

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GUILHERME LOURENÇO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO
BASEADO EM TELEMETRIA**

**Itaqui
2018**

GUILHERME LOURENÇO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO
BASEADO EM TELEMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Me. Cristiano Galafassi

Coorientador: Me. Marcelo Jorge Oliveira

**Itaqui
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

O48p Oliveira, Guilherme Lourenço
PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO
BASEADO EM TELEMETRIA / Guilherme Lourenço Oliveira.
41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE AGRIMENSURA, 2018.
"Orientação: Cristiano Galafassi".

1. Telemetria. 2. Posicionamento Relativo. 3.
Posicionamento Telemétrico. 4. Método dos Mínimos Quadrados.
I. Título.

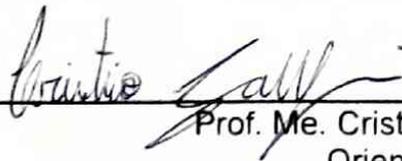
GUILHERME LOURENÇO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO
BASEADO EM TELEMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 6, julho de 2018.

Banca examinadora:



Prof. Me. Cristiano Galafassi
Orientador
UNIPAMPA - Itaqui/RS



Prof. Me. Marcelo Jorge Oliveira
UNIPAMPA - Itaqui/RS



Prof. Bela. Natalia Carvalho Amorim
UNIPAMPA - Itaqui/RS

Dedico este trabalho primeiramente para minha família, pelo incentivo constante de sempre seguir em frente atrás dos meus objetivos, e aos amigos, por sempre estarem presentes, fazendo com que toda dificuldade transparecesse pelo caminho.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Me. Cristiano Galafassi pela orientação, não só pelo trabalho de conclusão de curso, mais também, por todo aprendizado durante minha formação.

Ao Prof. Me. Marcelo Jorge Oliveira pela co-orientação, por toda orientação quando necessário, pela ótima coordenação de curso, ajudando não só a mim, mas como todos discentes.

À Prof. Natalia Carvalho Amorim por aceitar fazer parte da banca deste trabalho e por toda assessoria prestada.

Aos professores do Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem (LabSIM) por todo apoio e ajuda nas diversas dificuldades encontradas.

A todos os amigos pela companhia e que de alguma forma contribuíram para elaboração deste trabalho, por todo apoio e compreensão nas minhas ausências.

A minha família por todo apoio e confiança, principalmente minha mãe Rosemeire por ser a base de toda minha formação, agradecendo todos os dias da minha vida.

“Tudo parece impossível até que seja
feito”.

Nelson Mandela

RESUMO

Telemetria é uma tecnologia que permite a medição e comunicação de informações de interesse do operador ou desenvolvedor de sistemas, ou seja, é a transferência (via rede fixa ou sem fio) e utilização de dados provindos de múltiplas máquinas remotas. Esta técnica de obtenção de dados que tem sua transmissão a partir de um ponto remoto tem se generalizado ao longo dos últimos anos a um número cada vez maior de áreas de aplicação. Entretanto, na área de engenharias, que se faz o uso de técnicas de posicionamento, está em déficit. Com isso, o trabalho propõe a criação de um protótipo de baixo custo, que utiliza a tecnologia de telemetria, que satisfaça as precisões já empregadas em outros métodos de posicionamento. A criação do protótipo baseou-se no conceito de posicionamento relativo, na qual as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. A proposta para utilizar tal técnica como método de posicionamento, baseia-se no conceito onde é realizado um cálculo de triangulação entre os pontos. Contudo, no protótipo proposto, considera-se que há uma base com coordenadas conhecidas a priori e um *rover* (móvel) na qual deseja-se conhecer suas coordenadas. Para calcular a distância entre o *rover* e a base, utiliza-se trocas de mensagens, via telemetria. O *rover* irá enviar uma mensagem para a base, a qual irá retornar para o *rover*. Para que haja um controle preciso de envio e recebimento, as mensagens enviadas pelo *rover*, contarão com um código de controle que será recebido, processado e devolvido pela base. Através do tempo entre o envio e recebimento da mensagem (*delay*), pelo *rover*, utiliza-se uma função de conversão do *delay* em distância. De posse das distâncias do *rover* com as bases, pode-se calcular, posteriormente, a posição de interesse. Após obtido o *delay* na troca de mensagens, calcula-se a distância utilizando uma função de conversão. Contudo, têm-se vários erros associados, e através do ajustamento das observações utilizando o Método dos Mínimos Quadrados é proposto uma correção que se encaixe na metodologia proposta, que sirva também para calibragem do protótipo telemétrico. O protótipo funciona satisfatoriamente, enviando e recebendo mensagens, conforme a metodologia proposta, sendo possível utilizar uma função de conversão do *delay* para a distância, dependendo somente da calibragem para autenticidade dos dados. O presente trabalho apresenta lacunas que necessitam ser trabalhadas futuramente, por isso, pretende-se continuar o estudo para possíveis melhorias na ferramenta, e/ou implementação em instrumentos já existentes.

Palavras-Chave: Telemetria, Posicionamento Relativo, Posicionamento Telemétrico, Método dos Mínimos Quadrados.

ABSTRACT

Telemetry is a technology that allows the measurement and communication of information of interest to the operator or system developer, that is, the transfer (via wireline or wireless) and the use of data from multiple remote machines. This technique of obtaining data that has its transmission from a remote point has become generalized over the last years to an increasing number of areas of application. However, in the area of engineering, which makes use of positioning techniques, is in deficit. This work proposes the creation of a low-cost prototype that uses telemetry technology that satisfies the precision already used in other positioning methods. The creation of the prototype was based on the concept of relative positioning, in which the coordinates of the vertex of interest are determined from one or more vertices of known coordinates. The proposal to use this technique as a positioning method is based on the concept where a triangulation calculation is performed between the points. However, in the proposed prototype, it is considered that there is a base with known a priori coordinates and a rover (mobile) in which it is desired to know its coordinates. In order to calculate the distance between the rover and the base, message exchanges are used, via telemetry. The rover will send a message to the base, which will return to the rover. In order for there to be precise control of sending and receiving, the messages sent by the rover will have a control code that will be received, processed and returned by the base. Through the time between the sending and receiving of the message (delay), by the rover, a function of conversion of the delay in distance is used. Having the distances of the rover with the bases, one can later calculate the position of interest. After the delay is obtained in the message exchange, the distance is calculated using a conversion function. However, there are several associated errors, and through the adjustment of the observations using the Least Square Method, a correction is proposed that fits the proposed methodology, which also serves for calibration of the telemetric prototype. The prototype works satisfactorily, sending and receiving messages, according to the proposed methodology, being possible to use a function of conversion of the delay to the distance, depending only on the calibration for authenticity of the data. The present work presents gaps that need to be worked on in the future, so it is intended to continue the study for possible improvements in the tool, and / or implementation in existing instruments.

