



## Desenvolvimento de software em linguagem C++ para cálculos topográficos

### Software development in C++ language for topographic calculations

Letícia de Jesus Brotti Gaspar<sup>1</sup>, Ana Carolina Paschoal Manosso<sup>2</sup>, Claudinei Rodrigues de Aguiar<sup>3</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um software próprio para a realização de cálculos topográficos, utilizando dados obtidos em campo. Para isso foi utilizado o software C++Builder – Embarcadero para seu desenvolvimento, além de livros sobre topografia. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos topográficos e seus cálculos e, em seguida, foi utilizada a linguagem C++, abordando os cálculos de levantamento topográfico planialtimétrico, obtendo-se assim um programa para desktop. Foram realizados testes para controle e análise de problemas de cálculos e execução. Embora o programa realize os cálculos para apenas o levantamento pelo método de irradiação, o trabalho é voltado, principalmente para aplicações topografia na engenharia a fim de otimizar os trabalhos de campo e escritório. Simples e direto, o programa calcula e entrega os dados prontos e completos, reduzindo o tempo de execução de um projeto topográfico, sendo muito eficiente para utilização em campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** cálculos; software; topografia.

#### ABSTRACT

The objective of this work is the development of a proprietary software for the realization of topographic calculations, using data obtained in the field. For this, the C++Builder – Embarcadero software was used for its development, as well as books on topography. First, a bibliographic research was carried out on the topographic concepts and their calculations, and then the C++ language was used, addressing the calculations of planialtimetric topographic survey, thus obtaining a desktop program. Tests were performed to control and analyze problems of calculations and execution. Although the program performs the calculations for only the survey by the irradiation method, the work is mainly aimed at topography applications in engineering in order to optimize field and office work. Simple and straightforward, the program calculates and delivers the ready and complete data, reducing the execution time of a topographic project, being very efficient for use in the field.

**KEYWORDS:** calculations; software; topography.

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios na área da topografia é a realização de cálculos topográficos, que muitas vezes são extensos e suscetíveis a erros, por isso muitos desses cálculos são realizados por meio de softwares como o Excel. Contudo, para que esses softwares tenham essa finalidade, é necessária uma formatação para que o programa consiga fazer tais operações.

Tendo em vista esse problema, foi desenvolvido um software em linguagem C, exclusivamente para a realização desses cálculos, de forma simples e direta, para facilitar a execução do projeto topográfico mais rapidamente e com menos probabilidade de erro.

<sup>1</sup> Voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: leticiagaspar@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5788341861931086

<sup>2</sup> Voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: anamanosso.@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5070329003174339

<sup>3</sup> Docente no Curso/Departamento/Programa. Nome da Instituição por Extenso, Município, Estado, País. E-mail: rodriguesaguiar@utfpr.edu.br. ID Lattes: 8291654390257535.



Para tal, primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com o intuito de entender melhor o que seria necessário incluir no programa para a realização dos cálculos. Além disso, também foi necessário um estudo mais profundo sobre programação em linguagem C++.

Após esta revisão, iniciou-se o desenvolvimento do software, descrevendo os cálculos e realizando testes para visualização de erros e aprimoramento do código, resultando assim em um programa indicado principalmente para estudantes de topografia e semelhantes.

## METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, revisando os conceitos de topografia e suas equações. O levantamento topográfico consiste em:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumento adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados. NBR 13133 (ABNT, 1991).

Em um levantamento topográfico, primeiramente são determinados pontos de apoio ao levantamento e a partir destes, são levantados os demais pontos que permitem representar a área levantada. Existem três tipos de levantamentos topográficos: planimétrico, altimétrico e o planialtimétrico. Contudo, neste trabalho, foi abordado apenas o levantamento planialtimétrico. Neste levantamento, há a junção dos dois outros tipos, permitindo tanto a medição das alturas do relevo (altimétrico) quanto as projeções horizontais (planimétrico). Assim, esse método resulta em um mapeamento mais completo se comparado aos outros.

Neste trabalho, foi utilizado como base o método da irradiação de pontos com o teodolito eletrônico ou/e a estação total. Este método consiste em, a partir de uma referência conhecida, medir um ângulo e uma distância que o elemento de interesse se encontra do equipamento. Essa metodologia é muito empregada no levantamento de detalhes em campo, onde o equipamento fica estacionado sobre um ponto e faz-se a identificação e leitura dos elementos de interesse, medindo direções e distâncias para cada elemento a ser representado.

