

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

DETERMINAÇÃO DE VOLUME DE CORTE OU ATERRO¹

Dyenifer Peralta Teichmann², Vilmar Rogerio Teichmann³, Peterson Cleyton Avi⁴, Thalía Klein Da Silva⁵.

¹ Projeto de extensão realizado no curso Engenharia Civil da UNIJUI

² Aluna do curso de Engenharia Civil da UNIJUI, dyeniferpt@hotmail.com

³ Aluno do curso de Engenharia Civil da UNIJUI, vilmar.teichmann@bol.com.br

⁴ Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, peterson.avi@unijui.edu.br

⁵ Aluna do curso de Engenharia Civil da UNIJUI, thalia_klein@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Antes de projetar um imóvel é necessário saber em que condições o terreno onde será feita a edificação está, sendo que normalmente é necessário fazer sua terraplenagem. De acordo com Catalani (1990, p. 27), terraplenagem é o conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde haja falta, a fim de atender as necessidades do projeto a ser implantado.

A terraplenagem é realizada baseando-se num levantamento topográfico do terreno, cujo objetivo principal é saber o volume de terra a ser movimentado e seu custo de realização. Para este levantamento são usados equipamentos de topografia, sendo os cálculos realizados manualmente ou em um software específico.

Em muitas situações é necessário calcular esse volume no próprio local da obra, pois os deslocamentos para escritório acarretam atrasos para a condução dos trabalhos, elevando os custos. A fim de atender essa necessidade, foi desenvolvido durante um trabalho lançado na disciplina de Cálculo Numérico Computacional do Núcleo Comum das Tecnologias um código que permite realizar o cálculo do volume de terra a ser movimentado estando ainda no próprio local da obra, através da utilização de um notebook e do software MATLAB [3]. O objetivo deste relatório é desenvolver um programa que realize os cálculos dos volumes do corte ou aterro de um terreno utilizando Integral Numérica especificamente o Método de Trapézios a fim de tornar mais rápida a análise do mesmo.

METODOLOGIA

Antes de realizar o desenvolvimento do programa, deve-se entender que ao realizar o nivelamento de um terreno encontram-se duas situações: o excesso ou a falta de terra. Define-se corte como sendo a retirada de terra de um determinado local e aterro a colocação de terra até atingir o nível determinado em projeto.

Para calcular o volume de terra a ser movimentado, é realizado o levantamento topográfico do terreno. Com os dados relativos à superfície do terreno, o volume de corte ou aterro pode ser calculado com considerável precisão utilizando o Método das Seções Transversais. Através deste método, realiza-se o cálculo utilizando prismóides, que são sólidos geométricos que tem suas faces extremas paralelas ao eixo vertical do terreno. No campo, as faces paralelas correspondem às seções transversais externas, e as superfícies planas laterais correspondem à plataforma da estrada, os taludes ou a superfície lateral do terreno natural. A Figura 1 representa esta situação.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

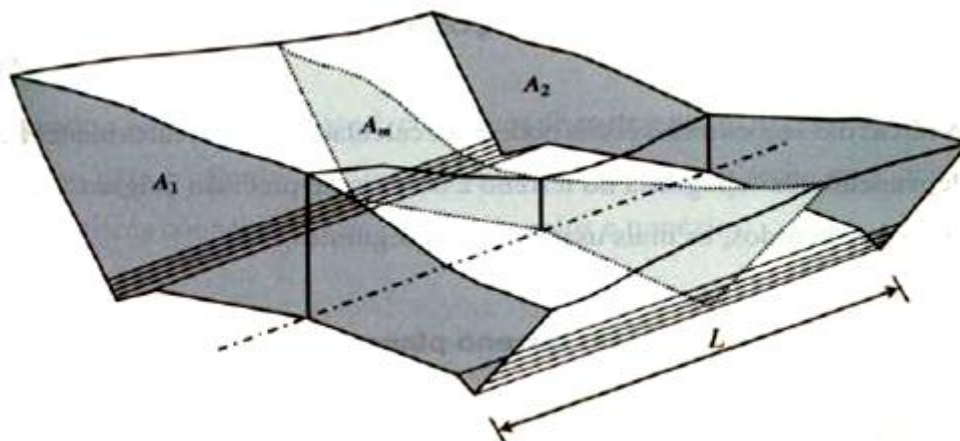


Figura 1: Seções Transversais

Para o cálculo do volume entre duas seções, deve-se calcular a área de cada seção, fazemos em seguida a média aritmética entre essas duas seções, multiplicando então esse valor pela distância entre as seções. Para encontrar o volume total da área em estudo, basta somar os volumes encontrados entre todas as seções.

