erros:

- Erros da órbita;
- Erro do relógio;
- Relatividade;
- Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite;
- Centro de fase da antena do satélite.

Na propagação do sinal, acha-se os erros por:

- Refração troposférica;
- Refração ionosférica;
- Perda de ciclos;
- Multicaminho ou sinais refletidos;
- Rotação da Terra.

Pelo receptor/antena encontramos os erros:

- Do relógio;
- Erro entre os canais;
- Centro de fase da antena do receptor;
- Atraso entre as duas portadoras no hardware do receptor.

E por último temos a estação, a qual se encontra os seguintes erros:

- Nas coordenadas;

- Marés terrestres;
- Movimento do pólo;
- Carga dos oceanos;
- Pressão atmosférica.

O sinal GNSS sofre a influência de duas camadas da atmosfera, a troposfera e a ionosfera, as quais perturbam a trajetória do sinal, acelerando-a ou retardando-a. A troposfera possui uma espessura de 40 a 60 km e é eletricamente neutra; nela o índice de refração afasta-se muito pouco da unidade. O erro de atraso troposférico é função da elevação do satélite e das condições atmosféricas como temperatura, pressão e umidade relativa. Normalmente, ele é expresso por duas componentes: uma composta de gases secos, e uma outra composta de vapor d'água, denominada componente úmida. Os atrasos da propagação do sinal na troposfera são críticos para o posicionamento de precisão e para a determinação de uma linha de base longa, principalmente para a altitude. A ionosfera, segunda camada, apresenta espessura aproximada de 50 a 1000 km, nessa camada há a ionização dos gases devido a atividade solar, resultando em um meio ionizado, o qual provoca atrasos na propagação do sinal (KRUEGER, 2007 apud. HUINCA, 2009).

O efeito do multicaminho é caracterizado pela chegada de um ou mais sinais a antena do receptor GPS além do sinal direto do satélite devido às reflexões em superfícies refletoras próximas da antena e durante o percurso do sinal do satélite ao receptor (BAEBIERI et al., 2006 apud. HUINCA, 2009).

Segundo Huinca (2009), nos erros relacionados ao receptor/antena do GNSS, dois merecem atenção,

o erro do relógio dos receptores provém da deriva (marcha) dos osciladores internos desses relógios, que diferem do tempo GNSS. Estes erros são eliminados no posicionamento relativo com o emprego da fase da onda portadora. A variação do centro de fase é um erro proveniente da não coincidência do centro de fase das antenas com o centro de fase eletrônico das mesmas (FREIBERGER JUNIOR, 2007). O centro de fase eletrônico da antena é um ponto virtual onde as medidas dos sinais são referenciadas (MONICO, 2008). Ele não é um ponto estável, varia conforme a direção (elevação e azimute) do satélite.

Segundo Huinca (2009), em 1886, foram criadas as primeiras antenas de GNSS por Heinrich Hertz, com o objetivo de facilitar os estudos e desenvolvimentos das teorias eletromagnéticas. A função da antena é transformar a energia eletromagnética norteada pela linha de transmissão em energia eletromagnética irradiada.

Para Balanis (1998 apud. HUINCA, 2009) “as principais características de uma antena são: diagrama de irradiação, ganho, diretividade e eficiência na irradiação”. Assim, quanto maior for a direção e o ganho, maior será a intensidade de potência irradiada pela antena em determinado local.

As antenas GNSS nos mostra um diagrama com as direções angulares em que a mesma recebe as irradiações eletromagnéticas, sendo, a área em que atingem radiações com maior intensidade (HUINCA, 2009).

Para Seeber 2003 apud. Huinca, existem cinco tipos de antenas GNSS disponíveis, as quais são:

- Monopolo;
- Helicoidal (Helix);
- Helicoidal – espiral (Spiral Helix);
- Microstrip ou patch; e
- Choke Ring (2D e 3D).

As antenas chamadas de monopolo, são antenas abertas, possui um quarto de onda e padrão de radiação omnidirecional, onde a onda eletromagnética alastra-se em diversas direções, esse tipo de antena tem uso facilitado, pois não há necessidade de direcionamento (HUINCA, 2009).

Segundo Fusco (2006, apud. HUINCA, 2009), a chamada antena helicoidal é feita na forma espiralada ou em formato de hélice a partir de um ou mais condutores, este tipo de antena é adotado para a produção de radiação polarizada de forma circular, sendo bastante comum na comunicação de satélites, por não precisar de ajustes de polarização, e muito utilizado em receptores de navegação GPS, por apresentar um acesso adaptável com o ângulo do sinal incidente dos satélites.

A antena helicoidal – espiral é usada em regiões onde há neve, evitando acúmulo de neve no topo da antena (HUINCA, 2009).

As antenas Microstrip são fabricadas em placas de circuito impresso montadas sobre bases quadradas, isolados por um dielétrico e uma camada de ar, são usadas em receptores GPS portáteis (receptores de navegação) (JUNIOR, 2007 apud. HUINCA, 2009).

Segundo Souza (2005, apud. HUINCA, 2009) para execuções que precisam de alta precisão (aplicações geodésicas) são solicitadas antenas que expressem maior invariabilidade no centro de fase e proteção contra multicaminho, como, por exemplo, “Choke Ring”. Essas

antenas possuem um plano de terra que inclui uma sequência de círculos concêntricos com depressões de um quarto de onda, tais depressões agem como linhas de transmissão curtas e seus topos demonstram uma alta impedância (oposição que um circuito elétrico faz à passagem de corrente quando é submetido a uma tensão) na frequência do sinal GPS.

Por fim, a antena Choke Ring 3D foi formada para adquirir sinais GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO), diferente da antena Choke Ring 2D, que possui anéis em diversos níveis, estando preparada para adquirir os seguintes sinais:

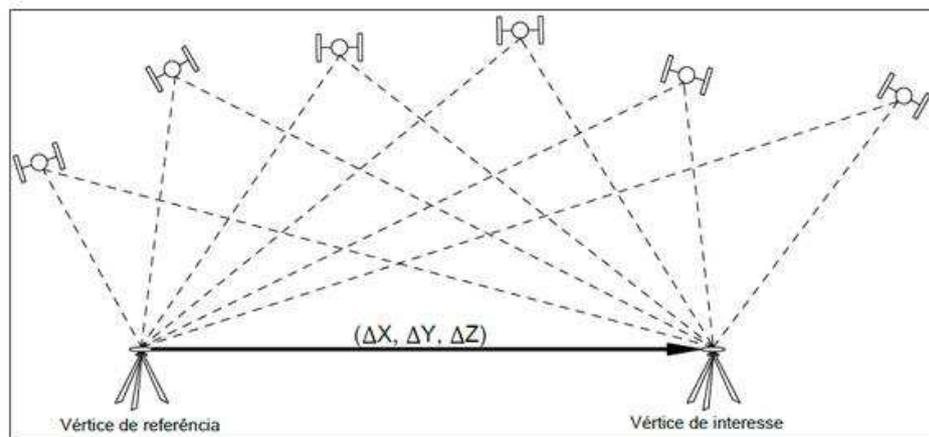
- GPS: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>2C</sub>, L<sub>5</sub>;
- GLONASS: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>5</sub>;
- GALILEO: E<sub>2</sub>, E<sub>2-L1-E1</sub>, E<sub>5a</sub>, E<sub>5b</sub>, E<sub>6</sub>, AltBOC; e
- COMPASS: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, L<sub>5</sub>.

A antena 3D diminui o efeito do multicaminho devido as depressões que os anéis representam e o ganho dessa antena foi aprimorado para se tornar padrão para a indústria de alta precisão e desempenho (LEICA AR25, 2009 apud HUINCA, 2009).

### 2.2.1. Métodos de posicionamento GNSS

O posicionamento por GNSS pode ser executado por várias formas. Portanto, será abordado somente aqueles que garantem precisão adequada para trabalhos de georreferenciamento de imóveis rurais, tanto para o estabelecimento de vértices de referência, quanto para o posicionamento de vértices de limites (artificiais e naturais) (INCRA, 2013).

No posicionamento relativo, as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Neste caso é necessário que dois ou mais receptores GNSS colem dados simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupe um vértice de referência (FIGURA 4).

**Figura 4 - Modelo do posicionamento relativo**

Fonte: Manual Técnico de Posicionamento, 2013.

No posicionamento relativo pode utilizar a fase da onda portadora, pseudodistância ou as duas juntas. Lembrando que a fase da onda portadora possibilita uma melhor precisão que a pseudodistância, portanto, é a única aceita na determinação de coordenadas de vértices de apoio e vértices situados em limites artificiais. O posicionamento relativo utilizando a pseudodistância somente é permitido para a determinação de coordenadas de vértices situados em limites naturais. Pelo fato de existir várias possibilidades de realizar um posicionamento relativo usando a fase da onda portadora, este tipo de posicionamento foi subdividido em quatro grupos: estático, estático-rápido, semicinemático e cinemático (INCRA, 2013).

