

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MÁRCIA GARCIA AFONSO**

**QUALIDADE DE COORDENADAS EM DIFERENTES MÉTODOS  
TOPOGRÁFICOS PARA FINS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA**

**Itaqui  
2023**

**MÁRCIA GARCIA AFONSO**

**QUALIDADE DE COORDENADAS EM DIFERENTES MÉTODOS PARA FINS DE  
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA**

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

Orientador: Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira.

Coorientador: Prof(a). Dra. Leydimere Janny Cota Oliveira.

**Itaqui  
2023**

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

A313q Afonso, Márcia Garcia

QUALIDADE DE COORDENADAS EM DIFERENTES MÉTODOS PARA FINS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA / Márcia Garcia Afonso. 42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA, 2023.

“Orientação: Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira”.

1. Qualidade de Coordenadas. 2. Diferentes Métodos. 3. Regularização Fundiária. 3. Levantamento Topográfico. I. Título.

**MÁRCIA GARCIA AFONSO**

**QUALIDADE DE COORDENADAS EM DIFERENTES MÉTODOS PARA FINS DE  
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 12, Julho e 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof(a). Dra. Leydimere Janny Cota Oliveira  
  
UNIPAMPA

---

Prof. Me. Robert Martins da Silva  
UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTO**

A Deus pela vida, saúde, força, e resiliência para lutar por meus objetivos.

A Universidade Federal do Pampa, pela oportunidade de estudo.

Aos meus orientadores, Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira e Prof(a). Dra. Leydimere Janny Cota Oliveira, pelo incentivo, e por ter me guiado para a concretização desta importante etapa da minha vida.

A todos os professores do curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, que contribuíram para o meu crescimento.

Ao Professor Leonard Nieiro da Silveira, pelas importantes contribuições iniciais e disponibilidade no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu pai Jesus Afonso (in memoriam), fonte de inspiração e um exemplo de profissional.

A minha mãe Maria Helena, que me ensinou a nunca desistir dos meus ideais com fé, coragem, e sempre incentivando nas minhas escolhas de vida, mesmo as vezes não entendo, e principalmente por todo apoio, e cuidado com a Helena, para que eu pudesse continuar em busca desse sonho.

A minha espetacular filha Helena, pela compreensão da minha ausência e por ter me distraído com sua presença alegre e encantadora.

Aos meus irmãos, pelo incentivo e torcida.

Aos meus sobrinhos, que se inspiram no meu exemplo de que a dedicação aos estudos vale a pena.

A Empresa DMS Engenharia, pelo conhecimento adquirido.

Aos funcionários da segurança do campus pelo companheirismo e torcida.

Ao Murilo (nosso fiel “cão” da universidade) sempre presente durante os levantamentos de campo.

Finalmente, agradeço a todos que, de alguma forma acreditaram. Muito obrigada.

“Se houver amor em sua vida, isso pode compensar muitas coisas que lhe fazem falta. Caso contrário, não importa o quanto tiver, nunca será o suficiente”.

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

Devido à necessidade de entender o ambiente em que vivemos, os humanos desenvolveram técnicas para descrever o espaço com base em observação. Com o tempo, a tecnologia melhorou e equipamentos de medição foram desenvolvidos para facilitar a coleta de dados. Diante deste cenário, o presente trabalho visa analisar a qualidade das coordenadas em diferentes métodos, para aplicação em levantamentos cadastrais urbanos. O crescente desenvolvimento dos métodos e técnicas GNSS, gerou questionamentos sobre os métodos e níveis de precisão para a realização dos levantamentos cadastrais. No entanto, apesar do avanço cada vez maior das tecnologias presentes nos levantamentos, as restrições são inúmeras, devido as obstruções de sinais GNSS, podendo existir em locais de interesse. Por isso, faz-se necessário o emprego de métodos terrestres de medição angular e linear com Estação Total, para determinar pontos intervisíveis. Nesse sentido, esse trabalho mostra a implantação de pontos pelos métodos de redes topográficas de triangulação e trilateração, testando metodologias viáveis no levantamento cadastral, mostrando critérios e tolerância para fornecer coordenadas de ponto com precisão, aplicado na regularização fundiária, mais especificamente em limites de parcelas territoriais.

Palavras-Chave: Rede de Referência Cadastral, Qualidade das coordenadas, GNSS, Estação Total, Diferentes Métodos Terrestres de Medição, Regularização Fundiária.

## SUMMARY

Due to the need to understand the environment we live in, humans have developed techniques to describe space based on observation. Over time, technology improved and measurement equipment was developed to facilitate data collection. Given this scenario, the present work aims to analyze the quality of coordinates in different methods, for application in urban cadastral surveys. The growing development of GNSS methods and techniques has raised questions about the methods and levels of precision for carrying out cadastral surveys. However, despite the increasing advancement of technologies present in surveys, there are numerous restrictions due to obstructions of GNSS signals, which may exist in places of interest. Therefore, it is necessary to use terrestrial methods of angular and linear measurement with Total Station, to determine intervisible points. In this sense, this work shows the implantation of points by the methods of topographic networks of triangulation and trilateration, testing viable methodologies in the cadastral survey, showing criteria and tolerance to provide precise point coordinates, applied in land regularization, more specifically in plot boundaries territorial.

Keywords: Cadastral Reference Network, Quality of coordinates, GNSS, Total Station, Different Terrestrial Measurement Methods, Land Regularization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de Triangulação.....	17
Figura 2 – Rede de Trilateração.....	18
Figura 3 – Ilustração do Plano Topográfico Local.....	19
Figura 4 – Acurácia e Precisão.....	20
Figura 5 – Mapa de Localização da área de estudo.....	24
Figura 6 – Mapa de Localização da área de estudo.....	25
Figura 7 – Representação geométrica no campo do levantamento na área experimental da UNIPAMPA .....	27
Figura 8 – Representação geométrica com distâncias calculadas.....	29
Figura 9 – Representação geométrica no campo do levantamento na área experimental da UNIPAMPA .....	31
Figura 10 – Representação geométrica com distâncias calculadas.....	33
Figura 11 – Gráfico 1 – Valores resultantes nas coordenadas, resíduos planimétricas.....	34
Figura 12 – Gráfico 2 – Valores resultantes nas coordenadas, resíduos planimétricas .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos distanciômetros de acordo com o desvio padrão ....	24
Tabela 2 – Caderneta dos ângulos medidos em campo .....	28
Tabela 3 – Transformação das coordenadas UTM em PTL .....	29
Tabela 4 – Resíduo das coordenadas dos vértices .....	30
Tabela 5 – Caderneta de Campo .....	32
Tabela 6 – Transformação das coordenadas UTM em PTL .....	32
Tabela 7 – Resíduo das coordenadas dos vértices .....	33

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
NBR – Normas Técnicas Brasileira  
RRC – Rede de Referência Cadastral  
SGB – Sistema Geodésico Brasileiro  
CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário  
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite  
SGL – Sistema Geodésico Local  
STL – Sistema Topográfico Local  
UTM – Universal Transversa de Mercator  
TM – Projeção Transversa de Mercator  
REURB – Regularização Fundiária Urbana  
LABSIM – Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem  
RS – Rio Grande do Sul  
VT – Vértice  
PD – Visadas conjugadas direta  
PI – Visadas conjugadas inversa  
Offset – Desvio  
USB – Porta Serial Universal  
mm – Milímetro  
cm – Centímetro  
m – Metro  
ppm – Partes por milhão  
D.P. – Desvio padrão  
Ah – Ângulo horizontal  
Dh – Distância horizontal  
PTL – Plano Topográfico Local  
E(X) – Falso este  
N(Y) – Falso norte

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo ABNT NBR 13133 (2° edição, p. 8/9, 2021). Rede de Referência Cadastral (RRC) é uma rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação de obras, sendo constituído de pontos materializados no terreno com coordenadas planialtimétricas, referenciados a uma única origem, Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e consequentemente incorporação de todos os trabalhos de topografia em um mapeamento de referência cadastral.

Considerando a popularização de novas geotecnologias de posicionamento, os profissionais muitas vezes optam por utilizar metodologias mais atualizadas, desprezando o alcance dos métodos clássicos. ABNT NBR 13133 (2° edição, 2021), Almeida (2010) e Silva (2012) descrevem procedimentos para transformar coordenadas geodésicas em plano retangulares locais.

