

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E
AGRIMENSURA
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E AGRIMENSURA**

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE SIMÕES BELO

**PROPAGAÇÃO DOS ERROS DO MÉTODO DE TRILATERAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO DE FEIÇÕES NATURAIS PARA O
CADASTRO AMBIENTAL RURAL**

Recife
2017

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE SIMÕES BELO

**PROPAGAÇÃO DOS ERROS DO MÉTODO DE TRILATERAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO DE FEIÇÕES NATURAIS PARA O
CADASTRO AMBIENTAL RURAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação de Engenharia Cartográfica, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo

Orientador: Prof. M.Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros

Recife
2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

B452p Belo, Júlio César Albuquerque Simões.
 Propagação dos erros do método de trilateração no georreferenciamento de feições naturais para cadastro ambiental / Júlio César Albuquerque Simões Belo. – 2017.
 68 folhas, il., gráfs., tabs.

 Orientador: Prof. M.Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros.
 TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2017.
 Inclui Referências e Anexos.

 1. Engenharia Cartográfica. 2. Propagação dos erros. 3. Métodos clássicos de posicionamento. 4. Regularização Ambiental. 5. Ajustamento de Observações. I. Barros, Erison Rosa de Oliveira. (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-02

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE SIMÕES BELO

**PROPAGAÇÃO DOS ERROS DO MÉTODO DE TRILATERAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO DE FEIÇÕES NATURAIS PARA O
CADASTRO AMBIENTAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação de Engenharia Cartográfica, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo

Banca Examinadora

Orientador: Prof.M.Sc. Erison Rosa de Oliveira Barros

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Cezário O. Lima Junior

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Apresentado em: ____/____/ 2017

Conceito: _____

Recife

2017

Trabalho dedicado a minha querida mãe Heraldina Manguiera, ao meu pai Alberto Simões a minha avó Maria Lourdes, meus irmãos, meu amigo Leonardo Barbosa e minha namorada Manuela Barbosa que em todo tempo me deram apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a vida, a capacidade, coragem e determinação durante todo o curso e por ter colocado amigos que me ajudaram a seguir em frente e a ser melhor.

Ao meu amigo e parceiro Leonardo Barbosa, pelo companheirismo, caminhada juntos, ajuda incondicional e pura nos trabalhos dentro de campo e fora dele.

Aos amigos e colegas, Pedro Lázaro, Ricardo Silva, Mirelly Farias, Wellisson José, Lucas Lima e Laísy Oliveira, pela força e suporte.

A namorada, Manuela Barbosa, pelo apoio durante as horas mais tensas.

Aos pais, Heraldina Manguiera e Alberto Simões por sempre me apoiarem e estarem comigo.

Ao professor orientador Erison Rosa pela orientação prestada e pela acolhida.

Ao professor Jaime Mendonça pela ajuda na conclusão deste trabalho.

Mede o que é mensurável e torna mensurável o que não o é.
Galileu Galilei

RESUMO

Este trabalho refere-se ao Posicionamento e propagação dos erros na determinação de áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal por métodos geodésicos de uma área teste escolhida. O trabalho inicialmente apresenta uma revisão atualizada do direito ambiental e de como esta é necessária ao tratar das questões de proteção ambiental, abordando os procedimentos legais necessários para regularização ambiental de um imóvel rural. Aborda-se uma revisão da literatura sobre as leis vigentes atualmente com relação ao imóvel rural e a proteção ambiental no contexto do novo código florestal, além dos métodos clássicos da topografia bem como os métodos utilizados para o posicionamento GNSS, apresentando os procedimentos utilizados para execução do levantamento de uma área teste na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE simulando uma área de reserva legal. Os resultados são obtidos de forma a fornecerem conclusões sobre a precisão dos vértices de apoio imediato assim como a propagação dos erros observados.

Palavras-chave: Propagação dos erros. Métodos clássicos de posicionamento. Regularização Ambiental. Ajustamento de Observações.

ABSTRACT

This work refers to the positioning and errors propagation on determinations of Permanent preservation areas and legal reserve by geodetic methods of a test area. This work presents initially an updated revision of the environmental law review and how it is necessary in dealing with environmental protection issues, addressing the legal procedures needed for environmental regularization of a rural property. In a review of the literature on current laws regarding rural property and environmental protection in the context of the new forest code also classic methods of topography as well as the methods used for the GNSS positioning, showing de procedures used for the survey execution of a test area on Federal University of Pernambuco – UFPE simulating a legal reserve area. The results are obtained in order to provide conclusions of precisions of the immediate supportvertices and errors propagations observed.

Keywords: Propagation of errors. Classical methods of positioning. Environmental Regulation. Adjustment of Observations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Acesso ao CAR.	16
Figura 2. Módulo de cadastro do SICAR.	18
Figura 3. Fluxograma do módulo de inscrição no CAR.	19
Figura 4. Tabela perímetro.	20
Figura 5. Inserção do código do SNCR na aba documentação do módulo do CAR.	21
Figura 6. Relações geométricas da Interseção a Ré.	23
Figura 7. Relações geométricas da Interseção a Vante.	24
Figura 8. Relações geométricas da Bilateração.	26
Figura 9. Poligonal fechada.	29
Figura 10. Poligonal enquadrada.	29
Figura 11. Poligonal aberta.	29
Figura 12. Dois pontos com coordenadas conhecidas e vinculadas ao SGB.	30
Figura 13. Cálculo das coordenadas relativas não corrigidas.	32
Figura 14. Estrutura básica de um receptor GPS.	36
Figura 15. Receptor GNSS HIPER V equipado com rádio para levantamentos em tempo real.	36
Figura 16. Funções e produtos de cada segmento do sistema GPS.	37
Figura 17. Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP.	39
Figura 18. Método de posicionamento Relativo estático.	40
Figura 19 - Mapa de localização de da UFPE.	45
Figura 20. Desenho técnico da área levantada.	46
Figura 21. Fluxograma das atividades desenvolvidas.	47
Figura 22. Materialização das estações desconhecidas	48
Figura 23. Plaqueta implantada em campo.	49
Figura 24. Metodologia empregada.	49
Figura 25. Vetores dos pontos M001, M002 e M003 ajustados e pós-processados.	50
Figura 26. Marcos Implantados.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Coordenadas UTM da Base ajustadas e pós-processadas.....	54
Tabela 4.2 – Coordenadas geográficas	54
Tabela 4.3 – Desvios padrão dos pontos	54
Tabela 4.4 – Parâmetros ajustados com as distâncias observadas em campo	54
Tabela 4.5 – Parâmetros ajustados com as distâncias observadas e ajustadas	55
Tabela 4.6 – Erros.....	55
Tabela 4.7 – Distâncias observadas em campo (metros).....	56
Tabela 4.7 – Distâncias observadas ajustadas em centímetros.....	56
Tabela 4.8 – Erros entre as distâncias observadas e as distâncias ajustadas em centímetros.....	56
Tabela 4.9 – Matrizes Variância-Covariância dos parâmetros ajustados.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ea	Erro angular
n	Número de lados da poligonal
T	Tolerância angular
b	Constante dependente das classes de poligonais
m	Número de vértices da poligonal
C	Correção
El	Erro de fechamento linear
ex	Erro de fechamento nas abscissas
ey	Erro de fechamento nas ordenadas
Er	Erro relativo [m]
L	Perímetro [m] ; [km]
d	Coefficiente que expressa a tolerância para o erro de fechamento linear [m/km]
GNSS	Global NavigationSatelite System (Sistema Global de Navegação por Satélite)
VANT	Remotely-PilotedAircraft (Veículo Aéreo Não Tripulado)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
CAR	Cadastro Ambiental Rural
MMA	Ministério do Meio Ambiente
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
ITR	Imposto Territorial Rural
SRF	Receita Federal
APP	Área de Preservação Permanente
AUR	Área de Uso Restrito
ARL	Área de Reserva Legal
PRA	Programa de Regularização Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
TC	Termo de Compromisso

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Direito Ambiental	14
2.2. Imóvel rural e Áreas de Preservação Ambiental	15
2.3 Cadastro Ambiental Rural	16
2.4 Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural	17
2.5 Sistema de Gestão Fundiária	20
2.6 Levantamentos Geodésicos	22
2.6.1 Levantamento Topográfico Planimétrico	22
2.6.1.1 Método de interseção a Ré ou Recessão ou de coordenadas Bipolares.....	23
2.6.1.2 Método de Interseção a Vante	24
2.6.1.3 Método de Bilateração.....	25
2.6.1.4 Método de Poligonação ou Caminhamento.....	27
2.6.2 Posicionamento por GNSS	34
2.6.2.1 Componentes do GPS	35
2.6.3 Métodos de observações com GNSS.....	37
2.6.3.1 Método de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP	38
2.6.3.2 Método de Posicionamento Relativo	39
2.6.3.3 Método de Posicionamento Relativo Estático	39
2.6.3.4 Método de Posicionamento Relativo Estático Rápido	40
2.7 Teoria dos Erros.....	40
2.8 Propagação dos Erros versus Ajustamento das Observações pelo Método dos Mínimos Quadrados Modelo Paramétrico.....	41
2.8.1 Propagação do erro da área.....	44
3 METODOLOGIA	44
3.1 Área de Estudo.....	44
3.3 Metodologia de Trabalho.....	46
3.3.1 Levantamento Topográfico.....	47
3.3.2 Levantamento por GNSS	48
3.3.3 Processamento dos dados	51
3.3.4 Dificuldades encontradas.....	52
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
REFERÊNCIAS.....	599
ANEXOS.....	62
ANEXO I.....	63
ANEXO II.....	64
ANEXO III.....	66

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem dimensões continentais e é caracterizado por grandes concentrações de áreas rurais. Todas essas áreas devem ser devidamente regularizadas em atendimento a legislação ambiental, segundo o novo código florestal.

O profissional que trabalha com geotecnologias, registrado no conselho de classe, possui condições de fornecer por meio de seus serviços as condições necessárias para a regularização ambiental ocorra.

O levantamento de feições naturais que constam no cadastramento ambiental consiste de um bom planejamento logístico e de campo, para que o levantamento topográfico consiga atingir as condições de atendimento a legislação ambiental e cadastral rural. No Brasil existem interpretações divergentes entre o cadastro imobiliário rural e o cadastro ambiental rural, enquanto o cadastro imobiliário rural, compostos pelo cadastro literal (Sistema Nacional de Cadastro Rural - SNCR) e pelo cadastro gráfico (Sistema de Gestão Fundiária – SIGEF), este último exigem precisão baseado na legislação da Lei Federal nº 10.267/2001 e suas regulamentações, já o Decreto nº 7830/2012 que institui o Cadastro Ambiental Rural não estabelece precisão para o mapeamentos de feições naturais, uma vez que, o Sistema de Nacional de Cadastro Ambiental Rural - SICAR permite introdução de coordenadas sem a especificação de suas incertezas.

O sistema que geri a Certificação de Imóveis Rurais, o SIGEF, não permite a introdução de feições cartográficas sem a especificação de metodologia, tipo de limite e precisão. Diante disso, esta pesquisa propõe a introdução de uma técnica de posicionamento topográfico de utilidade para mapeamento de feições naturais, uma vez que, este tipo de feição apresenta algumas particularidades que comprometem a qualidade da informação mapeada. Dentre elas temos as diferenças de área, descrições discrepantes ou incompletas ou até mesmo a ausência de elementos que permitam identificação da feição, como por exemplo, os limites de uma reserva ambiental ou de preservação permanente, ocasionando, conseqüentemente, morosidade na legalização ambiental do imóvel devido a inconsistência no valor da área baseado no levantamento dos limites incertos.

Muitas vezes existem dúvidas de onde começam e terminam os limites legais das áreas de proteção ambiental, além disso, os limites contemplam situações em que é preciso aplicar a

medição sobre áreas de difícil acesso, como matas. Fica clara esta dificuldade nas especificações da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NTGIR 3ª edição, que define no tópico 4.4 os padrões de precisão posicional a serem observados para vértices definidores de limites de imóveis, sendo melhor ou igual a 3 metros para limites naturais e para limites inacessíveis sendo melhor ou igual a 7,5 metros.

Quando se faz um levantamento topográfico não existe um padrão em que se possa verificar algum método mais adequado, ou mais eficientes dadas as condições do relevo levando-se em conta um estudo dos erros. O levantamento topográfico deverá ser realizado em conformidade com todas as normas pertinentes, em particular as seguintes: ABNT NBR 13133 – Execução de levantamento topográfico, Decreto n.º 89.817 de 20/06/84 que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional quanto aos Padrões de Exatidão - PEC e Especificações e Normas Gerais para Levantamento Geodésicos – IBGE – Resolução PR n.º 22 de 21 de julho de 1983.

Este trabalho pretende fornecer um estudo sobre o Método da Trilateração para a solução da incerteza do mapeamento dos limites de feições naturais, não visando um fim, mas um meio de dar uma contribuição ao cadastro ambiental rural caracterizando a importância da topografia no ramo da Engenharia, principalmente na área florestal, apresentando informações primordiais para o mapeamento de feições naturais, além de fornecer embasamento teórico e prático na análise por propagação de variâncias deste método, focando nas incertezas posicionais dos limites legais das áreas de preservação ambiental.

1.1. Objetivo Geral

Contribuir ao cadastro ambiental com estudo das incertezas posicionais dos limites legais das áreas de preservação ambiental e aplicação da lei de propagação das variâncias a partir do método de Trilateração para obtenção dos vértices de apoio imediato.

1.2 Objetivos específicos

- Estudar legislação vigente e o modelo de propagação dos erros das coordenadas dos limites naturais;
- Estudar as particularidades na definição dos limites naturais;

- Estudar parâmetros técnicos de incerteza dos limites legais das áreas de preservação ambiental;

2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Direito Ambiental

O direito ambiental é um ramo jurídico que surgiu no Brasil a partir da necessidade de se tratar da proteção ambiental de áreas degradadas ou não e visa criar normas para disciplinar a ação do homem sobre os recursos naturais.

A conservação e a manutenção desses recursos possibilitam que os serviços ambientais prestados pela natureza como a ciclagem de nutrientes, a proteção das bacias hidrográficas, o sequestro de carbono, amenização dos fenômenos violentos do clima, geração de solos férteis, controle de erosões, disponibilidade e qualidade da água continuem ocorrendo de forma equilibrada (EMBRAPA, 2014; IPAM, 2014).

Diante disso, o ato de legislar sobre as questões ambientais e ecológicas fez surgir, por exemplo, leis como a lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal) que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e o decreto 7.830/2012 que define o CAR e o SICAR. Esta última é uma plataforma eletrônica para inserção de dados através de módulos específicos denominados Receptor Nacional e Cadastro.

Muito dos processos legais que o governo utiliza para fazer valer a lei utiliza de tecnologias para armazenamento de dados ou publicação e tratamento de informações em diversos sistemas computacionais. A evolução da legislação tratando das questões ambientais fez surgir estas tecnologias como equipamentos, aplicações e softwares, pois estas se valem de ferramentas úteis para fazer o cumprimento das exigências legais.

Os sensores remotos embarcados em satélites, constantemente melhorados, equipamentos topográficos, satélites GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global) e o VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado são utilizados para diversas aplicações que vão desde o controle da degradação ambiental em áreas de grandes extensões como a Amazônia até o planejamento urbano das cidades. Os satélites captam a radiação eletromagnética refletida para o sensor e dispõe os dados em forma de imagens, além de dados como localização, tempo e velocidade através do Sistema de Posicionamento Global – GPS.

Os equipamentos topográficos se constituem de uma série de aparatos usados para

coletar informações de medições feitas em campo e o *VANT* para coleta de dados precisos do aerolevanteamento.

Os dados produzidos na cartografia são processados, tratados e analisados nos chamados *softwares* SIG – Sistemas de Informação Geográfica. Estas informações espaciais são trabalhadas de acordo com as normativas técnicas para cartografia nacional como, por exemplo, o PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica, definido pelo decreto 89.817/84, auxiliando assim o CAR – Cadastro Ambiental Rural através da avaliação da exatidão posicional dos produtos cartográficos.