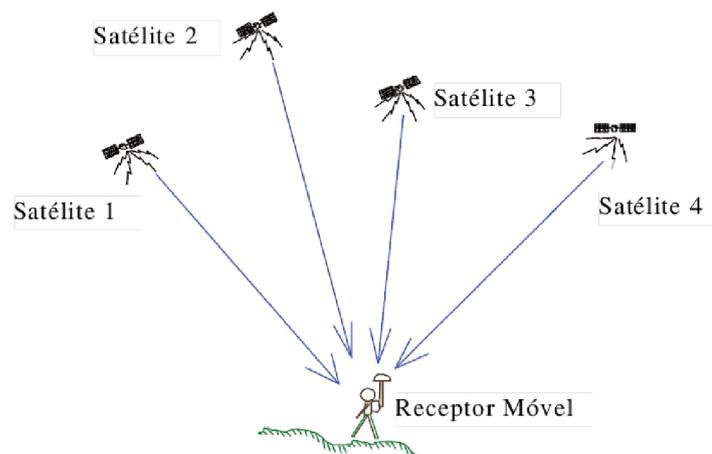
Assim, no posicionamento relativo estático, tanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de interesse precisam ficar parados (estáticos) durante todo o levantamento. Neste método, a sessão de rastreamento se estende por um longo período. Já o posicionamento relativo estático-rápido é semelhante ao posicionamento anterior, mas, com uma diferença, a duração da sessão de rastreamento, na maioria das vezes é menor que 20 minutos, pois, não há necessidade de manter o receptor coletando dados no deslocamento entre os vértices de interesse, esse método é uma alternativa para os casos onde ocorram obstruções no intervalo entre os vértices de interesse (INCRA, 2013).

O posicionamento relativo semicinemático, é uma modificação entre os posicionamentos já citados, pois, o receptor que ocupa o vértice de interesse permanece inalterado, porém em menor tempo de ocupação, havendo a necessidade de coleta dos dados no deslocamento entre um vértice de interesse e outro. Quanto maior a duração da sessão de levantamento com a coleta de dados íntegros, sem perdas de ciclos, melhor a precisão na determinação de coordenadas. Por fim, no posicionamento relativo cinemático, enquanto um

ou mais receptores estão parados no(s) vértice(s) de referência, o(s) receptor(es) que coleta(m) dados dos vértices de interesse permanece(m) em movimento. A cada instante de observação, que coincide com o intervalo de gravação, é determinado um conjunto de coordenadas, assim este método é adequado para o levantamento de limites de imóveis definidos por feições lineares com muita sinuosidade, mas a sua utilização em locais com muitas obstruções é limitada (INCRA, 2013).

O posicionamento absoluto ou posicionamento por ponto é quando as coordenadas de um objeto estão relacionadas em direção ao geocentro (centro de massa de um referencial tridimensional), quando empregam efemérides transmitidas, a posição do ponto é definida no referencial vinculado ao sistema que está sendo utilizado (FIGURA 5). Quando são usadas as efemérides precisas e as correções dos relógios, com as informações da fase da onda portadora, possui o posicionamento por ponto preciso (PPP) (WESTON e SCHWIEGER, 2010 apud. MUGUIU, 2012).

**Figura 5** - Representação ilustrativa do posicionamento absoluto.



Fonte: *Monico, s/d.*

### 2.2.2. Tipos de processamentos GNSS

No momento em que se aplicam as observáveis de pseudodistância ou fase da onda portadora, ou as duas em conjunto, apanhado por receptores de simples ou dupla frequência, com datas definidas, trata-se do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Esse processo aponta alta potencialidade para ser utilizado em aplicações que exigem alta acurácia, como

geodinâmica, além de exibir várias vantagens se comparado com o processamento de redes GNSS, em que há grande perda computacional (MONICO, 2008).

Segundo Monico (2008), o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) exige datas precisas e correções dos relógios dos satélites, os dois com alta precisão. Conseqüentemente, esses métodos devem ser cedidos aos usuários por alguma fonte independente. No momento atual, o Serviço Internacional de GNSS (IGS em inglês – derivado da junção das órbitas dos vários centros de análises, disponíveis com latência da ordem de treze dias após a coleta de dados) fornece três tipos de datas precisas e correções para o relógio dos satélites:

- IGS: acurácia melhor que 5 cm em posição e 0,1 ns para correções dos relógios dos satélites;
- IGR – derivado da junção das órbitas rápidas produzidas pelos centros de análises: latência de 17 h e com nível de qualidade semelhante ao IGS;
- IGU – são as órbitas ultrarrápidas, formadas com base em dados observados e preditos: os dados observados possuem latência de 3h com uma acurácia de 5 cm em posição e 0,2 ns nas correções dos relógios, e os dados preditos ficam disponíveis em tempo real com acurácia da ordem de 10 cm e de 5 ns nas correções dos relógios.

No que se refere as observáveis envolvidas no PPP, é normal que usem dados de receptores de dupla frequência, apesar que o uso de dados de simples frequência também foi inserido nesse método. No primeiro caso é utilizado a observável *ion-free*, tanto para a fase quanto para a pseudodistância, no segundo é frequentemente usado algum modelo para reduzir os efeitos da ionosfera (MONICO, 2008).

A observável *ion-free* da pseudodistância ( $PD_{rIF}^s$ ) e da fase ( $\varphi_{rIF}^s$ ), é dada pela seguinte formula (Equação 3 e 4):

$$PD_{rIF}^s = \rho_r^s + c(dt_r - dt^s) + T_{r0}^s + dT_r^s m(E) \quad (3)$$

$$\varphi_{rIF}^s = \frac{f_1}{c} \rho_r^s + f_1 (dt_r - dt^s) + N_{IF} + \frac{f_1}{c} T_{r0}^s + \frac{f_1}{c} dT_r^s m(E) \quad (4)$$

Assim:

- $\rho_r^s$ : distância geométrica entre o centro de fase da antena do receptor, no instante de recepção do sinal, e do satélite, no instante de transmissão;
- $f_1$ : frequência da observável *ion-free*;
- $c$ : velocidade da luz no vácuo;

- $dt_r$ : erro do relógio do receptor;
- $N_{IF}$ : ambiguidade da observável *ion-free* (tempo real);
- $T_{r0}^S$ : atraso troposférico aproximado a partir de algum modelo disponível;
- $dT_r^S$ : correção residual de  $T_{r0}^S$ , a ser estimada no modelo;
- $m(E)$ : função de mapeamento utilizado.

Observando a equação acima, o leitor pode ver os parâmetros (incógnitas) a serem considerados que abrangem as coordenadas da estação, erro do relógio do receptor (1 por época, via de regra), correção residual da troposfera  $dT_r^S$  com diversas possibilidades de modelagens e o vetor de ambiguidades  $N_{IF}$  (1 por satélite) (MONICO, 2008).

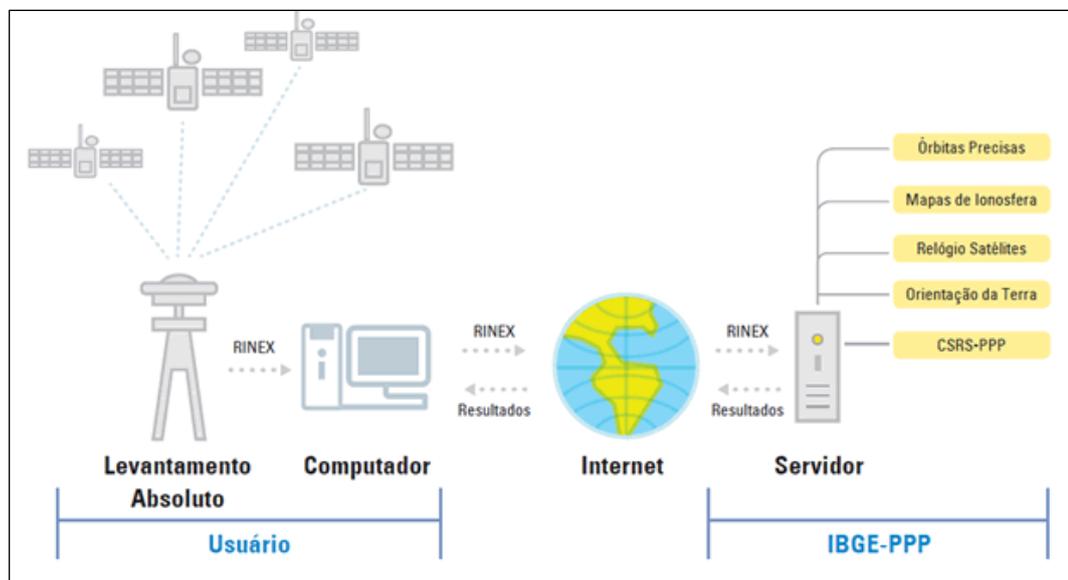
Segundo Monico (2008), algumas instituições têm possibilitado o PPP *on-line*, gerando perspectivas de uso gratuito. O JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) fornece o uso gratuito do programa através de um e-mail e ftp (*file – transfer program*) como área de interação para um computador no JPL onde os critérios necessários (órbita e erros dos relógios) são calculados regularmente. O e-mail deve ser enviado para [ag@cobra.jpl.nasa.gov](mailto:ag@cobra.jpl.nasa.gov), devendo ter como assunto o termo “*Static*”, para o posicionamento estático, e “*Kinematic*”, para o posicionamento cinemático. Na caixa de texto deve mencionar o endereço da URL onde o arquivo RINEX foi depositado.

Há também o NRCan (Ministério dos Recursos Naturais do Canadá) que fornece um serviço gratuito para processamento de dados GNSS que utiliza PPP. Esse trabalho está acessível por meio do CSRS – PPP (*Canadian Spatial Reference System*), possibilitando aos usuários do Canadá e de locais próximos oportunidade de realizar o posicionamento com um único receptor, unicamente pela submissão de seus dados por meio da internet. A precisão esperável assemelha-se com aquela alcançada pelo método de posicionamento relativo, dispensando os dados obtidos por uma estação de referência. O CSRS – PPP pode verificar dados GPS de receptores de simples e dupla frequência, tanto no modo estático, quanto no cinemático, mas os dois pós-processados (MONICO, 2008).

No Brasil temos o IBGE-PPP que também é um sistema *online* gratuito para o pós-processamento de dados GNSS, que utiliza o CSRS-PPP desenvolvido pelo NRCan, possibilitando que os usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, conseguirem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) através de um processamento preciso. Este sistema executa os dados GNSS (GPS e GLONASS) que foram apurados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático (FIGURA 6). Tais dados são concedidos

por meios de relatórios os quais são aprovados pelo INCRA em desenvolvimentos para o reconhecimento de imóveis rurais. Esta prescrição está no manual técnico de posicionamento para o georeferenciamento de imóveis rurais (aplicação da lei 102267 - 28/08/2001). Vale lembrar ao usuário que cite o arquivo de observação no formato RINEX ou HATANAKA, e qual foi o levantamento posto em prática (estático ou cinemático), o modelo e a altura da antena utilizada, e um e-mail válido. No final do processo é liberado um link para obtenção dos arquivos com os resultados (IBGE, s/d).

**Figura 6** - Esquema entre o usuário e o sistema utilizado.



Fonte: IBGE (s/d).

Atualmente, as pesquisas realizadas referentes ao PPP estão encaminhadas para a efetuação desse método de posicionamento em tempo real. Resultado de centros que passaram a oferecer os produtos fundamentais para o PPP (datas fixas e correções dos relógios dos satélites) em tempo real, como exemplo do que vem realizando o IGS, NRCan e o JPL (MONICO, 2008).

Há diversos tipos de softwares pagos, um deles é o Trimble Business Center (TBC), utilizado para transferência, edição gráfica e processamento de dados GNSS e RTK (Real Time Kinematic), introduzindo a conexão com vários equipamentos do mercado de linha de base estático e cinemático, teste de fechamento, ajuste de redes, transformação de coordenadas e inúmeros relatórios. Outro software muito utilizado é o Métrica TOPO, um sistema profissional de alta performance para computação de cálculos, desenhos e projetos de topografia elaborado

para simplificar e adiantar a elaboração dos mesmos (SANTIAGO&CINTRA GEO-TECNOLOGIAS, s/d).

### 2.3. Levantamento Topográfico – Planimetria

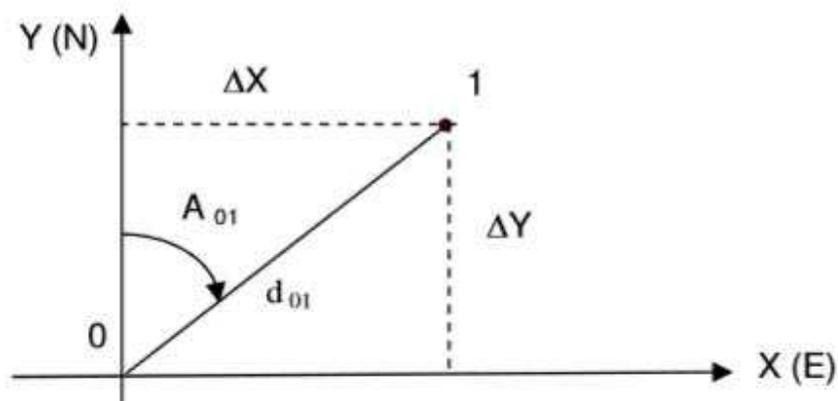
No decorrer de um levantamento topográfico, geralmente são estabelecidos pontos de apoio ao levantamento (pontos planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos), e a partir destes, são levantados os outros pontos que possibilitam formar a área levantada. A primeira parte pode ser considerada como formação do apoio topográfico e a segunda de levantamento de detalhes (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

A ABNT NBR 13133: 1994 classifica os pontos de apoio como pontos, adequadamente distribuídos, que ligam ao terreno o levantamento topográfico e, conseqüentemente, devem ser corporizados por estacas, piquetes, marcos de concreto, pinos de metal, tinta, de acordo com a sua importância e permanência. E determina os pontos de detalhe como pontos importantes dos eventos naturais e/ou artificiais, estipulados da forma do detalhe e/ou do relevo, essenciais à sua representação gráfica (ABNT, 1994).

A representação topográfica será fundamentada em pontos levantados no terreno, para os quais são determinadas as coordenadas.

Segundo Veiga et al. (2012), as projeções planas são alcançadas em relação da distância entre os vértices de um alinhamento e o azimute ou rumo, magnético ou geográfico, deste mesmo alinhamento, ou seja, a projeção em “X” é a representação da distância entre os dois vértices do alinhamento sobre o eixo das abscissas e a projeção em “Y” a representação da mesma distância no eixo das ordenadas (FIGURA 7).

**Figura 7** - Representação da projeção da distância D em X ( $\Delta X$ ) e em Y ( $\Delta Y$ )



Fonte: Veiga; Zanetti; Faggion, 2012.

Tendo como significado:

- $d_{01}$ : distância horizontal entre os vértices 0 e 1;
- $A_{01}$ : azimute da direção 0-1;
- $\Delta X$ : projeção da distância  $d_{01}$  sobre o eixo X ;
- $\Delta Y$ : projeção da distância  $d_{01}$  sobre o eixo Y;

Levando em consideração a Figura 7 e colocando em prática os conceitos de trigonometria plana (tri:3; gono: ângulo; metria: medida – provamos os valores dos ângulos ou lados do triângulo retângulo), conseguimos calcular as projeções em “X” e “Y” pela seguinte equação (Equação 5 e 6):

$$\Delta X = d_{01} \times \text{sen}A_{01} \quad (5)$$

$$\Delta Y = d_{01} \times \text{cos}A_{01} \quad (6)$$

Conhecendo-se as coordenadas planimétricas de dois pontos é possível calcular o azimute da direção formada entre eles. Tendo como base a Figura 7, tem-se (Equações 7 a 10):

$$\text{tg}A_{01} = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (7)$$

$$A_{01} = \text{arctg} \left( \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) \quad (8)$$

$$\Delta X = X_1 - X_0 \quad (9)$$

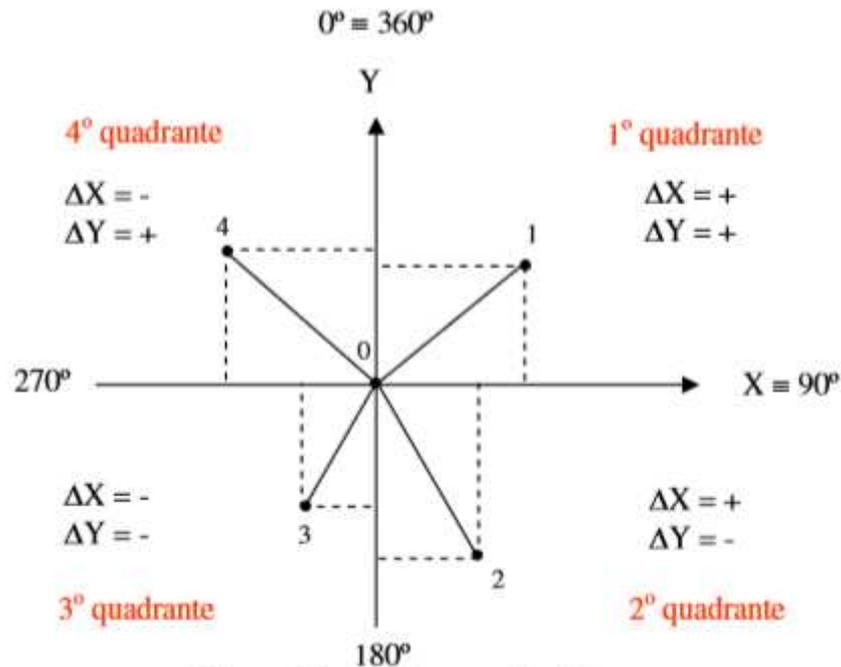
$$\Delta Y = Y_1 - Y_0 \quad (10)$$

Segundo Veiga et al. (2012), “o azimute de uma direção é medido a partir do Norte, no sentido horário, varia de 0° a 360° e consiste no ângulo formado entre a meridiana de origem que contém os Pólos, magnéticos ou geográficos, e a direção considerada”. Com o intuito de alcançar uma futura análise de quadrante, é essencial que  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  sejam adquiridos fazendo-se sempre a coordenada do segundo ponto menos a coordenada do primeiro.

Na Figura a seguir (FIGURA 8), repara-se que as projeções  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  da direção 0-1 sobre os eixos cartesianos X e Y são positivas. Diferente para a direção 0-2, a projeção sobre o eixo X é positiva e sobre o eixo Y é negativa. Tendo em vista a direção 0-3, verifica-se que

ambas as projeções são negativas. E, a direção 0-4 apresenta a projeção sobre o eixo X negativa e sobre o eixo Y positiva (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

**Figura 8** - Quadrantes do Azimute

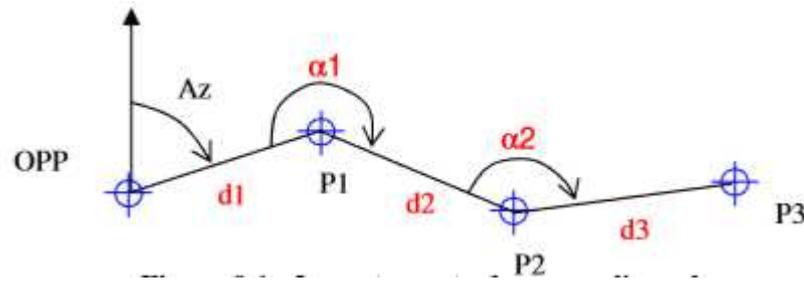


Fonte: VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012.

### 2.3.1. Levantamentos planimétricos: Poligonação

A Poligonação é um dos procedimentos mais utilizados para a especificação de coordenadas de pontos em Topografia, especialmente para a descrição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal compõe-se em uma sequência de linhas consecutivas no qual são considerados os comprimentos e direções, adquiridos através de medições em campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

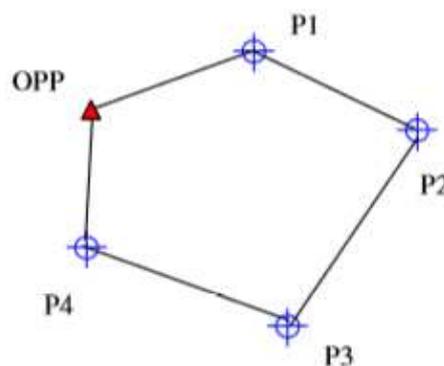
O levantamento de uma poligonal é executado por meio do método de caminhamento, andando pelo contorno de um itinerário estabelecido por uma sequência de pontos, medindo-se todos os ângulos, lados e uma orientação inicial (FIGURA 9). A começar destes dados e de uma coordenada de partida, é permitido calcular as coordenadas de todos os pontos que formam esta poligonal (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

**Figura 9** - Levantamento de uma poligonal

Fonte: Veiga; Zanetti; Faggian, 2012.

Segundo a NBR 13133 define as poligonais em auxiliar, principal (ou poligonal básica) e secundária. A poligonal auxiliar está fundamentada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, possui seus vértices lançados na área a ser retratada, de tal modo, que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou por ordenadas sobre uma linha base, os pontos de detalhe considerados necessários, precisam ser determinados pela escala ou nível de detalhamento do levantamento. A poligonal principal estabelece os pontos de apoio topográfico de primeira ordem. A poligonal secundária está estabelecida nos vértices da poligonal principal, define os pontos de apoio topográfico de segunda ordem (ABNT, 1994).

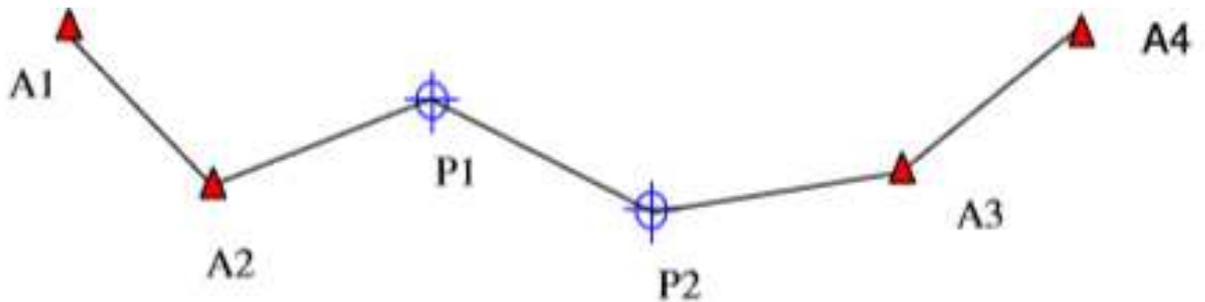
De acordo com Veiga et al. (2012), as poligonais levantadas em campo podem ser classificadas em fechadas, enquadradas ou abertas. A poligonal fechada sai de um ponto conhecido e volta para esse mesmo ponto (FIGURA 10). A vantagem dessa poligonal é possibilitar a demonstração do erro do fechamento angular e linear.

**Figura 10** - Poligonal fechada.

Fonte: Veiga et al., 2012.

A poligonal enquadrada tem origem de dois pontos distintos com coordenadas conhecidas e finaliza em outros dois pontos também com coordenadas conhecidas (FIGURA 11). Assim como a poligonal fechada, está também nos faz conhecer o erro do fechamento angular e linear.

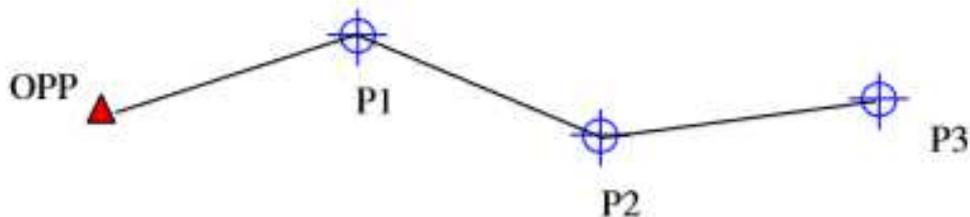
**Figura 11** - Poligonal enquadrada.



Fonte: Veiga et al., 2012.

A poligonal aberta sai de um ponto com coordenadas conhecidas e finaliza em um ponto onde se quer definir a coordenada (FIGURA 12). Nessa poligonal não é executável erros de fechamento, assim é preciso cautela durante o procedimento realizado em campo.

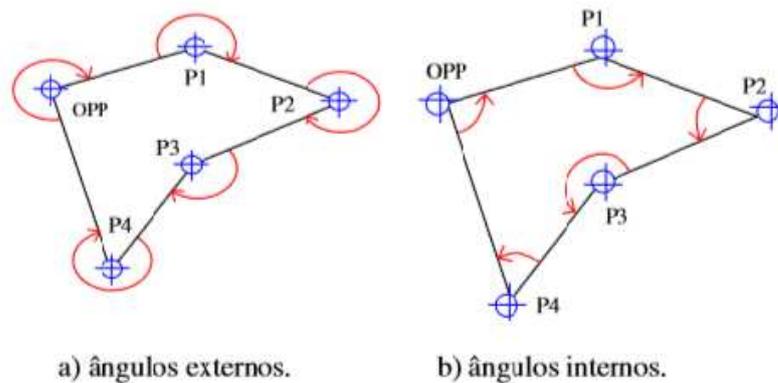
**Figura 12** - Poligonal aberta.



Fonte: Veiga; Zanetti; Faggian, 2012.

Um dos princípios indispensáveis para a delimitação de uma poligonal são os ângulos formados por seus lados. A medição destes ângulos pode ser realizada utilizando métodos como pares conjugados, repetição ou outro meio de medição de ângulos. Geralmente são definidos os ângulos externos ou internos da poligonal (FIGURA 13).

**Figura 13** - Ângulos externos e internos de uma poligonal fechada.



Fonte: Veiga et al., 2012.

Veiga et al. (2012), nos mostra que a orientação do sentido para o levantamento da poligonal deve ser considerada no sentido horário. Há dois princípios a serem considerados, a estação ré e estação vante. No sentido para o levantamento da poligonal, a estação anterior a estação ocupada denomina-se de estação RÉ e a estação seguinte de VANTE (FIGURA 14).

**Figura 14** - Estação ré e vante.



Fonte: Veiga et al., 2012.

Assim, os ângulos estipulados são denominados de ângulos horizontais horários (externos) e são adquiridos pelo equipamento estacionado na estação onde serão realizadas as medições, faz-se a pontaria na estação ré e depois faz-se a pontaria na estação vante (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012). O ângulo horizontal externo será obtido por meio da seguinte equação (Equação 11):

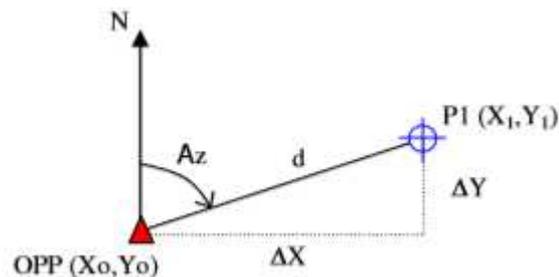
$$\hat{\text{Ângulo}} = \textit{leitura de vante} - \textit{leitura da ré} \quad (11)$$

Os comprimentos dos lados da poligonal são adquiridos usando-se trena, taqueometria ou estação total, sendo este último a técnica mais usada recentemente (VEIGA et al.,2012).

### 2.3.1.1. Cálculo de uma poligonal fechada

Com base nos dados obtidos em campo (ângulos e distâncias), orientação inicial e coordenadas do ponto de partida pode-se calcular as coordenadas de todos os pontos da poligonal. Começa o cálculo pelo ponto de partida, normalmente usa a nomenclatura OPP para nomear o ponto de partida (FIGURA 15) (VEIGA et al., 2012).

Figura 15 - Cálculo das coordenadas



Fonte: Veiga et al., 2012.

Com:

$A_z$ : azimute da direção OPP – P1;

$d$ : distancia horizontal entre os pontos OPP e P1;

$X_0$  e  $Y_0$ : coordenadas do ponto OPP;

$X_1$  e  $Y_1$ : coordenadas do ponto P1.

As coordenadas do ponto P1 serão fornecidas por meio das seguintes equações (Equações 12 e 13):

$$X_1 = X_0 + \Delta X \quad (12)$$

$$Y_1 = Y_o + \Delta Y \quad (13)$$

No qual  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  são obtidos pelas equações 9 e 10 citadas anteriormente.

Para Veiga et al. (2012), na poligonal fechada, antes de se calcular o azimute das direções, é indispensável a realização da verificação dos ângulos medidos. Sendo que a poligonal forma um polígono fechado é possível conferir se possui algum erro na medição dos ângulos. Em um polígono qualquer, o somatório dos ângulos externos deverá ser igual a (Equação 14):

$$\sum \text{ângulos medidos} = (n + 2) \times 180^\circ \quad (14)$$

Onde:

$\sum$  ângulos medidos: somatório dos ângulos medidos na poligonal;

$n$ : número de estações da poligonal.

Assim, o erro angular cometido ( $e_a$ ) será efetuado por (Equação 15):

$$e_a = \sum \text{ângulos medidos} - (n + 2) \times 180^\circ \quad (15)$$

Para os ângulos internos o somatório dos mesmos deverá ser igual ao número de estações menos dois, multiplicado por  $180^\circ$ .

Este erro deverá ser menor que a tolerância angular ( $\varepsilon_a$ ), que pode ser percebida com o erro angular máximo aceitável nas medições. Se o erro cometido for menor que o erro aceitável, necessita-se fazer uma distribuição do erro cometido entre as estações e somente depois realizar o cálculo dos azimutes. É frequentemente encontrado a seguinte equação para o cálculo da tolerância angular (Equação 16):

$$\varepsilon_a = p \times \sqrt{m} \quad (16)$$

Onde:

$m$ : número de ângulos medidos na poligonal;

$p$ : precisão nominal do equipamento de medição angular.

Na poligonal fechada o número de estações é igual ao número de ângulos medidos, ou seja,  $m = n$ .

Se o erro cometido for maior que o erro tolerável é exigido que refaça as medições angulares.

Dado que a orientação é determinada somente para uma direção da poligonal, é essencial realizar o cálculo dos azimutes para todas as demais direções da poligonal. Isto é executado utilizando-se os ângulos horizontais medidos em campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

A equação para o cálculo do Azimute é dada por (Equação 17):

$$Az_{i,i+1} = Az_{i-1,i} + \alpha_i - 180^\circ \quad (17)$$

Onde:

$Az_{i,i+1}$ : azimute da direção desejada;

$Az_{i-1,i}$ : azimute inicial da direção;

$\alpha_i$ : ângulo horizontal externo medido no sentido horário;

$i$ : varia de 0 a  $(n-1)$ ;

Se  $i + 1$  for maior que  $n$ , então  $i$  é igual a 0;

Se  $i - 1$  for menor que 0, então  $i$  é igual a  $n$ .

Se o resultado da equação for maior que  $360^\circ$  deve-se subtrair  $360^\circ$  do mesmo e se for negativo deverá ser somado  $360^\circ$ . Quando se trabalhar com ângulos medidos no sentido anti-horário, deve-se somar  $180^\circ$  e subtrair o valor de  $\alpha$  do azimute (VEIGA et al., 2012).

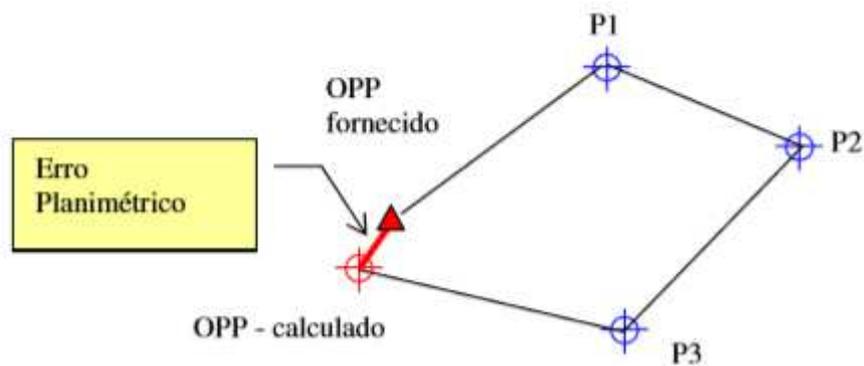
Segundo Veiga et al. (2012), depois de todos os ângulos serem reparados e os azimutes calculados é possível calcular as coordenadas parciais dos pontos, de acordo com as equações a seguir (Equações 18 e 19):

$$X_i = X_{i-1} + d_{i-1,i} \times \text{sen}(Az_{i-1,i}) \quad (18)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + d_{i-1,i} \times \text{cos}(Az_{i-1,i}) \quad (19)$$

A começar do ponto de partida (OPP), calculam-se as coordenadas dos outros pontos até voltar ao ponto inicial. A diferença entre as coordenadas calculadas e as fornecidas para este ponto descenderá no chamado erro planimétrico ou erro linear cometido (FIGURA 16). Com os ângulos resolvidos, este erro será resultante de imprecisões na medição das distâncias (VEIGA et al., 2012).

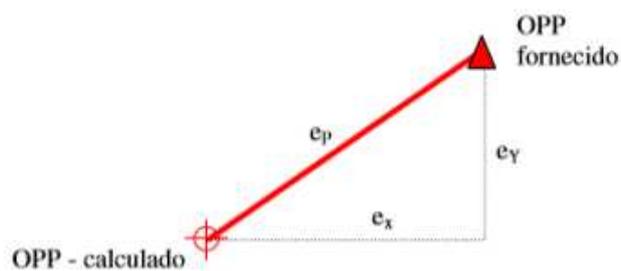
**Figura 16** - Erro planimétrico



Fonte: Veiga et al., 2012.

O erro planimétrico pode ser dividido em uma componente na direção X e outra na direção Y (FIGURA 17).

**Figura 17** - Divisão do erro planimétrico



Fonte: Veiga et al., 2012.

Os valores de  $e_x$  e  $e_y$  podem ser calculados por (Equações 20 e 21):

$$e_x = \sum \Delta X \quad (20)$$

$$e_y = \sum \Delta Y \quad (21)$$

Os valores de  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  são obtidos novamente pelas equações 9 e 10.

Assim, o erro planimétrico será dado por (Equação 22):

$$\varepsilon_p = \sqrt{(e_x^2 + e_y^2)} \quad (22)$$

É essencial confirmar se este erro está abaixo de uma determinada tolerância linear. Geralmente esta é dada em forma de escala, como por exemplo, 1:1000, ou seja, em uma poligonal com 1000 m o erro aceitável seria de 1 m. Para calcular o erro planimétrico em forma de escala utilizam-se as seguintes fórmulas (Equações 23 e 24):

$$\varepsilon_p = \frac{1}{Z} \quad (23)$$

$$Z = \frac{\sum d}{\sqrt{(e_x^2 + e_y^2)}} \quad (24)$$

Onde:

$\varepsilon_p$ : erro planimétrico;

Z: erro linear relativo;

$\sum d$ : somatório de todas as distancias da poligonal.

Segundo Veiga et al. (2012):

se o erro cometido for menor que o permitido, parte-se então para a distribuição do erro. As correções às coordenadas serão proporcionais às distâncias medidas. Quanto maior for a distância, maior será a correção. Será aplicada uma correção para as coordenadas X e outra para as coordenadas Y, conforme equações abaixo (Equações 25 e 26):

$$Cx_i = -e_x \times \frac{d_{i-1,i}}{\sum d} \quad (25)$$

$$Cy_i = -e_y \times \frac{d_{i-1,i}}{\sum d} \quad (26)$$

Onde:

$Cx_i$ : correção para as coordenadas  $X_i$ ;

$Cy_i$ : correção para as coordenadas  $Y_i$ ;

$\sum d$ : somatório das distancias;

$d_{i-1,i}$ : distância parcial.

As coordenadas corrigidas serão dadas por (Equações 27 e 28):

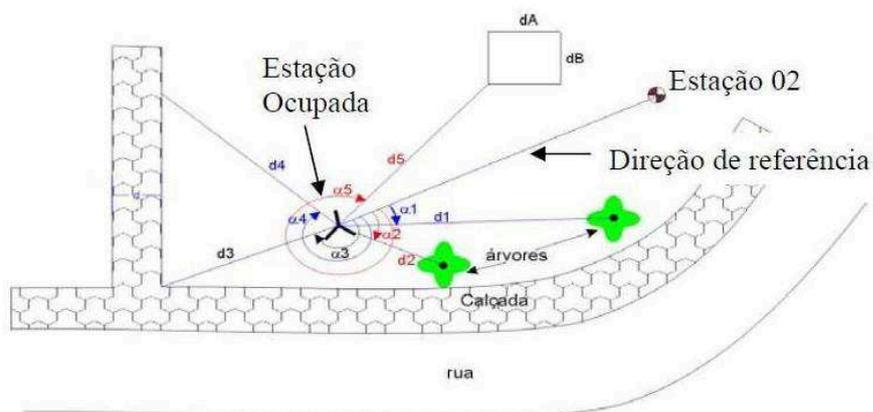
$$X_i^c = X_{i-1}^c + d_{i-1,i} \times \sin(Az_{i-1,i}) + Cx_i \quad (27)$$

$$Y_i^c = Y_{i-1}^c + d_{i-1,i} \times \cos(Az_{i-1,i}) + Cy_i \quad (28)$$

### 2.3.2. Irradiação

O Método por Irradiação baseia-se a partir de uma linha de referência conhecida, medir um ângulo e uma distância. A distância pode ser atingida usando uma trena, distanciômetro eletrônico ou estação total ou conseguida por métodos taqueométricos, o qual é muito utilizado no levantamento de detalhes em campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012). Em tal procedimento o equipamento fica parado sobre um ponto e faz-se a “varredura” dos dados de interesse próximos ao ponto ocupado, medindo direções e distâncias para cada ponto a ser representado (FIGURA 18).

**Figura 18** - Levantamento por irradiação



Fonte: Veiga et al., 2012.

No decorrer da prática de um levantamento de detalhes é interessante realizar um croqui da área que está sendo avaliada, dando um nome ou número a cada feição ou ponto levantado, e a mesma indicação deve ser utilizada na caderneta de campo. Isto facilita a elaboração do desenho final (VEIGA et al., 2012).

O cálculo para a irradiação é obtida por (Equação 29):

$$D_h = D_i \times \sin Z \quad (29)$$

Onde:

- $D_h$ : distância horizontal;
- $D_i$ : distância inclinada;
- $\sin Z$ : seno do ângulo zenital.

### 2.3.3. Levantamentos altimétricos: Nivelamentos

A definição de cota/altitude de um ponto é uma atividade fundamental em engenharia. A determinação do valor da cota/altitude está baseada em métodos que permitem obter o desnível entre pontos. Conhecendo-se um valor de referência inicial é possível calcular as demais cotas ou altitudes. Estes métodos são denominados de nivelamento. Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, com precisões que variam de alguns centímetros até submilímetro.

Para Garcia e Piedade (1984 apud. BRANDALIZE, s/d), a altitude refere-se a um ponto da superfície terrestre que pode ser considerada como a distância vertical deste ponto a superfície média dos mares; e a cota é classificada como a distância vertical de um ponto à uma superfície qualquer de referência, tal superfície pode estar localizada abaixo ou acima da superfície definida pelo nível médio dos mares.

Sabendo-se a altitude ou cota de um ponto e determinando-se o desnível ou diferença de nível ( $\Delta H_{AB}$ ) entre este e um segundo ponto, obtém-se a altitude ou cota do segundo ponto, através da equação (30):

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad (30)$$

Se o segundo ponto estiver com elevação maior que o primeiro o desnível será positivo, ao contrário, negativo (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

A ABNT NBR 13133: 1994 classifica o nivelamento como, levantamento que tem por objetivo a definição das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe, predizendo o entendimento de suas posições planimétricas, objetivando à representação altimétrica da superfície levantada.

A ABNT NBR 13133: 1994 nos traz três metodologias que são utilizadas para a definição dos desníveis: nivelamento geométrico (ou direto), trigonométrico e taqueométrico.

O nivelamento geométrico, efetua a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intercessão de leituras equivalentes a visadas horizontais, alcançada com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos (ABNT, 1994).

No nivelamento taqueométrico, as distâncias são alcançadas taqueometricamente e a altura do sinal visado é alcançado pela leitura do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira posicionada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é o propósito de determinação (ABNT NBR 13133, 1994).

O nivelamento trigonométrico, efetua a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da definição do ângulo vertical da direção que os incorpora e da distância entre estes, baseando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e as distancias medidas, levando em conta a altura do centro do limbo vertical do teodolito ou estação total ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado (ABNT NBR 13133, 1994). Neste trabalho aplicou-se esse tipo de método para determinar a altimetria da área.

### **2.3.3.1. Nivelamento trigonométrico**

Concretiza-se na resolução de um triângulo retângulo, por isso, é necessário coletar em campo, informações relativas à distância (horizontal ou inclinada), ângulos (verticais, zenitais ou nadirais), além da altura do instrumento e do refletor (VEIGA; ZANETTI; FAGGIAN, 2012).

Segundo Veiga et al. (2012), para um levantamento trigonométrico em terrenos menores utiliza-se lances curtos com visadas até 150 m, por meio do método de caminhamento, amplamente aplicado nos levantamentos topográficos em função de sua simplicidade e agilidade.

Assim para calcular o desnível entre os pontos sobre o terreno, usa-se a seguinte equação (31):

$$\Delta H_{AB} = h_i - h_s + [D_i \times \cos Z] \quad (31)$$

Onde:

$\Delta H_{AB}$ : desnível entre o ponto A e o ponto B sobre o terreno;

$h_i$ : altura do instrumento;

$h_s$ : altura do sinal (prisma);

$D_i$ : distância inclinada;

$Z$ : ângulo zenital.

#### 2.4. Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)

O sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), tem como apoio o plano cartesiano (eixo X e Y), sua unidade de medida é a distância dada em metro, gerando o posicionamento de algum ponto. Este sistema difere da coordenada geodésica, pois não considera a curvatura da Terra, portanto suas coordenadas também são consideradas de coordenadas planas. A localização indicada pela coordenada UTM depende do fuso onde a mesma se encontra (SILVA et al, 2013 apud RODRIGUES, 2015).

A expressão “universal” é correspondente a realidade que tal sistema UTM pode ser utilizado em qualquer lugar do Planeta Terra, com exceção das calotas polares (LOCHE E CORDINI, 1995 apud RODRIGUES, 2015).

Segundo Sampaio e Brandalize (2018), o modelo terrestre (elipsoide de revolução) é fracionado em 60 fusos de 6° de amplitude longitudinal, o qual são numerados desde o antimeridiano de Greenwich (180°W), da esquerda para a direita (oeste-leste). A cada fuso é destinada um início do sistema de coordenadas, situada no encontro do círculo do Equador com o Meridiano Central do fuso.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, no campus Glória, situado a  $18^{\circ}56'39,15''$  S de latitude e  $48^{\circ}12'58,87''$  W de longitude, com altitude aproximada de 835 m, apresentando clima do tipo Aw (savana tropical), segundo classificação de Koppen – Geiger (FIGURA 19). A temperatura média anual em Uberlândia, MG, é  $21,5^{\circ}\text{C}$  e 1479mm é a pluviosidade média anual (CLIMA-DATE.ORG. 2019).

**Figura 19** - Área do levantamento topográfico



Fonte: Google Earth, 2019.

Para o levantamento das coordenadas dos pontos de partida da poligonação foram utilizados os seguintes materiais, um receptor GNSS Promark 2 Ashtech, para levantamento geodésico dos pontos de apoio A e B (FIGURA 20).

**Figura 20** - Receptor GNSS



**Fonte:** Autor, 2019.

Para o levantamento topográfico utilizou-se uma estação total modelo RUIDE RTS 820/820 R e um prisma para visada dos pontos de ré e vante, além de piquetes e blocos de concreto que foram cravados nos pontos de apoio (Poligonação) (FIGURAS 21 (a) e (b) e 22 (a) e (b)).

**Figura 21** - Levantamento topográfico.

a) Estação total



b) Prisma



**Fonte:** Autor, 2019

**Figura 22** - (a) Corpos de prova de concreto; (b) Ponto materializado em campo.



(a)



(b)

Fonte: Autor, 2019.

Para a realização do levantamento foram determinados dois métodos de coleta de dados, o primeiro chamado de levantamento geodésico com GNSS e o segundo sendo o levantamento topográfico através da poligonal fechada, irradiação e finalmente com o nivelamento trigonométrico.

O método de posicionamento GNSS utilizado foi o relativo estático, e empregaram-se dois equipamentos: Instalou-se um dos aparelhos em um ponto qualquer próximo à área levantada e outro no ponto de interesse. O primeiro ponto denominado BASE serviu de referência para o cálculo das coordenadas do ponto de interesse. O outro aparelho, conhecido como receptor móvel (ou ROVER), coletou os dados nos mesmos pontos onde se estava executando o levantamento topográfico com a estação total. O tempo de rastreamento do ponto A foi de 30 minutos e para B foi de 1 hora, 39 minutos e 15 segundos. Justifica-se o uso do GNSS em casos de levantamento de poligonal fechada, onde se faz necessário conhecer as coordenadas de dois pontos distintos.

Após conhecer as coordenadas dos pontos A e B, o levantamento topográfico foi efetuado pelo método de poligonação, escolhendo-se os vértices de vante a uma distância compatível com a visada do equipamento e sua visibilidade dentro da área escolhida para a construção da aguada artificial. Os pontos foram materializados e nomeados para que se pudesse ter uma sequência sem falhas. A poligonação usou como ponto de base o marco A e como primeiro vante o marco B.

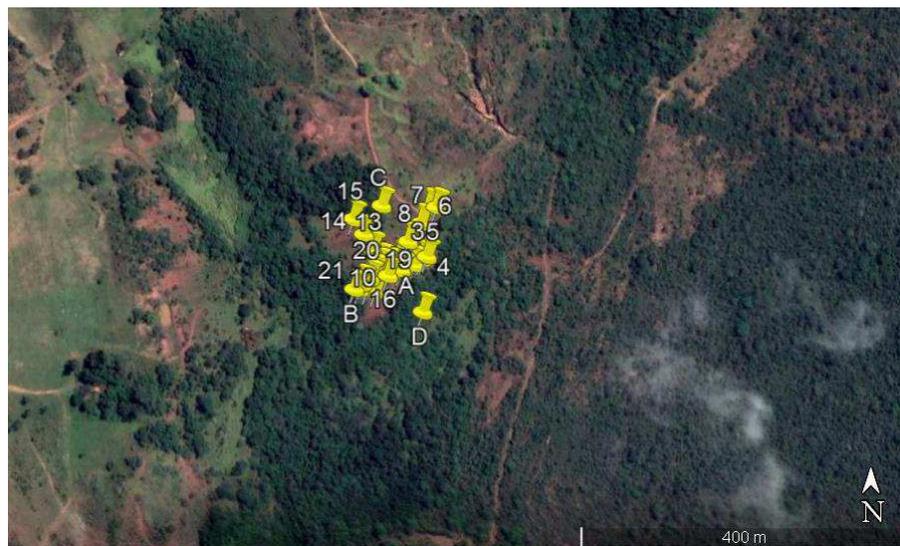
Os pontos de apoio obtidos pelo GNSS foram convertidos para o formato RINEX e pós-processados no *software* IBGE-PPP, obtendo assim as coordenadas UTM E, N e para a altitude geométrica que foi transformada para o nível médio do mar. Para a tabulação destes dados e dos dados topográficos obtidos com a Estação Total, foi utilizado o Excel.

Como as coordenadas cartesianas dos pontos de apoio A e B foram processadas pelo IBGE-PPP, foi necessário encontrar os Azimutes destes pontos e logo em seguida calcular o erro angular e linear e redistribuí-los nos azimutes para se obter as coordenadas cartesianas (X e Y), para isso foram utilizadas as Equações 8 a 28.

Para calcular a altimetria das irradiações, chamado de Z (altitude), que são os pontos de detalhe, utilizou-se as Equações 29 e 31.

Ao total foram 25 pontos levantados (FIGURA 23), tanto do levantamento com GNSS, quanto os obtidos com a estação total.

**Figura 23-** Pontos levantados no terreno



Fonte: Google Earth, 2019.

A planta foi desenvolvida com o uso do *software* AutoCad versão estudantil. Ressalta-se que as coordenadas estão referenciadas no sistema SIRGAS 2000.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos com os levantamentos topográficos, estão representados na Tabela 3. Os pontos A, B, C e D são os pontos de apoio e os pontos 1 a 21 são os pontos de detalhe. As

coordenadas X e Y dos pontos de apoio foram calculados por meio do GNSS e da poligonal fechada. Já os pontos de detalhe foram calculados por meio de irradiações. Os valores das altitudes (Z) foram calculados pelo nivelamento trigonométrico.

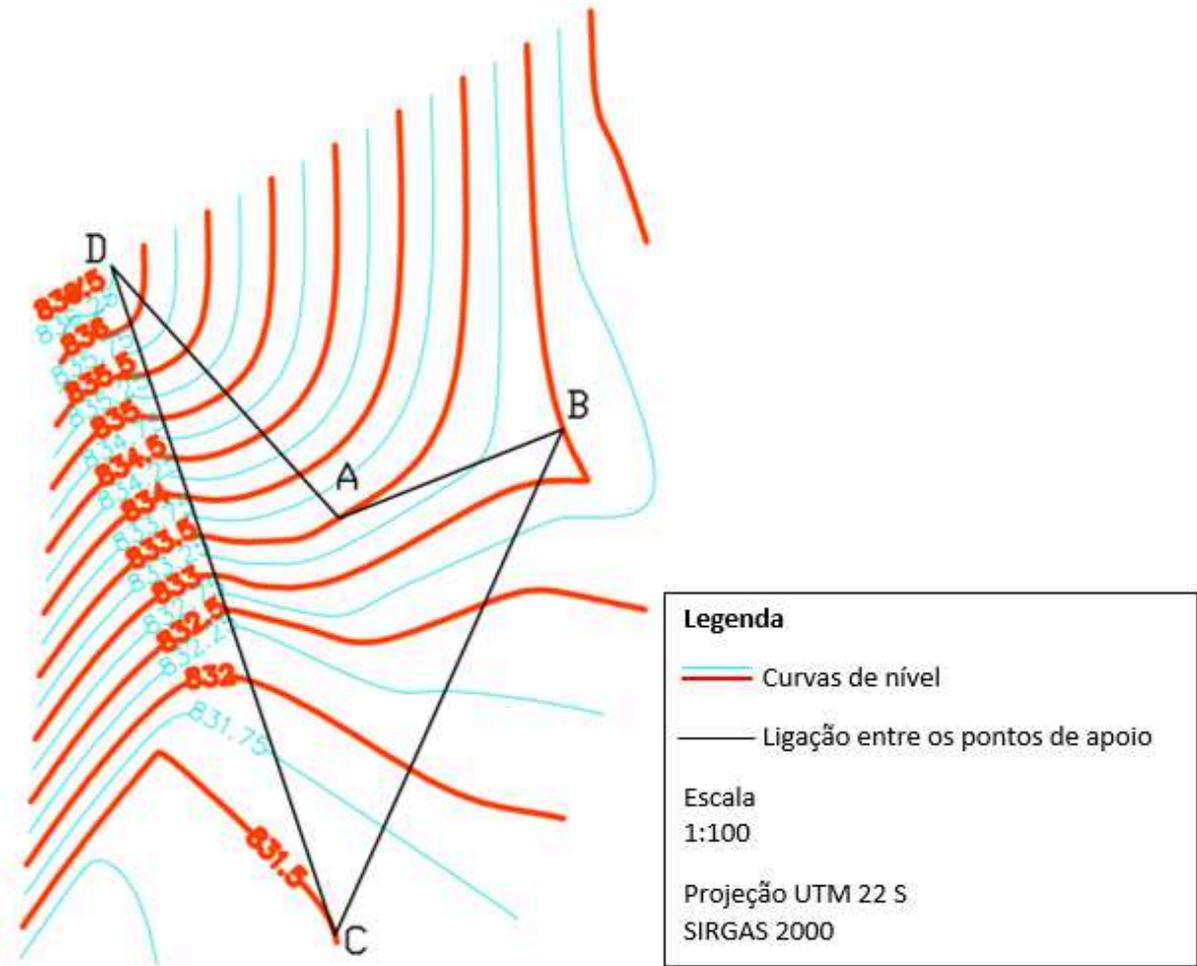
**Tabela 3** - Coordenadas cartesianas dos pontos levantados.

Nome	X (m)	Y (m)	Z (m)
A	794035,8	7899602,0	835,5
1	794040,8	7899604,0	834,8
2	794045,5	7899607,0	834,1
3	794048,9	7899608,0	834,0
4	794050,9	7899609,0	835,2
5	794054,1	7899628,0	834,2
6	794051,5	7899628,0	832,9
7	794048,1	7899622,0	833,1
8	794043,7	7899615,0	833,4
9	794039,4	7899608,0	834,0
10	794037,9	7899606,0	834,8
11	794033,5	7899606,0	834,9
12	794033,2	7899608,0	834,5
13	794029,4	7899613,0	834,1
14	794026,2	7899618,0	833,6
15	794022,5	7899624,0	833,7
B	794022,7	7899598,0	836,0
16	794024,7	7899598,0	835,8
17	794027,6	7899597,0	835,5
18	794031	7899596,0	835,2
19	794030,8	7899603,0	835,6
20	794028,5	7899602,0	835,8
21	794025,9	7899600,0	835,9
C	794033,7	7899629,0	833,7
D	794022,7	7899616,0	836,6

Fonte: Autor, 2019.

