

ANÁLISE DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS DE ÚLTIMA GERAÇÃO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ENGENHARIA

Susanny Vieira da Silva (IC) e Magda Aparecida Salgueiro Duro (Orientadora).
Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

Este artigo destaca a importância da topografia por meio da análise da evolução tecnológica dos equipamentos disponíveis na Universidade Presbiteriana Mackenzie - UPM, com o objetivo de identificar os recursos existentes e analisar a acurácia desses aparelhos, propondo novas aplicações e estudos no ambiente acadêmico e disponibilizando materiais didáticos a serem usados principalmente na disciplina Topografia Campo. No desenvolvimento do projeto foram feitos levantamentos em campo com os equipamentos em diferentes locais da UPM. A Estação Total foi o equipamento mais completo utilizado e ele apresentou melhor precisão e facilidade de uso. O GNSS topográfico destaca-se por ser uma nova tecnologia, porém a qualidade dos dados coletados na UPM foi limitada devido a obstrução de sinal dos prédios no local levantado. Como sugestões de atividades para a disciplina Topografia Campo destacam-se realizar projetos de locação, poligonação ou irradiação com uso integrado da Estação Total e receptor GNSS e o ajuste dos pontos de interesse coletados pelo GNSS por meio de ferramentas de processamento de dados. Apesar das novas tecnologias serem mais utilizadas, ainda apresentam algumas restrições tecnológicas e é de fundamental importância que os alunos aprendam a fazer levantamentos com os aparelhos mais básicos, sem muito recursos tecnológicos, pois além de entender o processo de evolução dos equipamentos, eles exigem que os alunos apliquem a teoria aprendida em sala de aula. O processo tecnológico busca trazer maior precisão, mas é necessário o aprendizado do conhecimento teórico, dessa maneira tornasse possível a percepção dos levantamentos realizados.

Palavras-chave: Topografia, Equipamentos Topográficos, Geomática.

ABSTRACT

This article highlights the importance of topography through the analysis of the technological evolution of equipment available at Universidade Presbiteriana Mackenzie - UPM, with the objective of identifying the existing resources and analyzing the accuracy of these devices, proposing new applications and studies in the academic environment and providing materials to be used mainly in the Field Topography course. In the development of the project, field surveys were carried out with the equipment in different UPM locations. The Total Station

was the most complete equipment used and it presented better accuracy and ease of use. Topographic GNSS stands out as a new technology, but the quality of the data collected in the UPM was limited due to obstruction of signal of the buildings in the raised site. As suggestions for activities for the Field Topography discipline, it is important to carry out lease, polygon or irradiation projects with integrated use of the Total Station and GNSS receiver and the adjustment of points of interest collected by GNSS through data processing tools. Although the new technologies are more used, they still present some technological restrictions and it is of fundamental importance that the students learn to do surveys with the most basic devices, without much technological resources, because besides understanding the evolution process of the equipment, they require that students apply the theory learned in the classroom. The technological process seeks to bring greater precision, but it is necessary to learn theoretical knowledge, in this way make possible the perception of the surveys performed.

Keywords: Topography, Topographical Equipment, Geomatics.

1. INTRODUÇÃO

A topografia (do grego, *topos* significa lugar ou região e *graphein* quer dizer descrever) é a ciência que se ocupa na descrição da superfície de alguma região. Segundo BORGES (2013, p.1), “Ela permite a representação, em planta, dos limites de uma propriedade, dos detalhes que estão em seu interior (cercas, construções, campos cultivados e benfeitorias em geral, córregos, vales, espigões, etc.)”.

Em seu sentido mais amplo, essa ciência tem como objetivo efetuar um levantamento que resulte em uma representação gráfica da superfície do terreno, conhecido por planta topográfica (LOCH; CORDINI, 2000). Para representar as informações de um terreno em gráficos e mapas é necessário coletar medidas de distâncias e ângulos obtidas com a ajuda de equipamentos e métodos topográficos, desse modo é possível calcular coordenadas, distâncias, áreas, volumes, cotas, curvas de nível, entre outros. É importante ressaltar que as dimensões dessa representação sejam mantidas em uma relação constante (escala) com as dimensões do terreno, de modo que se preserve todas as características do local estudado (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

A topografia tem sido importante desde o princípio da civilização, inicialmente ela era utilizada para medição e marcação de limites de propriedades, mas ao decorrer dos anos, com a crescente demanda de informações espaciais e da necessidade de linhas e graus mais precisos para servirem de orientações de construção, essa ciência foi cada vez mais valorizada (GHILANI; WOLF, 2013). Na Engenharia Civil, a topografia é aplicada em diferentes situações, seja na construção de estradas, barragens, pontes, em projetos de terraplanagem, locação, entre outros. Infelizmente, há muitos casos que a topografia é mal aplicada ou não tem sua devida importância considerada antes e durante a execução de um projeto, a consequência disso pode ir muito além de um prejuízo financeiro, podendo gerar acidentes e fortes impactos ambientais (BORGES, 2013).

Em razão dos problemas ocasionados pela falta ou aplicação incorreta da topografia, os erros no levantamento topográfico devem ser minimizados e devem estar dentro dos limites aceitáveis, por isso a tecnologia tem sido um fator importante na topografia. Hoje em dia, há modernas ferramentas terrestres, aéreas e até por satélites que ajudam na busca pela melhor acurácia e otimização no processo com performances indiscutíveis. Assim, o topógrafo e os profissionais da área devem estar sempre atentos às novidades, tais como, aparelhos de medição e estar em constante atualização com os softwares de processamento e manipulação de dados (LOCH; CORDINI, 2000).