Para Melo et al. (2012) as coordenadas de pontos de apoio para as obras de engenharia devem seguir uma hierarquia de precisão, de 2ª ou 3ª ordem. Os pontos serão usados repetidamente pelos topógrafos para a elaboração do projeto, para controle durante a construção e no monitoramento. Os pontos devem ser implantadas por poligonação, triangulação ou trilateração, conhecendo as vantagens e desvantagens do método escolhido.

Existem três classificações principais e são dadas em ordem decrescente em relação ao padrão de precisão, de acordo com o Federal Geodetic Control Committee (Comitê Federal de Controle Geodésico).

1° Os levantamentos de primeira ordem são feitos para a rede nacional de controle primário, levantamentos de áreas metropolitanas e estudos científicos, em geral, são levantamentos muito precisos para uso de defesa militar, projetos de engenharia sofisticados, represas, túneis e estudos regionais de movimentos da crosta terrestre (McCormat, 2010);

2° Os levantamentos de segunda ordem são relativamente menos precisos que os de primeira. São usados pra densificar a rede nacional, assim como para subsidiar o controle em áreas metropolitanas, usados para controle ao longo das costas, grandes projetos de construção, rodovias interestaduais, revitalizações urbanas, pequenos reservatórios de água e monitoramento do movimento da crosta terrestre (McCormat, 2010);

3° Os levantamentos de terceira ordem são feitos relativamente de forma menos precisa que os da segunda. São levantamentos de controle geralmente referidos à rede nacional, utilizados para levantamentos de controle local, pequenos projetos de engenharia, mapas topográficos de pequena escala e levantamentos de limites (McCormat, 2010).

Muito são os métodos e equipamentos que permite a determinação da posição dos pontos no espaço geográfico. Cada método tem suas especificidades dependendo da funcionalidade, agilidade e, principalmente, da precisão que pode ser alcançada.

Portanto, em levantamentos topográficos realizados com técnicas convencionais (a partir de estações totais e teodolitos), a medição de ângulos e distâncias se torna uma das tarefas mais importantes da topografia. A qualidade de um trabalho topográfico está intrinsecamente relacionada com a capacidade de se obter, através de métodos e equipamentos de medição adequados, um nível de precisão tolerável para os fins a que se destina o levantamento (IFSC, 2018).

Considerando o Cadastro Técnico Multifinalitário<sup>1</sup>, aplicados na regularização fundiária, como forma de posição espacial dos pontos objetos (pontos limites e pontos de detalhes), é imprescindível entender quais métodos e equipamentos podem gerar dados que tenham desvio padrão posicional inferior, definida por diferentes finalidades dos levantamentos.

Por esta razão, os levantamentos cadastrais estão sendo discutidos por especialistas do cadastro, principalmente os com relação ao problema princípio de vizinhança<sup>2</sup>. Onde cada novo ponto determinado deve estar relacionado a outros pontos superiores em precisão. Dessa maneira, novos métodos estão sendo estudados e adaptados o que já existe no levantamento cadastral, para atender melhor a regularização fundiária.

Em vista disso, a intenção deste trabalho é analisar a qualidade das coordenadas para diferentes métodos clássicos para levantamento da rede topográfica apoiada em SGB no que se refere ao nível de precisão e tolerância exigidos na regularização fundiária, em ambientes urbanos edificados, uma vez que o Brasil não tem ainda uma norma específica para o Cadastro Urbano, que diga quais métodos de levantamentos, instrumentos e tolerância posicional são exigidos. Visando reduzir custos e tempo de execução dos levantamentos, e principalmente fornecer subsídios ao planejamento e gerenciamento territorial de cidades.

---

1 Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM – é um conjunto de informações gráficas e descritivas de uma porção da superfície terrestre, contendo as propriedades imobiliárias corretamente georreferenciadas, possibilitando o conhecimento detalhado sobre todos os aspectos levantados, tendo em vista a Gestão Ambiental de forma racional, legal e econômica (LIMA, 1999 apud Gonçalves 2006).

2 Princípio de Vizinhança – Regra básica da geodésia que deve ser aplicada à topografia, estabelecendo que cada ponto novo determinado deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos vizinhos mais próximos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros (NBR 13133, 2ª ed., item 3.59, p. 8, 2021).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para elaborar este trabalho, foram usados livros didáticos, periódicos, artigos científicos mais recentes, notas de aula e TCC Gudolle, 2015 para fundamentar e conceituar esses tópicos. Por meio de revisão da literatura disponível no Brasil e no exterior, o assunto é explanado desde o início, percorrendo sua origem e explicando o contexto atual, para que a partir daí sejam explicados os equipamentos e sua importância, e aplicação na topografia convencional, informando suas restrições e facilidades, conforme a teoria.

### 2.1 POSICIONAMENTO POR TOPOGRAFIA CONVENCIONAL: USO DE ESTAÇÃO TOTAL

Segundo ABNT NBR 13133 (2º edição, 2021) o conjunto de operações topográficas indicada para determinar as posições planimétricas ou altimétricas de pontos, que permitirão representar graficamente o terreno a ser levantado topograficamente a partir do apoio topográfico, dá-se o nome de levantamento topográfico.

Essas operações podem simultaneamente dirigir, à alcance da planimetria e da altimetria, ou então, separadamente, se as condições especiais do terreno ou exigências do levantamento obrigarem a separação ABNT NBR 13133 (2º edição, 2021). Pressupõe desta definição a existência de uma rede de pontos de apoio geodésico, oriundos de um Sistema Geodésico de Referência (SILVA e SEGANTINE, 2015).

Nesse contexto, surge a questão:

Rede geodésica é poucas vezes adensada na região ou local do levantamento para permitir o seu uso direto no projeto de engenharia em desenvolvimento havendo a necessidade de se implantar novos pontos para usá-los na determinação dos elementos geométricos do projeto (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 12).

Sendo assim, é de responsabilidade dos institutos geográficos de cada país, a implantação de novos pontos para o adensamento da rede geodésica, aqui no Brasil, o IBGE é o órgão responsável por todas as atividades geodésicas. Porém, para projetos individuais, os pontos devem ser implantados pelo engenheiro responsável do projeto, seguindo as normas técnicas vigentes na região, realizando

um adensamento a fim de atender seus propósitos, podendo usar de acordo com suas necessidades.

A triangulação, trilateração e triangulateração são alternativas para serem usadas no estabelecimento de vértices de referência, a partir dos quais se determina as coordenadas dos vértices de limite, por irradiação, interseção linear ou interseção angular (INCRA, 2013).

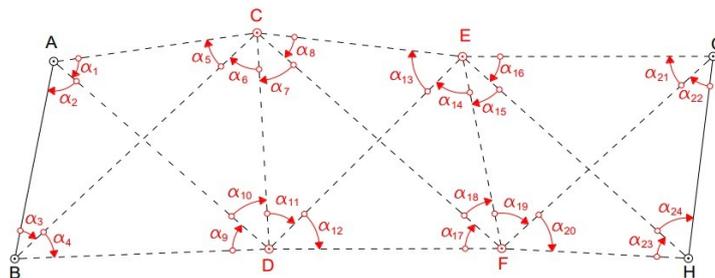
### 2.1.1 Triangulação

Para determinar as coordenadas, a partir do método da triangulação, é obtida através da observação de ângulos formados entre os alinhamentos de vértices intervisíveis de uma rede de triângulos (INCRA, 2013).

A consistência geométrica se dá pela medição de uma base, por exemplo o lado AB (Figura 1), e das direções dos lados de cada triângulo. Com base nos valores dos ângulos calculados e da base medida, obtêm-se as coordenadas de cada vértice dos triângulos (SILVA e SEGANTINE, 2015).

Por pertencer a uma rede de triângulos, se realiza o processamento aplicando as técnicas de ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados. Para se ter maior consistência da rede, mede-se outra linha de base, por exemplo o lado GH (Figura 1), que será incluída nos cálculos de ajustamento.

**Figura 1** – Rede de Triangulação



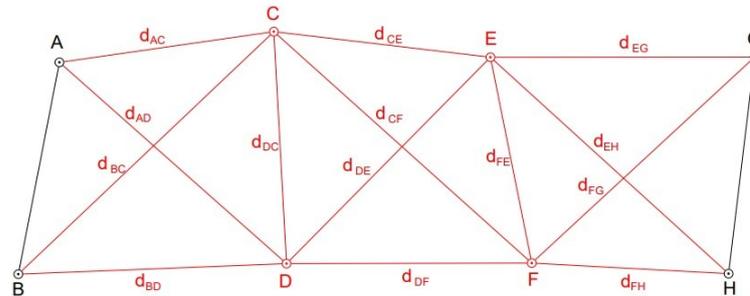
Fonte: INCRA, 2013.

