

ARTIGO TÉCNICO

SOFTWARE PARA O PLANEJAMENTO E A RACIONALIZAÇÃO DO USO DE SISTEMAS DE TERRACEAMENTO EM NÍVEL

**NORI P. GRIEBELER¹, FERNANDO F. PRUSKI², ALESSANDRO F. TEIXEIRA³,
LUIZ F. C. DE OLIVEIRA⁴**

RESUMO: O desenvolvimento de técnicas que permitam o aumento da eficiência de práticas de conservação do solo é necessário frente aos grandes prejuízos causados pela erosão. Nesse sentido, elaborou-se um *software* que utiliza bases de dados geradas em um Sistema de Informações Geográficas e que permite o dimensionamento de sistemas de terraceamento em nível de maneira mais racional, considerando as variações espaciais existentes no terreno. Como dados de entrada ao *software*, devem ser fornecidas imagens de elevação e declividade e, ainda, características de tipo, uso e manejo do solo, a metodologia para o cálculo do espaçamento entre terraços e a recomendação para a escolha do tipo de terraço mais aconselhado. Como resultados, o *software* fornece uma imagem com o sistema de terraceamento locado, que pode ser salva em diferentes formatos, bem como um relatório, que poderá ser impresso e usado juntamente com a imagem para a implantação do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: conservação do solo, SIG, planejamento integrado.

SOFTWARE TO PLANNING THE USE OF LEVEL TERRACING SYSTEMS IN MORE RATIONAL WAYS

ABSTRACT: The development of techniques that allow the increase of the efficiency of practices of soil conservation is necessary front to the great damages caused by the erosion. In this sense, software was elaborated based on Geographical Information System that allows the planning of level terracing systems in a more rational way, considering the existent space variations in the land. As entrance data to the software, it should be supplied with elevation and slope images characteristics and type, the use and the handling of the soil, the methodology for the calculation of the spacing among terraces and, the recommendation of the type of advised terrace. As results the software supplies a map with the terracing system and a report with information for the implementation of the system.

KEYWORDS: soil conservation, GIS, integrated planning.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos agrícolas constitui-se em grande problema para a agricultura brasileira, elevando os custos relativos à produção agropecuária pelo aumento da necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, e redução da eficiência operacional das máquinas agrícolas. A erosão causa também problemas na qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos cursos d'água, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e escassez de água no período de estiagem.

¹ Prof. Adjunto, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia - GO, Fone: (0XX62) 521.1557, griebeler@yahoo.com.br

² Prof. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG, Fone: (0XX31) 3899.1912, ffpruski@ufv.br, Bolsista do CNPq.

³ Bacharel em Informática, M.Sc., Viçosa - MG.

⁴ Prof. Adjunto, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia - GO, Fone: (0XX62) 521.1557, lfco@agro.ufg.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 30-5-2003

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 21-10-2005

Programas de planejamento integrado dos recursos hídricos têm sido desenvolvidos com êxito, porém mostram dificuldades na consideração dos diversos fatores que interferem no processo erosivo. Nesse sentido, o avanço da informática e do uso de linguagens de programação em estudos voltados ao planejamento integrado têm possibilitado a geração de tecnologias que permitem melhor gerenciamento das diversas atividades agrícolas. Essas tecnologias têm possibilitado análise mais criteriosa dos problemas e a utilização de técnicas que possibilitam a realização de simulações.

A utilização de técnicas de geoprocessamento constitui instrumento de grande potencial para vencer a dificuldade, aliada às variabilidades espaciais do solo, clima e relevo, permitindo a racionalização das operações agrícolas, a economia de capital e tempo, e a minimização do impacto da agricultura sobre o ambiente. As tecnologias agropecuárias e de programação computacional, aliadas aos conceitos do geoprocessamento, têm possibilitado contemplar essas variabilidades para a solução de problemas. A geração de *softwares* específicos tem proporcionado, também, acesso mais fácil aos conhecimentos pertinentes aos mais variados ramos da agropecuária, principalmente àqueles cujos custos para aquisição de pacotes tecnológicos e a complexidade no seu manuseio são limitantes.

Nesse sentido, desenvolveu-se um *software* capaz de racionalizar o dimensionamento e a implantação de sistemas de terraceamento em nível, tanto em áreas isoladas como em bacias hidrográficas, utilizando, para tanto, imagens geradas em um Sistema de Informações Geográficas.