No teodolito eletrônico, mede-se primeiro a altura do equipamento, após, realiza-se a leitura horizontal da ré, e por fim inicia-se a leitura dos pontos. Começando com a leitura dos fios superior, inferior e médio, e logo em seguida, utilizando a equação,

$$FM_{calculado} = \frac{(Fs+Fi)}{2} \quad (2)$$

Foi encontrado o fio médio calculado e, subtraindo o FMcalculado pelo FM (fio médio), descobrindo o erro, que deve ser menor que 1mm. Em seguida, pode-se realizar a leitura dos ângulos horizontais e zenitais dos pontos. Contudo, quando for utilizada a estação total,



primeiramente, as alturas do equipamento e do prisma devem ser medidas, em seguida pode-se realizar a leitura dos ângulos horizontais, zenitais e distâncias horizontais.

Após a realização das leituras, inicia-se o cálculo dos azimutes, das distâncias, das coordenadas relativas e absolutas e, por fim, das cotas. Em relação aos cálculos, para o melhor funcionamento do programa, foi dividido em relação ao tipo de equipamento utilizado na obtenção dos dados. Para o cálculo dos azimutes, foi utilizada a equação,

$$\alpha = LH_{vante} - LH_{ré} \quad (2)$$

sendo  $LH_{vante}$  e  $LH_{ré}$  os ângulos horizontais obtidos nas leituras. Em seguida, é calculada a distância horizontal do ponto lido e do equipamento, através de alguma das equações,

$$DH = 100 \times (Fs - Fi) \times (\sin Z)^2 \quad (3)$$

$$DH = 100 \times (Fs - Fi) \times (\sin V)^2 \quad (4)$$

sendo  $Z$  o ângulo zenital e  $V$  o ângulo vertical, não sendo necessário esse cálculo se usada a estação total.

Continuamente, para a determinação das distâncias verticais, foram utilizadas duas equações, uma para cada tipo de equipamento, sendo a primeira para o teodolito eletrônico e a segunda para estação total, com  $hi$  sendo a altura dos equipamentos e  $hp$  a altura do prisma.

$$DV = hi - FM + (DH \times \cot Z) \quad (5)$$

$$DV = hi - hp + (DH \times \cot Z) \quad (6)$$

Para o cálculo das coordenadas relativas ( $\Delta x$  e  $\Delta y$ ) e absolutas ( $X$  e  $Y$ ), as equações não mudaram de acordo com o equipamento, permanecendo as mesmas para ambos, sendo elas apresentadas a seguir, considerando  $X_{est}$  e  $Y_{est}$  como as coordenadas do equipamento.

$$\Delta x = DH \times \sin \alpha \quad (7)$$

$$\Delta y = DH \times \cos \alpha \quad (8)$$

$$X = X_{est} + \Delta x \quad (9)$$

$$Y = Y_{est} + \Delta y \quad (10)$$

Por fim, os últimos cálculos a serem calculados são as cotas de cada ponto, também não se alteram de acordo com o equipamento, sendo a equação apresentada a seguir, com  $C_{est}$  sendo a cota do equipamento.

$$C = C_{est} + DV \quad (11)$$

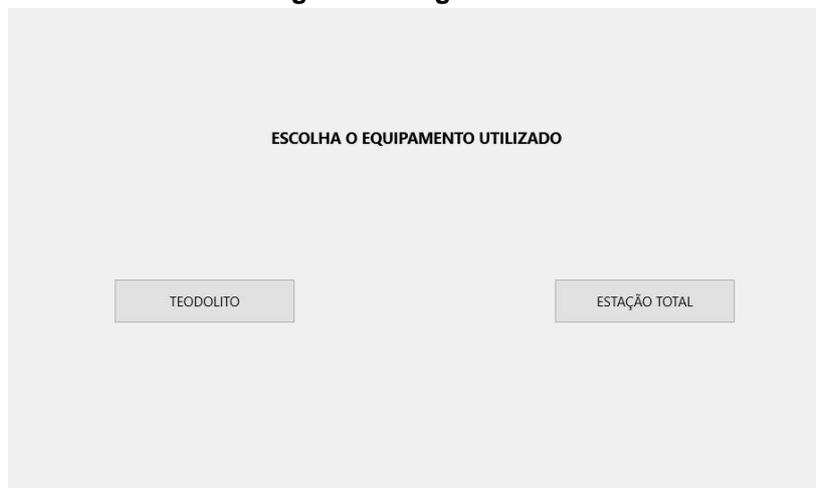
Com essas equações, deu-se início ao desenvolvimento do software, em linguagem C++ através da plataforma C++ Builder – Embarcadero. Em relação aos problemas que apareceram ao longo do andamento do trabalho, é possível citar a dificuldade em trabalhar com os ângulos no formato graus/minutos/segundos. Para esse problema foram necessárias duas soluções. Primeiramente, para a entrada dos dados, não era possível colocar o ângulo nesse formato (graus/minutos/segundos) diretamente. Para isso, foi encontrada a solução de criar três variáveis, uma para graus, outra para minutos e outra para segundos. Assim, ao digitar o ângulo, cada parte seria armazenada em uma variável, facilitando os cálculos futuramente.