Keywords: Telemetry, Relative Positioning, Telemetric Positioning, Least Square Method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trilateração.....	18
Figura 2 – Etapas	23
Figura 3 – Componentes do protótipo.....	25
Figura 4 – Protótipo montado.....	25
Figura 5 – Método de posicionamento relativo.....	26
Figura 6 – Método de posicionamento telemétrico.....	27
Figura 7 – Pontos em campo.....	28
Figura 8 – Croqui e medidas.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distâncias ajustadas e resíduos	33
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GPS – Global Positioning System

IGS – International GPS Geodynamics Service

MMQ – Método dos Mínimos Quadrados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Revisão de literatura.....	16
2.1.1 Método de posicionamento relativo	16
2.1.2 Telemetria.....	17
2.1.2 Trilateração.....	17
2.1.3 Observações e erros de observações.....	19
2.1.3.1 Fatores que caracterizam a medição de uma grandeza.....	19
2.1.3.2 Erros associados ao processo de medição.....	19
2.1.3.2.1 Erros acidentais.....	19
2.1.3.2.2 Erros sistemáticos.....	19
2.1.3.2.3 Erros aleatórios.....	20
2.1.4 Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).....	20
2.1.5 Ajustamento de observações.....	22
3 METODOLOGIA.....	23
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	24
4.1 ETAPA 1.....	24
4.1.1 Concepção do protótipo.....	24
4.1.2 Forma de comunicação.....	26
4.2 ETAPA 2.....	28
4.2.1 Definição da linha base.....	28
4.2.2 Ajustamento das observações.....	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
APÊNDICES.....	39

1 INTRODUÇÃO

A telemetria é uma tecnologia que permite a medição e comunicação de informações de interesse do operador ou desenvolvedor de sistemas, ou seja, é a transferência (via rede fixa ou sem fio) e utilização de dados provindos de múltiplas máquinas remotas, distribuídas em uma área geográfica de forma pré-determinada, para o seu monitoramento, medição e controle (BRANCO, 2006). Uma das principais vantagens no sistema de telemetria é a possibilidade de, não apenas coletar dados, mas também permite a interação do gestor que pode interromper seu funcionamento e se comunicar remotamente com outro sistema telemétrico.

Esta técnica de obtenção de dados que tem sua transmissão a partir de um ponto remoto tem se generalizado ao longo dos últimos anos a um número cada vez maior na área de aplicação. Este crescimento deve-se às óbvias vantagens de gestão remota, aliadas à evolução tecnológica, nomeadamente a nível das comunicações, dos microcontroladores e das baterias de grande capacidade e longa duração (LANDECK, 1998).

Na Fórmula 1 é possível dizer exatamente, em que ponto da pista o piloto troca de marcha, onde freia e onde acelera. Pode-se, também, simular uma volta ideal para que o piloto aproveite o máximo as características de seu carro em cada circuito. No gestor de frotas ela é considerada uma ferramenta de gestão da dirigibilidade do veículo, por utilizar um conjunto mais sofisticado de equipamentos, além de incorporar as funções presentes nos sistemas convencionais de rastreamento, beneficiando o aumento da produtividade e da eficiência operacional. No agronegócio, ela acompanha o andamento de uma safra com sensores que medem os principais fatores influenciadores na qualidade de uma produção agrícola. Na indústria do petróleo, transmite informações importantes da mecânica de um poço de perfuração, em tempo real, evitando erros e otimizando o trabalho. No monitoramento de energia, o uso mais eficiente da energia, e também, facilitando a manutenção preditiva de geradores de energia e equipamentos de modo geral. No monitoramento de água, controla efetivamente o consumo em tempo real, facilitando o monitoramento para manutenções adversas.

Após pesquisas referentes à telemetria, notou-se o déficit de trabalhos relacionados as áreas de engenharia, na qual fazem o uso de técnicas de posicionamento. Então foi proposto uma nova ferramenta, metodologia e protótipo,

que utilize a telemetria e que satisfaça as precisões empregadas em métodos já existentes. A técnica de posicionamento a ser utilizada baseia-se no conceito de posicionamento relativo, na qual as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Essas coordenadas conhecidas são definidas como referência (base). Após obtenção de suas coordenadas de base, o posicionamento será limitado aos sinais emitidos pela antena telemétrica dos protótipos.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Tendo em vista o grande avanço tecnológico, e a necessidade prática de mais flexibilidade e eficiência nos métodos já existentes, busca-se cada vez mais formas alternativas de otimizar o tempo e custo de serviço. A telemetria que há alguns anos, apenas se referia a operação de telêmetros/distanciômetros (instrumentos ópticos para medir a distância entre o observador e um ponto inacessível), com o avanço tecnológico, passou a ser empregada como forma de medição à distância.

Desta forma, apareceram diversas aplicações para tal tecnologia, na qual existe algum tipo de medição, como por exemplo, condições para aumentar a eficiência operacional, melhorar o atendimento ao cliente, reduzir os custos e, rapidamente prover informações às diversas companhias como concessionárias distribuidoras de água, gás e energia elétrica.

O termo tempo real é a palavra-chave da telemetria, isso implica que as pessoas podem interagir com o teste quando ele acontece, isto é, o atraso do processamento é suficientemente curto para que as pessoas possam interagir com os eventos à medida que eles acontecem.

A princípio o trabalho foca no posicionamento estático, mas as suas aplicações continuam em estudo, para futuramente melhorar o sistema proposto, como a utilização da ferramenta de forma móvel, e também a implementação em métodos e instrumentos já existentes.

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Método de posicionamento relativo

No posicionamento relativo, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado através de uma ou mais estações com coordenadas conhecidas. Neste caso, é necessário que, pelo menos dois receptores coletem dados de, no mínimo, dois satélites simultaneamente, onde um dos receptores deve ocupar a estação com coordenadas conhecidas, denominada de estação de referência ou estação base (IBGE, 2008).

O princípio básico desta técnica de posicionamento é minimizar as fontes de erro através da diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (IBGE, 2008).

Para aplicações geodésicas em território brasileiro é necessário que as estações de referência façam parte do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), cujas características são apresentadas em COSTA & FORTES, 2000. Destaque deve ser dado à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), que é operada e mantida pelo IBGE. Trata-se de uma rede geodésica ativa que elimina a necessidade do usuário ocupar estações passivas do SGB em alguns casos (PEREIRA et al, 2003). Caso não seja possível utilizar dados da RBMC o usuário deve ocupar uma estação passiva pertencente ao SGB. Informações sobre as estações do SGB podem ser encontradas no Banco de Dados Geodésicos disponível pela internet no portal do IBGE (SANTOS et al, 2005). Após a adoção do SIRGAS 2000 como sistema de referência geodésico oficial do Brasil em 25 de fevereiro de 2005, recomenda-se o uso das coordenadas das estações de referência associadas a este sistema.

Levantamentos realizados em linhas de base com comprimento inferior a 10 km, cujos receptores estejam estacionados em locais onde não haja ocorrência de obstrução e sob condições ionosféricas favoráveis, 20 minutos são suficientes para se conseguir solução das ambiguidades com receptores de simples frequência. Esta situação se modifica conforme as condições de localização das estações e com o aumento do comprimento da linha de base. No caso de linhas de base maiores que 10 km, recomenda-se a utilização de receptores de dupla frequência, bem como a utilização de efemérides e do erro do relógio do IGS. A precisão conseguida com esta técnica de posicionamento varia de 0,1 a 1 ppm (MONICO, 2000).

2.1.2 Telemetria

A telemetria começou devido à necessidade de realizar medições em locais inacessíveis, como a temperatura dentro de um forno, e evoluiu em uma ciência complexa capaz de realizar medições dentro de um míssil guiado, ou em qualquer lugar remoto. (MATTOS,2004).

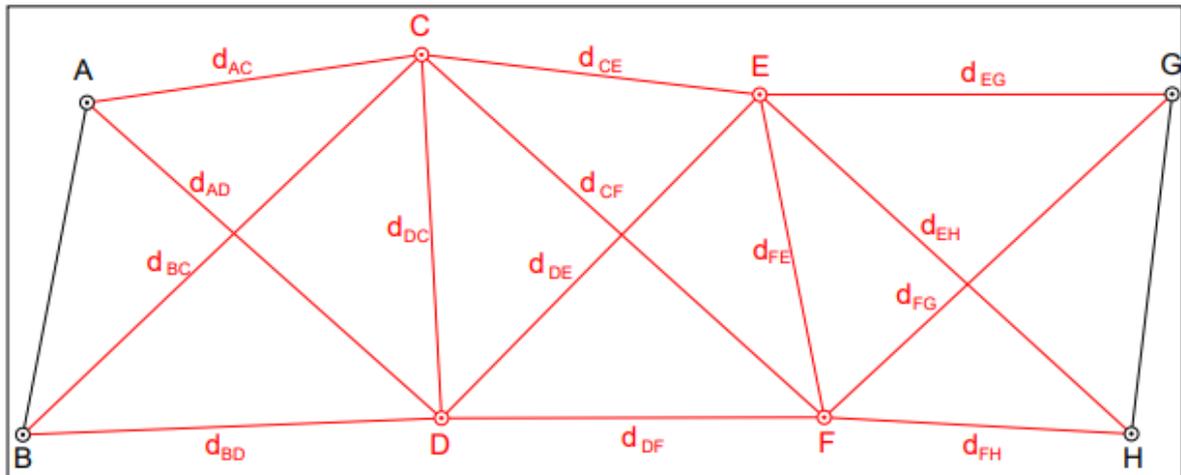
Um método geralmente empregado para obter a localização dos animais no campo é a triangulação, onde observadores gravam azimutes ao transmissor de vários pontos conhecidos e assumem que sua interseção indica a localização do animal. No entanto, esta técnica fornece apenas estimativa da verdadeira posição do animal, porque os locais obtidos por triangulação de rádio são afetados por viés e erros de amostragem (Amelon et al., 2009; Fuller et al., 2005; Millspaugh e Marzluff, 2001). Embora vários autores apontam que os resultados de rastreamento de rádio deveriam incluir estimativas de erro de localização (por exemplo, Lee et al. , 1985; Saltz 1994; Withey et al. 2001), poucos pesquisadores relataram o viés e ao erro de amostragem envolvido no método de rádio triangulação (ver Harris et al., 1990; Withey et al. 2001). Além disso, mesmo nesses estudos, as informações sobre o método utilizado para calcular isso faltam erros.

A localização dos animais podem ser afetadas pela variabilidade da propagação de ondas de rádio devido à cobertura do dossel (Chu et al., 1989; Dussault et al., 1999; Rempel et al., 1995), os movimentos de animais durante a triangulação (Moen et al. 2001; Shmutz e White, 1990), o equipamento usado (White and Garrot, 1990), a característica topográfica da área de estudo, como a inclinação do terreno (Gantz et al., 2006; Heezen e Tester, 1967), e a distância entre o transmissor e o receptor (Amelon et al. 2009; White e Garrot, 1986; Zimmerman e Powell, 1995).

2.1.3 Trilateração

O posicionamento por meio da trilateração é baseado nas observações de distâncias entre os vértices intervisíveis de uma rede de triângulos, representado na Figura 1.

Figura 1. Trilateração.



Fonte: INCRA, 2013.

Warh (1996) afirma que trilateração possui muito mais acurácia que triangulação, isso se deve à evolução dos Medidores Eletrônicos de Distâncias (MED), tais como as estações totais, que atendem aos níveis de precisão aceitáveis para a execução levantamentos planimétricos (Ghilani e Wolf, 2012).

A trilateração consiste na união de uma série de triângulos dos quais serão medidos apenas as distâncias. Anderson e Mikail (1998 apud Amorim, 2004) afirmam que o contínuo desenvolvimento dos equipamentos de medições eletrônicas tornou a trilateração possível e competitiva com a triangulação.

Uma vez conhecidas as distâncias a cada um dos satélites há que calcular as coordenadas tridimensionais da posição do receptor: X, Y e Z.

$$c (TS-TR) = [(XS - XR)^2 + (YS - YR)^2 + (ZS - ZR)^2]^{1/2} \quad (1)$$

em que c = velocidade da luz, TS = tempo da emissão, TR = tempo da recepção, XS , YS , ZS = posição do satélite, e XR , YR , ZR = posição do receptor. Os parâmetros conhecidos são TS (a hora de emissão do sinal), XS , YS , ZS (a posição da base) e, claro, a velocidade do sinal c (299792,458 km/s). (IBGE, 2008)

2.1.4 Observações e erros de observações

2.1.4.1 Fatores que caracterizam a medição de uma grandeza

A medição de uma qualquer quantidade implica levar em conta um certo número de procedimentos físicos, tais como a preparação da medição (por exemplo a calibragem do instrumento a usar), a colocação do instrumento em posição de medição e a comparação da quantidade a medir com um padrão. O valor resultante deste conjunto de procedimentos, expresso numa determinada unidade, representa a medição feita. A execução de todas estas operações leva ao aparecimento de erros, que podem ser de três tipos. (FONTE, 1994)

2.1.3.2 Erros associados ao processo de medição

2.1.3.2.1 Erros acidentais

Os erros acidentais são normalmente originados por enganos ou descuidos e apresentam uma magnitude muito superior aos outros tipos de erros.

Para que se possa fazer um ajustamento das observações, utilizando, por exemplo, o método dos mínimos quadrados, é necessário eliminar todos os erros acidentais existentes nas observações, devendo-se usar procedimentos e métodos que permitam a sua detecção e eliminação. (FONTE, 1994)

2.1.3.2.2 Erros sistemáticos

Os erros sistemáticos repetem-se do mesmo modo sempre que uma determinada ação se repete nas mesmas circunstâncias. São erros que, quando conhecidos, podem sempre ser expressos através de uma formulação matemática.

Tal como acontece com os erros acidentais, para se fazer o ajustamento de um conjunto de observações também é necessário eliminar os erros sistemáticos, o que implica que se tenha que conhecer antecipadamente a fonte de erro (que pode ser por exemplo o observador, o instrumento usado, as condições físicas de medição, etc). (FONTE, 1994)

2.1.3.2.3 Erros aleatórios

Os erros aleatórios são erros de pequena amplitude cuja origem é desconhecida e que têm propriedades análogas às propriedades estatísticas de uma amostragem. (FONTE, 1994)

Pode dizer-se que são os erros existentes num grupo de observações depois de detectados e eliminados os erros acidentais, identificadas as causas de erros sistemáticos e corrigidas as observações da sua influência. (FONTE, 1994)

A existência de erros aleatório é uma característica inerente ao processo físico de medição, sendo uma propriedade das observações. (FONTE, 1994)

Deste modo quando estamos perante o problema de medir determinada grandeza (uma distância, um ângulo) podemos considerar que estatisticamente temos o seguinte problema: temos uma variável aleatória e vamos recolher uma amostra (fazer um conjunto de observações). Os parâmetros que definem a variável aleatória, valor médio e variância, vão nos dar respectivamente o valor a adaptar para a grandeza que estamos a medir e uma indicação sobre a precisão com que as observações foram feitas. O problema de ajustamento consiste assim em determinar os parâmetros da variável aleatória à custa da amostra recolhida. (FONTE, 1994)

Em virtude das propriedades das observações atrás descritas, em geral, quando se fazem observações de grandezas, para determinação do seu valor ou para as utilizar no cálculo de outras quantidades, fazem-se mais observações do que as estritamente necessárias. As principais razões para a existência de redundância são:

- Permitir a detecção de erros grosseiros através da confirmação dos valores medidos.
- Permitir fazer uma avaliação mais precisa das quantidades desejadas, através da execução de um ajustamento.
- Permitir estimar a ordem de grandeza da precisão obtida para os valores ajustados. (FONTE, 1994)

2.1.4 Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)

O MMQ é um dos critérios mais utilizados para o ajustamento de dados onde o número de observações é superabundante e o sistema de equações, devido à presença de erros no processo experimental de medições, inconsistente. (KLEIN et al., 2011)

O MMQ é um procedimento adequado para ajustar quaisquer tipos de medição e especialmente indicado para todos os procedimentos topográficos. O método reforça a condição que a soma dos quadrados dos resíduos é mínima, ou, se as medições forem ponderadas a soma dos produtos dos pesos das medidas multiplicadas pelos resíduos correspondentes elevados ao quadrado, se minimiza. Além disso possibilita determinar as precisões dos valores ajustados, detectar a presença de erros grosseiros e equívocos de tal forma que se possa tomar medidas para eliminá-los, e planejar as tarefas de campo ainda no escritório, definindo o procedimento e equipamentos mais adequados para a tomada de medidas de campo.

A melhor estimativa de uma grandeza X é o valor que torna mínima a soma dos quadrados dos resíduos (1).

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = \min \quad (2)$$

Quando as observações não oferecem o mesmo grau de confiança, são homogeneizadas através da atribuição de pesos p_i (2).

$$\sum_{i=1}^n p_i v_i^2 = \min \quad (3)$$

Modernamente, prefere-se a notação matricial.

$$V^T V = \min \quad (2.1)$$

$$V^T P V = \min \quad (3.1)$$

sendo V o vetor coluna dos resíduos.

Algebricamente a expressão do MMQ (1) pode ser escrita na forma (1.2):

$$\varphi = v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2 = \text{mínimo} = \sum_{i=1}^n v_i^2 \quad (2.2)$$

onde os v_i^2 são os resíduos da n observações realizadas. Se as n observações forem obtidas com diferentes níveis de confiabilidade, torna-se necessário a introdução de pesos e nesse caso pode-se escrever (2):

$$\varphi = p_1.v_1^2 + p_2.v_2^2 + p_3.v_3^2 + \dots + p_n.v_n^2 = \text{mínimo} = \sum_{i=1}^n p_i v_i^2 \quad (3.2)$$

Uma função passa por um mínimo se a derivada primeira for nula. Assim, toda vez que aplicamos o MMQ vamos impor a condição de derivada nula e resolver o sistema de equações que resulta desse processo.

2.1.5 Ajustamento de observações

O ajustamento é um ramo da matemática aplicada que tem por objetivo a solução única para problemas onde o número de observações é superabundante e o sistema de equações lineares é inconsistente, bem como estimar a precisão da solução adotada.

A inconsistência do sistema de equações é devido às flutuações probabilísticas das observações; isto faz com que um determinado subconjunto de dados proporcione valores diferentes de um outro subconjunto. A solução única nestes tipos de problemas é fornecida pelo MMQ desenvolvido independentemente por GAUSS (1795) e LEGENDRE (1805).

As observações possuem uma propriedade inerente a elas, conhecida como flutuações probabilísticas, pois quando se repete “ n ” vezes a medida de uma grandeza, os n valores não são idênticos, mas estão dispersos numa certa região ou intervalo. (KLEIN et al.,2011)

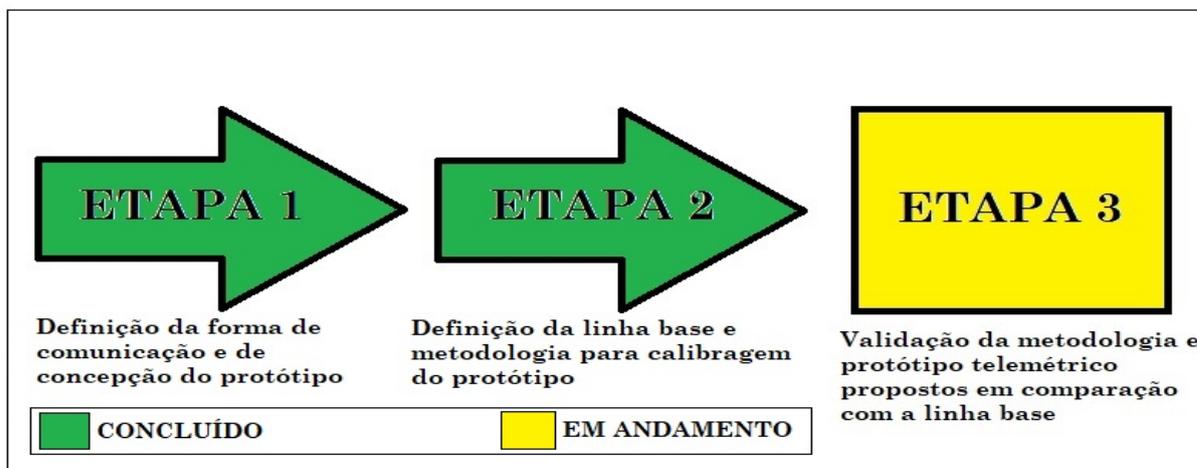
Essas flutuações, tradicionalmente, são classificadas como erros aleatório e resultam na inconsistência do sistema de equações. (GEMAEL, 1994)

Dentre os diversos critérios possíveis para o ajustamento das observações o mais difundido e aceito em Geodésia é aquele que segue o princípio dos mínimos quadrados, ou seja, aquele que minimiza a soma do quadrado dos erros aleatórios, ponderados pelos respectivos pesos das observações (Ghilani & Wolf, 2006)

3 METODOLOGIA

A Figura 2 mostra a separação do trabalho em etapas.

Figura 2. Etapas



Fonte: AUTOR, 2018.