Para calcular a área de cada seção pelo método das seções transversais, utilizou-se a integração numérica, que possibilita determinar a área de uma figura com uma razoável aproximação do valor real. Em muitas situações práticas, não é possível resolver analiticamente a integração, sendo necessário utilizar a integração numérica, por isso foi utilizado o método do trapézio. O princípio do método do trapézio é a substituição da função $f(x)$ por um polinômio que faça uma aproximação aceitável da função no intervalo $[a,b]$. Aproximando $f(x)$ a um polinômio de 1º grau. Após encontrar o polinômio, realiza-se a integração no intervalo $[x_0, y_0]$ e encontra-se a equação (1). [1]

$$\int_{x_0}^{x_i} P_1(x) dx = \frac{h}{2} (y_1 + y_0) \quad (1)$$

Ao observar o resultado dessa integração, se pode aproximar a integral $f(x)$ à área de um trapézio conforme a Figura 2.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

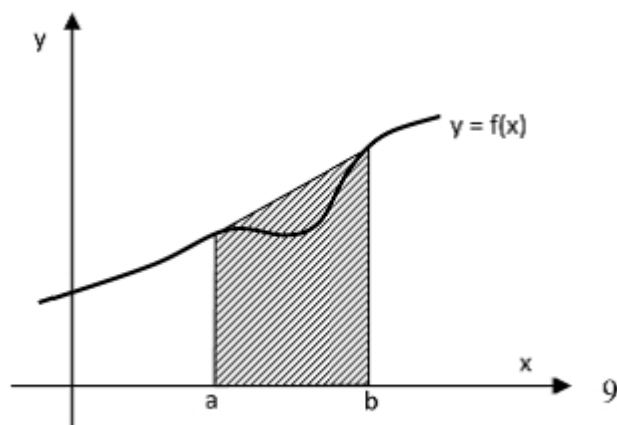


Figura 2: Área do trapézio

Para evitar erros, principalmente em grandes intervalos, é necessário subdividir o intervalo $[a, b]$ em n subintervalos, tendo que assim aplicar a fórmula dos trapézios a cada subintervalo. A integral do intervalo $[a, b]$ é dada pela soma da integral de todos os subintervalos n , obtendo-se assim a equação geral para o cálculo pela regra dos trapézio, expressa pela equação 2, a Figura 3 representa a área da figura calculada pela equação (2). [1]

$$I = \frac{h}{2} [f(x_0) + 2f(x_1) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n)] \quad (2)$$

Para o uso da equação 2, é obrigatório que o intervalo $[a, b]$ seja subdividido em n subintervalos de igual amplitude, definido como sendo $h = (b - a)/n$. [1]

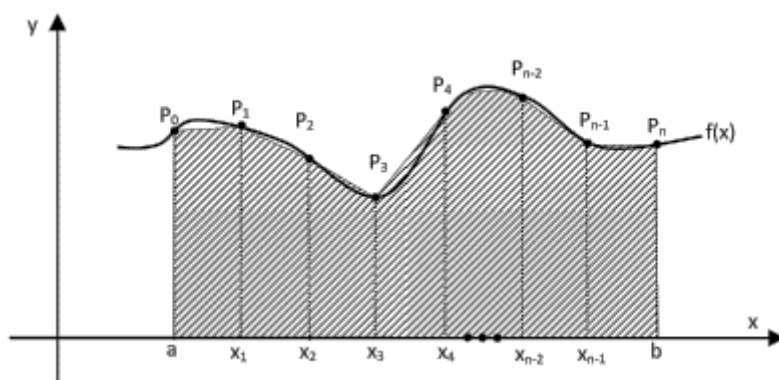


Figura 3: Área de n trapézios

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: XXI Jornada de Pesquisa

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi desenvolvido um programa para o cálculo de volume que pudesse ser utilizado por um usuário de diversos níveis de conhecimento. Quando inicializado, o programa segue os seguintes passos:

- 1 - Informar o usuário sobre a finalidade do código e sobre o sistema de coordenadas a ser utilizado.
- 2 - Solicitar ao usuário que informe o número de seções que serão utilizadas. O código irá rodar até atingir o número de seções informadas.
- 3 - Solicitar que o usuário informe o número de pontos coletados na seção atual.
- 3 - Solicitar ao usuário que informe as coordenadas x, y e z de cada ponto da seção.
- 4 - Finalizada a inserção dos dados da seção, será mostrado ao usuário as coordenadas x, y e z de todos os pontos, e solicitado para confirmar se estão corretamente digitadas. Se positivo, continua para a próxima seção, se negativo, retorna ao início dessa seção e pede para digitar os pontos novamente.
- 5 - Encerrando o número de seções, será mostrada a área de cada seção e o volume total calculado entre as seções.
- 6 - Ao final será também representado graficamente em visualização 3D a posição dos pontos inseridos no programa.