### 2.1.2 Trilateração

O posicionamento por meio da trilateração é baseado na observação de distâncias entre os vértices (Figura 2) intervisíveis de uma rede de triângulos (INCRA, 2013). A diferença, nesse caso, é que ao invés, de medir os ângulos

internos de cada triângulo, mede-se os comprimentos dos lados (SILVA e SEGANTINE, 2015).

**Figura 2 – Rede de Trilateração**



Fonte: INCRA, 2013.

### 2.1.3 Sistema de Cálculo Poligonal UTM pelo método convencional

Todo mapeamento deve ser efetuado a partir de referenciais geodésicos e cartográficos oficiais para que haja a integração dos dados de todo o território. No Brasil, é adotado o SIRGAS2000 como sistema de referência geodésico e todo e qualquer trabalho deve utilizá-lo. Já para as bases cartográficas, de modo geral, utiliza-se o sistema plano UTM (Universal Transverso de Mercator), sendo que o mapeamento topográfico sistemático brasileiro utiliza este sistema (IBGE, 2018).

O sistema UTM é inviável para aplicações de qualquer natureza, seja cartográfica, implantação de obras ou cadastro com diferenças para a área geodésica de grande amplitude.

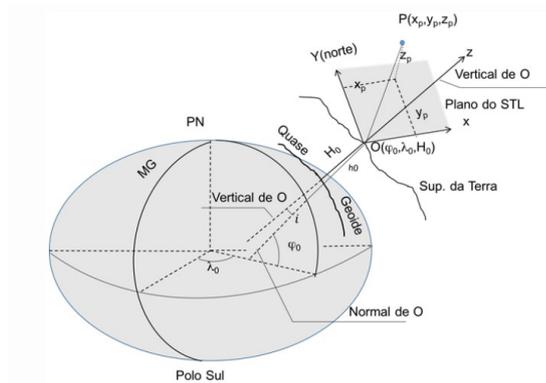
Portanto, o melhor sistema de projeção cartográfica a ser utilizado para fins cadastrais e de gestão territorial na região, seria o PTL.

### 2.1.4 Transformação das coordenadas UTM em PTL

Plano topográfico local é um sistema de projeção, tangente à superfície de referência (elipsoide) e cuja origem é local, ou seja, qualquer ponto que representará a origem do plano (Silveira, 2017).

Segundo a ABNT NBR 13133 (2ª edição, 2021), O Plano Topográfico Local deve ser utilizado somente como sistema de projeção planimétrico, devendo ser utilizado para a altimetria o referencial altimétrico definido pelo Sistema Geodésico Brasileiro, conforme mostra figura 3.

Figura 3 – Ilustração do Plano Topográfico Local



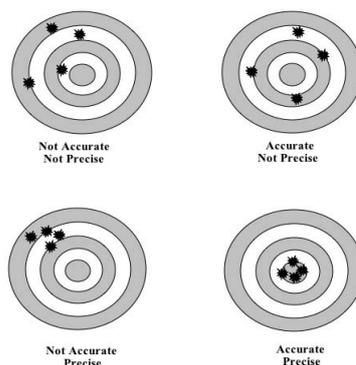
Fonte: NBR 13.133 (ABNT, 2022)

Caraterísticas importantes: origem (O) coincidente com a posição geodésica central da região de cobertura; eixo Z orientado de acordo com a direção vertical na origem O, em sentido oposto ao centro do elipsoide; eixo Y orientado a  $90^\circ$  do eixo Z e alinhado ao meridiano da origem, sentido positivo para Norte; eixo  $x$  orientado a  $90^\circ$  dos eixos Y e Z em sentido dextrogiro; coordenadas topográficas plano-retangulares convencionais da origem:  $Y = 250\ 000$  m e  $x = 150\ 000$  m; dimensão máxima do plano (diagonal) conforme critério de projeto até o máximo de 35 km; A variação máxima entre os pontos de maior e menor altitude da região abrangida pelo plano, em relação à altitude normal definida para o plano, deve ser inferior a 150 m (NBR 13.133, ABNT 2022).

## 2.2 Acurácia e Precisão

Os termos acurácia e precisão são constantemente usados em topografia, muitas pessoas usam os termos “acurácia” e “precisão” de forma intercambiável. No entanto, para os profissionais da topografia (bem como para outras áreas técnicas e científicas), essas palavras têm significados diferentes. Para os agrimensores, “acurácia” refere-se a quão perto uma medição ou observação chega de medir um “valor verdadeiro”, uma vez que medições e observações estão sempre sujeitas a erros. “Precisão” refere-se a quão próximas medições ou observações repetidas chegam a duplicar valores medidos ou observados, conforme mostra figura 4 (NOAA, 2022).

**Figura 4 – Acurácia e Precisão**



Fonte: NOAA, 2022.

### 2.2.1 Erros e Erros Grosseiros

Não existe alguém cuja percepção seja perfeita o suficiente para medir qualquer quantidade exatamente e não existe instrumento perfeito que faça tal medição. O resultado é que todas as medições são imperfeitas. A maior preocupação em topografia é a precisão do trabalho (McCormac, 2010).

As discrepâncias consistentes entre as quantidades medidas e a verdadeira magnitude dessas quantidades são classificadas como erros grosseiros e outros erros. Ou seja, o erro grosseiro é a diferença de um valor verdadeiro causada pela desatenção do operador. Enquanto, o erro sistemático é a diferença de um valor verdadeiro causado pelas imperfeições de percepção do operador, defeito no equipamento ou influências das condições atmosféricas. Por outro lado, erros sistemático não podem ser eliminados, mas podem ser minimizados.

Segundo McCormac, 2010 um erro sistemático ou acumulativo, é o que sob condições constantes permanece o mesmo, tanto em sinal como em magnitude. Por exemplo se uma trena é 0,03 m mais curta, cada vez que ela é usada, o mesmo erro é cometido, se comprimento da trena é usada dez vezes, o mesmo erro se acumula e totaliza dez vezes o erro de uma medição.

Ainda com McCormac, 2010 erro acidental, compensável, ou aleatório é aquele cuja magnitude e direção é desconhecida e fora do controle do operador. Por exemplo, se a leitura não é feita perfeitamente, ou seja, a primeira vez lei um valor maior e, na próxima menor. Caso esses erros sejam equivalentes em módulo e possuir sinais contrários, tendem a se cancelar, ou compensar uns aos outros.

Outro erro a se levar em conta são os naturais, causados por temperatura, vento, umidade, mudança magnéticas, etc. Esses tipos de erros não podem ser eliminados, mas seus efeitos podem ser minimizados usando o bom senso e fazendo as devidas correções. Os erros naturais afetam medições feitas por todos os tipos de equipamentos de medição.

### **2.2.2 Resíduos ou desvios**

Presume-se que o erro de cada medição seja igual à diferença entre a medição e a média, portanto, esses não são erros verdadeiros e são chamados de resíduos ou vieses. Portanto, um resíduo nada mais é do que a diferença entre qualquer medida de uma quantidade e o valor mais provável dessa quantidade.

Em teoria, os resíduos são iguais aos erros, exceto que os resíduos podem ser calculados, enquanto os erros não, porque o valor real da quantidade é desconhecido. Portanto, resíduos em vez de erros são usados na análise e correção das medições. No entanto, devido à sua semelhança, os termos residual e erro são realmente usados de forma intercambiável.

### **2.2.3 Regularização Fundiária**

Regularização fundiária é o processo de intervenção pública, sob os aspectos jurídicos, físico e social, que objetiva a permanência das populações moradoras de áreas urbanas ocupadas em desconformidade com a lei para fins de habitação, implicando acessoriamente melhorias no ambiente urbano do assentamento, no resgate da cidadania e da qualidade de vida da população beneficiária (ALFONSIN, 1997).

No Brasil, o tema da regularização fundiária ganhou força a partir da Constituição Federal de 1988, e o art. 182, discorre que a política urbana é de responsabilidade do município e precisa garantir as funções sociais da cidade e o desenvolvimento dos cidadãos. Segundo o Estatuto da Cidade<sup>3</sup>, a função social, se concretiza ao garantir o direito a cidade sustentável, no qual é entendida como o

---

<sup>3</sup> Estatuto da Cidade – Lei Federal de nº 10.267, foi aprovada no ano de 2001 e criou expectativas, pois indicava mudança no processo e apropriação do espaço urbano nas cidades brasileiras. Regulamentou os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e trouxe como principal avanço a probabilidade de desenvolver políticas urbanas mediante aplicação de instrumentos de reforma urbana, voltados a promoção da inclusão social e territorial nas cidades brasileiras, levando em consideração aspectos urbanos, sociais e políticos das cidades (BRASIL, 2001).

direito à terra, moradia, ao meio ambiente equilibrado e saneado, trabalho, lazer, infraestrutura urbana, transporte e serviços públicos, para a atual e futura geração (BRASIL, 2001).

A Lei 13.465 foi editada em 11 de Julho de 2017, com o objetivo de resolver problemas do ordenamento territorial brasileiro, ela converteu a Medida Provisória 759/16, e, no dia 15 de março de 2018, o Decreto Federal nº 9.310, tratando do processo de regularização fundiária urbana e estabelecendo procedimentos e diretrizes a serem seguidos pelos Poderes Públicos e particulares. A medida provisória já havia revogado por completo a Lei 11.977 de 2009, que até então era a Lei de regência da Regularização Fundiária.

Entre as principais inovações, se destacam a Lei e o Decreto por terem criado o instrumento jurídico da Regularização Fundiária Urbana. O marco legal cria o termo “Reurb” para conceituar a regularização fundiária urbana como o conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à incorporação dos núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano e à titulação de seus ocupantes, estabelecendo-se novos objetivos em relação à legislação anterior (*Assembleia Legislativa, REURB, Manual de Apoio, 2018, p.3*).

Destacam-se, entre eles: criar unidades imobiliárias compatíveis com o ordenamento territorial urbano e constituir sobre elas direitos reais em favor dos seus ocupantes; concretizar o princípio constitucional da eficiência na ocupação e no uso do solo; prevenir e desestimular a formação de novos núcleos urbanos informais e franquear participação dos interessados nas etapas do processo de regularização fundiária (*Assembleia Legislativa, REURB, Manual de Apoio, 2018, p.3*).

#### **2.2.4 Normas Técnicas Aplicadas a Levantamentos Topográficos/Geodésicos Urbanos**

As principais normas técnicas aplicadas a levantamentos topográficos e/ou geodésicos urbanos: a NBR 14.166, ed. 2, 2022 sobre implantação Rede de referência cadastral municipal — Requisitos e procedimento; a NBR 13.133, ed. 2, 2021 sobre Execução de levantamento topográfico — Procedimento.

- NBR 14.166, ed. 2, 2022. Estabelece os requisitos para a implantação e a densificação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) e compatibiliza os procedimentos para se estabelecer a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico (ABNT NBR; ESCOPO, 2022, p.1).

- NBR 13.133, ed. 2, 2021. Estabelece os procedimentos a serem aplicados na execução de levantamentos topográficos e os requisitos que compatibilizam

medidas angulares, lineares, desníveis e respectivas tolerâncias em função dos erros (ABNT NBR; ESCOPO, 2021, p.1);

- Estabelece em função dos requisitos, métodos, técnicas e os instrumentos para reiterações compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de variâncias não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (ABNT NBR; ESCOPO, 2021, p.1);

- Se aplica aos levantamentos topográficos que se destinam a obter informações geométricas do terreno para caracterizar seus elementos naturais e artificiais, incluindo o relevo, limites e confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento, dentre outros, para fins de: estudos preliminares de projetos; elaboração de anteprojetos ou projetos básicos; e elaboração de projetos executivos (ABNT NBR; ESCOPO, 2021, p.1).

A NBR 14.166, ed. 2, 2022, estabelece as condições para implantação de uma Rede de Referência Cadastral, com o objetivo de normatizar uma infraestrutura de apoio geodésico e topográfico. Enquanto a NBR 13.133, ed. 2, 2021 seleciona os métodos, processos e instrumentos para obter resultados precisos em função dos erros para cada tipo de serviço.

### **3 METODOLOGIA**

As coordenadas dos Marcos Geodésico de centragem forçada (construídos no padrão apresentado na instrução técnica do Serviço de Geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística DGC-Nº29/88 – IBGE,1988), foram obtidas com o método de posicionamento GPS, serviram de base e comparativo para as coordenadas obtidas pelos métodos terrestres de medição com Estação Total, sendo método de redes triangulação e trilateração, comparando as coordenadas dos marcos geodésicos, com as alcançadas com Estação Total, em um só sistema de referência.

#### **3.1 Materiais utilizados**

As observações foram realizadas com:

- Estação Total Pentax R-202NE, com precisão angular de 2" e precisão linear de  $\pm (2\text{mm}+2\text{ppm}\times D)$  mm, onde "D" é a acurácia medida, expressa em quilômetros (km). De acordo com a NBR 13.133, ed. 2, 2021, este equipamento é classificado como de alta precisão (dados são observados na tabela 1);
- Marco Geodésico de centragem forçada;
- Prisma circular, constante (Offset) -30 mm;

- Base Nivelante;
- Trena para medição de alturas;
- Software Topograph 98 SE;
- Software AutoCad Civil 3D.

Tabela 1: Classificação dos distanciômetros de acordo com o desvio padrão

Classe	Desvio-padrão da direção	Desvio-padrão linear
1	$\sigma \leq 02''$	$\leq \pm(1\text{mm} + 1 \times 10^{-6})$
2	$02'' < \sigma \leq 05''$	$\leq \pm(2\text{mm} + 1 \times 10^{-6})$
3	$05'' < \sigma \leq 10''$	$\leq \pm(3\text{mm} + 1 \times 10^{-6})$

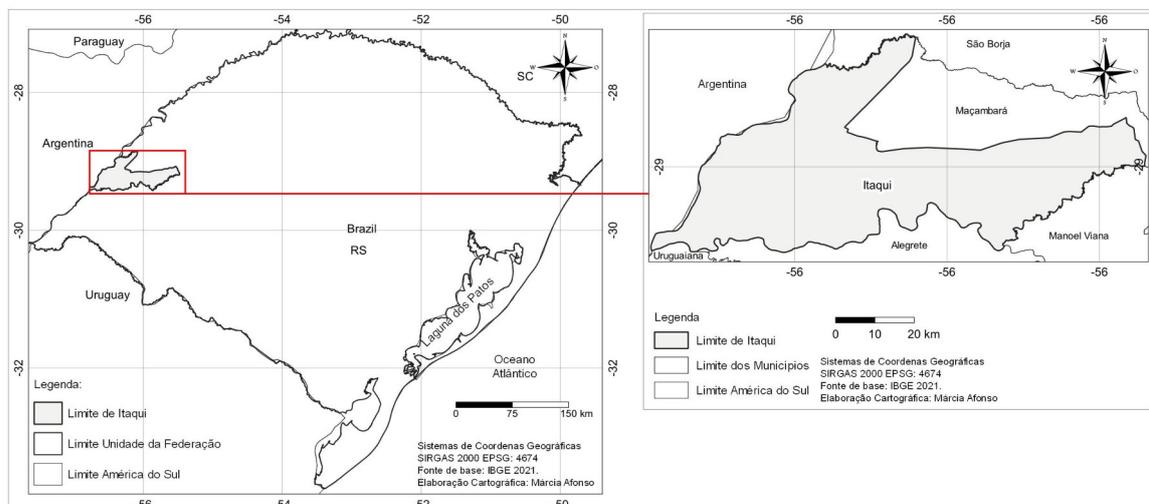
NOTA Nas fichas técnicas dos instrumentos, o desvio-padrão correspondente a  $1 \times 10^{-6} = 1 \text{ ppm} = 1\text{mm/km}$ .

Fonte: NBR 13.133, ed. 2, 2021.