Agora, para a realização dos cálculos em linguagem C, não era possível que os dados permanecessem em graus/minutos/segundos. Por isso, foram realizadas uma série de adequações, transformando o ângulo de graus para radianos. Inicialmente, a parte do ângulo dada em minutos foi dividida por 60, enquanto que a parte em segundo foi dividida por 3600, para que tudo se desse apenas em graus. Em seguida, a parte de graus, minutos e segundos foi somada, e armazenada em apenas uma variável. Por fim, essa soma foi multiplicada por  $\pi(\pi)$  e depois dividida por 180, tornando assim o ângulo de graus para radianos, permitindo a realização da operação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado, foi obtido um programa simples, mas funcional, abordando os cálculos topográficos pelo método da irradiação em levantamentos planialtimétricos, sendo possível a utilização tanto de teodolitos eletrônicos, quanto de estações totais. Na página inicial do software, há a opção de escolha do equipamento, podendo ser o teodolito eletrônico ou a estação total, como mostra a Figura 1.

**Figura 1 – Página Inicial**



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em seguida, após escolher uma das opções, aparecerá a página para o fornecimento dos dados. Caso tenha sido escolhida a opção teodolito, o programa necessitará da inserção de dados como a altura, a cota e as coordenadas X e Y do equipamento, além do ângulo ré ao equipamento e dos ângulos horizontal, zenital e dos fios superior, médio e inferior que foram lidos em campo. A estrutura da página está ilustrada na Figura 2.



Figura 2 – Página inserção de dados teodolito

**INFORME OS DADOS OBTIDOS EM CAMPO**

ALTURA DO EQUIPAMENTO	<input type="text"/>	FIO SUPERIOR	<input type="text"/>	X	<input type="text"/>
RÉ DO EQUIPAMENTO	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	FIO MÉDIO	<input type="text"/>	Y	<input type="text"/>
HORIZONTAL	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	FIO INFERIOR	<input type="text"/>		
ZENITAL	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	COTA DA ESTAÇÃO	<input type="text"/>		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Agora, para a página de inserção de dados da estação total, o programa irá pedir o lançamento de dados como a altura, as cotas e as coordenadas do instrumento de medição, a altura do prisma, além do ângulo ré ao equipamento e dos ângulos horizontais, zenitais e distâncias verticais, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Página inserção de dados estação total

**INFORME OS DADOS OBTIDOS EM CAMPO**

ALTURA DO EQUIPAMENTO	<input type="text"/>	ZENITAL	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	X	<input type="text"/>
RÉ DO EQUIPAMENTO	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	ALTURA DO PRISMA	<input type="text"/>	Y	<input type="text"/>
HORIZONTAL	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "	DISTÂNCIA HORIZONTAL	<input type="text"/>	COTA DA ESTAÇÃO	<input type="text"/>

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por fim, o software, após realizar os cálculos, apresentará como resultado os seguintes dados: Fio médio calculado, distâncias verticais e horizontais, erro, coordenadas relativas e absolutas, finalizando com o resultado das cotas.



## **Agradecimentos**

Os autores gostariam de expressar sua sincera gratidão à seguinte pessoa e instituição pelo apoio valioso e contribuições para este estudo: ao Dr. Claudinei Rodrigues de Aguiar, por sua orientação e supervisão ao longo deste projeto; à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela disponibilidade de recursos e literatura relevantes que enriqueceram nossa pesquisa. Finalmente, agradecemos à comunidade científica e aos revisores anônimos por suas sugestões e críticas construtivas que aprimoraram significativamente a qualidade deste artigo.

## **Disponibilidade de código**

O código desenvolvido não está disponível para acesso aos usuários, pois em etapas futuras ainda devem ser implementadas novas funcionalidades e métodos de cálculo topográfico.

## **Conflito de interesse**

Não há conflito de interesse.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT. **NBR 13133**: Topografia – Execução de levantamentos topográficos. 1991.

TULER, M., & SARAIVA, S. L. C. (2013). **Fundamentos da Topografia**. Editora Bookman.

VEIGA, C. R., ZANETTI, J., & FAGGION, L. M. (2007). **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná.