

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM – UMA ABORDAGEM DIDÁTICO-PEDAGÓGICA

Tainam dos Santos Veloso*

RESUMO: *Terraplenagem significa o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, aterro e compactação de terras, necessárias à execução de certas obras de engenharia civil. Esta atividade pode ser definida, simplificadamente, como sendo o movimento de terra necessário para modificar o terreno pré-existente, de modo a se obter a configuração desejada num projeto de engenharia. No seu processo de quantificação, em termos de volumes de cortes e volumes de aterros rodoviários, são elementos indispensáveis, para essa tarefa, as referências geométricas previamente definidas nas Notas de Serviço de Terraplenagem, resultantes da melhor conformação do terreno ao futuro corpo estradal. Estes cortes e/ou aterros são feitos, via de regra, de 20 m em 20 m, ou seja, estaca por estaca. Na elaboração do projeto de terraplenagem e seu desenvolvimento mais amplo no planejamento da distribuição dos materiais escavados, necessário se faz o cálculo dos volumes de cortes e de aterros, compreendendo uma operação numérica, embora simples, resultando numa quantidade considerável e repetitiva de cálculos. Elaborou-se, utilizando uma plataforma computacional designada por **Scilab**, um aplicativo computacional, de natureza didático-pedagógica, para a avaliação de volumes de terraplenagem. Este aplicativo executa os cálculos sistematizados no designado “quadro de cubação”, poupando energia que seria gasta caso executasse os cálculos na forma convencional, definindo, ao final, o balanço da movimentação de terras: bota-fora ou empréstimo e seu quantitativo. O estudo realizado permite concluir pelas vantagens obtidas com a utilização do aplicativo computacional desenvolvido, em termos, principalmente, da eliminação fastidiosa dos inúmeros cálculos a serem realizados.*

Palavras-chave: Terraplanagem; Movimento de terras; Cubação

INTRODUÇÃO

Terraplenagem significa o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, aterro e compactação de terras, necessárias à realização de uma obra no campo de atuação do engenheiro civil. Esta atividade pode ser definida, simplificadamente, como sendo o movimento de terras necessário para modificar o terreno pré-existente, de modo a se obter a configuração desejada num projeto de engenharia. O tópico participa, de forma relevante, no percentual global dentre os diversos itens relacionados com a construção de sistemas viários rural ou urbanos, quer na modalidade rodoviária, quer na ferroviária. No seu processo de quantificação, em termos de volumes de corte e volumes de aterro, são elementos indispensáveis, para essa tarefa, as referências geométricas previamente definidas nas designadas Notas de Serviço de Terraplenagem, resultantes da melhor conformação do terreno ao futuro corpo estradal.

O procedimento convencional para a determinação dos volumes de cortes e de aterros, na prática rodoviária, consiste em calcular volumes sólidos geométricos individuais formados entre cada par de seções transversais de projeto geométrico, acumulando-se os volumes individuais

* Estudante de graduação da Escola de Engenharia da Universidade Católica do Salvador – UCSal. E-mail: tainam.veloso@bol.com.br. Orientador: Luiz Carlos Almeida de Andrade Fontes, Mestre, Professor da Escola de Engenharia/UCSal e da Escola Politécnica-DT/UFBA. E-mail: lfontes@atarde.com.br.

sucessivos ao longo do trecho estradal, de modo que os resultados são explicitados numa planilha denominada de *quadro de cubação*.

Na elaboração do projeto de terraplenagem e seu desenvolvimento mais amplo no planejamento da distribuição dos materiais escavados, necessário se faz o cálculo dos volumes de cortes e de aterros, compreendendo uma operação numérica, embora simples, resultando numa quantidade considerável e repetitiva de cálculos.

Neste trabalho, elaborou-se, utilizando uma plataforma computacional designada por *Scilab*, um aplicativo computacional, de natureza didático-pedagógica, para a avaliação de volumes de terraplenagem. Este aplicativo executa os cálculos sistematizados no designado “quadro de cubação”, poupando energia que seria gasta caso executasse os cálculos na forma convencional, definindo, ao final, o balanço da movimentação de terras: bota-fora ou empréstimo e seu quantitativo. O estudo realizado permite concluir pelas vantagens obtidas com a utilização do aplicativo computacional desenvolvido, em termos, principalmente, da eliminação fastidiosa dos inúmeros cálculos a serem realizados.

NOTA DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM

Para se obter uma superfície que possibilite o tráfego de veículos com segurança, economia e conforto, ter-se-á ora que cortar o terreno natural, ora que aterrará-lo. Neste objetivo, para a completa definição do projeto geométrico de uma estrada, além da planta baixa (projeto geométrico horizontal) e do projeto do perfil longitudinal (projeto geométrico vertical – projeto do greide). Por ser a estrada um sólido geométrico, é necessário que se defina uma terceira dimensão, que é caracterizada por cortes transversais seqüenciados, via de regra, de 20 m em 20 m, ou seja, em cada estaca inteira ao longo do eixo horizontal estaqueado. Conceitualmente, uma seção transversal do terreno é resultante projetivamente da interseção do terreno natural com o plano vertical normal ao eixo estaqueado, na estaca considerada, enquanto a seção transversal de projeto consiste na complementação da seção transversal do terreno quando nela se representam os elementos transversais do projeto (cota vermelha, plataforma e taludes – projeto geométrico em seção transversal).

Para Fontes (1995, p.107) a **Nota de Serviço de Terraplenagem** consiste numa planilha que contém, além das informações relativas ao eixo de projeto da via, outros parâmetros adicionais da seção transversal de projeto que, conjuntamente, possibilitam a total cobertura da faixa de terreno a ser terraplenada, ou seja, aquela faixa abrangida pelos cortes e aterros, recebendo a denominação de **faixa de ocupação**. Tem-se então, para executar a terraplenagem, que realizar cortes no terreno ou adicionar material terroso, compactado (aterros), utilizando os equipamentos próprios para a operação de terraplenagem. Para alcançar este objetivo, utilizam-se as informações contidas nas notas de serviço de terraplenagem, principalmente as definidoras da seção transversal de projeto, estas possuindo duas importantes funções na terraplenagem: primeira, permitir a marcação em campo dos pontos definidores da faixa de ocupação, que são essenciais para a execução dos serviços de terraplenagem mecanizada; segunda, conter os elementos básicos para o cálculo dos volumes de cortes e de aterros.

CÁLCULO DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

Na elaboração do projeto de terraplenagem e seu desenvolvimento mais amplo no planejamento da distribuição dos materiais escavados, necessário faz-se o cálculo dos volumes de cortes e/ou de aterros, compreendendo uma operação numérica, embora simples, possuidora de considerável quantidade repetitiva de cálculos aritméticos.



O procedimento convencional para a determinação dos volumes de cortes e/ou aterros, na prática rodoviária, consiste em calcular os volumes sólidos geométricos individuais formados entre cada par de seções transversais de projeto, acumulando-se os volumes individuais sucessivos ao longo do trecho estradal, de modo que os resultados são explicitados numa planilha denominada “quadro de cubação” ou, simplesmente, “planilha de cálculos de volumes”. O volume de cortes e/ou aterros é obtido considerando-se, para fins práticos, como constituído por um conjunto de prismóides de bases paralelas, cujas áreas das seções transversais de projeto extremas e situadas em cada estaca, são facilmente determinadas pelos processos disponibilizados pela Topografia. O método da média das áreas considera que o volume do prismóide, individual, de corte e/ou de aterro, é calculado multiplicando-se a média aritmética das áreas nas extremidades do prismóide pela distância horizontal entre elas. Para fins práticos, na engenharia rodoviária, utiliza-se um procedimento de cálculo, de mesmo resultado, porém convenientemente estruturado, de modo que os cálculos possam ser organizados em forma tabular, permitindo a sistematização do procedimento, em tabelas apropriadas – quadro de cubação.

A tabela quadro de cubação apresenta, de forma estruturada, informações relativas às áreas de corte e/ou de aterro em cada seção transversal de projeto, localizadas em cada estaca, consecutivamente ao longo da diretriz de projeto da estrada, de modo que a sistemática dos cálculos é a seguinte: primeiro, faz-se a soma de áreas das seções transversais sucessivas; segundo, determinam-se os volumes individuais nos interperfis, mediante a multiplicação do valor encontrado na soma anterior pela metade da distância entre as seções transversais sucessivas que, no caso de seções correspondentes a estacas inteiras, é igual a 10,00 m; terceira, faz-se a cumulação dos volumes individuais para a determinação dos volumes totais de corte e de aterro. Após esta totalização, faz-se o balanço entre os volumes de corte e de aterro, podendo resultar em **bota-fora** (volume de corte superior ao de aterro) ou em **empréstimo** (volume de corte inferior ao de aterro).

Elaborou-se, utilizando uma plataforma para programação designada por **Scilab**, um aplicativo computacional de natureza didático-pedagógica, para a avaliação de volume de terraplenagem, o qual executa os cálculos sistematizados no quadro de cubação, poupando energia que seria gasta caso executasse os cálculos na forma convencional, definindo, ao final, o balanço da movimentação de terras: bota-fora ou empréstimo, assim como seu quantitativo.

O **Scilab** consiste num ambiente de programação aberto, flexível e voltado para o desenvolvimento de aplicativos computacionais para aplicação na resolução de problemas numéricos, com código fonte disponibilizado na rede mundial de computadores.

O programa-fonte apresenta a seguinte estruturação:

```
function volume
disp('Cálculo de volume - Quadro de cubação')
disp('Entre com o número de estacas no levantamento')
a=read(%io(1),1,1)
disp('Digite área de corte')
for x=1:a
    b(x)=read(%io(1),1,1)
end
disp('Digite área de aterro')
for x=1:a
    c(x)=read(%io(1),1,1)
end
p1=1
for x=1:(a-1)
```



```
p2=p1+1
d(x)=b(p1)+b(p2)
p1=p1+1
end
p1=1
for x=1:(a-1)
    p2=p1+1
    e(x)=c(p1)+c(p2)
    p1=p1+1
end
disp('Soma das áreas de corte')
for x=1:(a-1)
    disp(d(x))
end
disp('Soma das área de aterro')
for x=1:(a-1)
    disp(e(x))
end
disp('digite as semi-distâncias')
for x=1:(a-1)
    f(x)=read(%io(1),1,1)
end
disp('Volume m³')
disp('Corte')
for x=1:(a-1)
    g(x)=(d(x)*f(x))
end
for x=1:(a-1)
    disp(g(x))
end
disp('Aterro')
for x=1:(a-1)
    h(x)=(e(x)*f(x))
end
for x=1:(a-1)
    disp(h(x))
end
disp('Entre com a constante de empolamento')
w=read(%io(1),1,1)
disp('Aterro corrigido')
for x=1:(a-1)
    i(x)=h(x)*w
end
for x=1:(a-1)
    disp(i(x))
end
disp('Somatório volume de corte (m³)')
s=0
for x=1:(a-1)
    s=s+g(x)
```



```
end
disp(s)
disp('Somatório volume de aterro (m³)')
t=0
for x=1:(a-1)
    t=t+h(x)
end
disp(t)
disp('Somatório volume de aterro corrigido (m³)')
u=0
for x=1:(a-1)
    u=u+i(x)
end
disp(u)
disp('Avaliação')
if s>u then
    disp(s-u,'m³')
    disp('Bota-fora')
else
    disp(u-s,'m³')
    disp('Empréstimo')
end
```

CONCLUSÃO

O estudo realizado permite concluir pelas vantagens obtidas com a utilização do aplicativo computacional desenvolvido, em termos da eliminação fastidiosa dos inúmeros cálculos a serem realizados e dos comuns equívocos cometidos durante as operações numéricas manuais ou com o auxílio de máquinas calculadoras portáteis, além das vantagens didático-pedagógicas alcançadas, em decorrência da simplicidade do aplicativo, sua clareza estrutural e conceptual, adicionada a economia energético-intelectual que poderá ser empregada de maneira mais útil na análise e interpretação dos resultados alcançados, consolidando a aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem na temática envolvida no estudo empreendido, quer na área de engenharia civil, quer na utilização da ferramenta da informação automatizada de cálculos (informática).

O aplicativo desenvolvido poderá ser empregado para qualquer que seja a extensão do trecho estradal para o qual a análise do movimento de terras seja executada.

Cópia deste aplicativo poderá ser disponibilizada mediante solicitação ao autor.

REFERÊNCIAS

FONTES, L. C. A DE A. **Engenharia de Estradas – Projeto Geométrico**. Salvador: EDUFBA, 1995.