O CAR foi definido subsequentemente ao novo código florestal por meio do decreto nº 7.830/2012 art. 2, II e é o registro eletrônico de todas as informações dos imóveis rurais. Estas ferramentas surgiram com o propósito de integrar, gerenciar e manusear todas essas informações e para garantir o direito ambiental.

2.2. Imóvel rural e Áreas de Preservação Ambiental

Alinhando-se os conceitos sobre imóvel rural no âmbito do CAR, de acordo com o art. 2º, I, da Instrução Normativa do MMA nº 02/2014, o imóvel rural é “o prédio rústico de área contínua, qualquer que seja sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial [...]”. (ROBERTO, 2014)

Observa-se ainda que a instrução normativa nº256/2002 da SRF – Secretaria da Receita Federal, afirma no artigo 8 (oito) que para fins de tributação da propriedade territorial na base de cálculo do Imposto Territorial Rural – ITR:

“Imóvel rural é a área contínua, formada de uma ou mais parcelas de terras, localizada na zona rural do município, ainda que, em relação a alguma parte do imóvel, o sujeito passivo detenha apenas a posse.”

Sobre a determinação da área do imóvel rural são definidas todas as proporções de área de áreas de preservação ambiental. O uso da terra é um direito coletivo e deve ser assegurado a todos. Deste modo a definição de regras para o uso sustentável deve ser assegurada na mesma proporção. No novo código florestal são detalhadas as APAs – Áreas de Proteção Ambiental que devem ser cadastradas no âmbito do CAR. As áreas de preservação ambiental determinadas por lei são 3 (três): - APP, Área de Preservação Permanente

-AUR, Área de Uso Restrito e

- ARL, Área de Reserva Legal.

Segundo consta na Constituição Federal no inciso III, § 1º, do art. 225 as APPs são espaços territoriais protegidos por lei. De acordo com o que consta no art. 3, II, da lei nº 12.651/2012 uma APP é definida como:

“II - Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

O processo inicial de inscrição das informações do imóvel rural é feito através do cadastro no site do CAR. De modo geral, nesta plataforma são cadastradas todas as informações relativas ao imóvel rural como uso e áreas de proteção ambiental.

O cadastramento do imóvel rural no CAR é realizado clicando-se em uma sub-janela chamada inscrição/CAR. É necessário o acesso à internet e espaço em disco para armazenamento do programa executável no sistema operacional do usuário.

Figura 1. Acesso ao CAR.



Fonte: <<http://car.gov.br/#/>>

2.3. Cadastro Ambiental Rural

Como já introduzido, superficialmente, o CAR tem a sua base legal definida pelo artigo 2 (dois) parágrafo segundo do decreto nº 7830/2012

“II - Cadastro Ambiental Rural - CAR - registro eletrônico de abrangência nacional junto ao órgão ambiental competente, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.”

O cadastro no CAR é um grande avanço em termos regularização ambiental, pois abarca toda a situação ambiental presente no território brasileiro. Existem estados que exigem o profissional para realizar o CAR e outros não exigem. Ainda assim, existe deficiência de profissionais qualificados na área para atender a demanda de serviços nesta área, pois muitos proprietários são leigos, deste modo, é preciso espalhar conhecimento, debater as necessidades, desafios ambientais e conscientizar a sociedade brasileira quanto a regularização ambiental.

O CAR, por sua vez, é uma ferramenta do processo de regularização ambiental, que fornecerá uma espécie de “atestado de conformidade ambiental”, demonstrando que o imóvel está regular ambientalmente ou está em processo de regularização dos compromissos previstos no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), relativos à APP, AUR e RL. (ROBERTO, J. et. al, 2014)

2.4. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

De acordo com o que consta como informativo no sítio do CAR, o SICAR é um sistema eletrônico que, recebe, gerencia e integra os dados do CAR de todos os entes federativos, além de:

1. Cadastrar e controlar as informações dos imóveis rurais, referentes ao seu perímetro e localização, aos remanescentes de vegetação nativa, às áreas de interesse social, às áreas de utilidade pública, às Áreas de Preservação Permanente, às Áreas de Uso Restrito, às áreas consolidadas e às Reservas Legais;
2. Monitorar a manutenção, a recomposição, a regeneração, a compensação e a supressão da vegetação nativa e da cobertura vegetal nas áreas de Preservação Permanente, de Uso Restrito, e de Reserva Legal, no interior dos imóveis rurais;
3. Promover o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e conservação ambiental

no território nacional; e

4. Disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional, na Internet.

Foi definido por meio do decreto nº 7.830/2012 art. 2, I que o ato de regularizar o imóvel rural no âmbito do CAR foi o modo que o governo criou de fazer o cadastro de todos os mais de cinco milhões de imóveis rurais do Brasil. Este ato tem início com o download no sítio <www.car.gov>, da plataforma do CAR.

Essa plataforma ou módulo do CAR, como chamam, possui etapas que são preenchidas por um cadastrante, podendo ser o detentor do imóvel ou não, assim, ao finalizar o cadastro, o imóvel rural fica em conformidade com a lei, ou seja, fica garantido o cumprimento do disposto do §3º do artigo 29 da lei nº 12.651/2012, que define a obrigatoriedade da inscrição, bem como o que consta também no artigo 78-A, que garante o crédito rural. (ROBERTO. J.et. al, 2014, 16 p.)

De modo geral, nesta plataforma são cadastradas todas as informações relativas ao imóvel rural como uso e áreas de proteção ambiental. Atualmente é composto por dois módulos, um de cadastro e outro receptor nacional.

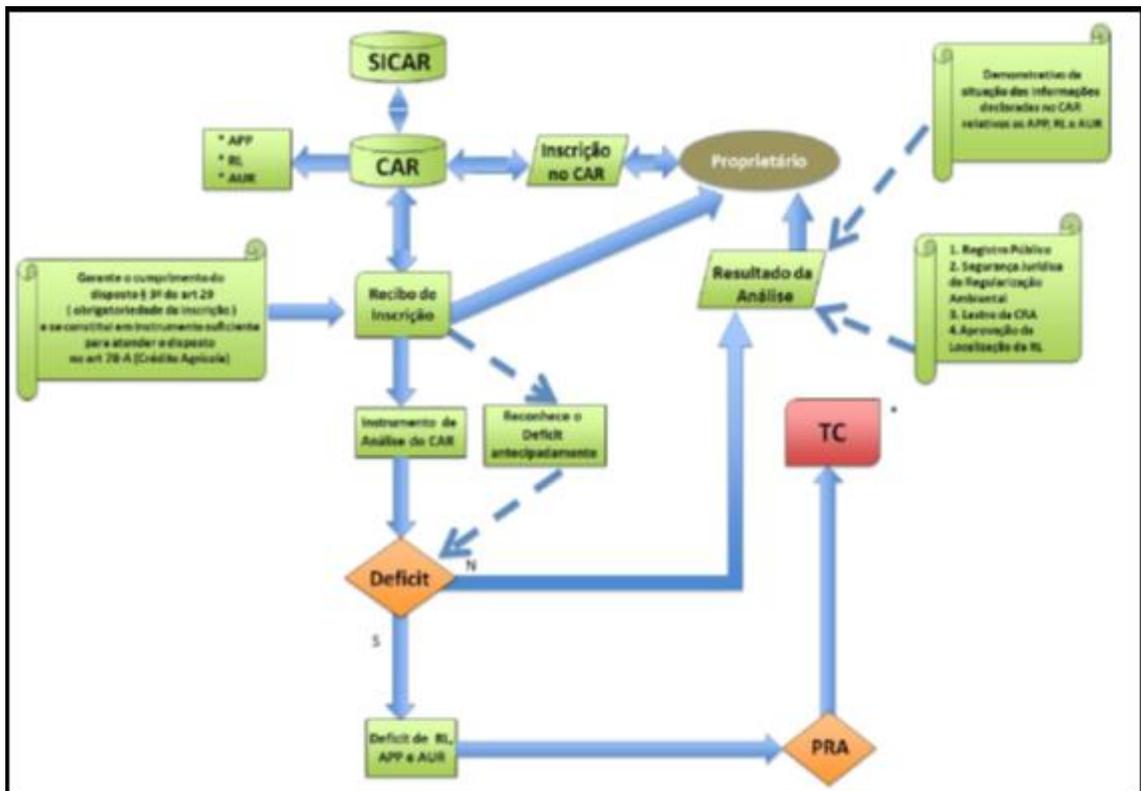
Figura 2. Módulo de cadastro do SICAR.



Fonte:<<http://car.gov.br/#/>>

As etapas do processo de cadastramento no CAR seguem o fluxograma abaixo.

Figura 3. Fluxograma do módulo de inscrição no CAR.



Fonte: MMA, 2014

Após o cadastro no CAR, é gerado um recibo de inscrição que garante que o mesmo foi concluído segundo as diretrizes da lei 12.651/2012. Se existir algum déficit de área de preservação ambiental passiva de ser regularizada no imóvel rural, o recibo de inscrição serve para comprovar essas áreas pelo órgão ambiental. A partir daí o proprietário se compromete a fazer, através do PRA – Programa de Regularização Ambiental, a recomposição das áreas de APP, RL e AUR.

Segundo Pedro (2013) o TAC – Termo de Ajuste e Conduta ou TC – Termo de Compromisso é um documento onde o dono do imóvel reconhece que agiu em desconformidade com a lei na supressão de vegetação ou que quer prevenir conflitos que possam vir a ofender interesses difusos ou coletivos perante o ministério público, IBAMA e/ou órgãos ambientais competentes. Este termo firma o compromisso do proprietário em aderir ao programa e é indispensável no cadastro do CAR.

2.5. Sistema de Gestão Fundiária

O SIGEF – Sistema de Gestão Fundiária é uma ferramenta eletrônica desenvolvida pelo INCRA e pelo MDA –Ministério do Desenvolvimento Agrário para subsidiar a governança fundiária do território nacional. Por ele são efetuadas a recepção, validação, organização, regularização e disponibilização das informações georreferenciadas de limites de imóveis rurais, públicos e privados.

De acordo com o manual do SIGEF, quando os serviços de georreferenciamento são efetuados, ou seja, obtenção de planta georreferenciada, é necessário obter junto ao órgão a sua certificação. Esta certificação é obtida através do cumprimento das etapas do SIGEF em atendimento aos prazos estabelecidos no decreto n° 5.570/2005. Este prazo para o georreferenciamento foi estabelecido pela Lei 10.267/2001.

Quando o georreferenciamento é finalizado, é necessário fazer o preenchimento da planilha eletrônica com os dados de:

- Serviço de georreferenciamento
- Identificação do detentor
- Identificação da Área
- Perímetro

Na aba perímetro são inseridas todas as informações dos vértices levantados, como as incertezas posicionais por exemplo. O preenchimento desses dados é baseado pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais e seus Manuais Técnicos.

Figura 4. Tabela perímetro.

1	Tabela de Perímetro									
2	Denominação: Parte 1									
3	Parcela número: 001									
4	Lado: Externo									
5	Sistema de referência: SIRGAS2000									
6	Tipo de Coordenada: Geográfica									
7	Merkidiano Central (°): -43									
8	Datum: UTM									
9	Nome: Geográfica									
10	Vértice		Sigma long	N/Lat	Sigma lat	h	Sigma h	Método Posicionamento	Tipo Limite	CNS
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										

Fonte: <sigef.incra.gov.br/documentos/manual>

Na aba documentação do módulo do CAR é possível inserir o código que comprova a existência do imóvel junto ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SNCR. Este é

um sistema utilizado pelo INCRA para conhecer a estrutura fundiária e a ocupação do meio rural brasileiro a fim de assegurar o planejamento de políticas públicas [...] O sistema emite o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR). Sem o certificado não é possível legalizar as transferências imobiliárias ou obter financiamento bancário, nem transferir, arrendar, hipotecar, desmembrar e partilhar (divórcio ou herança) o imóvel rural. (INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2017).

Além desses aspectos, com a certificação do imóvel, a precisão associada à representação dos limites de feições naturais é mais fidedigna, pois adequa o levantamento topográfico a Lei 10.267/2001. Desta forma, evidencia-se a importância da obtenção da certificação do imóvel para o cadastro do CAR, pois como consta no artigo 12 do código florestal, o percentual que deve ser registrado como Reserva Legal e Área de Preservação Permanente é 20% na propriedade em área de campos gerais em qualquer região do país. Diante disso, a representação do percentual se torna mais confiável em relação à obtenção dos limites por imagens de satélite ou utilizando GPS de navegação.

Figura 5. Inserção do código do SNCR na aba documentação do módulo do CAR

A imagem mostra a interface de usuário do sistema 'Novo Imóvel Rural' do INCRA, especificamente a aba 'Documentação'. O formulário contém os seguintes campos e opções:

- Dados do Documento:**
 - Propriedade ou Posse: Propriedade Posse
 - Nome da Propriedade: [Campo de texto]
 - Área (ha): [Campo de texto]
 - Tipo de Documento: [Menu suspenso com opção 'Selecione']
 - Número da Matrícula ou Documento: [Campo de texto]
 - Data do Documento: [Campo de texto com máscara de data]
 - Livro: [Campo de texto]
 - Folha: [Campo de texto]
 - UF do Cartório: [Menu suspenso com opção 'Selecione']
 - Município do Cartório: [Menu suspenso com opção 'Selecione']
 - Código no Sistema Nacional de Cadastro Rural - SNCR: [Campo de texto]
 - Certificação do Imóvel no INCRA: [Campo de texto]
 - NIRF (Número de Inscrição do Imóvel Rural na Secretaria da Receita Federal do Brasil): [Campo de texto]
 - Possui Reserva Legal Averbada e/ou Reserva Legal Aprovada e não Averbada?: Sim Não

Fonte: Módulo do CAR

2.6. Levantamentos Geodésicos

A PR número 22 de agosto de 1983 elenca as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em território brasileiro. Em um de seus tópicos fica definido o que vem a ser levantamento geodésico e suas características no âmbito da cartografia. Neste sentido, é um conjunto de atividades voltadas para medições e observações de grandezas físicas e geométricas que conduzem à obtenção e definição das coordenadas (parâmetros) dos pontos integrantes do sistema.

Dependendo do serviço e do nível de qualidade que se deseja obter, são classificados em três categorias, a saber:

- Levantamentos geodésicos de Alta Precisão
- Levantamento geodésico de Precisão
- Levantamentos Geodésicos para fins Topográficos

A resolução resume as finalidades e características gerais dos levantamentos segundo estas classes. Na planimetria, considerando os levantamentos Geodésicos para fins Topográficos, o critério de maior relevância para classificação, fora as finalidades, é a exatidão e é expresso pelo erro padrão máximo admissível entre duas estações adjacentes. A finalidade é dirigida ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico e a exatidão deve ser melhor que 1:5000. É usado em levantamentos e parcelamentos de áreas de pequeno valor, pequenas obras locais e elaboração de cartas gerais.

2.6.1 Levantamento Topográfico Planimétrico

Na topografia convencional utilizando Estação Total é possível a obtenção de medidas angulares e de distâncias ambas podendo ser horizontais, verticais e inclinadas. A partir destes dados é possível a determinação das coordenadas de um ou vários pontos de interesse tomando como referências coordenadas conhecidas ou arbitradas.

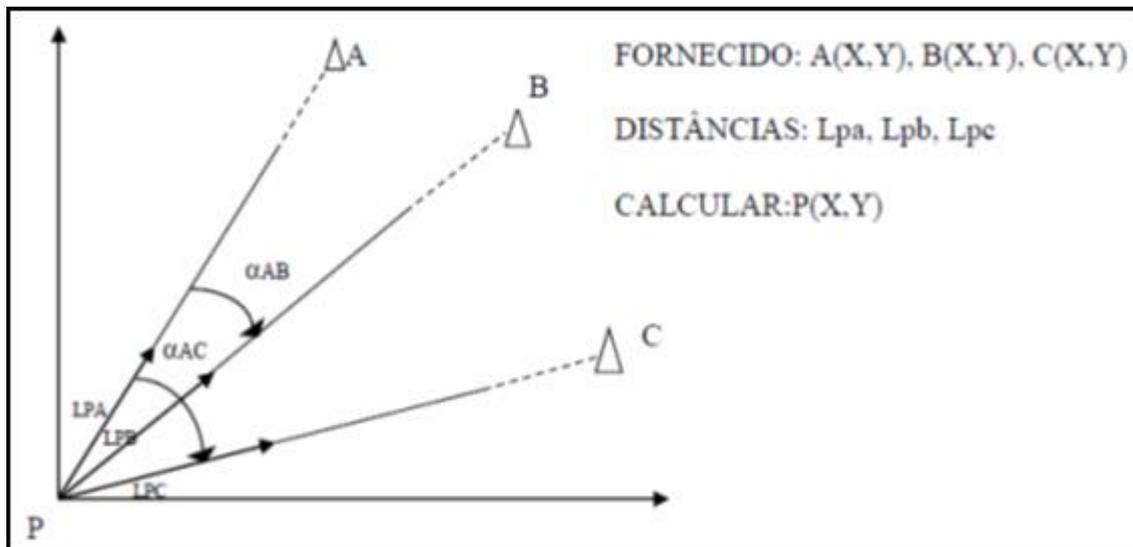
Levantamentos topográficos planimétricos são vários procedimentos topográficos, sem considerar o relevo, visando a representação gráfica de uma área do terreno através da obtenção de elementos necessários como ângulos, distâncias, localização geográfica e posição ou orientação. O levantamento topográfico planimétrico divide-se em poligonação ou caminhamento; irradiação; interseção, ordenadas e coordenadas. (MACHADO. CARTAXO.DA SILVA, 2014)

2.6.1.1 Método de interseção a Ré ou Recessão ou de coordenadas Bipolares

Segundo Machado (2014) o método da interseção também só pode ser usado para pequenas áreas. É o único método que pode ser usado quando alguns vértices da área são inacessíveis, como por exemplo, no caso de pontos bastante íngremes ou existência de um brejo. Esta técnica pode ser utilizada não só para estes casos como também para os casos em que o ponto está encoberto por vegetação densa tanto arbustiva como arbórea e áreas de clareira.

A determinação das coordenadas de um ponto a partir do método de interseção a Ré consiste em estacionar o instrumento topográfico sobre o ponto que se deseja determinar as coordenadas e realizar as observações de direções a três pontos de coordenadas conhecidas, conforme indicado na figura. As coordenadas planimétricas do ponto de estação são determinadas sem a necessidade da medição de distâncias entre os pontos observados. (SEGANTINE, 2017)

Figura 6. Relações geométricas da Interseção a Ré.



Fonte: SEGANTINE, 2017. Adaptado

Os ângulos alfa são obtidos a partir da diferença entre os azimutes conhecidos. As coordenadas do ponto P utilizam o valor da tangente da latitude que é determinada pelas formulações abaixo.

$$tg\varphi = \frac{(x_A - x_B) * cotg\alpha_{AB} - (x_A - x_C) * cotg\alpha_{AC} + (y_B - y_C)}{(y_A - y_B) * cotg\alpha_{AB} - (y_A - y_C) * cotg\alpha_{AC} - (x_B - x_C)} \quad (2.1)$$

$$y_P = y_A + \frac{(x_A - x_B) * (\cot \alpha_{AB} - \operatorname{tg} \varphi) - (y_A - y_B) * (1 + \cot \alpha_{AB} \operatorname{tg} \varphi)}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} \quad (2.2)$$

$$x_P = x_A + (y_P - y_A) * \operatorname{tg} \varphi \quad (2.3)$$

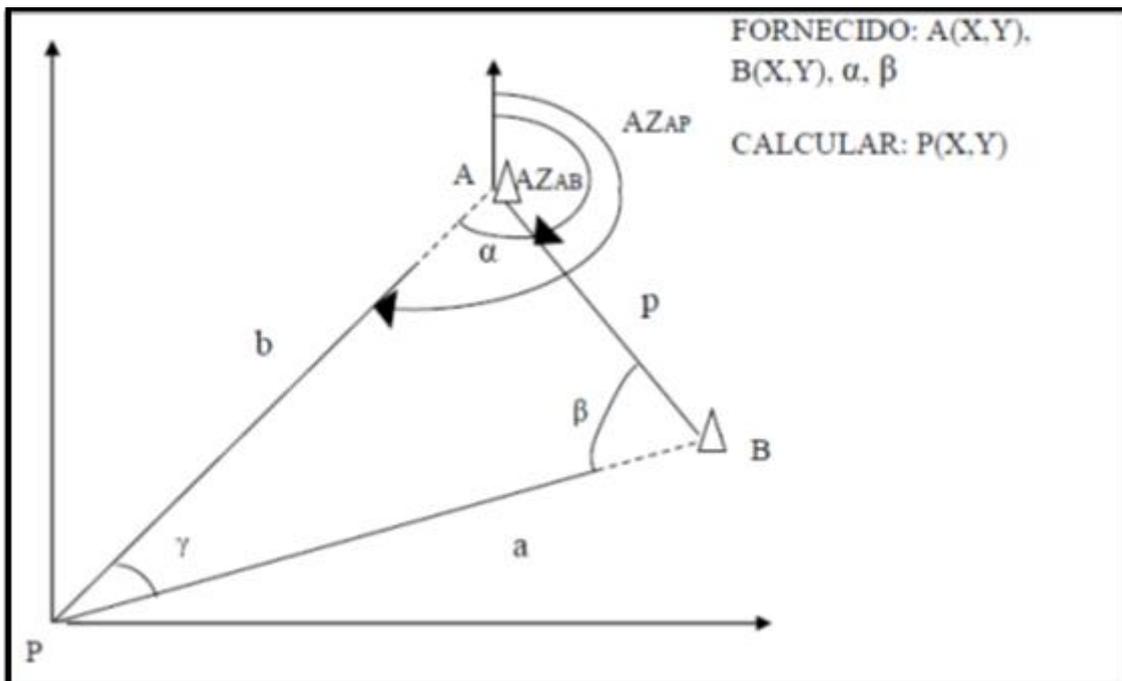
Quando se obtém apenas as distâncias, partindo do ponto de coordenadas desconhecidas para as estações conhecidas o método é denominado Trilateração.

2.6.1.2 Método de Interseção a Vante

O método de Interseção a Vante consiste em obter as coordenadas planimétricas de um ponto a partir do conhecimento das coordenadas de outros dois pontos e da execução de medidas angulares somente. (VEIGA et. al. 2012)

Dependendo da situação de campo, este método é utilizado quando é dificultosa a obtenção das distâncias quando se realizam as visadas diretas. Para grandes extensões ou não com obstáculos inacessíveis entre as observações como por exemplo visadas entre rios ou riachos também é aconselhado este método.

Figura 7. Relações geométricas da Interseção a Vante.



Fonte: autoria do autor

Os cálculos empregados no método consistem em: obter a distância entre os pontos A e B a partir da relação trigonométrica de distância entre dois pontos, o cálculo do ângulo gama, cálculo dos lados a e b por analogia dos senos, cálculo dos azimutes das direções AB e AP e por fim o cálculo das coordenadas de interesse.

$$p = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (2.4)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ \quad (2.5)$$

$$\frac{a}{\text{sen}\alpha} = \frac{b}{\text{sen}\beta} = \frac{p}{\text{sen}\gamma} \quad (2.6)$$

$$\text{tgAz}_{AB} = \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \quad (2.7)$$

$$\text{tgAz}_{AP} = \frac{x_P - x_A}{y_P - y_A} \quad (2.8)$$

$$\text{Az}_{AP} = \text{Az}_{AB} - \alpha \quad (2.9)$$

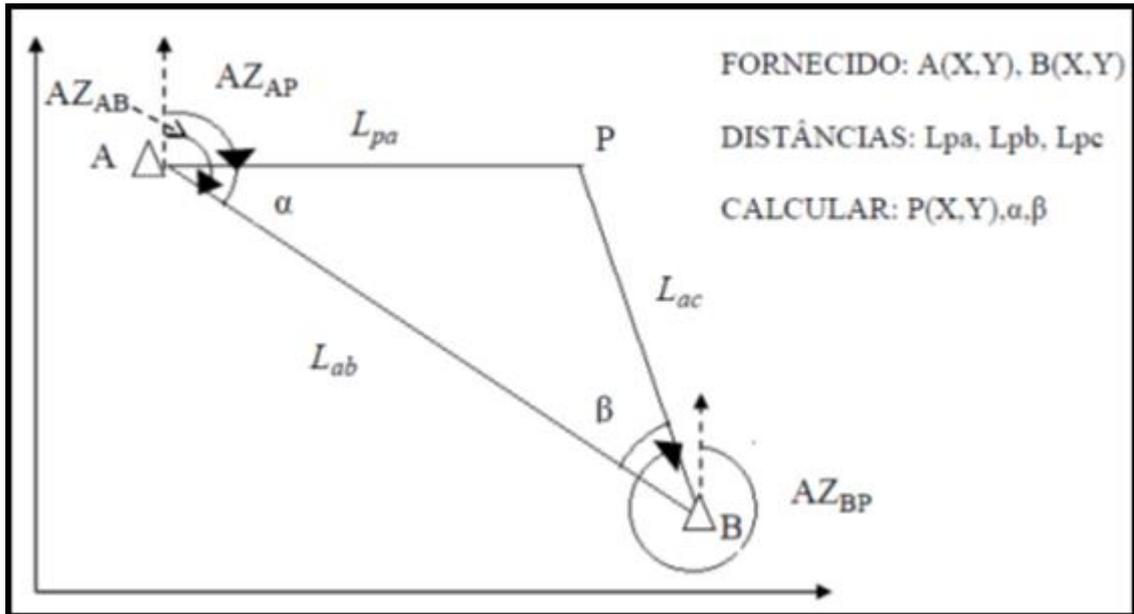
$$x_P = x_A + d_{AP} * \text{senAz}_{AP} \quad (2.10)$$

$$y_P = x_A + d_{AP} * \text{cosAz}_{AP} \quad (2.11)$$

2.6.1.3 Método de Bilateração

O método de Bilateração tem de base a medição de duas distâncias que vai desde o ponto de coordenadas desconhecidas (X_A, Y_A, X_B, Y_B) até dois pontos de coordenadas conhecidas, assim determina a coordenada do primeiro ponto (X_P, Y_P) . (ERBA et. al, 2005)

Figura 8. Relações geométricas da Bilateração.



Fonte: Erba et. al, 2005. Adaptado

A partir do conhecimento das distâncias entre os pontos L_{pa} , L_{ac} , L_{ab} e das coordenadas iniciais, determinam-se os ângulos Alfa α e Beta β por analogia dos cossenos, bem como os azimutes das direções AP, AB, BP e a coordenada do ponto de interesse.

$$L_{ac}^2 = L_{ab}^2 + L_{pa}^2 - 2 * L_{ab} * L_{pa} * \cos\alpha \quad (2.12)$$

$$\cos\alpha = \frac{-L_{ac}^2 + L_{ab}^2 + L_{pa}^2}{2 * L_{ab} * L_{pa}} \quad (2.13)$$

$$L_{pa}^2 = L_{ab}^2 + L_{ac}^2 - 2 * L_{ab} * L_{ac} * \cos\beta \quad (2.14)$$

$$\cos\beta = \frac{-L_{ab}^2 + L_{ab}^2 + L_{ac}^2}{2 * L_{ab} * L_{ac}} \quad (2.15)$$

$$AZ_{AP} = AZ_{AB} - \alpha \quad (2.16)$$

$$AZ_{BP} = AZ_{AB} + 180^\circ + \beta \quad (2.17)$$

$$X_P = X_A + Lap * senAZ_{AP} \quad (2.18)$$

$$Y_P = Y_A + Lap * cos AZ_{AP} \quad (2.19)$$

$$X_P = X_B + Lab * senAZ_{BP} \quad (2.20)$$

$$Y_P = Y_B + Lab * cos AZ_{BP} \quad (2.21)$$

2.6.1.4 Método de Poligonação ou Caminhamento

Segundo Espartel (1987) uma representação em escala da porção do terreno que nos propomos a levantar, é a operação topográfica para o cálculo do caminhamento e respectivo desenho. O terreno é determinado por um conjunto de pontos visíveis entre si onde as linhas que os unem formam triângulos que são suscetíveis de serem medidos por processos simples. A justaposição destes triângulos constitui os polígonos. Toda operação topográfica conduzirá a duas espécies de medidas: a dos comprimentos e dos ângulos. O objetivo final sempre será a representação do desenho condizente com o meio físico nas suas relações gráficas e geométricas.

Uma poligonal topográfica é uma sucessão de alinhamentos topográficos. Quando tem caráter de representar o arcaouço do levantamento de uma área, é denominada poligonal básica ou principal. Para materialização da poligonal principal são utilizados os métodos principais, sendo mais utilizado o processo por caminhamento ou poligonação. A partir de pontos da poligonal, todos os elementos naturais e artificiais que são de interesse ao cadastro são levantados utilizando métodos secundários, principalmente o uso do processo por irradiação. (TULLER, M. SARAIVA, S. 2014)

Veiga (2012) ainda afirma que no levantamento da poligonal o contorno feito por esta série de pontos, medindo-se todos os ângulos e comprimentos, parte de uma orientação inicial com coordenada conhecida a partir do qual todos os outros pontos podem ser medidos. Pode-se dizer que este método é amplamente utilizado nos levantamentos topográficos, pois se utiliza de poucos dados, além de ser prático.

Caso a localidade a ser representada, seja urbana ou rural, tenha dimensões excessivas ou obstáculos nas visadas aos elementos de interesse, pode-se materializar poligonais secundárias criadas a partir de pontos da poligonal principal. Para perfeita rigidez e controle

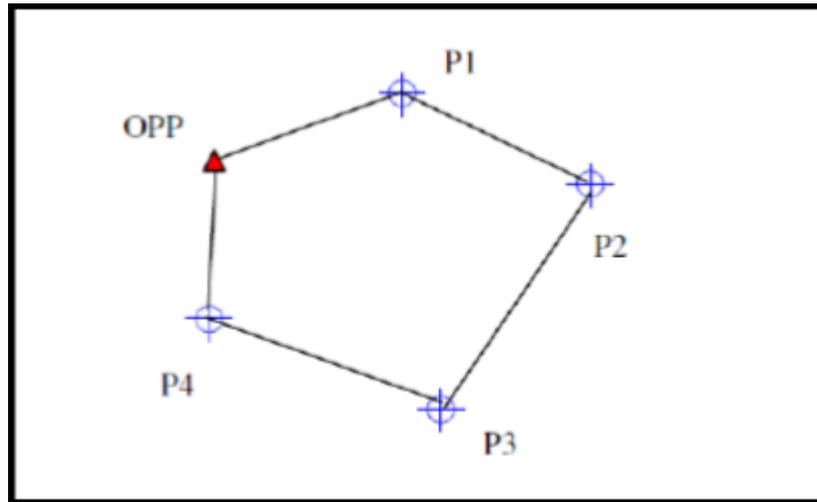
dos erros de fechamento angular e linear, é interessante que a poligonal comece e termine em pontos da poligonal principal. Essas poligonais são denominadas poligonais internas secundárias ou auxiliares. (TULLER, M.SARAIVA, S. 2014)

Segundo a NBR 13.133 (ABNT, 1994) as poligonais são classificadas em três categorias, a saber: poligonal principal, secundária e auxiliar. Na poligonal principal são determinados os pontos de apoio topográfico de primeira ordem, na secundária estando esta apoiada nos vértices da poligonal de primeira ordem é aquela que determina os pontos de apoio topográfico de segunda ordem. Já a poligonal auxiliar é aquela que, baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, tem seus vértices distribuídos na área ou faixa a ser levantada, de tal forma que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou coordenadas sobre uma linha de base, os pontos de detalhes julgados importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento.

As poligonais ainda podem ser levantadas de duas formas, a saber: poligonal fechada, enquadra ou aberta.

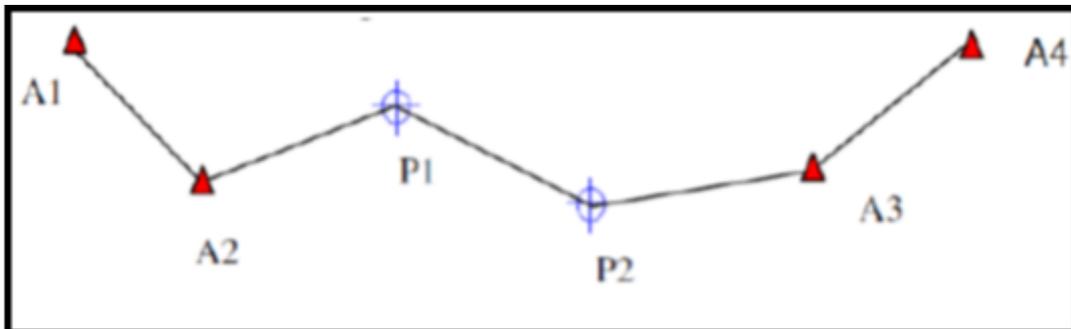
Na poligonal Fechada, parte-se de um ponto com coordenadas conhecidas e retorna-se ao mesmo ponto. Sua principal vantagem é permitir a verificação do erro de fechamento angular e linear. Na poligonal enquadra parte-se de dois pontos com coordenadas conhecidas e acaba-se em outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Também permite a verificação do erro angular e linear. Na poligonal aberta, parte-se de um ponto com coordenadas conhecidas e acaba-se em um ponto com coordenadas a se determinar. Não é possível determinar erros de fechamento, portanto devem-se tomar todos os cuidados necessários durante o levantamento de campo para evitá-los. (VEIGA, 2012)

Figura 9. Poligonal fechada.



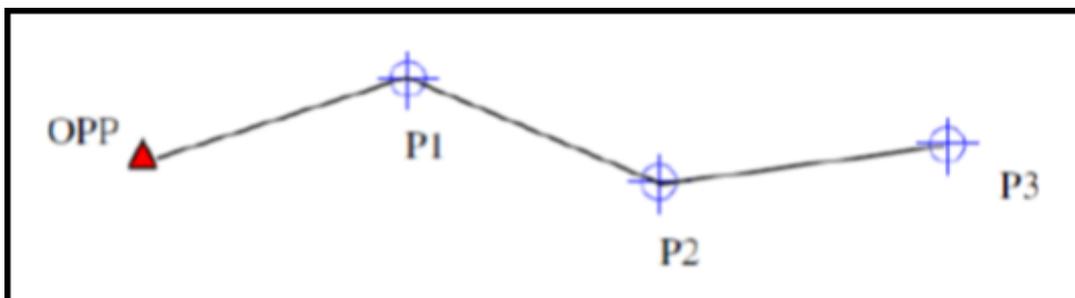
Fonte: Veiga, 2012

Figura 10. Poligonal enquadrada.



Fonte: Veiga, 2012

Figura 11. Poligonal aberta.

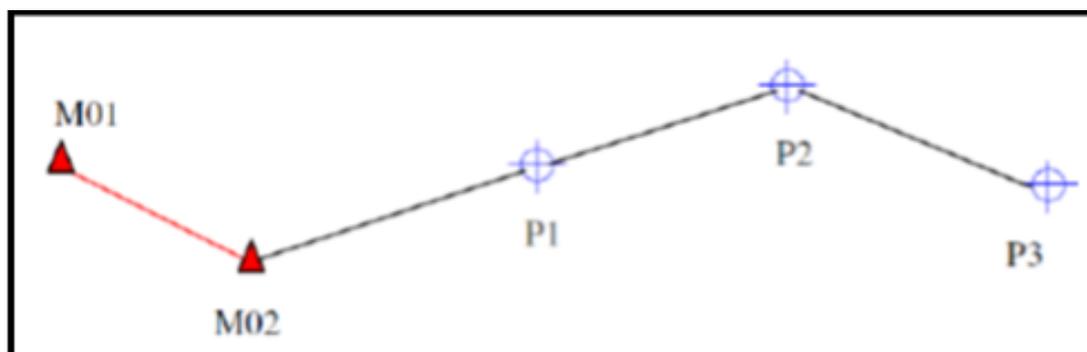


Fonte: Veiga, 2012

Segundo a NBR 13.133 há os casos em que se deseja que o apoio topográfico fique vinculado ao SGB – Sistema Geodésico Brasileiro. Deste modo, a situação ideal é que pelo menos dois pontos de coordenadas conhecidas sejam comuns e a partir destes dois pontos,

determinar um azimute de partida para o levantamento da poligonal.

Figura 12. Dois pontos com coordenadas conhecidas e vinculadas ao SGB.



Fonte: Veiga, 2012

Uma poligonal topográfica é calculada e ajustada segundo as normas da NBR 13133 (1994): execução de levantamento topográfico, considerando a aparelhagem e a materialização, sendo esta dividida em classes, a saber: classe I P, II P, III P, IV P e V P. Os teodolitos, distanciômetros (MED) e as estações totais, são divididas em 3 (três) classes, I, II e III. A conferência fica a título do leitor.

Segundo Tuller e Saraiva (2014) a planilha de coordenadas corresponde aos cálculos que são efetuados para fazer a correta distribuição dos erros e o levantamento ser o mais preciso possível. Devem ser seguidas 6 (seis) etapas: cálculo do fechamento angular e de sua distribuição, cálculo dos azimutes de todos os alinhamentos, cálculo das coordenadas relativas não corrigidas, cálculo do erro de fechamento linear e de sua distribuição, cálculo das coordenadas relativas corrigidas e cálculo das coordenadas absolutas. Todos estes cálculos são efetuados para fazer a representação dos alinhamentos em planta na sua correta projeção.

O cálculo do erro de fechamento angular considera se a poligonal é aberta ou fechada. Se aberta o erro é dado por:

$$Ea = \text{azimute transportado} - \text{azimute conhecido} \quad (2.22)$$

Se for fechada, tem os casos em que o levantamento é feito por ângulos horários ou por deflexão. Se for por ângulo horário o erro de fechamento é dado por:

$$\sum \hat{\text{angulos}} = 180^\circ * (n \pm 2) \quad (2.23)$$

Onde,

\pm significa: + ângulo horário externo

- ângulo horário interno

Se for por deflexão o erro será identificado caso a igualdade abaixo não seja verdadeira

$$|\sum Deflexão direito - \sum Deflexão esquerda| = 360^\circ \quad (2.24)$$

A ABNT-NBR 13.133 dispõe de parâmetros de validação para a tolerância angular baseados em estudos empíricos e em ajustamento das observações. Por regra geral, considera-se que

$$T = b * \sqrt{m} \quad (2.25)$$

Onde,

b: I P = 6"; II P = 15"; III P = 20"; IV P = 40" e V P = 180"

A distribuição do erro angular é feita quando se observa que no fechamento angular ocorreu erro por excesso ou por falta. Se for por excesso o sinal considerado é o positivo. Se for por falta, o negativo.

$$C = -\left(\pm \frac{\text{Erro angular}}{\text{Número de lados}}\right) \quad (2.26)$$

O levantamento para o cálculo dos azimutes pode utilizar ângulos por deflexão e horários. Se for por deflexão o azimute é dado por:

$$\text{Azimute calculado} = \text{Azimute anterior} \pm \text{Deflexão} \quad (2.27)$$

Onde,

+: deflexão à direita

- : deflexão à esquerda

Considerando ângulos horários o azimute é dado por:

$$Az \text{ calculado} = (Azimute \text{ anterior} + \hat{\text{ângulo horário}}) \pm 180^\circ \text{ (ou } - 540^\circ) \quad (2.28)$$

Onde, $+180^\circ$ se a soma entre parênteses for inferior a 180°

-180° se a soma entre parênteses for superior a 180° e inferior a 540°

$- 540^\circ$ se a soma entre parênteses for superior a 540°

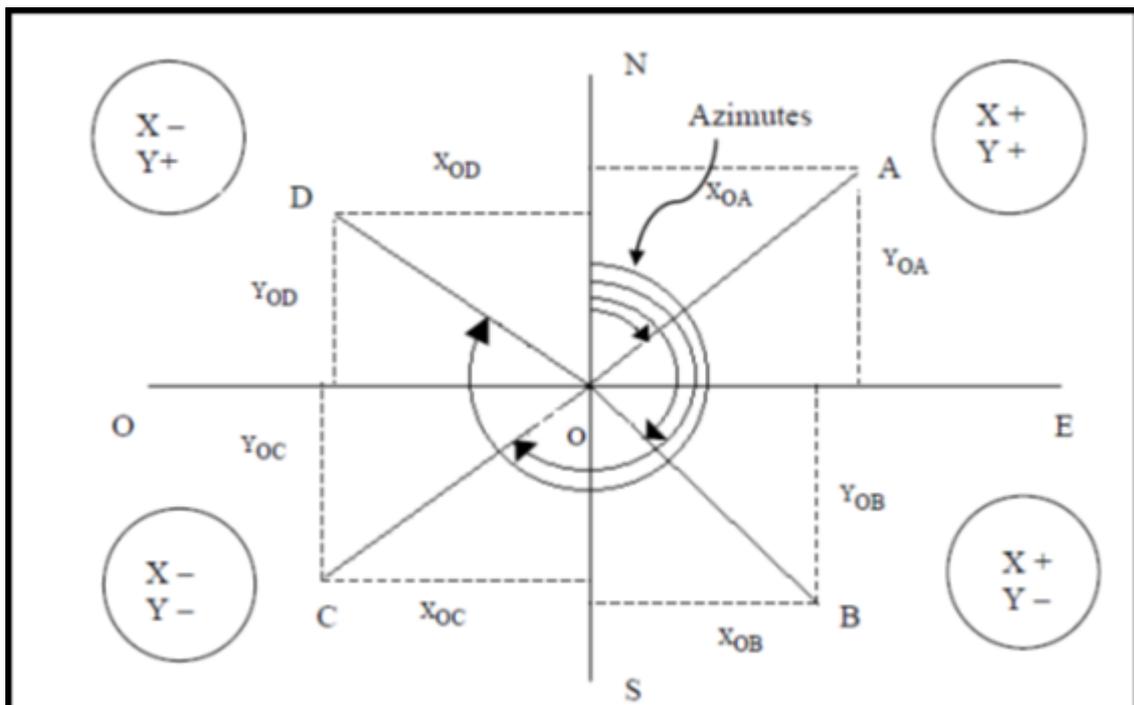
O cálculo da abscissa relativa e ordenada relativa utiliza os valores de azimutes encontrados e as respectivas distâncias entre os pontos. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$x_{ab} = d_{ab} * \text{sen}(\text{azimute}_{ab}) \quad (2.29)$$

$$y_{ab} = d_{ab} * \text{cos}(\text{azimute}_{ab}) \quad (2.30)$$

Como os azimutes estão orientados segundo o norte verdadeiro ou magnético, os sinais dos eixos cartesianos dependem destes.

Figura 13. Cálculo das coordenadas relativas não corrigidas.



Fonte: Tuller & Saraiva, 2014. Adaptado

O cálculo do fechamento linear é dividido em duas etapas, a determinação do erro linear e a validação pela tolerância linear.

$$El = \sqrt{e^2_x + e^2_y} \quad (2.31)$$

$$e_x = |\sum x(+)| - |\sum x(-)| \quad (2.32)$$

$$e_y = |\sum y(+)| - |\sum y(-)| \quad (2.33)$$

Onde,

$e_x(+)$ e $e_x(-)$: somatório dos valores das abscissas (positivas e negativas)

$e_y(+)$ e $e_y(-)$: somatório dos valores das ordenadas (positivas e negativas)

O sentido das possíveis correções será positivo se o erro de fechamento foi por excesso ou negativo se o erro foi por falta. O cálculo do erro relativo é dado da seguinte maneira:

$$Er = \frac{El}{L} \quad (2.34)$$

Existem tolerâncias, segundo a ABNT (1994), que dependem do tipo de poligonal empregada.

$$T = d * \sqrt{L(km)} \quad (2.35)$$

Onde,

d: I P = 0,10; II P = 0,30; III P = 0,42; IV P = 0,56; V P = 2,20

Para o cálculo das coordenadas relativas corrigidas podem ser utilizados dois processos, o proporcional as distâncias e o proporcional às coordenadas relativas. No proporcional as distâncias, primeiro calculam-se os fatores de proporcionalidade em x e em y, em seguida, determinam-se as correções em x e em y, multiplicando os fatores pelas respectivas distâncias.

$$fator_x = \frac{e_x}{P} \quad (2.36)$$

$$fator_y = \frac{e_y}{P} \quad (2.37)$$

$$Correção_{x12} = (fator_x * dist_{12}) \quad (2.38)$$

$$Correção_{y12} = (fator_y * dist_{12}) \quad (2.39)$$

No processo proporcional às coordenadas relativas os procedimentos são semelhantes com a diferença que, em vez de dividir os fatores de correção em x e y, divide-se pelo somatório de todos os valores das abscissas e ordenadas desconsiderando-se os sinais.

$$fator_x = \frac{e_x}{\sum |x|} \quad (2.40)$$

$$fator_y = \frac{e_y}{\sum |y|} \quad (2.41)$$

$$Correção_{x12} = -(fator_x * dist_{12}) \quad (2.42)$$

$$Correção_{y12} = -(fator_y * dist_{12}) \quad (2.43)$$

A coordenada relativa corrigida é feita logo após.

Coordenada relativa corrigida = coordenada relativa com erro + correção

Por fim, segue-se com o cálculo das coordenadas absolutas. Utilizam as coordenadas originais somadas com as coordenadas relativas corrigidas dos respectivos alinhamentos.

$$X = x_{01} + x_{01} \text{ corrigido} \quad (2.44)$$

$$Y = y_{01} + y_{01} \text{ corrigido} \quad (2.45)$$

2.6.2 Posicionamento por GNSS

O posicionamento por GNSS – *Global Navigation Satellite System* (Sistema Global de

Navegação por Satélite) utiliza receptores geodésicos para medição de coordenadas via satélite em levantamentos planimétricos, altimétricos e planialtimétricos. O GPS é uma das redes de satélites mais utilizadas no mundo atualmente desde que o sinal era de exclusividade militar, passou a ser liberado para fins civis por sua grande gama de aplicações. O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. (MONICO, 2008)

2.6.2.1 Componentes do GPS

O sistema GPS possui basicamente três segmentos e são:

- Segmento Espacial: De acordo com o centro de informação e análise para posicionamento, navegação e tempo, o sistema GPS conta, até a presente data do ano de 2017, com uma constelação de 32 satélites em órbita.

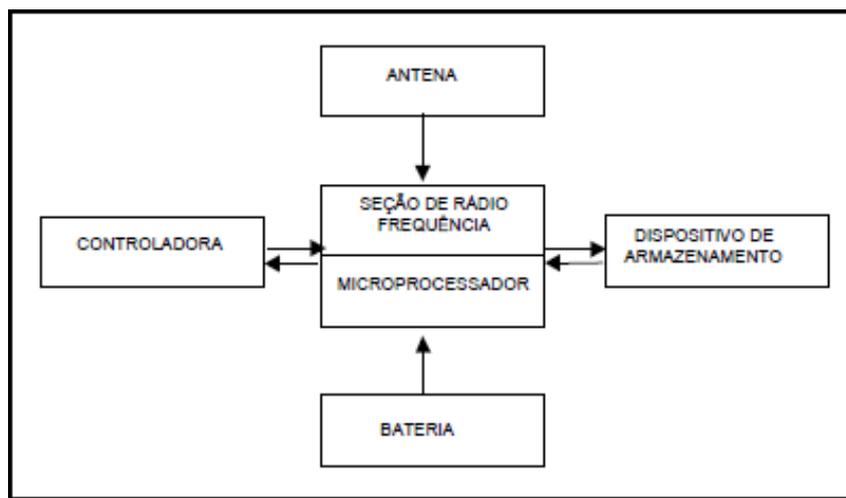
Os planos orbitais são inclinados de 55° em relação ao Equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais. Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, aproximadamente quatro minutos antes em relação ao dia anterior. (GALERA, 2008)

- Segmento de Controle: Responsável por fazer o monitoramento e controle do sistema de satélites, determinar o sistema de tempo GPS, prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite. (MONICO, 2008)

- Segmento de Usuários: Está diretamente associado aos receptores GPS, os quais devem ser apropriados para os propósitos a que se destinam, como navegação, geodésia, agricultura ou outra atividade. A categoria de usuários pode ser dividida em civil e militar. (MONICO, 2008)

A estrutura básica do GPS pode ser vista como segue

Figura 14. Estrutura básica de um receptor GPS.



Fonte: Adaptado de Hofmann-Wellenhof et al. (1992)

Figura 15. Receptor GNSS HIPER V equipado com rádio para levantamentos em tempo real.



Fonte: Manual Topcon

Figura 16. Funções e produtos de cada segmento do sistema GPS.

SEGMENTO	ENTRADA	FUNÇÃO	PRODUTO
Espacial	<ul style="list-style-type: none"> Mensagem de navegação 	<ul style="list-style-type: none"> Gera e transmite códigos e mensagens de navegação através das portadoras 	<ul style="list-style-type: none"> Código P(Y) Código C/A Portadoras L1 e L2 Mensagem de navegação
Controle	<ul style="list-style-type: none"> Observações no código P(Y), Tempo (UTC) 	<ul style="list-style-type: none"> Tempo GPS Efemérides Gerenciamento dos satélites 	<ul style="list-style-type: none"> Mensagem de navegação
Usuário	<ul style="list-style-type: none"> Observações da fase da portadora e códigos Mensagem de navegação 	<ul style="list-style-type: none"> Solução de navegação, posicionamento relativo, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Posição, velocidade e tempo

Fonte: Souza, G. S (2001). Apud Leick (1995)

2.6.3 Métodos de observações com GNSS

A topografia e a Geodésia se utiliza de medições de ângulos e distâncias para o posicionamento espacial, enquanto que o GNSS faz o posicionamento através dos sinais transmitidos por satélites. No processo de medição é levado em consideração o tempo do sinal, a modelagem matemática para o tratamento dos erros associados à atmosfera e equipamento e a fase do sinal.

Para minimizar os erros, foram desenvolvidos métodos diferenciais que requerem no mínimo um par de receptores. Nestes métodos um dos receptores deve estar estacionado em um ponto de coordenadas fixas (Referência ou Base) e por meios estatísticos e matemáticos determina o vetor espacial entre a antena do ponto base e a antena do segundo receptor. Com os valores das componentes espaciais do vetor é possível determinar as coordenadas do segundo receptor. (SOUZA, G. C. 2001 apud LEICK, 1995). Quando se utiliza apenas um único receptor para obtenção do posicionamento o levantamento é chamado de absoluto (utilizado neste trabalho).

Segundo Souza (2001) o método diferencial se divide em dois grupos: o diferencial de código – DGPS com processamento matemático mais simples e permitindo a obtenção da coordenada do segundo receptor de forma mais rápida e com precisão de meio metro. E o

método diferencial de fase da portadora que se baseia na variação de fase da onda transmitida pelo satélite. Tem um processamento matemático mais complexo, porém permite obter a coordenada do segundo receptor com precisão centimétrica.

Tendo em vista estes conceitos, o posicionamento pode ser classificado em PPP, Relativo, Relativo Estático, Relativo Estático Rápido e Relativo Cinemático em Tempo Real – RTK.

2.6.3.1 Método de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP

As Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS do IBGE, em cumprimento à resolução do presidente n° 22 de 21 de julho de 1983, definem que o sistema GPS fornece dois tipos de observação diretamente associados à componente do sinal rastreado: pseudodistâncias, obtidas a partir da observação dos códigos, e fases das portadoras.

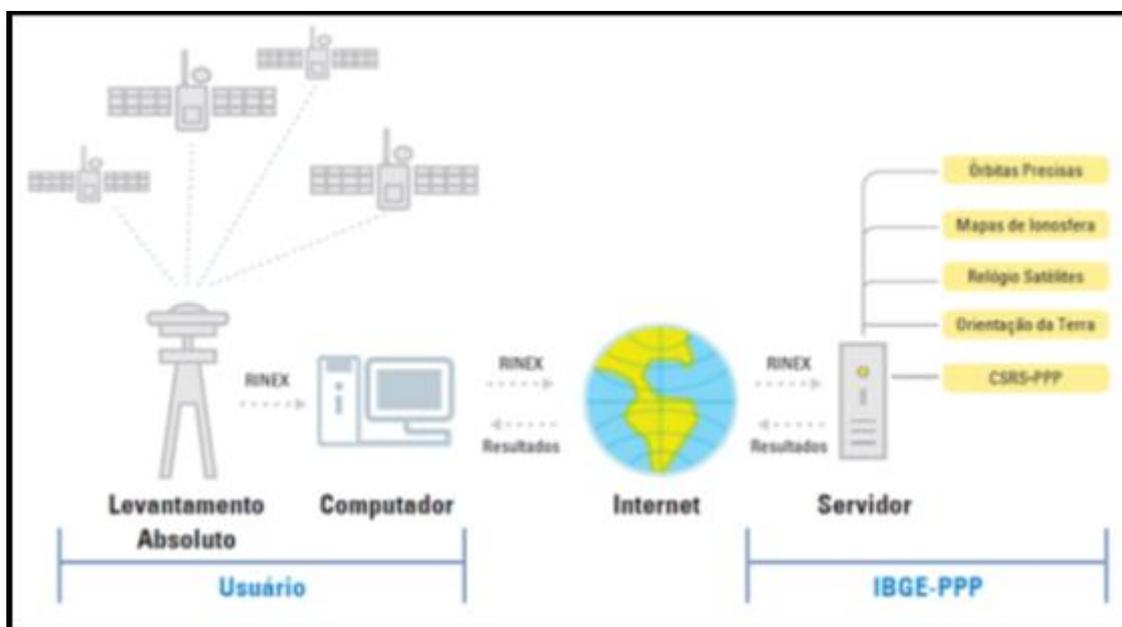
Quando se utilizam as observáveis pseudodistância ou fase da onda portadora, ou ambas, coletadas por receptores de simples ou dupla frequência com efemérides precisas, tratam-se do PPP. Este método apresenta grande potencialidade para ser empregado em aplicações que exigem alta acurácia, como geodinâmica, além de apresentar grandes vantagens se comparado com o processamento de redes por GNSS, em que há grande dispêndio computacional. (MONICO, 2008)

As efemérides que são transmitidas pelo Posicionamento por Ponto Preciso são um conjunto de parâmetros numéricos que descrevem as posições precisas dos satélites em função do tempo. As efemérides precisas são calculadas com base em observações feitas por redes de rastreamento de satélite GPS estando disponíveis alguns dias após a coleta dos dados. Nas transmitidas, cada satélite transmite suas próprias efemérides extrapoladas, que repete a cada 30 segundos.

O IBGE – PPP (figura 16) é um serviço online gratuito para pós processamento de dados GNSS, que faz uso do programa CSRS-PPP - GPS Precise Point Positioning desenvolvido pelo NRCan – *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada*. Ele permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas e ao ITRF – *International Terrestrial Reference Frame* através de um processamento preciso. É necessário apenas que o usuário informe o arquivo de observação no formato RINEX ou HATANAKA,

se o levantamento foi realizado no modo estático ou cinemático, o modelo e a altura da antena utilizada, e um e-mail válido. Ao final do processamento será disponibilizado um link para obtenção dos arquivos com os resultados.

Figura 17. Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP.



Fonte: <<http://ibge.gov.br>>

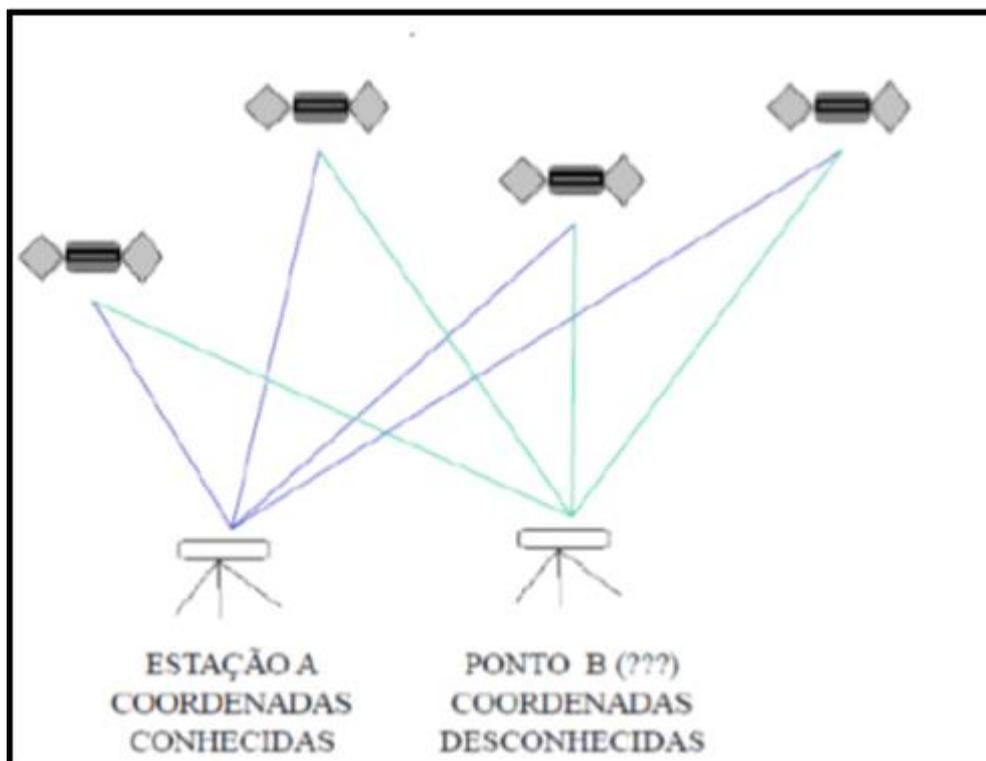
2.6.3.2 Método de Posicionamento Relativo

O método de posicionamento relativo é dividido em duas formas, A seguir são apresentadas.

2.6.3.3 Método de Posicionamento Relativo Estático

No Posicionamento Relativo Estático (Figura 17) são necessários dois ou mais receptores de rastreamento para determinar o ponto desejado, usados simultaneamente, com satélites visíveis em um intervalo de tempo, que pode variar no mínimo vinte (20) minutos até algumas horas. Nesse método, as observáveis utilizadas são as duplas diferenças (DD) da onda portadora, embora possa ser utilizado a DD da pseudodistância, ou ambas. Coloca-se, um receptor, como base na estação de referência, com coordenadas conhecidas, e instala-se o outro receptor, nas estações em que se deseja determinar suas coordenadas (MONICO, 2008).

Figura 18. Método de posicionamento Relativo estático.



Fonte: Pereira, G. (2014)

2.6.3.4 Método de Posicionamento Relativo Estático Rápido

O Posicionamento Relativo Estático Rápido tem o mesmo princípio do posicionamento estático, sendo a única diferença o menor tempo de rastreamento do receptor. Este tempo de rastreamento não excede vinte (20) minutos (MONICO, 2008).

2.7. Teoria dos Erros

É comum nos levantamentos geodésicos e topográficos o tratamento dos dados para se minimizar ao máximo os erros. A cartografia não é uma ciência que fornece valores exatos, portanto, é comum nas fases de planejamento dos serviços, o questionamento para que finalidade seja o determinado trabalho, a partir daí se fornece a precisão máxima ou mínima que este deverá ter.

No ajustamento das observações o objetivo nunca é encontrar valores exatos baseados nos dados coletados, isto porque, segundo Gemael et. al (2015), todo e qualquer procedimento de medida está sujeito a erros provocados por ação humana, condições atmosféricas e

imperfeição de equipamentos. Deste modo, a classificação e minimização destes erros é de fundamental importância ao gerar produtos cartográficos.

O foco do ajustamento das observações é dar um tratamento estatístico sobre os erros aleatórios das medições. A implementação dos métodos mistos nos levantamentos topográficos nos ajuda a ter a noção de quais métodos são mais adequados levando-se em consideração a avaliação do comportamento destes erros e, conseqüentemente, as precisões, além de avaliar as condições em que o terreno se apresenta quando se utiliza um método planimétrico de medição.

Gemael et. al (2015) classifica os erros em três casos, a saber: erros grosseiros, sistemáticos e acidentais ou aleatórios. Os erros grosseiros são causados por desatenção humana ao se anotar algum dado, os erros sistemáticos são aqueles que podem ser evitados por técnicas especiais de observação ou eliminados *a posteriori* mediante fórmulas fornecidas pela teoria e os erros aleatórios ou acidentais são aqueles que não possuem causa conhecida e podem acontecer ora num ora noutro sentido. No processo de levantamento misto empregado neste trabalho, estes erros foram levados em consideração, pois eles influenciam na qualidade da observação que por sua vez influenciam na precisão do trabalho.

2.8. Propagação dos Erros versus Ajustamento das Observações pelo Método dos Mínimos Quadrados Modelo Paramétrico

Como foi mencionado tanto o meio físico quanto as falhas humanas conduzem as medidas ou observações a erros, por este motivo, durante o processo de levantamento é comum a repetição das observações e como cada observação possui um erro, este erro é propagado, portanto, a insegurança das medidas leva a repetição do levantamento em campo, tendo-se então a possibilidade de poder tornar o levantamento mais preciso e exato.

O conhecimento das precisões adotadas e obtidas nos levantamentos é de fundamental importância, pois, como afirma Veiga (2012), essa está diretamente ligada à repetição de medições sucessivas feitas em condições semelhantes, estando vinculada somente a efeitos aleatórios.

O “ajustamento de observações” cuida desse problema bem como da estimativa da precisão da solução adotada. (GEMAEL, C. MURIEL, A. WANDRESEN, R. 2015).

Segundo Diogo et al. (2012) o Ajustamento é um método analítico que pode fornecer observações e parâmetros ajustados, além de diversos indicadores de precisão e qualidade. É baseado no princípio do MMQ – Método dos Mínimos Quadrados em que a soma dos quadrados dos resíduos das observações deve ser “mínimo”.

$$\sum V^t * P * V = MIN \quad (2.46)$$

Realizar observação ou medida sobre a própria grandeza incógnita caracteriza-se uma observação direta. No caso de observações diretas as nossas incógnitas são os valores observados ajustados. Já no caso de observações indiretas, queremos estimar grandezas que se vinculam às observadas; para distingui-las das primeiras é usual designá-las de parâmetros, o que explica a denominação, mais corrente em nossos dias, de método paramétrico. (GEMAEL, C. MURIEL, A. WANDRESEN, R. 2015)

O método paramétrico segue as seguintes formulações definidas por Gemael et. al. (2015)

$$La = Lb + V \quad (2.47)$$

$$Xa = Xo + X \quad (2.48)$$

Quando os valores observados ajustados podem ser expressos explicitamente como uma função dos parâmetros ajustados, ou seja, quando se verifica o modelo matemático abaixo:

$$La = F(Xa) \quad (2.49)$$

Se diz que o ajustamento se processa pelo método paramétrico. Fazendo-se as substituições e linearizando o segundo membro por Taylor, temos

$$Lb + V = F(X_0 + X) = F(X_0) + \frac{\partial F}{\partial Xa} \Big|_{Xa = X_0} X \quad (2.50)$$

$$L0 = F(X0) \quad (2.51)$$

$$A = \frac{\partial F}{\partial Xa} \Big|_{X0} \quad (2.52)$$

$$Lb + V = L0 + AX \quad (2.53)$$

$$V = AX + L0 - Lb \quad (2.54)$$

$$L = L0 - Lb \quad (2.55)$$

$$nV1 = nAu uX1 + nL1 \quad (2.56)$$

$$V = AX + L \quad (2.57)$$

Minimizando a forma quadrática fundamental se obtém

$$\emptyset = V^T P V = (AX + L)^T P (AX + L) = \min \quad (2.58)$$

Expandindo os termos e igualando a derivada primeira em relação a X, chega-se ao seguinte resultado

$$X = -(A^T P A)^{-1} A^T P L \quad (2.59)$$

$$X_a = X_0 + X \quad (2.60)$$

Onde X_a representa os valores das incógnitas ajustados, ou seja, são os parâmetros iniciais aproximados somados às correções das respectivas medições. O conhecimento desses parâmetros corrigidos se faz necessário para que se possam eliminar os erros aleatórios ou acidentais das medições que estão presentes em todos os levantamentos topográficos. Não basta simplesmente eliminar os erros sistemáticos e grosseiros.

Na impossibilidade de se obter os erros verdadeiros trabalha-se com os resíduos de forma a torná-los mínimos com a soma dos seus quadrados através do MMQ. É sabido que a precisão é avaliada com base na magnitude das discrepâncias ou resíduos, diferença entre duas medidas de uma mesma grandeza. Como resultado da obtenção destas discrepâncias obtém-se o desvio padrão que é a raiz quadrada variância. A variância pode ser representada como:

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2.61)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\sum v^2}{n - 1} \quad (2.62)$$

2.8.1. Propagação do erro da área

De acordo com Brandão et. al (2004) as formulações para propagação dos erros das áreas utiliza os valores das variâncias e covariâncias que são representados nas matrizes variância covariância dos parâmetros ajustados, além das derivadas parciais das coordenadas cartesianas em relação a x e a y.

$$\frac{\partial S}{\partial x_i} = \frac{1}{2} * (y_{i-1} - y_{i+1}) \quad (2.63)$$

$$\frac{\partial S}{\partial y_i} = \frac{1}{2} * (x_{i-1} - x_{i+1}) \quad (2.64)$$

$$A = \left[\begin{array}{cc} \frac{\partial S}{\partial x_1} & \frac{\partial S}{\partial y_1} \\ \frac{\partial S}{\partial x_2} & \frac{\partial S}{\partial y_2} \\ \dots & \dots \\ \frac{\partial S}{\partial x_n} & \frac{\partial S}{\partial y_n} \end{array} \right] \quad (2.65)$$

O cálculo da área é feito usando as formulações de Gauss a partir das coordenadas cartesianas X_i, Y_i . A propagação dos erros das áreas é dada por

$$\Sigma_s = A \cdot \Sigma_{XA} \cdot A^T \quad (2.66)$$

Onde XA é a matriz variância covariância. As variâncias em relação a x e a y das coordenadas cartesianas é a matriz diagonal e as matrizes triangular superior e inferior são as covariâncias.

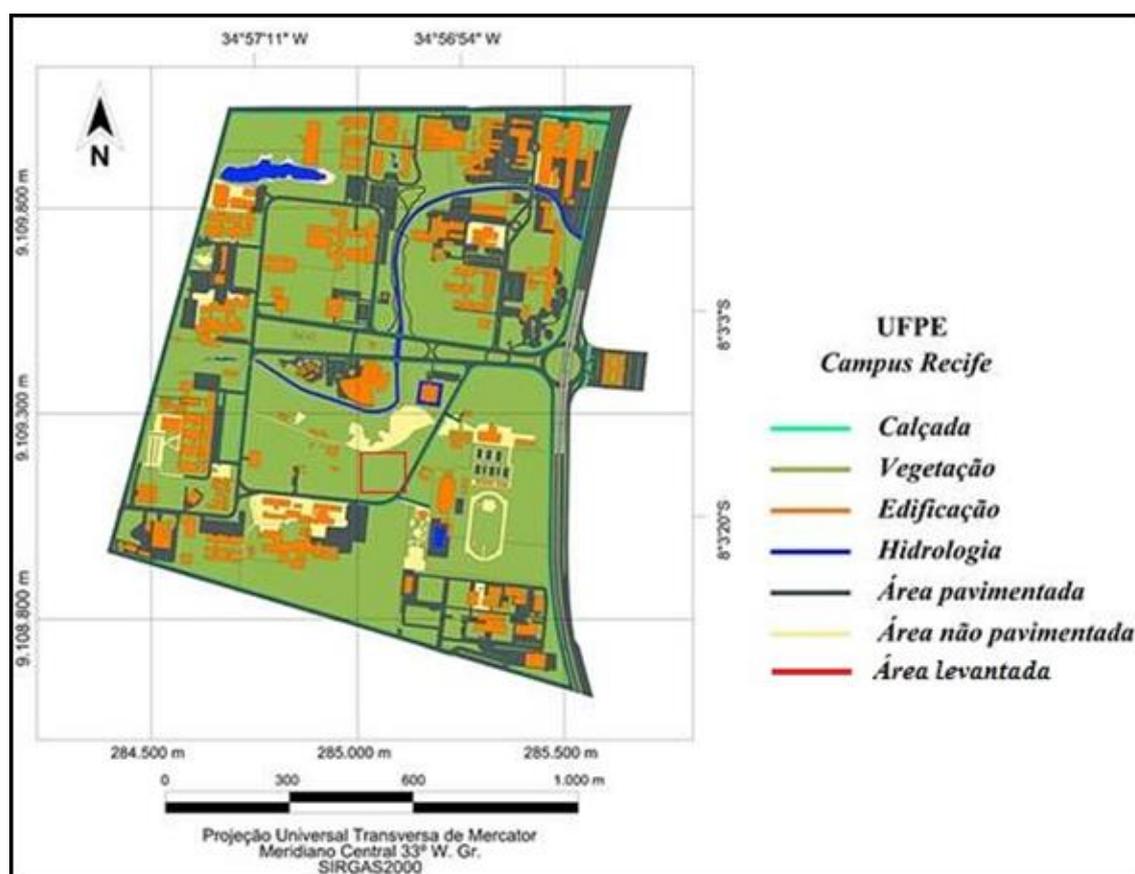
3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A área em questão está situada no extremo Sudeste do Campus Recife da UFPE, o campo localiza-se de frente ao prédio CIN. Pouco frequentado pela comunidade acadêmica e

pelos moradores próximos, o campo concentra porções de área verde com aglomerações de árvores em volta. Um meio fio percorre todo seu perímetro. A área em questão possui boa inter-visibilidade entre os pontos, com baixo relevo e foi alvo de levantamento GNSS e topográficos usando-se um método conhecido de posicionamento relativo, por ponto e método topográfico planimétrico clássico.

Figura 19 - Mapa de localização de da UFPE.

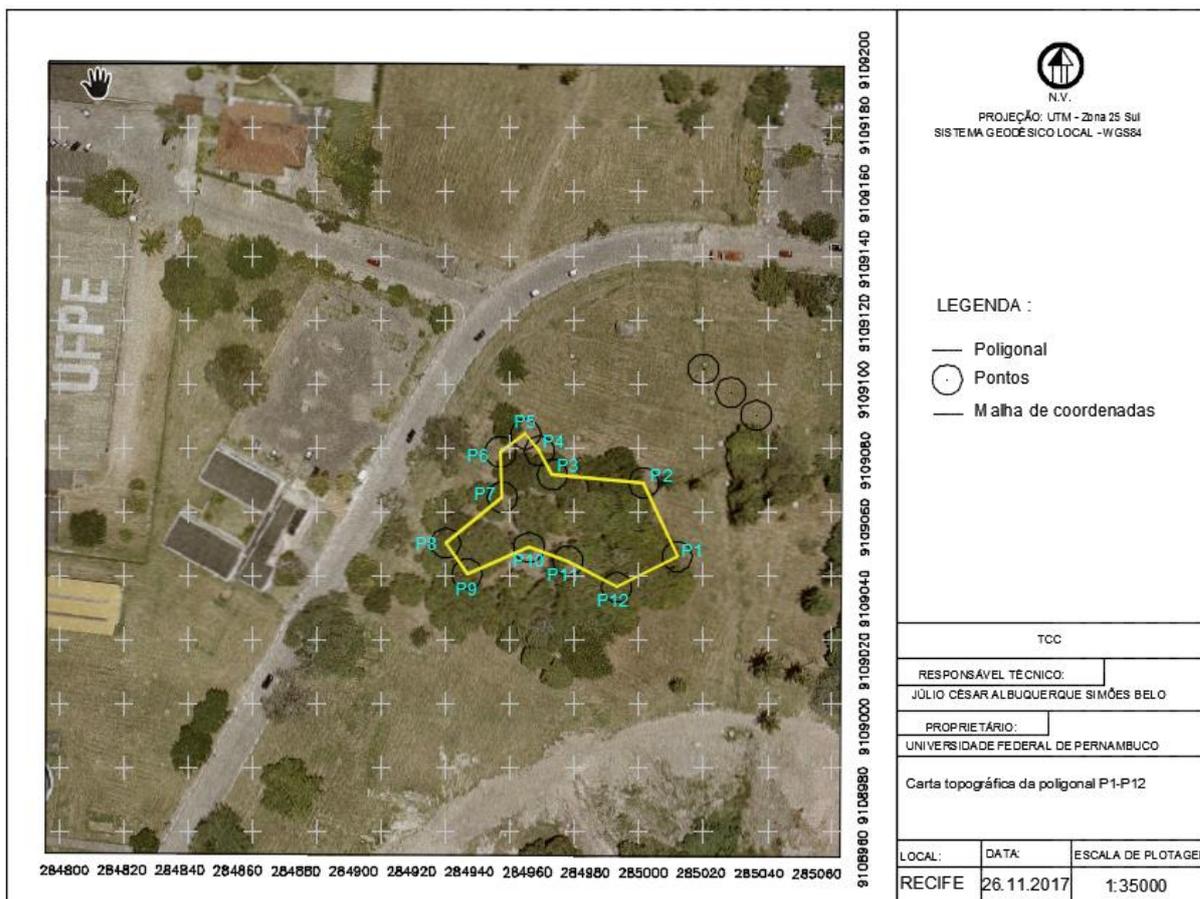


Fonte: Souza, et al. 2016. Adaptado.

Foi realizado um desenho técnico que contempla a poligonal implantada. Esta poligonal foi feita usando apenas distâncias aos vértices de controle.

As demais técnicas de medição planimétrica topográfica descritas neste trabalho podem ser utilizadas usando a metodologia empregada, visto que são as técnicas mais utilizadas em campo por profissionais em geral.

Figura 20. Desenho técnico da área levantada.



Fonte: Autoria do autor

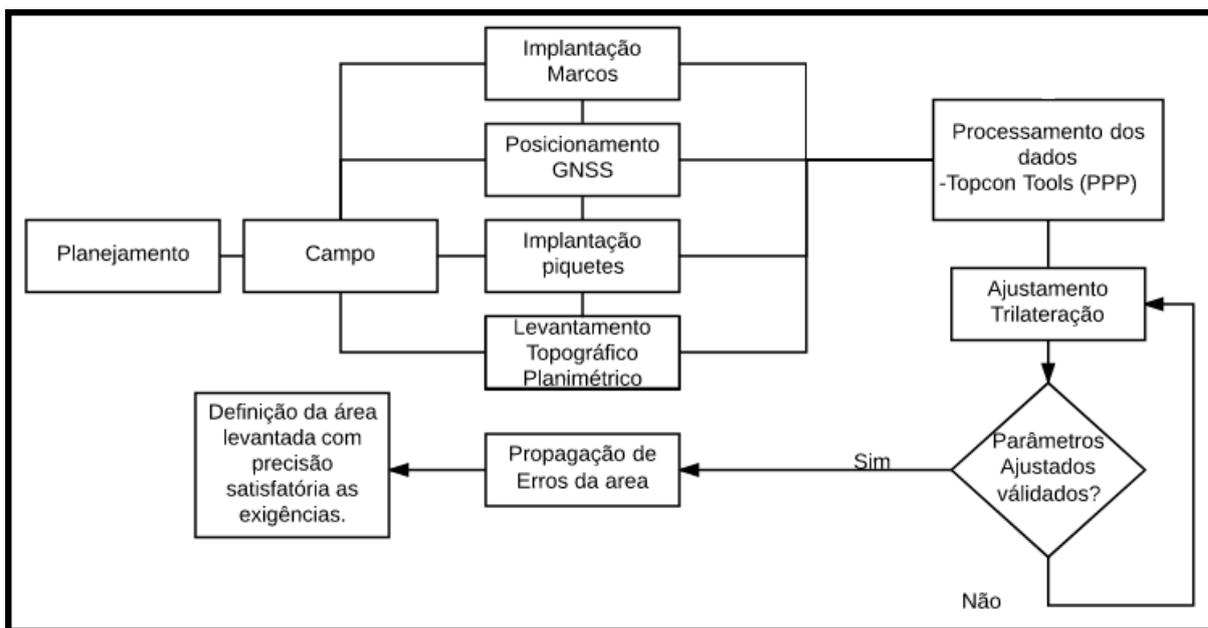
3.2. Equipamentos utilizados

- 1 (uma) estação (Topcon GPT 3205N/ PAT:120/2012)
- 4 (tripés);
- 3 (três) Prismas;
- Trena;
- 3 (três) adaptadores base prisma;
- Caderneta de campo.

3.3. Metodologia de Trabalho

As medições em campo foram efetuadas em três etapas, a saber: implantação dos marcos, posicionamento GNSS e por fim a topografia. A partir da medição dos marcos implantados em campo foi feito o ajustamento do método da Trilateração bem como a propagação dos erros da área da poligonal. O fluxograma das atividades pode ser vista na figura 20.

Figura 21. Fluxograma das atividades desenvolvidas.



Fonte: Autoria do autor

3.3.1 Levantamento Topográfico

Na fase de campo, o levantamento Planimétrico foi feito no dia 29/11/2017 e no dia 26/11/2017 com a utilização do método da Trilateração. Este método é caracterizado por levantar as coordenadas utilizando apenas distâncias. Foi dada séries de duas visadas PD PI aos marcos implantados para obtenção das 3 (três) distâncias horizontais de cada vértice da poligonal. Estas distâncias foram obtidas a partir do distânciômetro eletrônico da estação total refletido nos prismas apoiados sobre os tripés. Para cada vértice de controle se usou um prisma com um tripé e adaptadores base prisma.

De posse dessas distâncias e das respectivas coordenadas dos marcos foi possível encontrar as coordenadas das estações desconhecidas através de algoritmo desenvolvido e cordialmente cedido pelo docente Jaime Bezerra. O ajustamento das observações destas coordenadas foi efetuado, seguindo posteriormente, com processamento dos resultados.

A motivação para a obtenção destas coordenadas ajustadas utilizando e suas incertezas utilizando a Trilateração foi estudar a propagação dos erros de uma área de preservação ambiental e por fim dar uma contribuição através da incerteza da determinação da área por meio de uma poligonal topográfica que envolva a área de preservação ambiental simulada.

Neste trabalho a metodologia para obtenção das coordenadas das áreas de difícil

acesso é feito a partir de séries de distâncias onde os pontos materializados das estações desconhecidas foram postos nos limites da extensão dos galhos das árvores. As incursões a campo podem ser vistas nas figuras

Figura 22. Materialização das estações desconhecidas



3.3.2 Levantamento por GNSS

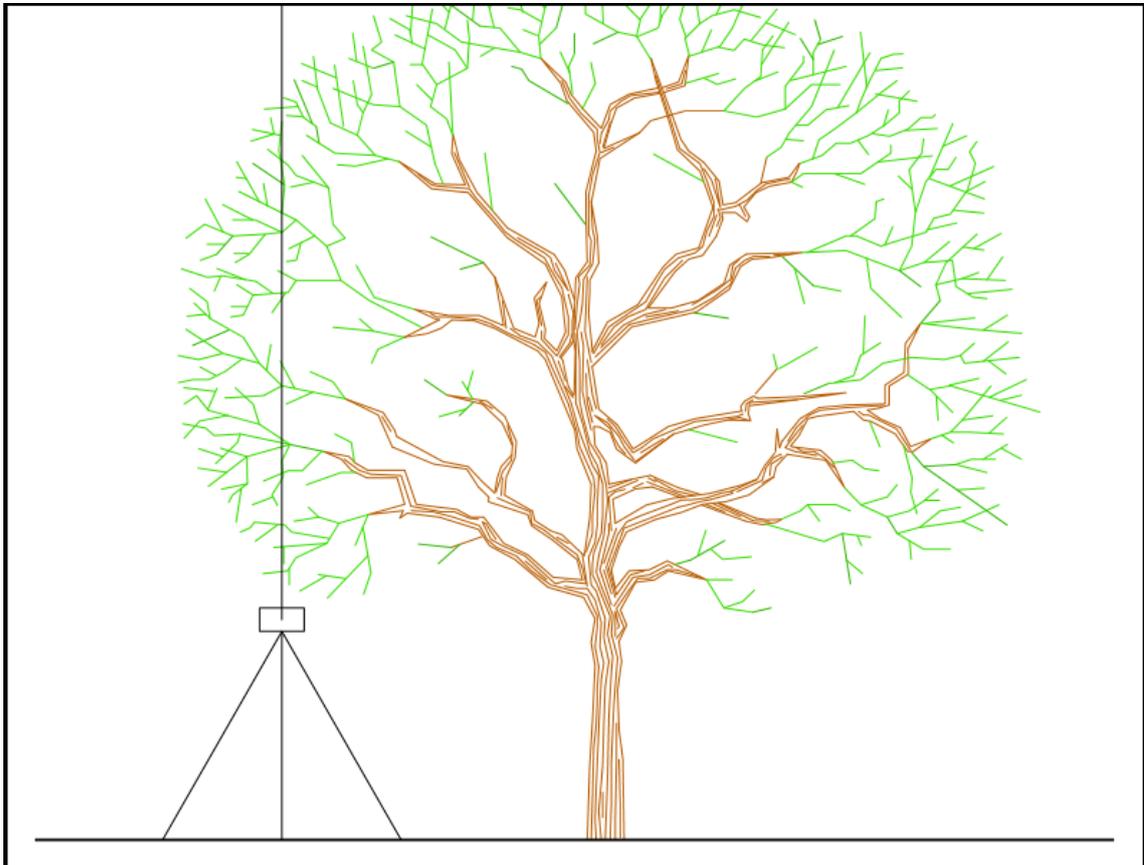
Foram implantados 3 (três) vértices rastreados por GNSS utilizando o método de pós-processamento através do Posicionamento por Ponto Preciso – PPP no dia 29/11/2017. Tal procedimento se fez necessário para se definir as coordenadas que foram tomadas como referência para os levantamentos topográficos. Cada coordenada dos três pontos: M001, M002 e M003 foi rastreada durante 1 (uma) hora, simultaneamente.

Posteriormente, foram ajustadas e pós-processadas no software *TopCon Tools* versão 7.5.1 no modo demo a partir da base de referência geodésica de Recife (RECF) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RMBC. Esta base de referência localiza-se na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Figura 23. Plaqueta implantada em campo

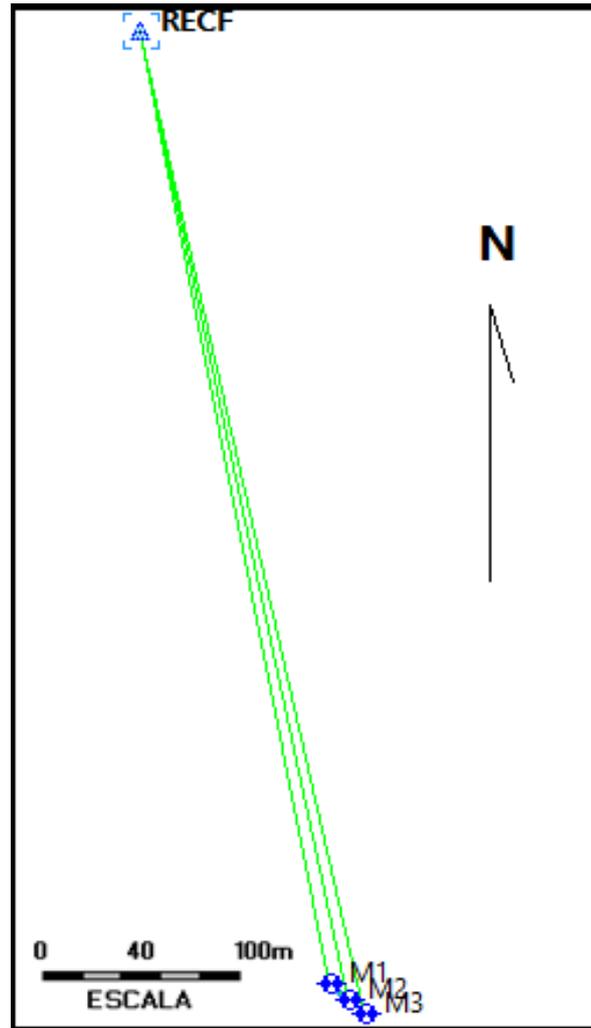


Figura 24. Metodologia empregada



Fonte: Autoria do autor

Figura 25. Vetores dos pontos M001, M002 e M003 ajustados e pós-processados.



Fonte: A autoria do autor

O planejamento do rastreamento levou em consideração:

- Ser de fácil acesso
- Livre de obstáculos que possam obstruir os sinais
- Raio de 50 m sem obstáculos artificiais para evitar multicaminho
- Evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas e outras que possam interferir nos sinais GPS
- Estável

Figura 26. Marcos Implantados.



3.3.3. Processamento dos dados

Os procedimentos de ajustamento das observações foram feitos a partir de modelagem computacional utilizando software Scilab versão 6.0.0. Os dados de entrada e saída do algoritmo da Trilateração estão postos da seguinte maneira:

ENTRADAS

- Parâmetros iniciais medidos
- Distâncias observadas entre os marcos e a estação desconhecida
- Carrega os desvios padrão

SAÍDA

- Número de iterações
- Parâmetros ajustados
- Resíduos
- Variância a posteriori
- Matriz variância-covariância dos parâmetros ajustados
- Desvio padrão dos parâmetros ajustados
- Qui-quadrado

O critério de avaliação para a validação dos parâmetros ajustados é descrito no capítulo dos resultados.

O cálculo da área levantada foi feito em escritório usando ferramenta CAD. Tal

cálculo pode também ser feito por Lei de Gauss que utiliza os valores das coordenadas cartesianas X_i e Y_i dos pontos. A fórmula de Gauss para encontrar a área é dada por:

$$S = \frac{1}{2} * (\sum_{i=1}^n y_i . x_{i+1} - \sum_{i=1}^n x_i . y_{i+1}) \quad (3.1)$$

3.3.4. Dificuldades encontradas

O trabalho envolveu uma série de dificuldades que “travaram” muitas vezes o andamento do processamento dos dados. Um grande problema no início foi determinar um local para se efetuar os levantamentos topográficos. A princípio não se optou por utilizar uma área teste dentro da universidade, visto que existia uma área adequada, alvo de levantamento por Drone realizado pela Universidade Federal de Pernambuco, localizada numa área rural no município de Igarassu. Este levantamento acabou sendo inviável, pois envolveu obtenção de autorizações tanto de saída de equipamentos da universidade quanto de liberação por parte da empresa para entrar no local da área teste, uma usina, além de alto custo de locomoção e pessoal disponível para ajudar. Este processo acabou tomando cerca de dois meses de planejamento até a liberação da entrada, porém faltando dois dias para incursão a campo, houve o cancelamento por parte da empresa e remarcação para outra data, o que acabou tornando inviável a ida a esta empresa por receio de novo cancelamento.

Houveram ainda mais dois locais pesquisados, um localizado numa área de mata presente numa área do complexo militar de Curado e outro no Jardim Botânico da região metropolitana. Também se tornaram inviáveis por pouco tempo até o término deste trabalho e dependência de autorizações das instituições.

Tendo em vista estas dificuldades encontradas, optou-se por realizar o levantamento numa pequena área de vegetação que caracteriza uma área verde dentro da UFPE. A presença das aglomerações de árvores e por ser local aberto permitiu empregar a metodologia, simulando assim, a obtenção de limites legais de uma área de proteção ambiental.

Numa segunda etapa, as dificuldades encontradas foram na parte do processamento dos dados. Foi observado que utilizando a metodologia desenvolvida por Irineu de obtenção das coordenadas das estações desconhecidas por interseção a ré, que utiliza somente ângulos, produziu coordenadas aproximadas iniciais incoerentes. O método consistia em obter as coordenadas visando os ângulos internos às estações de controle e observando-se o quadrante destes ângulos. Mediram-se então por PD PI os ângulos internos fazendo-se a média desses

ângulos. Foram medidos 5 (cinco) visadas PD PI no dia 29/10/2017, sobre cada vértice da poligonal para se eliminar qualquer dúvida quanto aos ângulos internos e para obtenção dos desvios padrão dos ângulos. Sanar este problema tomava muito tempo, foi então aconselhado utilizar o método da Trilateração que utiliza apenas distâncias. As distâncias usadas no processamento foram as obtidas no dia 29/10/2017. Estas ao serem jogadas no programa apresentavam aparentemente resíduos grandes. Questionou-se quanto a estas medições de distâncias estarem corretas. Então foi realizada nova incursão a campo no dia 26/11/2017 para nova obtenção destas.

Os possíveis motivos de estas discrepâncias terem sido observadas podem ser devido a alguns fatores como:

- Tempo de rastreo insuficiente. Foi utilizado no primeiro rastreo 40 min e 30 min para cada ponto e em datas diferentes. Erro interno sistemático associado ao GPS.
- Ação humana ao utilizar maquinário sobre a área como cortador de grama, alterando a posição dos vértices de controle. Recomenda-se fazer a implantação em local de meio fio para evitar este tipo de problema.
- Não utilização das coordenadas topográficas locais. Relação entre o sistema de projeção UTM utilizado e o sistema geodésico local. O sistema UTM, por se tratar do sistema mais usado pelos profissionais da área topográfica é, portanto o que mais incorre em erros. Muitos profissionais ignoram, ou desconhecem que o sistema UTM é um sistema de projeção cartográfica sendo seu uso eficaz para mapeamentos em pequenas e médias escalas, sendo assim, deve-se tomar cuidado com locações e levantamentos em escala grande isso porque o sistema apresenta ângulos sem deformação, sendo que o mesmo não acontece com as distâncias obtidas devido à curvatura da terra. (SILVA, C. H. S. GUALBERTO, S. TUPINAMBÁS, W. J. M, 2013).

Ouro fato a ser considerado e que muitos profissionais se esquecem é que a projeção UTM representa cartograficamente ponto na superfície do elipsóide de referência, sendo que para utilização dessas coordenadas para projetos ou locações precisa considerar o fator de elevação que transporta os pontos representados sobre o elipsóide o elipsóide de referencia para a superfície física, sendo que essa transformação altera os valores das coordenadas alterando conseqüentemente o valor da distância entre estas (MARCOUIZOS e IDOETA, 2003).

- Instrumento necessitando calibração

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 apresenta as coordenadas obtidas em sistema UTM, em coordenadas geográficas e os respectivos desvios padrão

Tabela 4.1 – Coordenadas UTM da Base ajustadas e pós-processadas

NOME	X (m)	Y (m)	ELEVAÇÃO (m)
M001	285020,065	9109104,678	2,518
M002	285028,700	9109097,371	2,717
M003	285036,511	9109090,227	2,711
RECF	284931,043	9109554,894	20,18

Tabela 4.2 – Coordenadas geográficas

NOME	X	Y
M001	8°03'18,13580"S	34°57'02,62240"O
M002	8°03'18,37493"S	34°57'02,34157"O
M003	8°03'18,60863"S	34°57'02,08763"O
RECF	8°03'03,46972"S	34°57'05,45911"O

Tabela 4.3 – Desvios padrão dos pontos

NOME	DESVIO PADRÃO X(m)	DESVIO PADRÃO Y(m)	DESVIO PADRÃO Z (m)
M001	0,003	0,003	0,008
M002	0,003	0,002	0,007
M003	0,003	0,003	0,010

A seguir são mostradas as coordenadas ajustadas das estações desconhecidas com as distâncias observadas em campo. Devido aos erros observados com relação as distâncias cogitou-se não usar os desvios padrão destas coordenadas para a propagação dos erros. Foi feito então uma comparação das coordenadas ajustadas com as coordenadas ajustadas em relação as distâncias observadas e ajustadas no algoritmo.

Tabela 4.4 – Parâmetros ajustados com as distâncias observadas em campo

NOME	X (m)	Y (m)
P1	285011,900	9109046,100
P2	285001,450	9109069,100
P3	284973,160	9109071,700
P4	284969,090	9109079,100
P5	284964,760	9109084,400
P6	284957,000	9109078,800

P7	284957,560	9109064,600
P8	284940,020	9109050,300
P9	284946,690	9109040,500
P10	284965,950	9109049,000
P11	284977,940	9109044,800
P12	284993,140	9109036,500

Tabela 4.5 – Parâmetros ajustados com as distâncias observadas e ajustadas

NOME	X (m)	σ_x (m)	Y (m)	σ_y (m)
P1	285011,890	0,023	9109046,100	0,008
P2	285001,460	0,004	9109069,100	0,004
P3	284973,160	0,001	9109071,700	0,001
P4	284969,100	0,000	9109079,100	0,001
P5	284964,770	0,006	9109084,400	0,025
P6	284957,000	0,008	9109078,800	0,029
P7	284957,570	0,006	9109064,600	0,012
P8	284940,040	0,003	9109050,300	0,006
P9	284946,660	0,016	9109040,600	0,023
P10	284965,940	0,008	9109049,000	0,011
P11	284977,940	0,000	9109044,800	0,000
P12	284993,140	0,006	9109036,500	0,004

Tabela 4.6 – Erros

NOME	X(cm)	Y(cm)
P1	0,010	0,000
P2	-0,010	0,000
P3	0,000	0,000
P4	-0,010	0,000
P5	-0,010	0,000
P6	0,000	0,000
P7	-0,010	0,000
P8	-0,020	0,000
P9	0,030	-0,100
P10	0,010	0,000
P11	0,000	0,000
P12	0,000	0,000

Como os erros foram considerados dentro da tolerância para o INCRA, as distâncias observadas e ajustadas foram usadas para o processamento dos dados e conseqüentemente para a propagação dos erros.