METODOLOGIA

Dados necessários para o funcionamento do *software* Locação

O *software* Locação compõe um dos módulos integrantes do *software* Terraço 2.0*. O *software* Locação utiliza equações para o cálculo do espaçamento vertical entre terraços e para a determinação da seção transversal para reter o escoamento superficial produzido na área entre os terraços, bem como apresenta recomendações que auxiliam o usuário na escolha do tipo de terraço a ser implantado.

Para o funcionamento do *software*, são necessárias, ainda, informações fisiográficas da área na qual se deseja implantar o sistema de terraceamento.

Cálculo do espaçamento entre terraços

As metodologias disponíveis para o cálculo do espaçamento entre terraços são aquelas apresentadas por Bertoni, em 1959, citado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), LOMBARDI NETO et al. (1994), e Bentley, conforme apresentado por BAHIA et al. (1992).

A metodologia de Bertoni é expressa pela eq.(1):

$$EV = 0,4518 k D^{0,58} \quad (1)$$

em que,

EV - espaçamento vertical entre terraços, m;

D - declividade do terreno, %, e

k - fator de erodibilidade do solo, adimensional.

LOMBARDI NETO et al. (1994) propuseram metodologia que utiliza a equação desenvolvida por Bertoni, incluindo fatores de uso e manejo do solo, sendo representada pela eq.(2):

$$EV = 0,4518 k D^{0,58} \left(\frac{U + M}{2} \right) \quad (2)$$

em que,

* *Software* para dimensionamento e locação de sistemas de terraceamento. Disponível em www.ufv.br/dea/gprh.

U - fator de uso do solo, adimensional, e
M - fator de manejo do solo, adimensional.

A metodologia proposta por Bentley é representada pela eq.(3):

$$EV = \left(2 + \frac{D}{X} \right) 0,305 \quad (3)$$

em que, X é um fator que depende do tipo de solo, adimensional.

Obtenção da lâmina de escoamento superficial

A lâmina de escoamento superficial (ES, mm) é determinada utilizando o modelo desenvolvido por PRUSKI et al. (1997), o qual se baseia na seguinte equação:

$$ES = PT - I_a - I \quad (4)$$

em que,

PT - precipitação total, mm;
I_a - abstrações iniciais, mm, e
I - infiltração da água no solo, mm.

Para a aplicação desse modelo, são requeridas informações referentes à intensidade máxima de precipitação para a região na qual será realizado o estudo. Para tanto, é requerida a equação que relaciona intensidade, duração e frequência da precipitação (IDF), a qual é obtida utilizando o *software* Plúvio 1.3^{**}. Essa equação permite que o *software* determine a lâmina de escoamento e, a partir dessa, a altura recomendada para o camalhão do terraço, de modo que todo o escoamento superficial permaneça retido. O modelo necessita, ainda, da taxa de infiltração estável da água no solo (T_{ie}) e da parcela da precipitação que ocorre antes do início do escoamento superficial, chamada de abstrações iniciais (I_a). Para a determinação de I_a, o modelo utiliza o método do Número da Curva, desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (SCS, 1973).

Tipo de terraço a ser locado

Para a escolha do tipo de terraço a ser locado na área, são disponibilizadas as recomendações propostas por PARANÁ (1994), LOMBARDI NETO et al. (1994) e PRÓ-GUAÍBA (1995).

Geração da base de dados fisiográficos

Consiste em imagens digitais referentes ao relevo do terreno e à declividade. A imagem do relevo consiste em Modelo Digital de Elevação (MDE), no formato *raster*, ou seja, matricial, no qual cada célula da matriz apresenta um valor de cota do terreno, gerada por meio de interpolação. A imagem de declividade (MDD) é gerada a partir do MDE, sendo a declividade em cada célula tomada como o valor máximo determinado em relação às células vizinhas.

O *software* faz a leitura e a interpretação das imagens geradas no formato matricial do *software* Idrisi e do *software* Surfer. Esses arquivos são importados pelo *software* desenvolvido, sendo assim convertidos para o formato interpretado por esse. Para a importação, foi desenvolvido um módulo específico que acompanha o *software* Locação.

A interpretação das imagens é realizada fazendo-se a leitura dos valores das cotas e das declividades presentes nas células da matriz e extraindo aqueles necessários à realização da locação, sendo determinadas as cotas e os valores das declividades médias.

^{**} Disponível em www.ufv.br/dea/gprh

Desenvolvimento e funcionamento do *software*

O *software* foi desenvolvido em ambiente Delphi, com orientação voltada a objeto. Após a entrada dos dados necessários para o funcionamento do *software*, esse realiza as operações para o dimensionamento, obtenção da cota de locação e demarcação de cada terraço, de maneira seqüencial. Na Figura 1, é apresentado o fluxograma simplificado do *software*.