Na Figura 24 são demonstradas as curvas de nível da área escolhida para a construção de aguadas artificiais para a bubalinocultura, obtidas por meio dos dados da Tabela 3, levantados em campo e processadas pelo AutoCad.

**Figura 24** - Planta altimétrica da área estudada



Fonte: Autor, 2019.

A partir das coordenadas altimétricas, observou-se uma diferença de 5m de altitude. Na literatura não encontrou-se uma profundidade máxima ou mínima para a construção de aguadas artificiais ou “piscinas”, pois as raças bubalinas que existem no Brasil são consideradas de rio (Murrah, Jafarabadi e Mediterrâneo) e de pântano (Carabao), ou seja, são animais que nadam em qualquer profundidade. Mas tomando como base a altura média dessas raças que são de 1,32m a 1,5m, a profundidade exata para a construção seria de 1,0m a 1,20m de profundidade, pois assim os animais não ficam com o pescoço erguido o tempo inteiro e podem mergulhar, facilitando também a retirada destes animais pelo peão da fazenda. Para que seja realizada uma

aguada artificial para estes animais seria necessário um aterro nessa área estudada devido sua diferença de altitude.

Observou-se ainda que essa área é de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>, o que seria suficiente para construção de várias aguadas dimensionadas com 10 m x 20 m (largura x comprimento) com profundidade de até 1,20 m contando com áreas de pastagem entre elas. Neste cenário ressalta-se um conforto e aumento do bem-estar animal, conseqüentemente um aumento da produção de leite/dia. Essa solução seria interessante caso fosse necessário a divisão dos animais por lote, onde seria considerado o peso médio, suas alturas e ainda quantos animais utilizariam cada piscina ao mesmo tempo. A área proposta para cada aguada pode variar, levando em consideração a quantidade de animais que a utilizariam para banho evitando assim a superlotação e estresse nos animais.

Para a aplicação desse projeto de construção de aguadas artificiais, seria necessário um investimento para a captação de água através de um rio por meio de bomba hidráulica e maquinários para realizar o aterro do terreno.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho alcançou seu objetivo para avaliar métodos de posicionamentos GNSS e levantamentos topográficos planialtimétrico na obtenção de parâmetros de projetos de aguadas artificiais para a bubalinocultura em uma área rural na Fazenda Experimental do Glória. Para atingir o objetivo foi realizado um planejamento, onde escolheu a área de interesse.

A área escolhida é afastada de rodovias, evitando barulho para os animais que poderão ser ali alojados futuramente. Trata-se de uma área com 1000 m<sup>2</sup> comportando até 500 animais, tendo como base uma área de 2,0 m<sup>2</sup> de ocupação para cada um. Outra vantagem seria a área de sombreamento e a proximidade de pastos para alimentação dos animais. A área possui um relevo apropriado para a construção da aguadas artificiais, pois não há uma declividade forte, fazendo com que os animais tenham facilidade para sair da aguada.

O posicionamento GNSS foi utilizado devido à precisão e confiabilidade dos dados coletados, utilizando assim o sistema *online* gratuito para pós-processamento, o IBGE-PPP onde obteve-se as coordenadas dos pontos de partida da poligonação proposta. Para o levantamento topográfico aplicou-se a poligonal fechada, onde a mesma fornece coordenadas com os erros minimizados, possibilitando uma alta precisão do levantamento. Para os pontos

de detalhe foi aplicado irradiação e por fim aplicou-se o nivelamento trigonométrico para o cálculo das altitudes. Todos esses métodos escolhidos no trabalho foram satisfatórios.

Esta pesquisa abordou sobre assuntos de extrema importância para a carreira do Zootecnista como: coordenadas UTM, levantamentos GNSS e Topográficos. Assim os resultados do levantamento topográfico aplicado nesta área geraram dados como planilhas de cálculos, planta topográfica da área e a determinação da altitude (cota) e área, alcançando o objetivo proposto no trabalho.

Esse material poderá servir como base para projetos futuros de construções de aguadas artificiais ou “piscinas”, minimizando ou solucionando o estresse por calor dos animais e possibilitando que os mesmos expressem seu comportamento natural. Ainda pode ser realizado uma pesquisa sobre os custos para a execução do mesmo, como também a caracterização de produtores aptos à aplicação da metodologia proposta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLAS, D. S.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; TITTO, C. G.; LEME, T. M.C. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 167-176, 2007.

ABNT, NBR. 13133 (1994) Execução de Levantamentos Topográficos. Rio de Janeiro. **Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil**, 1994.

ARAÚJO, D. N. **Comportamento materno-filial em búfalos (*Bubalus bubalis*) nas primeiras horas após o parto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2009.

Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB). [s/d]. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/abcb.html>>. Acesso em: 09 out. 2018.

BRANDALIZE, M. C. B. **Apostila de Topografia para Engenharia Civil e Arquitetura**. PUC – PR. [s/d]

DOMENICO, V.; et al. Development of a new approach to evaluate buffalo welfare, the Ruminant Welfare® project. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v. 30, p. 231-233. 2017.

FONSECA, W. **O búfalo: sinônimo de carne, leite, manteiga e trabalho**. 4º ed., São Paulo: ícone Editora, 1986, p. 14-27.

GALERA MONICO, J. F.; ROFATTO, V. F.; MORAES DE MENDONÇA, MARCO AURÉLIO. INTRODUÇÃO E APLICAÇÃO DA DILUIÇÃO DA PRECISÃO DAS AMBIGUIDADES GNSS – ADOP. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 2, 2014.

GARCIA, A. R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.37, n.2, p.121-130, abr./jun. 2013. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

HUINCA, S. C. M. **Calibração Relativa de Antenas GNSS na BCAL/UFPR**. 131 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 10 out. 2018.

IBGE. **Serviço online para pós – processamento de dados GNSS – PPP**. [s/d]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?=&t=oque-e>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

Índia tem maior crescimento na produção e exportação de carne assim como no PIB comparado com economias avançadas [Rabobank]. 2012. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/rabobank-mercado-de-carnes-da-india/>>. Acesso em: 10 out. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, RJ, v.40, p. 32, 2012.

\_\_\_\_\_. Rio de Janeiro, RJ, v.41, p. 30, 31. 2013.

\_\_\_\_\_. Rio de Janeiro, RJ, v.42, p. 17, 2014.

\_\_\_\_\_. Rio de Janeiro, RJ, v.43, p. 22, 2015.

\_\_\_\_\_. Rio de Janeiro, RJ, v.44, p. 22 e 23. 2016.

JORGE, A. M.; COUTO, A. G.; CRUDELI, G. A.; PATIÑO, E. M. **Produção de Búfalos de Leite**. Botucatu: FEPAF, 2011. 1º ed. p. 139-171.

MARQUES, J. R. F. **Búfalos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, 2000, p. 16, 17 e 22.

MARQUES, J. R. F.; CAMARÃO, A. P.; MARTINEZ, G. B. **Criação de búfalos**. Brasília: Serviço de produção e informação. Embrapa, 1998, p. 20 – 22.

MIRANDA, W. C. **A criação de búfalos no Brasil**. São Paulo: Editora dos Criadores, 1986, p.19,18,41-77.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. Cap. 1, 8 e 9, p. 29 – 31, 313 -347.

MUGUIO, M. R. **Implantação e análise da estação GNSS para o monitoramento contínuo da barragem da Usina Hidroelétrica de Mauá**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2012.

RODRIGUES, R. S. **Comparação entre coordenadas no plano topográfico local obtido a partir de topografia e de geodésia**. 2015. Monografia (título de Engenheiro Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. p. 23.

SAMPAIO, T. V. M. ; BRANDALIZE, M. C. B. **Cartografia geral, digital e temática**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2018. 210 p.

SANTIAGO&CINTRA GEO-TECNOLOGIAS. **Trimble Business Center (TBC)**. Disponível em: <https://www.santiagoocintra.com.br/produtos/pos-processamento/trimble-business-center-tbc>. Acesso em: 30 nov. 2018.

SANTOS, N. F. A. **Bem-estar e comportamento de fêmeas bubalinas da raça Murrah, em sistemas tradicional e silvipastoril, em Belém, Pará**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias), Universidade Federal Rural da Amazônia e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, Pará, 2010.

SEDANO, C. **Maior concentração de búfalos do país, Ilha do Marajó está no Censo Agro**. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/17932-maior-concentracao-de-bufalos-do-pais-ilha-do-marajo-esta-no-censo-agro>>. Acesso em: 23 out. 2018.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de topografia. **Universidade Federal do Paraná**, 2012. p. 110, 132 – 149, 187 – 206, 231.

WHYTE, R. O.; MATHUR, M. L. **O Búfalo na Índia**. 1966.