Tabela 4.7 – Distâncias observadas em campo (metros)

MARCOS	1	2	3
DIST P1	59,151	53,859	50,534
DIST P2	40,331	39,001	41,112
DIST P3	57,547	60,743	66,255
DIST P4	57,225	61,842	68,594
DIST P5	59,122	64,726	72,270
DIST P6	68,380	73,559	80,602
DIST P7	74,439	77,860	83,239
DIST P8	96,941	99,939	104,634
DIST P9	97,661	99,407	102,870
DIST P10	77,827	78,872	81,924
DIST P11	73,330	72,751	74,259
DIST P12	73,423	70,343	69,167

Tabela 4.7 – Distâncias observadas ajustadas em centímetros

MARCOS	1	2	3
DIST P1	59,110	53,930	50,501
DIST P2	40,190	39,290	40,950
DIST P3	57,330	61,180	66,000
DIST P4	57,010	62,330	68,320
DIST P5	58,900	65,230	71,980
DIST P6	68,150	74,060	80,320
DIST P7	74,230	78,310	82,990
DIST P8	96,740	100,370	104,400
DIST P9	97,460	99,780	102,660
DIST P10	77,650	79,240	81,730
DIST P11	73,180	73,050	74,100
DIST P12	73,330	70,520	69,070

Tabela 4.8 – Erros entre as distâncias observadas e as distâncias ajustadas em centímetros

MARCOS	1	2	3
DIST P1	0,041	-0,071	0,033
DIST P2	0,141	-0,289	0,162
DIST P3	0,217	-0,437	0,255
DIST P4	0,215	-0,488	0,274
DIST P5	0,222	-0,504	0,29
DIST P6	0,23	-0,501	0,282
DIST P7	0,209	-0,45	0,249
DIST P8	0,201	-0,431	0,234
DIST P9	0,201	-0,373	0,210

DIST P10	0,177	-0,368	0,194
DIST P11	0,15	-0,299	0,159
DIST P12	0,093	-0,177	0,097

A segunda etapa consistiu em fazer a propagação dos erros das áreas usando a Lei de propagação de variâncias. As matrizes variância covariância de cada parâmetro ajustado individualmente podem ser vistas abaixo

Tabela 4.9 – Matrizes Variância-Covariância dos parâmetros ajustados

Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
$\begin{bmatrix} 0,0005119 & -0,00017 \\ -0,000166 & 6,85E - 05 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1,49E - 05 & -1,3E - 05 \\ -1,3E - 05 & 1,36E - 05 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,0000004 & -7E - 07 \\ -7E - 07 & 1,6E - 06 \end{bmatrix}$
Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
$\begin{bmatrix} 2,432D - 08 & -6,540D - 08 \\ -6,540D - 08 & 2E - 07 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,0000355 & -0,00013 \\ -0,000129 & 0,00061 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 7,03E - 05 & -0,00023 \\ -0,00023 & 0,000862 \end{bmatrix}$
Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
$\begin{bmatrix} 0,0000341 & -6,9E - 05 \\ -6,85E - 05 & 0,000148 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1,09E - 05 & -2E - 05 \\ -2E - 05 & 0,000037 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,0002713 & -0,00038 \\ -0,00038 & 0,00055 \end{bmatrix}$
Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12
$\begin{bmatrix} 6,79E - 05 & -8,4E - 05 \\ -8,4E - 05 & 0,000111 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,0000002 & -2E - 07 \\ -2E - 07 & 2E - 07 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4,15E - 05 & -2,4E - 05 \\ -2,4E - 05 & 1,47E - 05 \end{bmatrix}$

Onde as diagonais principais de cada matriz representam os valores das variâncias com respeito a x e a y de cada vértice e os valores das matrizes triangular superior e inferior são as covariâncias destes vértices. Para este trabalho as covariâncias foram consideradas valor nulo. Inserindo estes valores na equação 2.66 e calculando a matriz A (equação 2.65) encontra-se o resultado de 46,92 m². A área total possui 1733,7730 m². Este valor encontrado é a precisão da área total das incertezas de cada vértice e representa 2,7% desta.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Observa-se que ainda não existe no Brasil legislação sobre o nível de precisão que se deve adotar nos levantamentos topográficos de limites legais de imóvel rural. O que existe é um parâmetro de validação das coordenadas a partir dos desvios padrão em relação e x e a y das coordenadas medidas que são inseridas na planilha ODS do SIGEF, portanto estudos mais

concretos devem ser feitos sobre o tema. Com este trabalho, pode constatar que a metodologia empregada de obter as coordenadas das estações desconhecidas no limite da extensão dos galhos das árvores a partir de no mínimo duas visadas PD PI de distâncias e utilizando métodos mistos, pode-se obter precisões consideradas de acordo com a NBR 13133 classificadas como alta.

De acordo com o código Civil artigo 500 da lei 10.406/02, é definido que se na venda de um imóvel se estabelecer um preço por medida de extensão ou por área e esta não corresponder às dimensões dadas, então o comprador tem o direito de exigir o complemento dessa área. De acordo com o parágrafo 10 deste artigo, essa exigência pode ser feita quando a diferença, não exceder a $1/20$ da área ou seja, 5% da área total.

Então ao fazer o projeto de levantamento topográfico onde serão inseridos os dados do levantamento e que serão constados em registro, nos termos de contrato dos possíveis editais de licitação de serviço topográfico pode-se dizer que dentro dessa precisão dos 50cm é possível entregar precisões de área aceitáveis de acordo com esta metodologia fazendo-se este estudo dos erros.

Constata-se ainda que com esta metodologia se consegue atingir a precisão recomendada exigida para norma do INCRA para determinação dos limites legais de feições naturais que é de até 7 metros.

REFERÊNCIAS

ÁREAS de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de Risco, o que uma coisa tem a ver com a outra? Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2017

BRANDÃO et. al. **Qualidade métrica da área superficial de parcelas territoriais**, COBRAC· Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis 2004

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 01 dez 2017

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de Janeiro de 2002**. Institui o código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm> Acesso em 5 dez 2017

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-publicacaooriginal-136199-pl.html>>. Acesso em: 12dez. 2017

BRASIL. **Constituição Federal de 1988. Artigo 225 Capítulo IV**. Dispõe sobre o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 dez. 2017

ESPARTEL. L. **Curso de topografia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1987. 104 p.

EMBRAPA. **Conservação de Recursos Naturais**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_35_911200585233.html>. Acesso em: 01 dez 2017

ERBA, D.A.; THUM, B. A.; SILVA, C.A. da; SOUZA, G.C. de; VERONEZ, M. R.; LEANDRO, R. F.; MAIA, T.C. B. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**. 2003.

FELIPE, G. **Lixo urbano: problemas e alternativas**. Monografia (Bacharelado em Direito). AVEC. Campos Vilhena. 2006. 71 p

GAMAEL, C. MURIEL, A. WANDRESEN, R. **Introdução ao Ajustamento de Observações. Aplicações Geodésicas**. Universidade Federal do Paraná. Editora UFPR, 2ª Ed. 2015. 76 p.

GLOSSÁRIO Topografia, Geodésia e GPS. Disponível em: <<http://glosarios.servidor->

alicante.com/topografia-geodesia-gps/efemerides >. Acesso em: 09 ago. 202017.

HOFMANN B. WELLENHOF, H. LICHTENEGGER. COLLINS. **Global Positioning System Theory and Practice**. Springer-Verlag Wien New York, 1992. 91 p.

MONICO, J. **Posicionamento pelo GNSS. Descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2ª Ed. 2008, 313 p.

IPAM. **O que são Serviços Ambientais? É possível compensar economicamente a prestação destes serviços?** Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/O-que-sao-Servicos-Ambientais-possivel-compensareconomicamente-a-prestacao-destes-servicos-/40/30>> Acesso em: 01 dez 2017

INFORMATIVO SOBRE O SICAR. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/#/sobre>>. Acesso em: 01 dez. 2017

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Perguntas e respostas. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/ccir-perguntas>> acesso em: 12 dez 2017

MARCOUZOS, F. T; IDOETA, I. V. **Sistemas TM, sistemas topográfico local**. São Paulo: Epusp, 2003.

MACHADO, J. et al. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 59 p.

MACHADO, J. et al. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 67 p.

MMA. **Instrução Normativa nº 2, de 05 de maio de 2014**. Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural – CAR. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=59&data=06/05/2014>>. Acesso em: 01 dez 2017

MANUAL DO SIGEF. Disponível em: <<http://www.sigef.incra.gov.br/documentos/manual>> Acesso em: 15 de ago. 2017

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. 2ed. São Paulo: Unesp, 2008.

PEDRO, A. **Desvendando o Termo de Ajustamento de Conduta**. Disponível em: <<http://ultimainstancia.uol.com.br/conteudo/colunas/66485/desvendando+o+termo+de+ajustamento+de+conduta.shtml>>. Acesso em agosto de 2017.

PEREIRA, G. **Uma Abordagem Geodésica da Locação e Controle Dimensional de Estruturas da Construção Civil**. 2014, 30 p. Dissertação. Mestre em Geociências. UFPE. Recife

ROBERTO. J. et. al. **CapCar Curso de Capacitação para o Cadastro Ambiental Rural – SeqIV de preenchimento do CAR (finalização, envio de dados, retificações e pós-cadastro)**. Universidade Federal de Lavras, 2014. 16 p.

ROBERTO. J. et. al. **CapCar Curso de Capacitação para o Cadastro Ambiental Rural linha do tempo do CAR**. Universidade Federal de Lavras, 2014. 13 p.

SEGANTINE I. P. C.S. **Topografia para Engenharia: Teoria e Prática de Geomática**. 2017. 238 p.

SILVA, C. H. S. GUALBERTO, S. TUPINAMBÁS, W. J. M. Coordenadas topográficas X Coordenadas UTM. Mundo Geo. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2013/06/05/coordenadas-topograficas-x-coordenadas-utm/>>. Acesso em: 12 dez. 2017

SOUZA, G. C. **Análise de Metodologias no Levantamento de Dados Espaciais para Cadastro Urbano**. 2001, 28p. Dissertação. Mestre em engenharia de transportes. USP – Escola de Engenharia de São Carlos, departamento de Transportes.

VEIGA. Luis A. K. et.al. **Fundamentosde Topografia** – Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. 2012. 172 p.

VEIGA. Luis A. K. et.al. **Fundamentosde Topografia** – Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. 2012. 133 p.

ANEXOS

ANEXO I

Algoritmo do método da Trilateração

Algoritmo

Inicialização

1. Carrega os parâmetros iniciais medidos
 2. Carrega as distâncias observadas
 3. Carrega os desvios padrão
 3. it=0
 4. Calcula os parâmetros ajustados
 5. Calcula os resíduos
 6. Calcula a matriz Jacobiana
 7. Calcula o desvio padrão dos parâmetros ajustados
 8. Ajusta as observações
 9. Calcula a matriz variância-covariância
 10. Teste Qui-Quadrado
-

iteração

11. it = it+1
 12. atualiza o cálculo dos ângulos estimados $L_0=F(X_0)$
 13. Atualiza a matriz Jacobiana
 14. Atualiza as correções aos parâmetros ajustados
 15. Apresenta os parâmetros ajustados
 16. Se a condição de parada do while não for atingida, volta para 7.
-

ANEXO II

```

clc
disp('Programa em Scilab versão 6.0.0 que calcula o Ajustamento de uma Trilateração desenvolvido pelo docente Francisco
Jaime')
disp('São três (3) distâncias horizontais medidas a partir de três pontos fixos de controle')

//Exemplo de ajustamento aplicado ao primeiro ponto
pA=[285020.065
9109104.678];
pB=[285028.700
9109097.371];
pC=[285036.511
9109090.227];
disp('DADOS DE ENTRADA')
disp(pA,'As coordenadas Fixas do Ponto A')
disp(pB,'As coordenadas Fixas do Ponto B')
disp(pC,'As coordenadas Fixas do Ponto C')

Lb=[59.110
53.930
50.501];
disp(Lb,'As observações as três distâncias horizontais em metros')
//
//Parâmetros inicial arbitrário
xo=[285011.8934
9109046.0908];

disp(xo,'os valores estimados dos parâmetros')
disp('Início do Processo Iterativo')
it=0;
// valores iniciais para o while
X(1)=10
X(2)=10
while((abs(X(1))>0.00001)|(abs(X(2))>0.00001))
it=it+1
disp(it,'Número de iteração=')
//Cálculo do L0
L0=[sqrt(((xo(1)-pA(1))^2)+(xo(2)-pA(2))^2)
sqrt(((xo(1)-pB(1))^2)+(xo(2)-pB(2))^2)
sqrt(((xo(1)-pC(1))^2)+(xo(2)-pC(2))^2)]
disp(L0,'L0 A PARTIR DOS PARÂMETRSO ESTIMADOS=')
L=L0-Lb
disp(L,'VETOR L=L0-Lb=')
//Cálculo da Matriz Jacobiana A
A=[((xo(1)-pA(1))/L0(1))((xo(2)-pA(2))/L0(1))
((xo(1)-pB(1))/L0(2))((xo(2)-pB(2))/L0(2))
((xo(1)-pC(1))/L0(3))((xo(2)-pC(2))/L0(3))]
disp(A,'MATRIZ A=')
//Desvio Padrão
des=[0.010.010.01];
disp(des,'desvio padrão das obseerwações=')
//Matriz dos pesos
P=[1/(des(1,1))^200
01/(des(1,2))^20
001/(des(1,3))^2];
disp(P,'MATRIZ DOS PESOS=')
//Calcular (A'*P*A')
X=-(inv(A'*P*A))*(A'*P*L))
disp(X,'CORREÇÕES X OBTIDAS PELO MMQ=')
Xa=xo+X
disp(Xa,'PARÂMETROS AJUSTADOS Xa=Xo+X=')
xo=Xa
if it>=10
disp('não convergiu com menos de 10 iterações')
break

```

```

end
end
disp('CONVERGIU COM O CRITÉRIO DE 0,0001, COM =')
disp('ITERAÇÕES',it)
disp(Xa,'Parâmetros ajustados')
V=A*X+L
disp(V,'Resíduos')
//Sigma Zero à Posterioria
GL=1;
Sigma=(V'*P*V)/GL
disp(Sigma,'Sigma Zero à Posteriori')
//Matriz Variância-Covariância dos parâmetros ajustados
MVCXa=Sigma*inv(A'*P*A)
disp(MVCXa,'Matriz Variância-Covariância dos parâmetros ajustados')
//Desvio Padrão Parâmetros
DP=sqrt(diag(MVCXa))
disp(DP,'Desvio Padrão Parâmetros Ajustados')
// Observações Ajustadas La=Lb+V
La=Lb+V
disp(La,'Observações Ajustadas')
//Matriz Variância-Covariância das observações ajustadas
MVCLa=A*MVCXa*A'
disp(MVCLa,'Matriz Variância-Covariância das observações ajustadas')
//Desvio Padrão das observações ajustadas
DPLa=sqrt(diag(MVCLa))
disp(DPLa,'Desvio Padrão das observações ajustadas')
//Qui-Quadrado
Qui=V'*P*V
disp(Qui,'Qui-Quadrado')

// Baarda
// MVC DOS RESÍDUOS
MVC_RESIDUOS=Sigma*(inv(P)-A*inv(A'*P*A)*A')
disp(MVC_RESIDUOS,'MATRIZ VARIÂNCIA/COVARIÂNCIA DOS RESÍDUOS')

// MATRIZ DAS REDUNDÂNCIAS "R"
MATRIZ_R=1/Sigma*(MVC_RESIDUOS*P)
disp(MATRIZ_R,'MATRIZ DAS REDUNDÂNCIA R')

// CÁLCULO DO RESÍDUO PADRONIZADO COM TRÊS FORMULAÇÕES
fori=1:3
//Primeira formulação
VP1(i)=V(i)/sqrt(MVC_RESIDUOS(i,i));
//Segunda formulação
VP2(i)=(V(i)*sqrt(P(i,i)))/(sqrt(Sigma)*sqrt(MATRIZ_R(i,i)));
//terceira formulação
C=eye(3,3);
VP3(i)=C(i,:)*P*V/sqrt(C(i,:)*P*MVC_RESIDUOS*P*C(i,:));
end

disp(VP1,VP2,VP3,'Os Resíduos Padronizados, Três soluções')

```

ANEXO III

```

clc
disp('programa em scilab que calcula a propagação de erros de uma poligonal manualmente')
disp('desenvolvido por Júlio César Albuquerque Simões belo')

// parâmetros ajustados da poligonal

x1=285011.890
y1=9109046.100
x2=285001.460
y2=9109069.100
x3=284973.160
y3=9109071.700
x4=284969.100
y4=9109079.100
x5=284964.770
y5=9109084.400
x6=284957.000
y6=9109078.800
x7=284957.570
y7=9109064.600
x8=284940.040
y8=9109050.300
x9=284946.660
y9=9109040.600
x10=284965.940
y10=9109049.000
x11=284977.940
y11=9109044.800
x12=84993.140
y12=9109036.500

// derivadas parciais

dx1=((1/2)*(y12-y2))
dy1=((1/2)*(x2-x12))

dx2=((1/2)*(y1-y3))
dy2=((1/2)*(x3-x1))

dx3=((1/2)*(y2-y4))
dy3=((1/2)*(x4-x2))

dx4=((1/2)*(y3-y5))
dy4=((1/2)*(x5-x3))

dx5=((1/2)*(y4-y6))
dy5=((1/2)*(x6-x4))

dx6=((1/2)*(y5-y7))
dy6=((1/2)*(x7-x5))

dx7=((1/2)*(y6-y8))
dy7=((1/2)*(x8-x6))

dx8=((1/2)*(y7-y9))
dy8=((1/2)*(x9-x7))

dx9=((1/2)*(y8-y10))
dy9=((1/2)*(x10-x8))

dx10=((1/2)*(y9-y11))
dy10=((1/2)*(x11-x9))

dx11=((1/2)*(y10-y12))
dy11=((1/2)*(x12-x10))

dx12=((1/2)*(y11-y1))
dy12=((1/2)*(x1-x11))

// variâncias em relação a x e a y dos pontos

sx1=0.0005119

```