Conforme apresentado na Figura 2, o trabalho foi dividido em três etapas. A primeira etapa foi o estudo sobre o método proposto, relações e diversidades na utilização da telemetria, com o intuito de entender a forma de comunicação para criação do protótipo e metodologia. A segunda etapa é basicamente o suporte para todo processo, pois é responsável pela calibração do protótipo. Foi criada uma linha-base em campo e mensurado suas respectivas distâncias. Através do ajustamento das observações, foram encontrados seus resíduos e suas distâncias ajustadas. Esse método de ajustamento será utilizado como base e referência de comparação com as leituras do protótipo telemétrico, que serão calibradas através deste método de ajustamento. A terceira etapa está em desenvolvimento e será responsável pela validação da metodologia e protótipo apresentados, comparando com métodos e aparelhos já existentes.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ETAPA 1

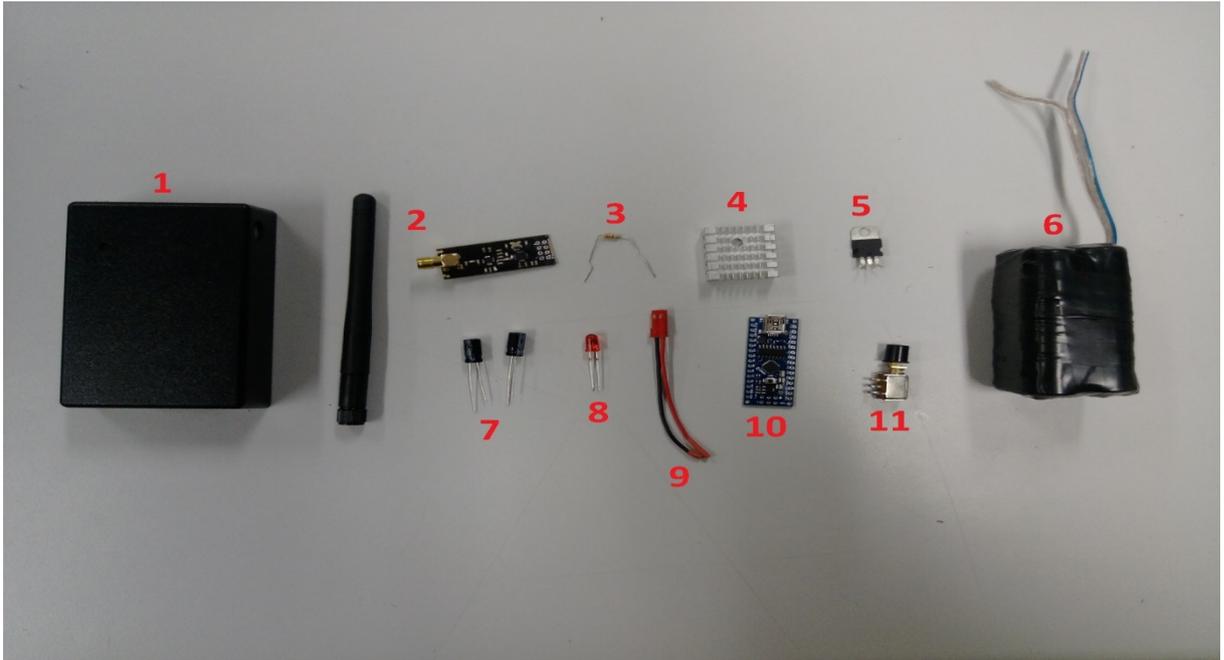
4.1.1 Concepção do protótipo

O protótipo telemétrico foi construído no Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem (LabSIM), na Universidade Federal do Pampa, no campus Itaqui, Rio Grande do Sul.

Os componentes principais do protótipo são mostrados na Figura 3, e enumerados abaixo, e a montagem final é mostrada na Figura 4.

- 1 – Case
- 2 – Módulo NRF 24L01 com antena
- 3 – Resistor
- 4 – Dissipador de calor
- 5 – Regulador de tensão
- 6 – Baterias de Lipo
- 7 – Capacitor
- 8 – LED
- 9 – Conector para carregamento das baterias
- 10 – Botão Liga/Desliga

Figura 3. Componentes do protótipo.



Fonte: AUTOR, 2017.

Figura 4. Protótipo montado.

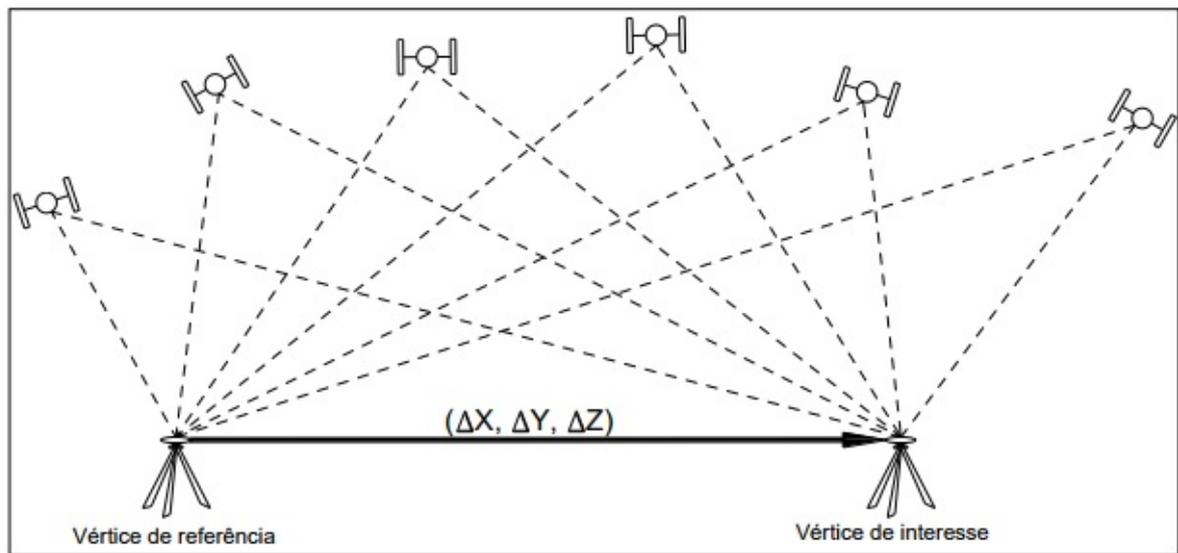


Fonte: AUTOR, 2017.

4.1.2 Forma de comunicação

Segundo MONICO (2008), a criação do protótipo baseia-se no conceito de posicionamento relativo, na qual as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Essas coordenadas conhecidas, serão definidas como referência (base) e as de interesse (*rover*). Para ilustrar esse conceito, a Figura 5.

Figura 5. Método de posicionamento relativo.



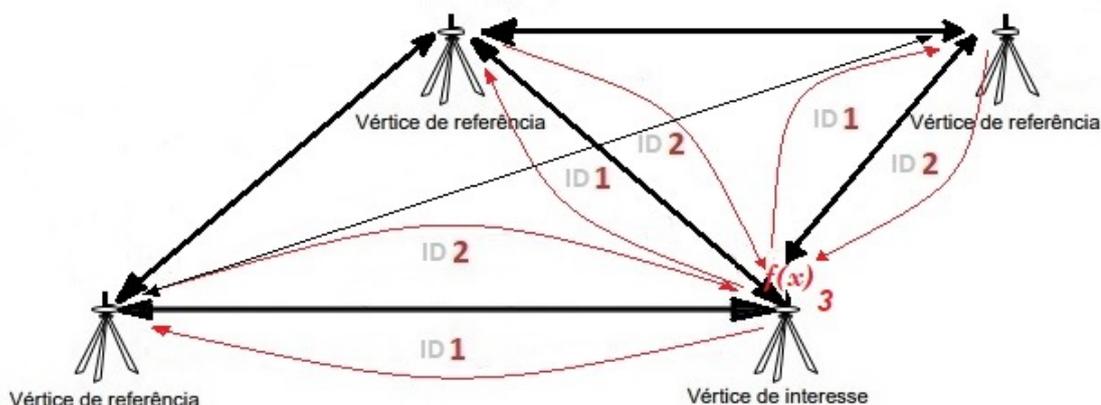
Fonte: MONICO, 2008.