Para confirmar a precisão e utilidade do código, foi realizado o cálculo do volume de um terreno situado a sul da cidade de Ijuí, próximo ao posto da Polícia Rodoviária Federal, conforme fotografias abaixo:



Figura 4: Foto antiga do local

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXI Jornada de Pesquisa



Figura 5: Foto atual após aterro do local

As medições dos pontos cartesianos do terreno foram realizadas com uma estação total TOPCON GTS 213, equipamento adequado para a coleta precisa de pontos em campo. Estes dados só foram coletados com este equipamento, pois anteriormente já havia sido estudado o manual de instruções do equipamento e também seu manuseio com perspicácia e precisão. [4]

Para ter um valor de referência a fim de verificar a precisão dos cálculos gerados pelo código, os mesmos dados foram inseridos no programa desenvolvido no software AUTOCAD realizando-se o cálculo do volume e da área de cada seção.

O resultado obtido através do software AUTOCAD foi de 27.334,76 m³ e o resultado calculado pelo programa desenvolvido durante a realização do presente trabalho foi de 27.041,60 m³. Comparando-se os resultados, observou-se uma diferença de 293,15 m³, ou seja, considerando que o valor encontrado utilizando o AUTOCAD é o real, então se pode considerar que o cálculo realizado pelo programa tem uma acurácia de aproximadamente 98,93%. A visualização em 3D gerada pelo código está representada na figura 6 abaixo.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

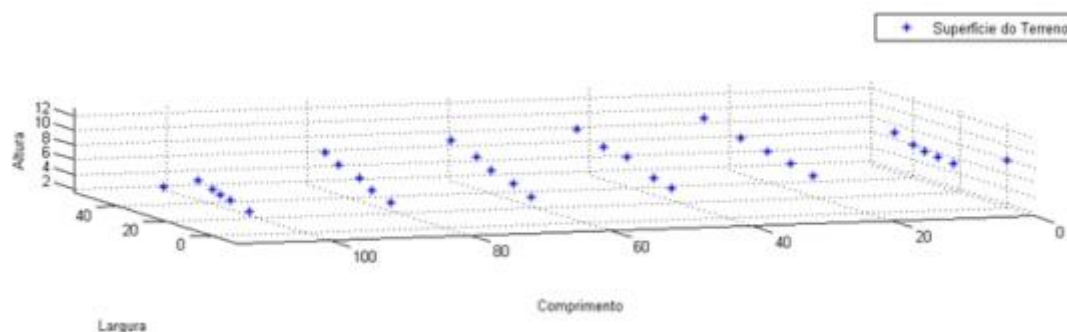


Figura 6: Gráfico gerado no MATLAB

CONCLUSÃO

O método de integração numérica usado no código foi o método dos trapézios que se adaptou perfeitamente por permitir o cálculo da área das figuras geométricas formadas através das coordenadas levantadas em campo.

Este código é de grande utilidade para profissionais da área de topografia, tendo em vista que permite realizar rapidamente o cálculo do volume de corte ou aterro em campo, logo após o levantamento de dados no terreno, garantindo uma pequena porcentagem de erro.

Para trabalhos futuros sugerimos o desenvolvimento da inserção automática dos dados, através da importação de arquivos em formato de planilhas do Excel ou tabelas de texto, importação esta que pode inclusive ser feita diretamente do software que acompanha a estação total.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

[1] BARROSO, Leônidas C. e outros. Cálculo Numérico. 2. ed. São Paulo: Editora HARBRA, 1987.

[2] Cálculo numérico. Disponível em: < http://ucbweb.castelobranco.br/webcaf/arquivos/matematica/6_periodo/calculo_numerico.pdf >. Acesso em 29 de maio de 2016.

[3] HANSELMAN, D.; Littlefield, B. Matlab Versão do Estudante: Guia do Usuário. Makron Books, São Paulo, 1997.

[4] Manual de Instruções – Estação Total Eletrônica GTS-210 SERIES GTS-211D GTS-212 e GTS-213. Disponível em: < <http://www.milantopografia.com.br/manuais/gts210w.pdf> >. Acessado em 25 de maio de 2016.

[5] PONTES FILHO, Glauco. Estradas de rodagem projeto geométrico. 1. ed. Brasil: Editora Glauco pontes filho, 1998.