1.1. Objetivos

O principal objetivo deste projeto de iniciação científica é realizar um estudo comparativo de equipamentos topográficos, detalhando os recursos disponíveis nestes

equipamentos e gerando material didático para que alunos e professores consigam utilizá-los em atividades na universidade, como aulas e projetos de pesquisa.

Os objetivos específicos são:

- identificar quais são os recursos existentes nos modernos aparelhos topográficos que ainda não são aplicados no meio acadêmico;
- levantar algumas características, como precisão e a facilidade de uso, de equipamentos utilizados para levantamento planimétrico como Teodolito Mecânico, Teodolito Eletrônico, Estação Total e outros;
- efetuar estudo comparativo de equipamentos utilizados para nivelamento geométrico como Nível Ótico e Nível Digital (código de barra);
- analisar a acurácia de um Sistema de Navegação por Satélite (do inglês, *Global Navigation Satellite System - GNSS*) no georreferenciamento de pontos, comparando com os métodos e equipamentos tradicionais e determinando em qual atividades da Engenharia o mesmo pode ser utilizado;
- identificar os principais métodos de levantamentos de dados topográficos ensinados nas disciplinas Topografia I e II e verificar a melhor forma de aplica-los nos equipamentos estudados;
- gerar material didático (tutoriais) dos aparelhos estudados de forma que qualquer pessoa tenha acesso e não tenha dificuldades em realizar as funções oferecidas pelos mesmos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Divisão da topografia

Como forma de facilitar e organizar melhor o seu estudo, a topografia está interligada a outras ciências e técnicas que alguns autores consideram como sua forma de divisão básica: a topometria e a topologia (LOCH; CORDINI, 2000).

A topometria tem por objetivo de estudo as medições das grandezas angulares (ângulos) e lineares (distâncias e diferença de nível). Essa divisão da topografia também pode ser subdividida no estudo da planimetria e altimetria. A planimetria é responsável pela determinação de coordenadas planas através das medições de distâncias e ângulos no plano horizontal, enquanto na altimetria, os levantamentos são através do plano vertical e utilizam da técnica do nivelamento para conseguir diferenças de níveis e ângulos verticais. Para realizar as suas medições a topometria depende de técnicas da taqueometria e da fotogrametria (LOCH; CORDINI, 2000).

A taqueometria é responsável por levantamentos planialtimétricos, ou seja, efetuar conjuntamente medidas em plano horizontal e vertical. A fotogrametria, como o próprio

nome sugere, utiliza-se de fotografias ou imagens digitais para estudar formas, dimensões e posições do objeto no espaço. Ela pode ser dividida em fotogrametria terrestre (fotografias tomadas em pontos sobre a própria superfície física do terreno) e na aerofotogrametria que são imagens obtidas através de sensores aerotransportados (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Por fim, tem-se a topologia que interpreta os dados obtidos através da topometria e estuda a forma exterior da terra, o relevo. em topografia o relevo de uma planta é representado graficamente pelo perfil em corte vertical do terreno (LOCH; CORDINI, 2000). Essa representação pode ser feita através de curvas de nível, que é a sequência de pontos com mesmo valor altimétrico (SILVA; SEGANTINE, 2015).

2.2. Geomática

O termo geomática surgiu a partir da necessidade, proposta pelo meio acadêmico, de abranger áreas que antes eram identificadas como topografia ou agrimensura, mas que a partir dos avanços científicos, tecnológicos e metodológicos teve suas características práticas e teóricas mudadas (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Hoje em dia, o profissional da área para fazer levantamentos não depende de métodos exclusivamente terrestres como a trena e teodolitos, ou desenhar mapas e gráficos por meio de trabalhosos processos manuais, pois ele tem disponível ferramentas modernas para medir ângulos e distâncias de forma automática e computadores capazes de processar os dados coletados e produzir os relatórios necessários de modo instantâneo. Exemplo disso é a utilização de varreduras a laser para o mapeamento e coleta de informações e o uso de satélites para informações em tempo real (GHILANI; WOLF, 2013).

Além da topografia, a geomática integra o estudo de diversas disciplinas, como: geodesia, cartografia, fotogrametria, sensoriamento remoto, hidrografia, sistema de informação geográfica, sistemas de posicionamento global por satélites, entre outros (SILVA; SEGANTINE, 2015).

2.3. Instrumentos e Ferramentas de medição topográficos

Os equipamentos ou instrumentos de medição topográficos são as ferramentas metodológicas utilizadas para realizar um levantamento de modo que se garanta a acurácia necessária de um projeto. É importante ressaltar que os equipamentos e técnicas topográficas existem desde as antigas civilizações para delimitações de propriedades, construções de obras e nos primeiros mapas (GHILANI; WOLF, 2013). Com a era eletrônica, que os equipamentos topográficos também se modernizaram e se tornaram mais práticos e precisos, influenciando na qualidade e no custo final de um levantamento topográfico, destacam-se a invenção do Teodolito, Níveis, o GPS e a Estação total.

2.3.1. Acessórios utilizados para auxiliar os equipamentos topográficos

Antes de descrever os principais equipamentos topográficos, é importante ressaltar alguns dos acessórios que auxiliam esses equipamentos na obtenção de dados: o tripé é um suporte com três pernas e uma base para acoplar o equipamento de medição; a mira topográfica é uma espécie de régua de 4 metros de altura graduada em centímetros utilizada na obtenção dos desníveis do terreno; e a baliza que é uma haste de ferro de 2 metros pintada com cores contrastantes geralmente em intervalos de branco com vermelho de $\frac{1}{2}$ em $\frac{1}{2}$ metro e serve para manter o alinhamento em medições de ângulos e a bussola para medir rumos e azimutes (ALENCAR, 2009).

2.3.2. Teodolitos

O Teodolito é um dos aparelhos mais utilizados na topografia, ele é um instrumento utilizado em medições de ângulos (horizontais e verticais) e, por taqueometria, distâncias. Para medir um ângulo horizontal, basta posicionar o aparelho de modo que ele fique nivelado e mirar com sua luneta em um ponto (de forma que o ângulo na vertical não tenha alteração) e depois mirar novamente em um segundo ponto para fazer a leitura do ângulo. Há dois modelos de Teodolito: Mecânico e Eletrônico, sendo o segundo o mais utilizado hoje em dia.

No Teodolito Mecânico, sua leitura é externa, obtida de forma manual através de um limbo graduado onde se encontram as divisões angulares do aparelho. Juntamente com este aparelho, utiliza-se uma bússola para leitura de rumos ou azimutes (MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS, 2010). O Teodolito Eletrônico é uma evolução do mecânico e possui o diferencial de realizar as medições de forma automática, com uma precisão muito maior e com leituras mostradas em um visor digital.

2.3.3. Níveis

O Nível serve para medir distâncias verticais ou diferenças de nível. Em geral, este equipamento possui uma luneta para fazer a visada e permitir que a leitura seja efetuada sobre uma mira graduada e o nível de bolha para orientar a linha de visada no plano horizontal (GHILANI; WOLF, 2013).

Um dos modelos mais recente deste equipamento é o nível eletrônico digital, que utiliza uma mira código de barra para leituras automatizadas, ao invés da mira tradicional. Este instrumento apresenta uma leitura digital mais precisa, de forma que após o processamento da imagem do código de barras, o valor do desnível do local é apresentado no visor do aparelho. (GHILANI; WOLF, 2013). Ademais, com o nível digital também é possível medir a distância horizontal do levantamento.

Também é importante mencionar o nível eletrônico a laser que comumente é empregado em ambientes internos. O seu funcionamento consiste na emissão de feixes de laser para estabelecer elevações em projetos de construção com maior precisão e de forma instantânea. (TEODOL EQUIPAMENTOS DE PRECISÃO, 2014).

2.3.4. Estação Total

Figura1 – Estação Total



Fonte: o autor (2017)

A Estação Total (Figura1) é uma evolução de outros equipamentos topográficos como o teodolito e distanciômetro (aparelho de medir distâncias), também combina um instrumento de medição eletrônica de distância - MED e um computador (GHILANI; WOLF, 2013). Este aparelho serve para medir ângulos e distâncias em um levantamento topográfico com uma precisão muito superior aos aparelhos anteriores. Sua composição física é muita parecida com a do teodolito eletrônico e seu funcionamento utiliza um prisma que reflete o feixe de laser emitido pela própria estação total que permite o cálculo de distâncias horizontais e verticais.

Com este aparelho é possível obter informações como: ângulos, distância horizontal, desnível entre os pontos, coordenadas dos pontos ocupados pelo prisma; e ajustar informações como altura do prisma e do instrumento de acordo as necessidades do levantamento e armazenar os dados coletados na sua memória interna (TULER, 2013).

2.3.5. Sistema Global de Navegação por Satélite - GNSS

O *Global Navigation Satellite System* (GNSS) ou Sistema Global de Navegação por Satélite revolucionou o conceito de mapeamento, localização e sincronismo de tempo (DELAZARI, 2005). O termo GNSS é utilizado para indicar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura global.

O GNSS permite a localização geográfica (altitude, longitude e latitude) de um ponto em qualquer parte do mundo através do uso de satélites artificiais. Na topografia, ele pode ser utilizado em trabalhos de levantamento de coordenadas. O GNSS topográfico apresenta

uma precisão da ordem de metros, podendo chegar a centímetros se for feita uma correção de seus dados.

Há diferentes formas de melhorar a acurácia, o mais usual é com a ajuda da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). A RBMC oferece as coordenadas de pontos conhecidos pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o que permite levantamento de dados de lugares de difícil acesso com precisão de alta confiabilidade e qualidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). Os dados coletados pela RBMC são disponibilizados de forma gratuita no site do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE).

2.3.6. Drones

Os drones são instrumentos aéreos que podem ser utilizados em múltiplas funções, como em atividades de recreação, pesquisa ou comércio, e no monitoramento de lugares que não se consegue alcançar com facilidade (GARRET, 2013). Na topografia, os drones são utilizados para realizar levantamentos planialtimétricos e o GNSS é utilizado para determinar as coordenadas de pontos de controle (detalhes do terreno estudado) que serão identificados posteriormente nas imagens aéreas feitas pelos drones para o georreferenciamento das mesmas. No mercado, é cada vez mais crescente a quantidade de drones que suportam a tecnologia GNSS, pois ela é responsável por executar o planejamento de voo, gravar a posição geográfica onde cada imagem foi capturada e processar os dados (SILVA NETO, 2014).

3. METODOLOGIA

A partir do conteúdo aprendido na disciplina de Topografia foi estabelecido como forma de comparar os equipamentos Teodolito Mecânico e Eletrônico, Estação Total e GNSS Topográfico um levantamento de uma poligonal fechada de três pontos. E para o estudo do Nível Ótico e Digital foi feito um nivelamento geométrico com dois pontos de mudança.

3.1. Estudo da Estação Total

Um dos principais objetos de estudo deste artigo é a Estação Total. O modelo do equipamento utilizado é a Estação Total Ruide R2. No desenvolvimento do projeto foram coletados os ângulos e as distâncias horizontais de uma poligonal fechada de três pontos de modo que posteriormente houvesse uma comparação com os outros equipamentos e verificações nos ângulos e distâncias observadas.

Primeiro, foi necessário assegurar que o levantamento fosse feito de maneira correta. É importante destacar que em cada ponto a medição do ângulo simples (horizontal) e dobrado (usado para verificação) foi repetida no mínimo três vezes com o instrumento,

prisma e baliza devidamente nivelados e posicionados. No fim de cada levantamento foram verificados os erros de fechamento angular e linear, de modo verificar se os dados obtidos são confiáveis. Para comparar as medidas angulares foram realizadas medições com o teodolito eletrônico e mecânico e para fazer um comparativo da distância horizontal da estação total foi utilizado o nível digital e a trena.

Um estudo realizado, que ainda não foi trabalhado na disciplina de Topografia Campo, é utilizar um software de topografia com o objetivo de realizar uma locação. A locação ou marcação é a operação inversa do levantamento: os dados do projeto são elaborados no escritório e posteriormente são implementados no terreno (BORGES, 2010).

A partir do estudo do manual de instruções do aparelho e das técnicas e projetos aprendidos na disciplina de Topografia foi estabelecido que recursos disponíveis no equipamento seriam interessantes de aplicar na disciplina de Topografia campo.

3.2. Estudo do GNSS topográfico

O GNSS topográfico (Figura 2) é um aparelho adquirido pela Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM na década de 2010. Ele é composto por dois receptores (base e *rover*) e um coletor de dados. O que diferencia a base do *rover* (ou receptor móvel) é a configuração, pois os aparelhos são idênticos, mas enquanto a base é uma estação de referência e deve se manter fixa em um ponto, o *rover* estará em movimento. O coletor é um aparelho que possui um software específico para realizar todas funções de coleta de dados em levantamentos, locações topográficas, processamento de dados e configurações da base e *rover*.

Por meio de estudos e de um minicurso sobre o modelo disponível, Stonex S800, foram levantados alguns de seus recursos e até realizados testes em diferentes regiões do Campus Higienópolis da UPM com o propósito de conhecer melhor essa tecnologia. Também foi feito um levantamento nos mesmos pontos coletados pela estação total e um pós-processamento de dados utilizando a RBMC.

Figura2 – GNSS topográfico Stonex S800



Fonte: ECOMEXICO (2018)

3.3. Estudo comparativo dos Nível Digital e Ótico

A Universidade possui três tipos de níveis: laser, digital e o ótico que é um modelo mais simples e utiliza a mira convencional para leitura. O estudo foi comparar apenas o nível digital com o modelo ótico, pois as medições foram efetuadas em um ambiente externo e o nível laser disponível não conseguiu realizar leituras. O nível digital também serviu para medir a distância horizontal e comparar com o dado obtido pela Estação Total.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

No desenvolvimento do projeto foram feitas coletas de dados em diferentes locais da UPM. No entanto, foram escolhidos 3 locais para os levantamentos finais de campo: o comparativo dos níveis foi realizado em frente ao prédio 45 e os demais estudos próximos à praça da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU (próxima ao Gabinete de Topografia) e na cobertura do prédio 45, no Centro de Rádio-Astronomia e Astrofísica Mackenzie - CRAAM.

Inicialmente, a proposta era realizar todos os levantamentos no mesmo local. A área escolhida ficava localizada em frente ao Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (prédio 45), pois era uma região no qual haveria a possibilidade de os pontos serem mais distantes entre si. Porém, durante os levantamentos; principalmente da Estação Total, nota-se que cada tentativa de medição de ângulo horizontal entre dois pontos apresentava um valor diferente.

Os erros em medições podem ter diversas causas, como: defeitos internos ou nivelamento nos equipamentos, condições meteorológicas, falhas humanas, entre outras. Em razão disso, descartando a possibilidade de erros de visada ou nivelamento, foram feitas medições na estação total em dias com condições climáticas e horários diferentes, e mesmo assim o erro de levantamento persistia.

Deste modo, foi levantada a hipótese de problemas na própria estação total, por isso foram realizados testes simples para verificar a calibração de medidas em campo do mesmo. Para economizar tempo com o transporte do equipamento, os testes foram realizados em uma região próxima ao prédio onde se encontra a praça da FAU. Nos testes, os erros apresentados eram toleráveis com a precisão do equipamento, de onde se pode concluir que o local dos primeiros levantamentos estava dando interferência de sinal no aparelho.

Porém, apesar do bom levantamento com Estação Total na praça da FAU, o GNSS sofreu obstrução de sinal, possivelmente, devido ser uma região com muitos prédios. Como solução para dar continuidade aos estudos com o GNSS precisou ser feito um levantamento no topo do prédio 45.

4.1. Estação Total

Para o estudo da Estação Total foi estabelecido uma cota inicial do terreno como 100 metros, com objetivo de orientar o levantamento. A altura do Prisma se manteve constante em 1,50 metros e o azimute obtido através da bussola era SW 235°.

O Quadro 1 é uma representação de caderneta de campo simples, na qual foi calculado o desnível e cota de cada ponto da poligonal, de modo a verificar o fechamento linear e angular e servir de orientação na inserção das informações em um software topográfico.

É importante mencionar que para obter os dados apresentados foram feitas várias medições como forma de garantir que os dados fossem confiáveis.

Quadro 1 – Caderneta Estação Total

Estaca	Ponto Visado	Altura do aparelho	Ângulo horizontal	Distância horizontal	Distância vertical	Desnível	Cota
1	3						
		1,414	118°07'10"				100,000
	2			21,160	-0,091	-0,177	
2	1						
		1,420	23°56'15"				99,823
	3			30,353	0,528	0,488	
3	2						
		1,470	37°56'30"				100,271
	1			13,958	-0,243	-0,273	
							99,998

Fonte: o autor (2018)

4.1.1. Verificação do Erro de Fechamento Linear

O erro de fechamento linear de uma poligonal é igual a diferença entre as cotas inicial e final. Desse modo: $100 - 99,998 = 0,002$

Segundo o fabricante, a Estação Total Ruide R2 tem precisão linear com prisma de 2 milímetros. Portanto, o erro de fechamento de 0,002 metros é aceitável.

4.1.2. Verificação do Erro de Fechamento Angular.

A somatória dos ângulos da poligonal obtida é igual a $179^{\circ}59'55''$. Matematicamente, essa soma deve ser igual a $S = 180(n-2)$, sendo n o número de lados da poligonal. Como a poligonal trata-se de um triângulo, a somatória é 180° .

Para este modelo de Estação Total, a precisão angular é de 2 segundos, mas no levantamento ela foi ajustada para 5 segundos, o mesmo adotado nas atividades da disciplina de Topo Campo. Portanto, o erro de fechamento angular de 5 segundos (obtido por meio da diferença entre as somatórias dos ângulos) é aceitável.

4.1.3. Área da poligonal pela fórmula de Heron

A fórmula de Heron calcula a área de um triângulo em função das medidas dos seus três lados (a, b, c).

Sendo:

$$A = \sqrt{p * (p - a) * (p - b) * (p - c)}$$

$$p = \frac{a + b + c}{2}$$

Considerando *a* igual a 21,160m, *b* igual a 30,353m e *c* igual a 13,958m. Deste modo, temos o perímetro igual a 32,736m e área igual a 130,220m².

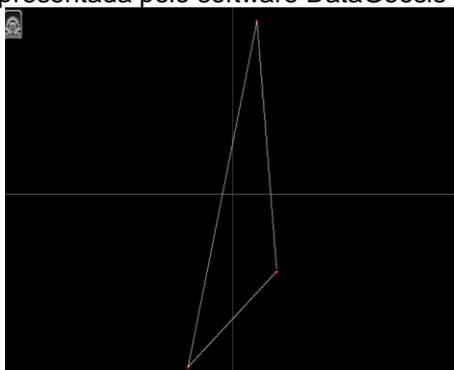
4.1.4. Inserção de dados no software

Após a coleta, os dados foram inseridos no software de topografia DataGeosis de modo analisar a precisão do levantamento e calcular a área da poligonal. A Figura 3 mostra a poligonal apresentada pelo software. Nota-se, que a partir das informações inseridas (ângulos, azimute inicial, desnível) ele desenha e apresenta as correções de ajuste da poligonal, mostrando a tolerância angular e linear permitida para esse determinado levantamento como pode ser observado na Figura 4.

É importante observar que a área apresentada pelo software ficou muito próxima a área calculada manualmente pela fórmula de Heron. A diferença entre as áreas seria ainda menor se não tivesse um erro linear no levantamento, ou se tivesse sido feito um ajustamento manual do mesmo. Ademais, deve-se considerar que o software utiliza mais casas decimais no seu processo de cálculo que influencia no resultado apresentado.

Esse software foi eficaz para o cálculo, apresentou dados confiáveis e resultados com ajustes e tolerâncias de levantamento permitida de forma pratica e rápida. Para este artigo DataGeosis foi utilizado para o cálculo de poligonal topográfica da estação total, mas ele possui diversas funções que poderiam ser trabalhadas no ambiente acadêmico, como em projetos de nivelamento geométrico e geração de curvas de nível, por isso seria interessante um estudo mais detalhado desta ferramenta.

Figura3– Poligonal levantada apresentada pelo software DataGeosis



Fonte: o autor (2018)

Figura4 - Resultado calculado do levantamento apresentado pelo software DataGeosis

Poligonal fechada com controle total.
 Sistema Plano Topográfico Local
 Compensada proporcionalmente às distâncias
 Ângulos compensados
 Cotas compensadas
 Nº de vértices: 3
 Erro angular: -0°00'05" (Tolerância Angular = 0°00'14")
 Erro linear: 0,006 m (Tolerância Linear = 0,2033)
 Delta E(X): -0,005 m
 Delta N(Y): -0,004 m
 Erro altimétrico: 0,038 m
 Precisão relativa linear: 1:10406
 Área sem ajuste: 130,297 m²
 Perímetro sem ajuste: 65,471 m
 Área com ajuste: 130,258 m²
 Perímetro com ajuste: 65,471 m

Fonte: o autor (2018)

4.1.5. Comparativo dos ângulos horizontais medidos pela Estação Total e por outros equipamentos

Depois de realizado o levantamento da poligonal com a Estação Total, foram realizadas pelo menos três medições nos mesmos pontos com o Teodolito Eletrônico e Mecânico, com o objetivo de comparar as medidas dos ângulos horizontais entre os equipamentos.

Como apresentado no Quadro 2, o Teodolito Eletrônico apresentou medidas praticamente iguais ao da Estação Total. O erro angular de 10 segundos é compatível com a precisão do equipamento utilizado.

Já o Teodolito Mecânico apresentou maiores divergências e não foi um equipamento com funcionalidade muito prática, pois é um aparelho mais difícil de ser nivelado. Mesmo com várias tentativas de medições, a sua leitura não é tão precisa, pois é feita manualmente pelo operador, ao invés dos outros dois equipamentos que apresentam os resultados em uma tela. O erro angular do Teodolito Mecânico foi compatível com a precisão do equipamento de 1 segundo.

Quadro 2 -Comparativo dos ângulos horizontais

Estaca	Ponto Visado	Teodolito Mecânico	Teodolito Eletrônico	Estação Total
1	3	118°07'00"	118°07'10"	118°07'10"
	2			
2	1	23°56'00"	23°56'10"	23°56'15"
	3			
3	2	37°57'00"	37°56'30"	37°56'30"
	1			
Erro angular		0°01'00"	0°00'10"	0°00'05"

Fonte: o autor (2018)

4.1.6. Comparativo das distâncias horizontal medidas pela Estação Total e por outros equipamentos

O quadro 3 mostra as distâncias horizontais obtidas de forma eletrônica (Estação Total e Nível Digital com mira código de barras) e manual (utilizando a trena convencional). O Nível Digital tem precisão até os centímetros, enquanto a Estação Total e Trena tem precisão milimétrica.

Inicialmente, a proposta era usar também uma trena a laser, mas após problemas encontradas durante o processo de coleta de dados, tais como a dificuldade de realizar medições devido a claridade do local, não alcance de alguns pontos e tempo gasto, não foi viável utilizar esta ferramenta, que segundo recomendações do fabricante, deve ser usada em medições lineares em ambientes predominantemente internos.

Como observado no Quadro 3, os resultados de levantamento deram bem próximos, o que apresentou maior divergência foi a trena manual. Considerando que foi utilizada uma trena que seu comprimento real seja igual ao nominal, é provável que essa diferença tenha sido devido ao seu alinhamento, marcação incorreta ou erro de leitura, mas dependendo da atividade utilizada, a trena manual é suficiente, principalmente se considerar o seu custo em relação aos outros equipamentos.

Quadro 3 -Comparativo das distâncias horizontais

Estaca	Ponto Visado	Trena	Nível Digital	Estação Total
1	3	13,966	13,960	13,958
	2	21,170	21,160	21,160
2	1	21,170	21,160	21,160
	3	30,348	30,350	30,353

Fonte: o autor (2018)

4.1.7. Locação

Para o projeto de locação foi feito um processamento de dados na própria função locação do software DataGeosis. Assim, após processados, esses dados seriam inseridos na Estação Total através de um cartão de memória SD e iniciar o projeto em campo.

Após os dados prontos para serem inseridos no aparelho ocorreu um problema na exportação dos mesmos, o software não reconhecia o modelo da Estação o que impossibilitou o procedimento de forma direta. Então, foi necessário entrar em contato com a fornecedora do software.

Após o contato com a fornecedora, foi comprovado que realmente a versão do software utilizada estava com um problema de exportação de dados, e que na próxima versão do software, provavelmente seria corrigido este problema. Como não conseguimos a

versão mais atual até a finalização deste artigo, o processo de exportação de dados foi feito de forma manual, que consiste em pegar os dados processados pelo DataGeosis e gerar um arquivo no formato texto e inseri-lo no cartão de memória para que assim, a função locação da Estação Total fosse utilizada.

4.2. GNSS topográfico

O GNSS possui diferentes métodos e técnicas de levantamentos, algumas de suas principais são: Relativo Estático, Relativo Cinemático, Diferencial baseado na Medição da Pseudodistância – DGPS (do inglês, *Differential GPS*) e a Diferencial baseado na Medição da Fase – RTK (INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 2013). Cada técnica possui sua particularidade e acurácia diferente, por isso seria interessante estudo exclusivo da tecnologia GNSS para que o seu uso fosse ambientado em atividades acadêmicas.

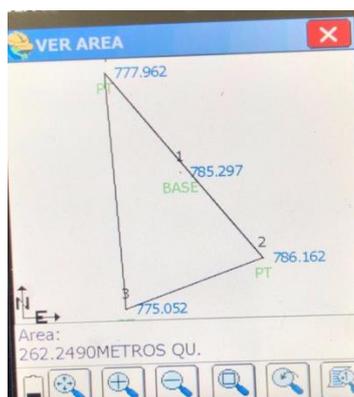
Conforme era feito o estudo do GNSS era perceptível que havia muitos recursos e pontos que não caberia ser discutido neste artigo de iniciação científica por uma questão de tempo e complexidade.

4.2.1. Comparativo com a Estação Total

Neste artigo, a proposta era um comparativo de levantamento de dados de uma mesma poligonal com a Estação Total. A princípio foram feitas tentativas de coleta na praça da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, e mesmo em dias diferentes, com condições climáticas favoráveis, os dados coletados pelo GNSS não foram satisfatórios, uma vez que o aparelho não permitiu determinar de forma precisa o posicionamento do ponto.

A Estação Total, diferentemente do receptor GNSS que tem um referencial geodésico e mede uma superfície curva, apresenta seus pontos em coordenadas cartesianas (mede em superfície plana), então o comparativo entre os aparelhos foi realizado por meio das áreas calculadas pelo próprio GNSS e pelo apresentado pelo software com os dados da Estação Total, entretanto os resultados foram bastante distintos: a área convertida para a superfície plana apresentada pelo GNSS (Figura 5) é de aproximadamente 262,25m², enquanto calculada através de um software topográfico a área da Estação Total sem ajuste é de 130,297m² (Figura 4). Essa diferença pode ser interpretada pela ocorrência de obstrução de sinal e demonstra ser uma limitação dessa tecnologia.

Figura 5 – Área calculado pelo GNSS Topográfico



Fonte: o autor (2018)

Para solucionar esses problemas de levantamento, principalmente em casos que se objetivam definir o limite de um imóvel para fins de georreferenciamento que não permitem falhas de precisão, é necessário a combinação de levantamentos terrestres, usando a Estação Total, por exemplo, integrados com a tecnologia GNSS (MONICO, 2008).

É importante ressaltar, que apesar de problemas com sinal, o receptor GNSS destaca-se da Estação Total em relação a rapidez de uso e praticidade do mesmo, o tempo para a coleta de dados é muito menor do que utilizado com outro equipamento, que demanda em muitos casos de mais de um operador e tem um nivelamento mais trabalhoso. Porém, a Estação Total é mais precisa, pode-se obter resultados em casas decimais milimétricas, enquanto para utilizar a tecnologia GNSS, além da conversão para o mesmo referencial que o outro aparelho, é preciso fazer um processamento e ajustamento de dados para atingir uma precisão mais confiável.

4.2.2. Correção de dados

Como mencionado no comparativo com a Estação Total, não era possível fazer o levantamento com o receptor GNSS na praça da FAU, por isso foi necessário encontrar outro local de estudo que permitisse uma boa captação do sinal de satélites, após testes pelo campus da Universidade, foi definido o topo do prédio 45, onde está localizado o CRAAM, como melhor opção. No CRAAM estava registrando o sinal de 17 a 23 satélites, enquanto na praça do FAU, o número máximo de satélites visíveis eram 6.

Para ajustamento dos dados coletados pelo receptor GNSS foi necessário o posicionamento da base durante um intervalo de tempo para coletar o ponto base. Após a coleta o ajustamento de dados foi feito utilizando as bases "POLI" e "EACH" como referência da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, no qual para ajustamento do ponto de interesse coletado foi feito o processamento no software GNSS *Solutions*.

Antes do processamento de dados, a base tinha altura geométrica de 803,45m e no sistema Universal Transversa de Mercator – UTM, coordenada E (abscissa) igual a 7.394.909,205 e coordenada N (ordenada) igual 331.362,026. Após o processamento no software, a altura geométrica passou a ser igual a 806.982m e a coordenada N 331.362,397 e E 7.394.908,358. Como observado, a mudança foi bastante significativa, na ordem de metros.

4.3. Nível Ótico e Digital

Foram realizados três levantamentos nos mesmos pontos com o Nível Ótico e Digital, sendo a média desses levantamentos apresentados nos Quadros 4 e 5. Analisando as tabelas, nota-se que os resultados das medições, inclusive o erro de levantamento foram aceitáveis, porém analisando o manuseio dos equipamentos, o Nível Digital se destaca, pois além de apresentar um erro de (0,002 m) comparado com o erro de (0,005 m) do Nível Ótico, ele é muito mais prático, uma vez que a leitura aparece diretamente no visor, enquanto no outro nível, o operador precisa estar atento e fazer a leitura correta.

Em um projeto onde há muitos pontos, a leitura eletrônica é a mais recomendada. Pois, além de evitar erros nas medições, ela proporciona uma economia no tempo do processo e redução da equipe, uma vez que é necessário somente uma pessoa para manuseio. Entretanto, em atividades acadêmicas é importante que os alunos vivenciem e aprendam como fazer uma medição através do Nível Ótico.

Quadro 4 - Nível ótico com a mira simples

Estaca	Visada Ré	Altura do Instrumento	Intermediário	Mudança	Cota
RN - 1					100,000
	1,160	101,160			
2			1,90		99,26
3				2,560	99,92
4	1,535	101,455			
5			0,555		100,9
6			0,790		100,665
				0,130	100,005

Fonte: o autor (2018)

Quadro 5 - Nível Digital com a mira código de barras

Estaca	Visada Ré	Altura do Instrumento	Intermediário	Mudança	Cota
RN - 1					100,000
	1,157	101,157			
2			1,901		99,256
3				2,558	99,913
4	1,532	101,445			
5			0,551		100,894
6			0,790		100,655
				0,133	99,998

Fonte: o autor (2018)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os equipamentos e ferramentas tecnológicas são fundamentais no desenvolvimento e aprimoramento dos métodos de coleta e processamento de dados em trabalhos da topografia. Neste trabalho aborda-se os estudos de equipamentos topográficos disponíveis pela Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM, com o objetivo de identificar e analisar os recursos existentes nos aparelhos, propor aplicações para a disciplina Topografia Campo e gerar material didático.

Com exceção do receptor GNSS, que precisou fazer um ajustamento de dados e teve problemas com interferência de sinal, todos os aparelhos apresentaram erros respeitando a precisão oferecida pelos equipamentos. Os aparelhos digitais como Nível Código de Barra, Teodolito Eletrônico e Estação Total se destacaram pela facilidade de uso e acurácia no levantamento.

A Estação Total é o aparelho mais completo em relação a suas funcionalidades e precisão. Deste modo, é interessante que os alunos explorem mais os seus recursos e tecnologias na disciplina de Topografia Campo através da realização de projetos de locação, irradiação, curvas horizontais, medições sem o uso do prisma e o recurso de importar e exportar dados de coletada própria Estação. Uma outra atividade possível é realizar projetos de poligonação ou irradiação, no qual os alunos usariam a Estação Total e o receptor GNSS de forma integrada e poderiam converter os dados dos equipamentos para um mesmo referencial.

Apesar dos problemas apresentados e limitações, o GNSS se destaca como inovação tecnológica. Na topografia, ele pode ser empregado em projetos de mapeamento e levantamento topográficos, locação de obras, georreferenciamento, ente outros. Ademais, dependendo do local de levantamento e do processamento de seus dados, ele consegue superar a Estação Total, principalmente pela sua facilidade de uso.

Todavia, falta compreender suas técnicas e métodos de posicionamento e onde é eficaz aplica-los. por isso é necessário um estudo mais detalhado deste equipamento, pois a dificuldade de manuseio acaba restringindo até mesmo aplicações práticas de conteúdos que poderiam ser trabalhados em sala de aula e futuras pesquisas científicas.

Uma proposta de estudo com o GNSS é fazer processamentos de dados com diferentes intervalos de tempo e utilizando outras redes de referência da RBMC, de modo que se analise se há grandes alterações nas coordenadas do ponto de interesse, respeitando o Manual Técnico de Posicionamento disponibilizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Também seria interessante estudar o que pode interferir no sinal dos equipamentos e encontrar locais na UPM onde os aparelhos

funcionam sem obstrução de sinal, pois como apresentado neste artigo, dependendo do local o levantamento com o GNSS é insuficiente.

O Nível Ótico apresentou uma diferença de erro aceitável em relação ao Nível Digital, e didaticamente ele é mais interessante, pois exige que os alunos aprendam a fazer a leitura na mira graduada. O nivelamento geométrico com o Nível Ótico é uma atividade já empregada em Topografia Campo, como diferencial os alunos poderiam fazer um estudo comparativo de nivelamento e contranivelamento (utilizado para verificar a precisão) com o Nível Digital, que ainda é pouco utilizado.

É importante que além das novas tecnologias, os alunos entendam a evolução destes equipamentos através do manuseio de aparelhos mais antigos, como o teodolito Mecânico, trena manual e Nível Ótico e que façam cálculos, como de ajustamento da poligonal, antes de obterem resultados prontos a partir de softwares. Os alunos até podem, por exemplo, armazenar os dados levantados na própria Estação Total, desde que saibam os cálculos e como anotar em uma caderneta de campo.

Em virtude do que foi mencionado, este artigo teve um valor bastante significativo para a Universidade Presbiteriana Mackenzie, uma vez que foi um dos primeiros estudos na área e foram identificados problemas nos aparelhos disponíveis e que posteriormente deverão ser estudados e resolvidos. Ao longo do desenvolvimento deste artigo, este estudo foi bastante aproveitado em um Projeto Integrador de Geoprocessamento da UPM, no qual os alunos conheceram o receptor GNSS e fizeram levantamentos a partir dos tutoriais gerados.

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Humberto. **Instrumentos e acessórios topográficos**, 2009. Disponível em: <<https://reativarambiental.blogspot.com.br/2015/02/instrumentos-acessorios-topograficos.html>>. Acesso em 24 jun. 2018.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**, v.1, 3. ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2013.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**, v.2, São Paulo, Edgard Blücher, 2010.

DELAZARI, Luciene Stamato. **GNSS muito além do mapeamento**, 2005. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2005/06/30/gnss-muito-alem-do-mapeamento/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

ECOMEXICO, **Sistema GNSS Stonex S800**. Disponível em: <https://www.ecomexico.net/productos/detalle/715>. Acesso em 20 jun. 2018

GARRET, Filipe. **O que é drone e para que serve? Tecnologia invade o espaço aéreo**, 2013. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-sao-e->

para-que-servem-os-drones-tecnologia-invade-o-espaco-aereo.html >. Acesso em: 24 mar. 2018.

GHILANI, Charles D.; WOLF, invadePaul R. **Geomática**, 13. ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**, 1. ed.2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em 09 mar. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS**, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>>. Acesso em 09 mar. 2018.

LOCH, Carlos; CORDINI, Jucilei. **Topografia Contemporânea: Planimetria**, 2. ed. rev. Florianópolis, Editora Ufsc, 2000.

MONICO, João Francisco G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**, 2. ed. São Paulo, Editora Unesp, 2008

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). **Teodolito:Atualidade**, 2010. Disponível em: <http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/teodolito_atualidade.html>. Acesso em 12 fev. 2018.

SILVA NETO, Manoel. **Topografia com Drones: A evolução tecnológica**, 2014. Disponível em: <http://blog.droneng.com.br/author/manoel/>. Acesso em: 27 mar. 2018.

SILVA, Irineu da; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. **Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 412 p. ISBN 9788535277487.

TEODOL EQUIPAMENTOS DE PRECISÃO. **Saiba qual Nível Laser Comprar**, 2014. Disponível em: <<http://nivellaser.blogspot.com.br/>>. Acesso em 24 ago. 2017.

TULER, Marcelo. **Fundamentos de topografia**. 1. Porto Alegre, Bookman, 2013, 1 recurso online ISBN 9788582601204.

VEIGA, Luis A. K.; ZANETTI, Maria A. Z.; FAGGION, Pedro L. **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf. Acesso em: 10 fev. 2018

Contatos:

susanny100@hotmail.com, magda.duro@mackenzie.br