A proposta para utilizar tal técnica como método de posicionamento, baseia-se no conceito acima onde é realizado um cálculo de triangulação entre os pontos. Contudo, no protótipo proposto, considera-se que há uma base com coordenadas conhecidas a priori e um *rover* (móvel) na qual deseja-se conhecer suas coordenadas.

Para calcular a distância entre o *rover* e a base, utiliza-se trocas de mensagens, via telemetria. O *rover* envia uma mensagem para a base, na qual retorna para o *rover*. Para que haja um controle preciso de envio e recebimento, as mensagens enviadas pelo *rover*, contam com um código de controle que é recebido, processado e devolvido pela base. Através do tempo entre o envio e recebimento da mensagem (*delay*), pelo *rover*, utiliza-se uma função de conversão do *delay* em distância. De posse das distâncias do *rover* com as bases, pode-se calcular,

posteriormente, a posição de interesse. A Figura 6 mostra a interação entre o *rover* e a base.

Figura 6. Método de posicionamento telemétrico.



Fonte: AUTOR, 2017.

Pode ser observado, que o *rover* emite uma mensagem para a base com o ID (item 1) e a base responde essa mensagem com o mesmo ID (item 2). Após obtido o delay na troca de mensagens, calcula-se a distância utilizando uma função de conversão (item 3). Essa função de conversão está em fase de definição. Além disso, o *rover* realiza esse processo com todas as bases que forem utilizadas e, vale ressaltar que, os *delas* não excedem 1ms.

Em função do método proposto, é necessário para validação destes dados, e como toda análise dos erros e seus comportamentos é realizado a partir dos resíduos, é proposto uma metodologia de ajustamento destas observações, a fim de utilizar como base para calibração do protótipo e como comparativo entre o método já existente.

Conhecendo as posições (X, Y, Z) das bases e as suas respectivas distâncias, é realizado por intermédio da determinação do tempo do deslocamento de uma onda eletromagnética, o que inclui a variável tempo no sistema de equações para a determinação das coordenadas (X, Y, Z) , tendo assim um sistema de equações com 4 incógnitas, que são as coordenadas (X, Y, Z) e o tempo de descolamento (Δt) da onda eletromagnética.

4.2 ETAPA 2

4.2.1 Definição da linha base

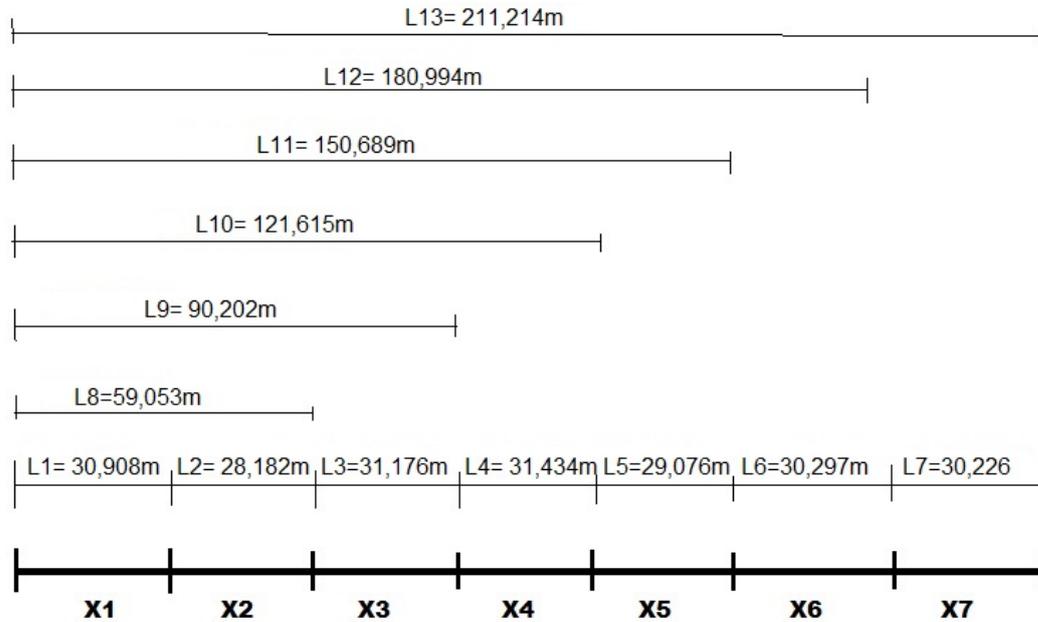
Primeiramente foi estabelecido e implantado oito pontos (estacas de madeira) que ficassem aproximadamente 30m entre eles, mostrado na Figura 7. Assim a estação total foi colocada no ponto 1 e visou-se o prisma nos pontos seguintes, anotando as distâncias. Colocando posteriormente a estação total no ponto 2, visou-se o ponto seguinte, e anotou sua distância, assim sucessivamente com todos os outros pontos, estacionando e visando o seu posterior, para ter as distâncias entre cada ponto, representado no croqui com as medidas de campo na Figura 8.

Figura 7. Pontos em campo.



Fonte: AUTOR, 2018.

Figura 8. Croqui e medidas.



Fonte: AUTOR, 2018.

Distância $X_1X_7 = 211,299m$

Após coleta de dados de campo, foi feito o ajustamento das observações pelo MMQ, para encontrar a distância ajustada.

4.2.2 Ajustamento das observações

Para cada observação é escrito uma equação envolvendo as observações efetuadas (Equações 4-6), e como as equações apresentadas não são consistentes, uma vez que as medições apresentam erros, temos que inserir os resíduos para eliminar a inconsistência.

$$\begin{aligned}
 L1 &= X_1 \\
 L2 &= X_2 \\
 L3 &= X_3 \\
 L4 &= X_4 \\
 L5 &= X_5 \\
 L6 &= X_6 \\
 L7 &= X_7 \\
 L8 &= X_1 + X_2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$L9 = X_1 + X_2 + X_3$$

$$L10 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$$

$$L11 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

$$L12 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$$

$$L13 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7$$

$$L1 + V_1 = X_1$$

$$L2 + V_2 = X_2$$

$$L3 + V_3 = X_3$$

$$L4 + V_4 = X_4$$

$$L5 + V_5 = X_5$$

$$L6 + V_6 = X_6$$

$$L7 + V_7 = X_7$$

$$L8 + V_8 = X_1 + X_2$$

$$L9 + V_9 = X_1 + X_2 + X_3$$

$$L10 + V_{10} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$$

$$L11 + V_{11} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

$$L12 + V_{12} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$$

$$L13 + V_{13} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7$$

$$V_1 = X_1 - L1$$

$$V_2 = X_2 - L2$$

$$V_3 = X_3 - L3$$

$$V_4 = X_4 - L4$$

$$V_5 = X_5 - L5$$

$$V_6 = X_6 - L6$$

$$V_7 = X_7 - L7$$

$$V_8 = X_1 + X_2 - L8$$

$$V_9 = X_1 + X_2 + X_3 - L9$$

$$V_{10} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - L10$$

$$V_{11} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - L11$$

$$V_{12} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - L12$$

$$V_{13} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - L13$$

(5)