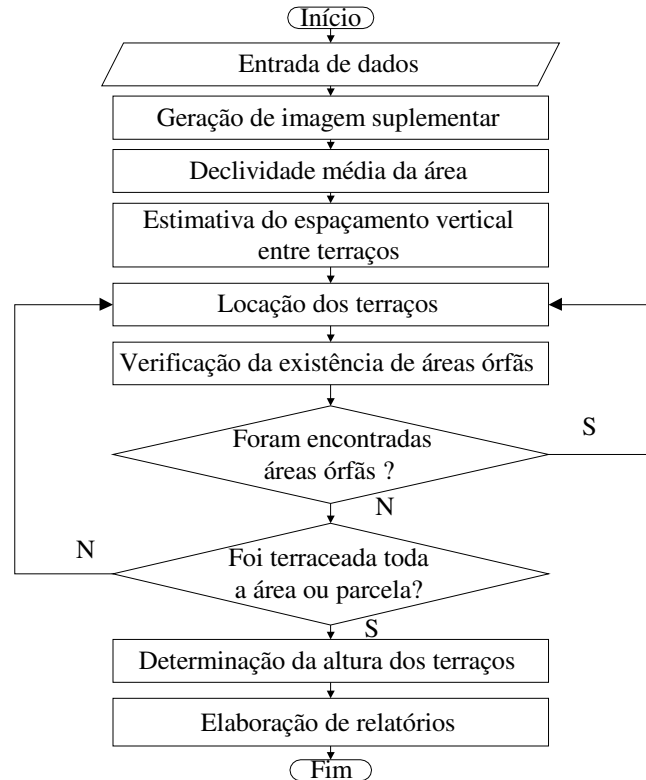


FIGURA 1. Fluxograma simplificado do *software* Localização.

Entrada de dados

A entrada de dados consiste na escolha da metodologia para o cálculo do espaçamento entre terraços e a indicação dos atributos referentes ao solo, uso e manejo, quando for o caso. São requeridos, ainda, parâmetros da equação de IDF e as recomendações para a escolha do tipo de terraço a ser implantado, quanto à largura da sua base, podendo ser de base estreita, média ou larga.

Devem ser fornecidos, também, os valores do período de retorno de precipitação e da taxa de infiltração básica da água no solo e, ainda, demais atributos hidrológicos para o modelo de escoamento superficial, disponíveis no *software*. O *software* requer, ainda, que sejam fornecidas as imagens referentes ao MDE e ao MDD. O MDE deve, necessariamente, ser gerado em *software* externo (Idrisi ou Surfer), podendo o MDD ser gerado no *software* desenvolvido.

Geração de imagem suplementar

Tendo sido fornecidos todos os dados de entrada, o *software* gera, a partir do MDE, uma imagem suplementar com as mesmas dimensões dessa. Essa imagem serve para dar suporte para que sejam separadas as áreas de interesse à locação, bem como as áreas de influência dos terraços para a leitura de informações apenas nas áreas isoladas.

Declividade média da área

Para obter o espaçamento entre terraços, deve ser determinada, a partir do MDD, a declividade média da área, uma vez que esse parâmetro não é contemplado nos dados de entrada do *software*. Para a determinação da declividade média da área (\bar{D}), foi desenvolvida uma rotina que realiza a leitura dos valores de declividade em cada célula da matriz do MDD, sendo o valor médio obtido por média aritmética simples. Esse mesmo processo é utilizado para determinar, posteriormente, os valores das declividades médias de parcelas isoladas do MDD, sendo, nesse caso, utilizada a imagem suplementar para isolar as parcelas.

Estimativa do espaçamento vertical entre terraços

Com base no valor da \bar{D} de toda a área, o *software* seleciona, inicialmente, o terraço recomendado quanto à largura de base e, logo após, com base na metodologia escolhida, e com os dados necessários a essa, realiza a estimativa preliminar de espaçamento vertical entre terraços (Ev_i). Esse espaçamento determina o intervalo entre cotas do MDE que deve ser utilizado para a locação preliminar do terraço.

Locação dos terraços

De posse do Ev_i , o *software* faz a leitura nos valores das cotas das células no MDE, de modo a encontrar a cota mais elevada, assinalando esse ponto para o início do processo. A cota para a locação do primeiro terraço é obtida por meio da subtração do valor de Ev_i da cota mais elevada, obtendo a cota de locação (C_L). O MDE deve conter essa cota como uma linha de nível ao longo de toda a área a ser terraceada, apresentando um início e um final, que pode ser na extremidade da imagem ou o próprio ponto de partida, quando essa linha de nível isolar uma área mais elevada.