### 3.2 Área estudo

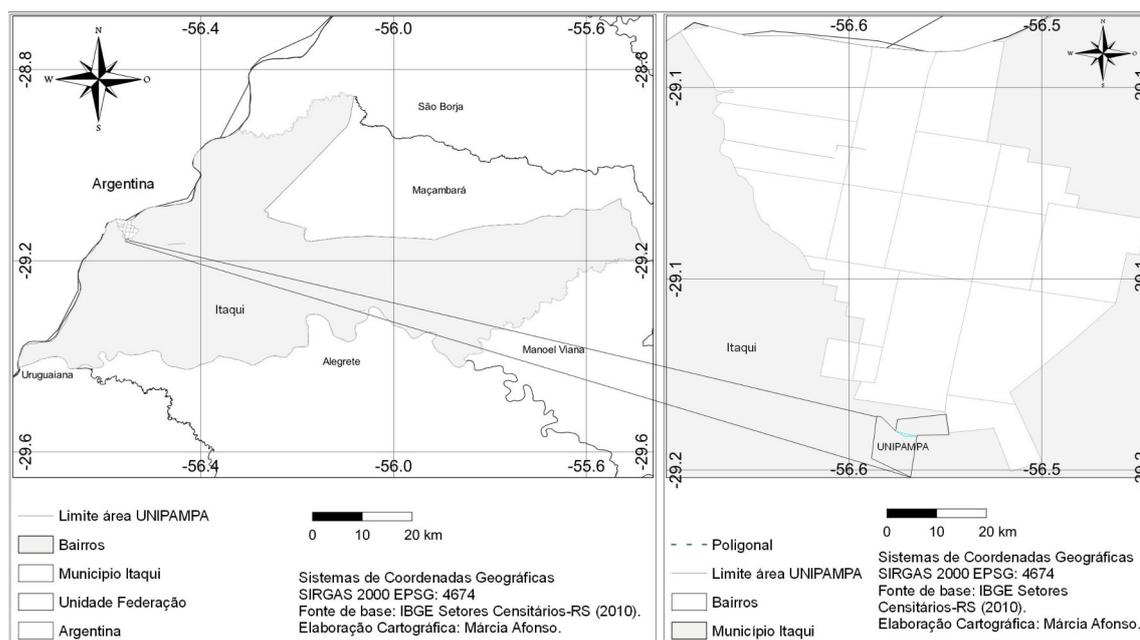
A área escolhida se localiza no campus da Universidade Federal do Pampa, Itaqui-RS, a área teste é composta por uma “Área experimental”. Situa-se nas proximidades do prédio LABSIM e contempla um conjunto de vértices de referência geodésicos e topográficos (mostradas a seguir nas figuras 5 e 6), sendo que para este trabalho será utilizado somente os vértices VT06, VT07 e VT08.

Figura 5 – Mapa de Localização do município Itaqui-RS.



Fonte: Software QGIS, IBGE 2010  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Figura 6 – Mapa de Localização da área de estudo.



**Fonte:** Software QGIS, IBGE 2010

**Elaboração:** Afonso, M.G. (2023).

### 3.2 Coleta dos dados

As medições das distâncias e ângulos foram conduzidas utilizando uma estação total marca Pentax R-202NE, de precisão angular de 2" e linear de  $\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D$ , e prismas refletivos posicionados sobre Marco Geodésico de centragem forçada. As distâncias inclinadas observadas foram reduzidas pela própria estação e transformadas em horizontais.

As coordenadas foram determinadas de diversas maneiras. Para o método de redes Triangulação, os cálculos foram realizados usando as leis do seno e do cosseno e transportadas as coordenadas a partir de dois pontos conhecidos. No caso de Trilateração precisou calcular primeiro os ângulos para então calcular as coordenadas (ZAKI ET AL, 1992).

Para tal, foram utilizados os dados dos relatórios dos marcos da rede da Unipampa, do qual serviram de base e comparativo para as coordenadas advindas pelos métodos de medição com Estação Total. Como todos marcos são de centragem forçada, com coordenadas conhecidas, dois marcos foram utilizados como base (VT08 – estação e VT06 – Ré, formando linha base), e a incógnita foi o VT07.

As observações de ângulos horizontais e verticais e distâncias inclinadas foram realizadas em duas séries com visadas<sup>4</sup> na posição direta (PD) e inversa (PI) com dispositivo de centragem forçada foi utilizada às especificações da NBR 13.133/2021 e NBR 14.166/2022.

O levantamento realizado com coordenadas sexagesimais foram transformadas no sistema UTM, e no Sistema Topográfico Local, os dados foram processados e ajustados no software TOPOGRAPH 98 SE.

### **3.4 Processamento dos dados**

Os dados pelos diferentes métodos foram calculados e tratados utilizando o software TOPOGRAPH 98 SE, é um sistema para cálculos, desenhos e projetos topográficos, amigável, de fácil utilização e que automatiza de forma inteligente, com ele atuamos diretamente com agrimensura e engenharia, todo o processo de projetos topográficos.

Primeiro foram utilizados um dos módulos do software, a Planilha de Cálculos, a função de uma caderneta eletrônica, onde devem ser inseridas as informações de campo via teclado, descarregando-as diretamente de uma estação total, via cabo serial/USB, ou importando um arquivo de texto, para este caso foram descarregados diretamente da estação total via cabo serial/USB.

Nela foram efetuados os cálculos topográficos, visualizando previamente os resultados obtidos, e realização das transformações de coordenadas. Ao finalizar os cálculos foi possível ainda exportar os pontos para o outro módulo do software, TOPOGRAPH 98 SE CAD.

### **3.5 Avaliação da qualidade das coordenadas topográficas**

Para avaliar a qualidade das coordenadas topográficas obtidas pelos diferentes métodos de levantamento terrestre, primeiramente os dados foram processados, em seguida foram realizadas transformações dos sistemas de coordenadas e por fim, calculado o erro de cada medição, assumindo como igual as

---

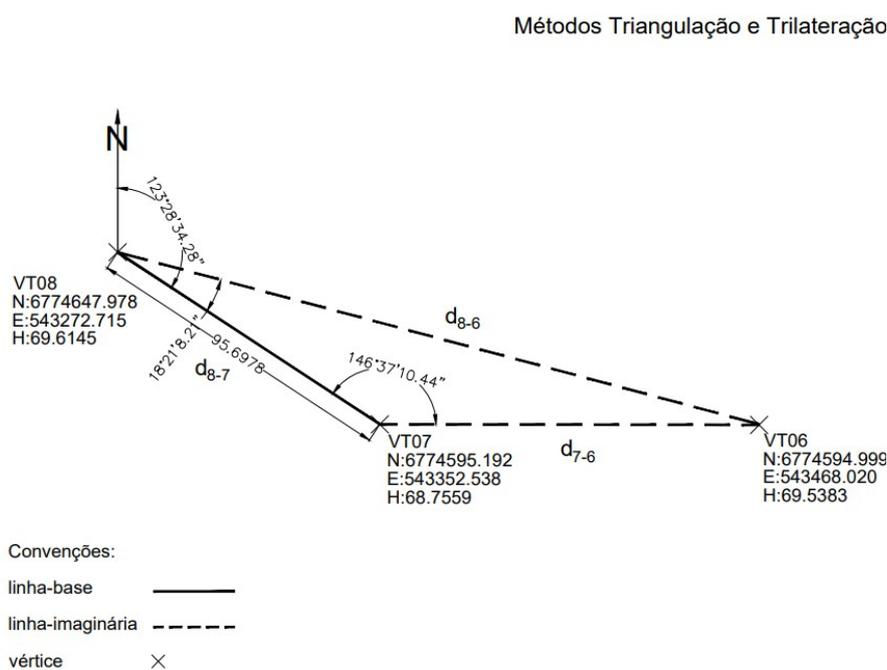
<sup>4</sup> Método das direções medições angulares horizontais com visadas nas direções determinantes nas posições direta e inversa da luneta (leituras conjugadas) de um medidor de ângulos. NOTA Uma série de leituras conjugadas consiste na observação sucessiva de todas as direções a partir da direção de origem, fazendo o giro no sentido horário. Cada série é iniciada com outra leitura do limbo horizontal. Os valores dos ângulos horizontais medidos são as médias aritméticas dos valores obtidos nas diversas séries (NBR 13.133, ed. 2, 2021).

diferenças entre as coordenadas da monografia dos vértices, VT06, VT07 e VT08, e as coordenadas calculadas obtidas pelo levantamento terrestre com Estação Total, comparando para verificar os contrastes entre os valores das coordenadas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção será apresentada as coordenadas topográficas obtidas pelos diferentes métodos, na sequência será discutida a precisão das coordenadas topográficas encontradas e por último a acurácia das mesmas. Os resultados de todos os pontos para o método de redes (Triangulação e Trilateração) conforme mostra Figura 7

Figura 7 – Representação geométrica no campo do levantamento na área experimental da UNIPAMPA



**Fonte:** Software AutoCad Civil 3D, Ribeiro (2019).  
**Elaboração:** Afonso, M.G. (2023).

##### 4.1 Coordenadas topográficas obtidas pelo Método da Triangulação

Para analisar a qualidade das coordenadas obtidas pelos métodos de redes topográficas de triangulação e trilateração foi planejada e executado o levantamento de uma pequena rede, que simula a viabilidade na aplicação do método na definição

de limites de parcelas territoriais urbanas ou para apoiar um projeto de construção, formado por um triângulo.

Esse método tem seu funcionamento baseado na construção de triângulos, onde é preciso conhecer a medida de um dos seus lados, e dois ângulos adjacentes. A representação posicional do vértice topográfico é definido pela interseção das direções determinadas pelos dois ângulos formados (IFSC, 2020).

Para que a condição fosse satisfeita, foram escolhidos dois vértices, nesse caso a linha base foi definida do VT8 (ponto de estação) e VT7 (ponto de Ré) com distância entre eles conhecidas e sua orientação. Vale destacar que a distância entre eles está proporcional ao tamanho da área, a finalidade é obter uma boa condição de interseção nas direções dos vértices. O sentido do caminhamento foi anti-horário para obter os ângulos internos do triângulo.

Todos os dados medidos em campo foram anotados na caderneta de campo, conforme mostrado na tabela 2, onde se encontra a distância da linha-base e os ângulos medidos em relação a base e as medidas de controle, a figura 8 representa a geometria.

Tabela 2: Caderneta dos ângulos medidos em campo

Linha base		Distância	95,6887	
VT8	VT7	Azimute	123°28'25,78"	
Estação	Ré	Vante	Ângulo	Distâncias calculadas
VT8	VT7	VT6	18°17'53,57"	d <sub>7-8</sub>
VT6	VT8	VT6	146°37'25,35"	d <sub>8-8</sub>
				202,3631

**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Figura 8 – Representação geométrica com distâncias calculadas



**Fonte:** Software AutoCad Civil 3D, dados do levantamento  
 Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

O termo “cadeia” é frequentemente usado para se referir à rede Triangulação, pois os vértices computados geram uma nova base que por sua vez calcula novos vértices e assim por diante, cobrindo grandes áreas. Cálculo simples usando foi a lei dos senos para definir outros lados.

A tabela 3 representa, a transformação para o sistema de coordenadas Plano Topográfico Local, realizada no próprio software, foram necessário informar as coordenadas geodésicas (Latitude e Longitude) e a altitude média (h) da origem do plano Topográfico Local, o Hemisfério e o Datum em que as coordenadas de origem estão representadas e os termos constantes que serão adicionados às coordenadas plano-retangulares.

Tabela 3: Transformação das coordenadas UTM em PTL

Vértices	Planas UTM		Plano Topográfico Local	
	Coord. N(Y)	*Coord. E(X)	*Coord. E(X)	*Coord. N(Y)
VT06	6774594,9990	543468,0200	149999,9998	250000,0000
VT07	6774595,1956	543352,5313	149884,4664	249999,7576
VT08	6774647,9733	543272,7137	149804,4171	250052,2519

**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
 Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Os vértices VT8 E VT7 foram utilizados como referência para este levantamento. O software TopoGRAPH foi aplicado para, obter a média das

coordenadas resultantes, os cálculos das coordenadas planas retangulares UTM em SIRGAS 2000, assim como a transformação em PTL.

Tabela 4: Resíduo das coordenadas dos vértices

Vértices	MONOGRAFIA		CALCULADAS		RESÍDUO CALCULADO	
	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	*Coord. E(X)	*Coord. N(Y)	Coord. E(X)	Coord. N(X)
VT06	150000,0000	250000,0000	150000,0000	250000,0000	0,0000	0,0000
VT07	149884,472	249999,7540	149884,4664	249999,7576	0,0040	0,0025
VT08	149804,419	250052,256	149804,4177	250052,2519	0,0009	0,0029

**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.

Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Analisando os resultados gerados a partir do processamento dos dados, através da aplicação do método da triangulação, percebe-se uma discrepância nas coordenadas do VT07 de 0,0056 em E(X) e -0,0036 em N(Y), e para VT08 de 0,0013 em E(X) e 0,0041 em N(Y). Porém, os valores são inferiores a 5 cm, o que torna viável a aplicação desse métodos na definição de limites de parcelas territoriais urbanas.

Em levantamentos cadastrais urbanos, por exemplo nem sempre é possível visualizar pontos de limites de parcelas urbanas, a partir de mais de dois pontos com coordenadas conhecidas, principalmente, tratando-se de quadras cadastrais edificadas.

Eis que a poligonal objeto de estudo desse trabalho visa aplicação na regularização fundiária podendo ser aplicada tanto na rural quanto no urbano, com foco na possibilidade de medir os pontos limites apenas, a partir de dois pontos com coordenadas conhecidas.

As observações realizadas neste trabalho, partiram de dois pontos com coordenadas conhecidas, e não obteve tanta inconsistência nas observações, por este motivo não foi realizado o ajustamento das observações.

#### 4.2 Coordenadas topográfica obtidas pelo Método da Trilateração

Segundo Warh (1996), a evolução dos medidores eletrônicos de distância, fez com que o método da trilateração tivesse mais acurácia que triangulação, como por exemplo as estações totais, que satisfaz a precisão aceitável para a execução levantamentos planimétricos (Ghilani e Wolf, 2012).

A trilateração é um processo que lembra a triangulação, também envolve formação de figuras geométricas reduzindo a triângulos, diferente da triangulação que mede ângulos, na trilateração são medidas as distâncias (Neves, R., 2008).

Portanto, o método aplicado foi por meio de um triângulo com um dos lados chamado de linha-base tendo os dados conhecidos, os alinhamentos foram controlados com a estação VT08, a figura geométrica é formada pelos vértices VT06, VT07 e VT08, nesse método de triângulo único, os vértices foram locados por interseção linear<sup>5</sup> com estações VT08 e Ré em VT07, respectivamente com centragem forçada.

Nesse método o mais comum de se utilizar é a trena de fita, mas qualquer equipamento que meça distância pode ser utilizado, como trena a laser e estação total. Para essa técnica os procedimentos de campo se deram de forma manual, ou seja, apesar de ter utilizado estação total para medir as distâncias

As anotações de campo foram realizadas de duas formas, elaborado um croqui e anotado em caderneta de campo, a figura 9 representa a geometria, a partir de dois pontos com coordenadas conhecidas e foi medido mais um ponto. Os pontos foram medidos com a estação total operando na função de medição com prisma, instalados em marco de centragem forçada, caminhamento sentido anti-horário.

Figura 9 – Representação geométrica no campo do levantamento na área experimental da UNIPAMPA



**Fonte:** Software AutoCad Civil 3D, dados do levantamento  
 Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

5 Interseção linear: Determinação de coordenadas, por meio da observação das distâncias do ponto de interesse a dois vértices de coordenadas conhecidas (INCRA, 2013).

As anotações na caderneta de campo seguiu uma padronização na sequência de medição em campo, adotando o padrão técnico, posicionando sobre alinhamento olhando para o ponto, conforme mostra a tabela 5, trazendo os dados medidos.

Tabela 5: Caderneta de Campo

Ponto Medido	Descrição	Ponto à esquerda		Ponto à direita	
		Ponto	Distância	Ponto	Distância
VT06	MARCO	VT08	202,4186	VT07	115,5322

**Fonte:** IFSC, 2020, dados do levantamento.  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Os procedimentos em campo, inicialmente elaborou-se o croqui dos vértices de interesse, o alinhamento dos vértices com coordenadas conhecida, observou-se o vértice a ser medido, para identificar qual estava a direita, esquerda e o sentido do caminhamento. Anotou-se na caderneta o vértice a ser medido, medindo ambos lados.

Procedimento dos cálculos, como o triângulo partiu de dois vértices com coordenadas e linha-base conhecidas, as distâncias para o vértice a ser medido foram realizadas com estação total, com as três distâncias, utilizou o AutoCad para medir os azimutes dos vértices, assim como o ângulo interno do vértice a direita, ou seja, o ângulo irradiado. Importante lembrar o ângulo irradiado pode ser calculado usando a lei dos cossenos (Item 2.a, anexo), além disso o ângulo irradiado, calculado define o azimute do vértice a direita para o vértice medido. Porém, este trabalho os dados foram descarregados, assim como processados no software Topograph, e o próprio software calculou as coordenadas do VT06, conforme apresentado nas tabelas 6 e 7, a figura 10 representa a geometria.

Tabela 6: Transformação das coordenadas UTM em PTL

Vértices	Planas UTM		Plano Topográfico Local	
	Coord. N(Y)	*Coord. E(X)	*Coord. E(X)	*Coord. N(Y)
VT06	6774594,968	543468,069	150000,0489	249999,9690
VT07	6774595,192	543352,538	149884,4689	249999,7540
VT08	6774647,978	543272,715	149804,4190	250052,2567

**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Figura 7: Resíduo das coordenadas dos vértices

Vértices	MONOGRAFIA		CALCULADAS		RESÍDUO CALCULADO	
	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	*Coord. E(X)	*Coord. N(Y)	Coord E(X)	Coord N(X)
VT06	150000,0000	250000,0000	150000,0489	249999,9690	0,0346	0,0219
VT07	149884,472	249999,7540	149884,4689	249999,7540	0,0022	0,0000
VT08	149804,419	250052,256	149804,4190	250052,2567	0,0000	0,0005

**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

Figura 10 – Representação geométrica com distâncias calculadas



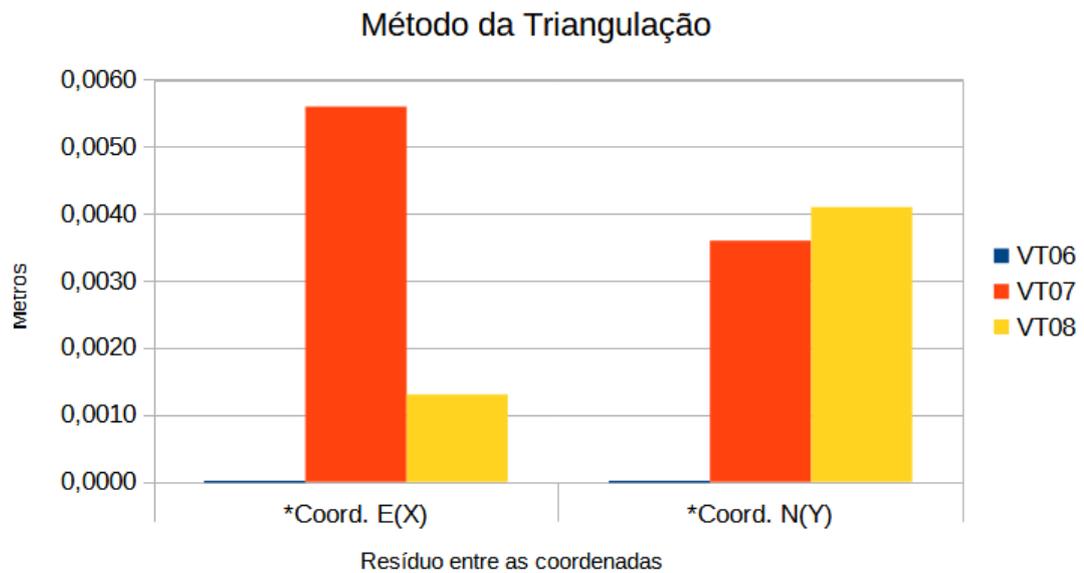
**Fonte:** Software AutoCad Civil 3D, dados do levantamento  
Elaboração: Afonso, M.G. (2023).

A ideia de utilizar essa técnica foi exatamente para complemento do levantamento apoiado no SGB, com aplicação na regularização fundiária, no Cadastro Urbano, por se tratar de uma forma rápida utilizada em poucos pontos. No entanto, vale lembrar que a precisão depende da qualidade da medição das distâncias, por este motivo foi necessário utilizar todos os cuidados e precauções para medições de distâncias, fazendo o possível para não comprometer a qualidade das coordenadas afim, de chegar a poucos centímetros.

Com base nos resultados obtidos nesse método trilateração, os resultados foram compatíveis com o método da triangulação. Esses testes demonstraram resultados compatíveis, de modo que se pode observar diferenças para os vértices inferiores a 5 cm nas coordenadas planimétricas. A partir dos resultados, consegue-se mostrar que os métodos apresentados se mostraram tão eficiente quanto os métodos realizados com equipamento GNSS.

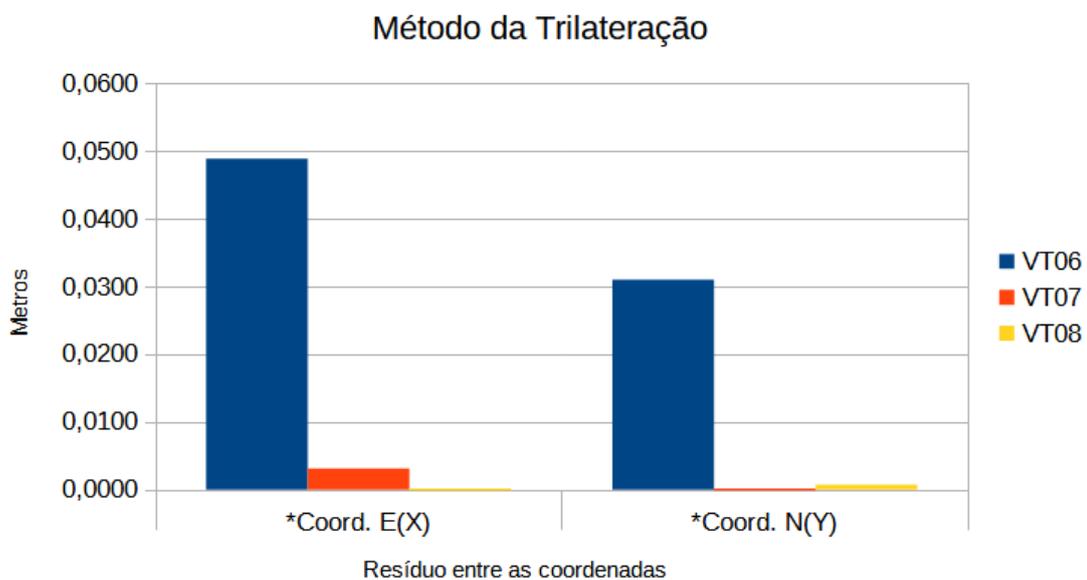
Os gráficos abaixo (Figuras 11 e 12) trazem resumidamente os desvios encontrados nas coordenadas, os resíduos planimétricos encontrada nos dois métodos desenvolvidos, entre os resultados da monografia de marco geodésico da Universidade Federal do Pampa, e os resultados obtidos nos dois levantamentos realizados nesse trabalho final (ANEXO 4, complementa os dados abaixo).

Figura 11: Gráfico 1 – Valores resultantes nas coordenadas, resíduos planimétricas.



**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
**Elaboração:** Afonso, M.G. (2023).

Figura 12: Gráfico 2 – Valores resultantes nas coordenadas, resíduos planimétricas



**Fonte:** Software Excel, dados do levantamento.  
**Elaboração:** Afonso, M.G. (2023).

Com base nos dados dos gráficos, percebe-se os resíduos nas coordenadas, em relação a monografia, as maiores discrepâncias encontradas nos valores planimétrico foram no método da trilateração, maior que os resíduos encontrados nos valores do método da triangulação.

Seguindo o conceito de, acurácia, os métodos da triangulação e trilateração obtiveram melhor acurácia nos resultados, devido terem chegado mais perto dos valores verdadeiro, uma vez que medições e observações estão sempre sujeitas a erros.

Portanto, essas foram as técnicas e formas para obter as coordenadas dos vértices para os três métodos e feita a comparação entre elas. Salientando, que esse trabalho visou verificar a qualidade das coordenadas em relação a precisão posicional das coordenadas planimétricas baseado nos desvio advindas entre os diferentes métodos e a possibilidade de aplicação na regularização fundiária, mais especificamente cadastro técnico imobiliário.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os métodos de levantamento citados, obtiveram acurácias compatíveis com as previstas para cada tipo de método de levantamento. De modo geral, os levantamentos apresentaram coordenadas com pouquíssima discrepância entre os dados da monografia.

Porém, o método da triangulação com dois ângulos conhecidos, obteve menores desvios posicionais comparado com o método da trilateração. Também foi possível observar que a utilização de marcos de centragem forçada tem influência na acurácia dos resultados obtidos.

Para uma melhor verificação da influência da centragem forçada na qualidade das coordenadas sugere-se a utilização do método da poligonação, muito usado em levantamentos topográficos convencionais, com uso da estação total.

Este trabalho permitiu o melhor entendimento das acurácias das coordenadas e desvio posicional entre os métodos e as diferentes técnicas. Propõe-se estudos mais aprofundados para quantificar a propagação de erros pelos diferentes métodos.

Com isso, conclui-se que os objetivos foram alcançados nesses dois métodos, e ambos podem ser utilizados para fins cadastrais e de gestão territorial, aplicados na regularização fundiária.

## REFERÊNCIAS

ALFONSIN, Betânia de Moraes - **Direito à Moradia - Instrumentos e experiências de regularização fundiária nas cidades brasileiras**, Rio de Janeiro, IPPUR/FASE, 1997.

ALMEIDA, H. R. R. C. 2010. **UTM**. Universidade Federal de Alagoas. Notas de aula.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133**: Normas Técnicas para a Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 2º edição 2021.

ABNT. **NBR-14.465**. Execução de Levantamento Planimétrico e Cadastral de Imóvel. 2001.

ABNT: **NBR 14166** – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento. Rio de Janeiro, 2º edição 2022.

ATUALIZADAS AS ESPECIFICAÇÕES E NORMAS PARA LEVATAMENTOS GEODÉSICOS, TÉCNICAS GNSS – ASSOCIADOS AO SISEMA GEODÉSICO BRASILEIRO. **Revista A Mira – Agrimensura e Registros Públicos**; Criciúma – SC, n. 183, 2018.

BACELAR, Pedro. **Cartilha de Regularização Fundiária Urbana**. Disponível em: Manual-Reurb.pdf (tjba.jus.br). Acesso em: 20 Janeiro 2023.

BRASIL. Dispõe sobre a Regularização Fundiária rural e Urbana. **Lei 13.465 de julho de 2017**. Brasília, 2017.

BRASIL. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Lei 10.257 de julho de 2001**. Brasília, 2001.

CARVALHO, R. de B.; DE MELO, P. L. da S.; BAHIA, J. G.; BARBOSA, L. G. Análise da qualidade geométrica interna de uma poligonal enquadrada utilizando o modelo de ajustamento paramétrico injuncionado e o ajustamento livre. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 70, n. 2, p. 629–664, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n2-45401. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/45401>. Acesso em: 9 jun. 2023.

GAMA, L. F.; SEIXAS, A. de; SOUZA, A. M. B. de. Implantação e Análise de Estruturas Geodésicas Planimétricas obtidas por GPS e Estação Total: Aplicações em Levantamentos Cadastrais Urbanos. **Revista Brasileira de Cartografia**, N°64/2, p.227-247. Disponível em: [pdf] implantação e análise dtotal: aplicações em levantamentos cadastrais urbanos | semantic scholar. e estruturas geodésicas planimétricas obtidas por gps e estação. Acesso: 15 de Novembro de 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Condições de vida, desigualdade e pobreza**. 2021. Disponível em: Condições de vida, desigualdade e pobreza | IBGE. Acesso em: 09 Janeiro 2023.

IBGE, Setores Censitários. **Base de faces de logradouros versão 2021**. Recortes para fins estatísticos. Disponível em: [https://geofp.ibge.gov.br/recortes\\_para\\_fins\\_estatisticos/malha\\_de\\_setores\\_censitarios/censo\\_2010/base\\_de\\_faces\\_de\\_logradouros\\_versao\\_2021/](https://geofp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/censo_2010/base_de_faces_de_logradouros_versao_2021/). Acesso em: 09 de Janeiro de 2023.

IFSC, Série: Topografia e Agrimensura para Cursos Técnicos. **LEVANTAMENTO DE DETALHES**. Florianópolis, 2018. Disponível em: [http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2018/07/levantamento\\_de\\_detalhes.pdf](http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2018/07/levantamento_de_detalhes.pdf). Acesso em: 10 de maio de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/noticias/incra-lanca-2a-edicao-do-manual-para-georreferenciamento-de-imoveis-rurais>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

MACEDO, Paola. Capítulo 10. Conceito de Núcleo Urbano Informal In: MACEDO, Paola. **Regularização Fundiária Urbana e Seus Mecanismos de Titulação de Ocupantes**. São Paulo (SP): Editora Revista dos Tribunais. 2020. Disponível em: <https://thomsonreuters.jusbrasil.com.br/doutrina/1198076135/regularizacao-fundiaria-urbana-e-seus-mecanismos-de-titulacao-de-ocupantes>. Acesso em: 30 de Dezembro de 2022.

MELO, W. D. A.; Souza, A. N.; Silva, D. C. 2012. **Utilização do programa ADJUST© em ajustamento de triangulações e trilaterações**, In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife: UFPE, p. 1-10.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Manual de Instruções: Apoio à regularização fundiária em áreas urbanas**. Brasília, 2013. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/secretaria-nacional-de-habitacao/manual\\_acao\\_8866.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/secretaria-nacional-de-habitacao/manual_acao_8866.pdf). Acesso em: 13 de Junho de 2023.

MCCORMAC, J. C. **Topografia**. Tradução de Daniel Carneiro da Silva; revisão técnica Daniel Rodrigues dos Santos, Douglas Corbari Corrêa, Felipe Coutinho Ferreira da Silva. 5. ed. reimpr. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 391 p.

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

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: [https://celebrating200years.noaa.gov/magazine/tct/tct\\_side1.html#:~:text=To%20surveyors%2C%20%E2%80%9Caccuracy%E2%80%9D%20refers,duplicating%20measured%20or%20observed%20values](https://celebrating200years.noaa.gov/magazine/tct/tct_side1.html#:~:text=To%20surveyors%2C%20%E2%80%9Caccuracy%E2%80%9D%20refers,duplicating%20measured%20or%20observed%20values). Acesso em: 12 de Junho de 2023.

SIGEF, Sistema de Gestão Fundiária. Manual Técnico de Posicionamento – Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Disponível em: manual\_tecnico\_posicionamento\_1ed.pdf (incra.gov.br). Acesso em: 22 de Janeiro de 2023.

Silva, I. 2012. Curso de Geomática: **UTM**. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Notas de aula. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/JamessonCavalcanteSampaio/aula-utm-irineu2012>>. Acesso em: 10 de Junho de 2023.

SILVA, I.; SEGANTINE, C. L. **Topografia para Engenharia: Teoria e prática de Geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SOUZA, A. do N.; GÁRNES, S. J. dos.; MARQUES, H. A. Avaliação do posicionamento GNSS obtido pelos métodos cinemático RTK/NTRIP e PPP em tempo real. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº66/5, p.1117-1133. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332411095\\_Revista\\_Brasileira\\_de\\_Cartografi\\_a\\_2015\\_N\\_0\\_672\\_411-433\\_Sociedade\\_Brasileira\\_de\\_Cartografi\\_a\\_Geodesia\\_Fotogrametria\\_e\\_Sensoriamento\\_Remoto\\_CONTROLE\\_DE\\_QUALIDADE\\_DE\\_LEVANTAMENTOS\\_CADASTRAIS\\_PARA\\_A\\_HOMO](https://www.researchgate.net/publication/332411095_Revista_Brasileira_de_Cartografi_a_2015_N_0_672_411-433_Sociedade_Brasileira_de_Cartografi_a_Geodesia_Fotogrametria_e_Sensoriamento_Remoto_CONTROLE_DE_QUALIDADE_DE_LEVANTAMENTOS_CADASTRAIS_PARA_A_HOMO) Acesso: 20 de Janeiro de 2023.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. Paraná: UFPR, 2007 (Apostila)

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

## ANEXO

### 1. Resultados dos levantamentos, ambos métodos

N° Vértices: 3	Linhas: 32
Erro Angular	
Permitido: +/- 0°00'0,03"	Obtido: 0°00'0,018"
Parciais X	Parciais Y
Total (E+): 0,0013	Total (N+): 192,193
Total (W-): -93,66	Total (S-): -90,8985
Delta (X): -93,6588	Delta (Y): 101,2945
Erro Linear (m)	
Absoluto: 137,9585	Erro Altimétrico (m)
/Mil: 449,3596	-0,7775
Relativo: 1/ 2,2254	Perímetro (m)
	413,7047
Área da Poligonal base (m²): 3043,791	

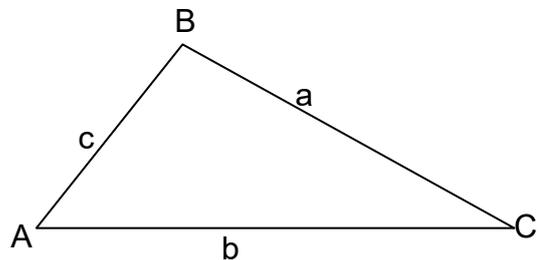
**Fonte:** Software TOPOGRAPH 98 SE, dados do levantamento

**Elaboração:** Silveira, Leonard, 2020.

### 2. Lei dos senos

$$a = \frac{c \cdot \text{sen}A}{\text{sen}(180^\circ - A + B)}$$

$$b = \frac{c \cdot \text{sen}B}{\text{sen}(180^\circ - A + B)}$$



### 3. Interseção Linear

a) Cálculo do azimute e distância a direita para o ponto a esquerda

Lei dos cossenos

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos\hat{A}$$

4. Representação geométrica dos resíduos planimétricos, comparando os dados da monografia, com os dados calculados dos dois métodos Triangulação e Trilateração