(6)

Aplicando o MMQ (1) e substituindo os resíduos pelas respectivas expressões da Equação (7).

$$\begin{aligned}
\varphi = & (X_1 - 30,908)^2 + (X_2 - 28,182)^2 + (X_3 - 31,176)^2 + (X_4 - 31,434)^2 + \\
& (X_5 - 29,076)^2 + (X_6 - 30,297)^2 + (X_7 - 30,226)^2 + (X_1 + X_2 - 59,053)^2 \\
& + (X_1 + X_2 + X_3 - 90,202)^2 + (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 121,615)^2 + \\
& (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689)^2 + \\
& (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994)^2 + \\
& (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214)^2 = \text{mínimo}
\end{aligned} \tag{7}$$

Para minimizar a função φ suas derivadas parciais com relação as incógnitas (distâncias $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ e X_7) devem ser iguais a zero (Equações 8-14).

$$\begin{aligned}
(\delta \varphi / \delta X_1) = & 2(X_1 - 30,908) + 2(X_1 + X_2 - 59,053) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 - 90,202) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 121,615) + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
\end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
(\delta \varphi / \delta X_2) = & 2(X_2 - 28,182) + 2(X_1 + X_2 - 59,053) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 - 90,202) + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 121,615) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
(\delta \varphi / \delta X_3) = & 2(X_3 - 31,176) + 2(X_1 + X_2 + X_3 - 90,202) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 121,615) + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689) \\
& + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
\end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
(\delta \varphi / \delta X_4) = & 2(X_4 - 31,434) + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 121,615) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
\end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
(\delta \varphi / \delta X_5) = & 2(X_5 - 29,076) + 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - 150,689) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
& 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
\end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 (\delta \varphi / \delta X_6) &= 2(X_6 - 30,297) + \\
 &2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 - 180,994) + \\
 &2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
 (\delta \varphi / \delta X_7) &= 2(X_7 - 30,226) + \\
 &2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 - 211,214) = 0
 \end{aligned} \tag{14}$$

Efetuada as operações algébricas indicadas (8-14), resulta o sistema de equações normais (15):

$$\begin{aligned}
 7 X_1 + 6 X_2 + 5 X_3 + 4 X_4 + 3 X_5 + 2 X_6 + X_7 &= 844,675 \\
 6 X_1 + 7 X_2 + 5 X_3 + 4 X_4 + 3 X_5 + 2 X_6 + X_7 &= 841,949 \\
 5 X_1 + 5 X_2 + 6 X_3 + 4 X_4 + 3 X_5 + 2 X_6 + X_7 &= 785,890 \\
 4 X_1 + 4 X_2 + 4 X_3 + 5 X_4 + 3 X_5 + 2 X_6 + X_7 &= 695,946 \\
 3 X_1 + 3 X_2 + 3 X_3 + 3 X_4 + 4 X_5 + 2 X_6 + X_7 &= 571,973 \\
 2 X_1 + 2 X_2 + 2 X_3 + 2 X_4 + 2 X_5 + 3 X_6 + X_7 &= 422,505 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + 2 X_7 &= 241,440
 \end{aligned} \tag{15}$$

As equações descritas possuem sete incógnitas procuradas e são conhecidas por equações normais. Resolvendo as equações por qualquer procedimento, neste caso foi utilizado o software livre Scilab, encontra-se os valores para as incógnitas, que são as distâncias ajustadas e seus respectivos resíduos na Tabela 1.

Tabela 1. Distâncias ajustadas e resíduos.

Distâncias ajustadas	Resíduos
$X_1 = 30,889$	$V_1 = -0,019$
$X_2 = 28,163$	$V_2 = -0,019$
$X_3 = 31,155$	$V_3 = -0,021$
$X_4 = 31,418$	$V_4 = -0,016$
$X_5 = 29,070$	$V_5 = -0,006$
$X_6 = 30,297$	$V_6 = 0,000$
$X_7 = 30,224$	$V_7 = -0,002$

Fonte: AUTOR, 2018.

Então, a distância ajustada de $X_1 X_7$ é = 211,216m.

Conforme análise dos dados, verificou-se que a discrepância dos resíduos é devido a erros aleatórios, porém o MMQ não só determina as precisões dos valores ajustados, mais também a presença de erros grosseiros e equívocos de tal forma que possa tomar medidas para eliminá-los, assim como o planejamento das tarefas de campo, definindo o procedimento e equipamento mais adequado para a tomada de medidas.

Vimos anteriormente que os erros aleatórios ocorrem em conformidade com as leis matemáticas da probabilidade e se distribuem normalmente. Por esta razão o processo de ajuste mais adequado deverá basear-se nestas leis.

Este modelo proposto servirá de base e referência para calibragem do protótipo telemétrico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou a proposta de uma nova metodologia para posicionamento e a criação de um protótipo telemétrico que seja utilizado como ferramenta para tal método, e também, como calibrar e calcular a precisão destes pontos.

O protótipo funciona satisfatoriamente, enviando e recebendo mensagens, conforme a metodologia propõe, sendo possível utilizar uma função de conversão do *delay* para a distância. Contudo, ressalta-se que essa função depende de um estudo aprofundado e que está em fase de realização (ETAPA 3).

O ajustamento das observações se encaixa na proposta da nova metodologia, cabendo o MMQ a calibragem dos pontos referentes ao método telemétrico.

O presente trabalho apresenta lacunas que necessitam ser trabalhadas futuramente, como a própria calibração das antenas telemétricas, a ETAPA 3 está em andamento, dando continuidade no estudo para possíveis melhorias na ferramenta, com possibilidade de implementação em instrumentos já existentes.

REFERÊNCIAS

AMELON, S.K., DALTON, D.C., MILLSPAUGH, J.J., WOLF, S.A., 2009. Radiotelemetry techniques and analysis. In: Kunz T.H., Parsons S. (Eds.). Ecological and behavioural methods for the study of bats. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 57–77.

AMORIM, G. P. 2004. Confiabilidade de Rede GPS de referência cadastral municipal – Estudo de caso: rede do município de Vitória (ES). São Carlos, SP. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo

ARDUINO. What is Arduino?. 2017 Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>> Acesso em 18 de setembro de 2017.

BRANCO, Agatha. Telemetria. 2006. Disponível em: <http://infogpsonline.uol.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=8527> Acesso em 18 de setembro de 2017.

CHU, D.S., HOOVER, B.A., FULLER, M.R., GEISLER, P.H., 1989. Telemetry location error in a forested habitat. In: Amlaner C.J., Jr. (Ed.). Proceedings of the Tenth International Symposium on Biotelemetry. Univ. of Arkansas Press, Fayetteville, Arkansas, USA. 188–194.