A partir do valor de C_L , a locação é realizada por meio de um algoritmo que localiza a linha de nível a partir da comparação de todos os valores de cota ao seu entorno, direcionando-se sobre a célula de cota igual, ou mais próxima, indicando o próximo ponto. Esse processo é realizado ponto a ponto até que o final da área ou o ponto de partida seja encontrado. Na Figura 2, é apresentado um esquema indicando um MDE e o comportamento do algoritmo para a identificação da linha na qual passa o terraço e o seu traçado.

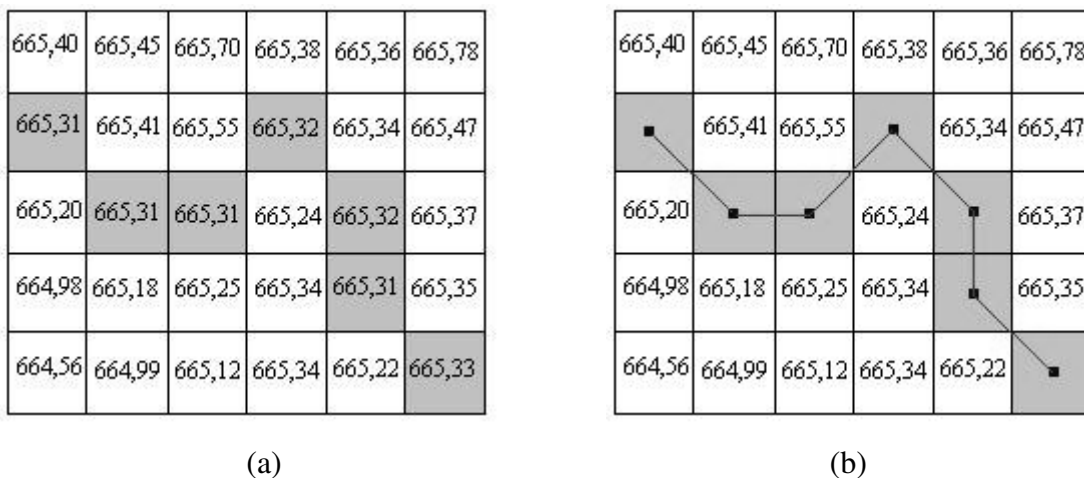


FIGURA 2. Esquema do procedimento adotado para o traçado do vetor referente à locação do terraço sobre o Modelo Digital de Elevação, em que os números indicam cotas, e os quadros sombreados indicam o caminho a ser seguido pelo algoritmo para o traçado do terraço (a), e a linha indica o terraço locado (b).

Em cada célula, na qual o algoritmo determinou que deva estar passando o terraço, são obtidas as coordenadas X e Y em coordenadas da imagem, sendo essas armazenadas em um arquivo próprio.

A linha indicada na Figura 2b é então passada para a imagem suplementar, nas mesmas coordenadas, e a área a montante da mesma é separada por um processo próprio do Delphi, chamado de “*Flood Fill*”, sendo essa área chamada de área de influência do terraço (A_i). Para o primeiro terraço e para terraços localizados nas bordas da área em estudo, A_i corresponde àquela área limitada pelo terraço ou pelos limites da área. Nos demais casos, A_i corresponde à área entre dois terraços consecutivos. Após isolada A_i , o *software* realiza o cálculo da declividade média somente nessa área (\bar{D}_2). Com o valor de \bar{D}_2 , recalcula-se o valor de E_v , sendo obtido E_{v_f} . A partir desse valor de espaçamento, realiza-se novamente a locação do terraço, ignorando a locação realizada com base em E_{v_i} . Para cada terraço locado, utiliza-se da mesma seqüência, porém o valor da cota mais elevada é correspondente à cota do terraço de montante, de modo que o E_v sempre seja tomado em relação ao imediatamente superior.

O comprimento de cada terraço é calculado utilizando o tamanho das células e a posição em que é traçado o terraço. Quando na horizontal ou vertical, cada trecho corresponde ao tamanho da célula, caso contrário, é tomada a distância diagonal entre células. Ao término da demarcação dos terraços, o *software* salva o arquivo contendo os pontos dos terraços marcados e demais informações referentes a cada terraço, permitindo que esse seja sobreposto à imagem, na forma de um arquivo vetorial, apresentando somente as linhas referentes aos terraços.