COSTA, S.M.A. e FORTES, L.P.S. Nova Hierarquia da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro. Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil – IBGE; Rio de Janeiro, RJ, 2000.

DUSSAULT, C., COURTOIS, R., OUELLET, J.P., HUOT, J., 1999. Evaluation of GPS telemetry collar performance for habitat studies in the boreal forest. Wildl. Soc. B. 27: 965–972.

FONTE, Cidália C, Ajustamento de Observações Utilização o Método dos Mínimos Quadrados, Universidade de Coimbra, 1994. 48p.

FULLER, M.R., MILLSPAUGH, J.J., CHURCH, K., KENWARD, R., 2005. Wildlife Radiotelemetry. In: Braun C.E. (Ed.). Techniques for Wildlife Investigations and Management, 6th ed. The Wildlife Society, Bethesda. 377–417.

GANTZ, G.F., STODDART, L.C., KNOWLTON, F.F., 2006. Accuracy of aerial telemetry locations in mountainous terrain. J. Wildl. Manage. 70: 1809–1812.

GEMAEL, C. Introdução ao ajustamento de observações: Aplicações geodésicas. 1 ed. Curitiba: Editora da UFPR, 1994, 319 P.

GHILANI, C.D.;WOLF, P.R. Adjustment Computations: Spatial Data analysis. 4°Ed. Editora: John Wiley & Sons, 2006.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. 2012. Elementary Surveying: An introduction to geomatics. 13th ed. New Jersey: Prentice Hall. ISBN-13: 978-0-13-255434-3.

HARRIS, S., CRESSWELL, W.J., FORDE, P.G., TREWEHELLA, W.J., WOOLLARD, T., WRAY, S., 1990. Home-range analysis using radio-tracking data: a review of problems and technique particularly as applied to study of mammals. Mammal Rev. 20: 97–123.

HEEZEN, K.L., TESTER, J.R., 1967. Evaluation of radio-tracking by triangulation with special reference to deer movements. J. Wildl. Manage. 31: 124–141.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recomendações para Levantamentos Relativos Estático. Rio de Janeiro, 2008.

INCRA. Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de imóveis rurais. 2013. Brasília. 37p.

KLEIN, I et al. Ajustamento de observações: Uma interpretação geométrica para o método dos mínimos quadrados. Bol. Ciênc. Geod., sec Comunicações/Trab. Técnicos, Curitiba, v. 17, n°2, p.272-295,abr-jun, 2011

LANDECK, Jorge; TEMIDO, J; SIMÕES, J.B. TELEMET – Um Sistema de Telemetria, Controle e Gestão de Alarmes para Aplicações Ambientais. Anais de Engenharia Electrotécnica, ano III, nº 6, pp. 21-24, 1998

LEE J.E., WHITE G.C., GARROTT, R.A., BARTMANN, R.A., ALLDREDGE A.W., 1985. Accessing accuracy of a radiotelemetry system for estimating animal locations. J. Wildl. Manage. 49: 658–663.

MENEZES, L.; PEREIRA, J. Telemetria de ambientes via serviço de mensagens curtas de texto. 2000. Disponível em: < >. Acesso em 18 de setembro de 2017.

MILLSPAUGH, J.J., MARZLUFF, J.M., 2001. Radio Tracking and Animal Populations. Academic Press, London, UK.

MOEN, R., PASTOR, J., COHEN, Y., 2001. Effects of animal activity on GPS telemetry location attempts. Alces 37: 207–216.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2ª ed. São Paulo: Unesp, 2008. 473p.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações. 1ª ed. São Paulo: Unesp, 2000a. P 287.

NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

PEREIRA, K.D., FAZAN, J.A. e FORTES, L.P.S. RBMC: Sete anos fornecendo referência a posicionamentos GPS no Brasil e Exterior. XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte, MG, 2003. Acesso em 20/03/2005. Disponível em: .

REMPEL, R.S., RODGERS, A.R., ABRAHAM, K.F., 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. J. Wildl. Manage. 59: 543–551.

SALTZ D., 1994. Reporting error measures in radio location by triangulation: a review. *J. Wildl. Manage.* 58: 181–183.

SANTOS, M. F.; Filho, A. C. e Pereira, R. V. A nova versão do banco de dados geodésicos do SGB. *Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Macaé, 2005.

SCILAB. Disponível em: <<https://www.scilab.org/>> Acesso em 7 de junho de 2018.

SHMUTZ, J.A., WHITE, G.C., 1990. Error in telemetry studies effects of animals movement on triangulation. *J. Wildl. Manage.* 54: 506–510.

WITHEY, J.C., BLOXTON, T.D., MARZLUFF, J.M., 2001. Effects of tagging and location error in wildlife radiotelemetry studies. In: Millspaugh J.J., Marzluff J.M. (Eds). *Radio tracking and animal populations*. Academic Press, San Diego, California, USA, 43–75.

WHITE, G.C., GARROT, R.A., 1986. Effects of biotelemetry triangulation error on detecting habitat selection. *J. Wildl. Manage.* 50: 509–513.

WHITE, G.C., GARROT, R.A., 1990. *Analysis of wildlife radiotracking data*. Academic Press, San Diego, California, USA.

ZIMMERMAN, J.W, POWELL, P.A., 1995. Radiotelemetry error: location error method compared with error polygons and confidence ellipses. *Can. J. Zool.* 73: 1123–1133.

APÊNDICES

Scilab 5.5.2 Console

Arquivo Editar Controle Aplicativos ?

Navegador de arquivos Scilab 5.5.2 Console Navegador de variáveis

C:\Users\Guilherme\Documents

Nome

- Documents
- ..
- ArcGIS 10.5.1
- Arduno
- CIS DataBase
- Modelos Personalizados do Office

Filtro de arquivo/directório

Diferenciar maiúsculas de minúsculas Expressão regular

```
-->A
A =
  7.  6.  5.  4.  3.  2.  1.
  6.  7.  5.  4.  3.  2.  1.
  5.  5.  6.  4.  3.  2.  1.
  4.  4.  4.  5.  3.  2.  1.
  3.  3.  3.  3.  4.  2.  1.
  2.  2.  2.  2.  2.  3.  1.
  1.  1.  1.  1.  1.  1.  2.
```

```
-->B
B =
  044.675
  041.949
  785.89
  695.946
  571.973
  422.505
  241.44
```

```
-->X=inv(A)*B
X =
  30.888764
  28.162764
  31.155292
  31.418111
  29.070042
  30.297016
  30.224005
```

Nome	Valor	Tipo	Visibil...
X	7x1	Real	local
ans	7x7	Real	local
B	7x1	Real	local
A	7x7	Real	local

Histórico de comandos

```
A=[7 6 5 4 3 2 1;6 7 5 4 3 2 1;5 5 6 4 3 2 1;4 4 4 5 3 2 1;3 3 3 3 4 2 1;2 2 2 2 2 3 1;1 1 1 1 1 1 2]
B=[844.675 841.949 785.890 695.946 571.973 422.505 241.44]
eliminado(A,B)
set(A,B)
A
B
X
Y
Y
X
A
B
evstr
A
Y
tru(A)
X=inv(A)*B
A
B
X=inv(A)*B
```