Verificação de áreas órfãs

Devido à variação da topografia, podem ocorrer regiões nas quais haja a necessidade de locação de terraços adicionais em áreas que tenham sido isoladas. A verificação da necessidade de locação de terraços na A_i de outro terraço é realizada, logo após sua locação, com base no valor de E_{v_i} . Considerou-se como sendo necessária a locação de outro terraço quando da ocorrência de cota cujo valor fosse superior à cota do terraço recém-locado, somado do valor de E_{v_i} . Aos terraços que eventualmente devam ser locados nessas áreas, chamou-se de terraços órfãos, os quais somente são locados quando a distância horizontal em relação a algum terraço já locado for superior a 3 m.

Determinação da altura dos camalhões dos terraços

Após a locação de cada terraço, é calculada novamente A_i , a qual vai servir de base para a obtenção da lâmina de escoamento superficial. Tendo sido calculada a lâmina de escoamento na A_i do terraço, o *software* obtém a altura recomendada para o camalhão do terraço de modo que a lâmina de escoamento seja retida sem que ocorra o transbordamento.

Término da locação

O término da locação é obtido pelo *software* quando a subtração do valor de E_{v_i} da cota do terraço anterior fornecer valor de cota inferior ao menor valor de cota da área. Após o término da locação, o *software* fornece uma imagem com o sistema locado e um relatório no qual constam as informações de entrada para o processamento e os resultados obtidos. Como resultados, são obtidos: a cota de locação, a altura do camalhão e o comprimento para cada terraço, bem como a área de contribuição ao escoamento e a sua declividade média e, ainda, o espaçamento vertical entre terraços.

RESULTADOS

***Software* elaborado**

Na Figura 3, é apresentada a tela principal para a entrada das informações para o sistema, e na Figura 4, a tela para entrada de dados referentes ao MDE e ao MDD, e o nome do arquivo vetorial de saída.

Parâmetros para locação

Precipitação
T : anos.
K :
a :
b :
c :

Canal
Seção uniforme
Seção real
Sm: m/m Valores de Sm
Coef. desuniformidade: 1.0 Ajuda

Espaçamento
Método: Lombardi Neto Definir

Seleção do tipo de terraço
 Paraná
 Ematez/RS
 Lombardi Neto
 Tipo arbitrado
Consulta

Solo
Velocidade de infiltração básica (VIB) : mm/h
Cobertura vegetal

Consulta

Processamento Relatório Fechar Ajuda

FIGURA 3. Tela para a entrada dos dados necessários à locação do sistema de terraceamento.

Processamento de Imagens

Imagem de elevação
 Abrir...

Imagem de declividade
 Abrir...

Vetor de saída
 Salvar...

Processar Visualizar Fechar Ajuda

FIGURA 4. Tela para a indicação das imagens de elevação (MDE) e declividade (MDD), utilizadas para a locação do sistema de terraceamento.

Interpretação dos MDE e MDD

O *software* Locação permite interpretar as imagens geradas tanto nos *softwares* Idrisi como no Surfer. A leitura é realizada de maneira rápida, e o resultado não difere daquele obtido nas imagens originais. A interpretação dessas imagens está associada à qualidade com que foram geradas, e o *software* elaborado, quando da realização da locação, é bastante sensível à quebra de continuidade apresentada nos valores de cota no MDE. Problemas maiores foram encontrados quando da utilização do *software* Idrisi para a geração do MDE, devendo, nesse caso, ser utilizada uma filtragem digital, com filtro de média (Mean Filter), disponível no próprio *software* Idrisi. Esse procedimento visa à suavização das diferenças de cotas entre células vizinhas, de modo que as linhas de nível apresentem continuidade ao longo de todo o MDE.

Resolução das imagens

As imagens utilizadas para a análise foram geradas com tamanhos de células com 1 m de lado. Esse tamanho de célula pode ser considerado pequeno, tendo em vista que, em trabalhos realizados com SIG, a análise geralmente é realizada utilizando valores bem maiores. No entanto, esse pequeno tamanho de célula fez-se necessário pelo fato de estar trabalhando com sistema de terraceamento, o qual apresenta espaçamento horizontal variável entre terraços, além de o uso de pequenos tamanhos de células permitir melhor representação da variação da topografia da área. Nesse sentido, quanto menor o tamanho das células, maior será a resolução da imagem, permitindo melhor representação da realidade da topografia, com variações menos abruptas entre células vizinhas.

Representação das condições de campo nas imagens

Para a geração da superfície de elevação no formato *raster* a partir de curvas de nível, torna-se necessária a utilização de interpoladores, os quais apresentam limitações, devido à dificuldade de desenvolvimento de modelos que permitam simulação precisa da superfície do terreno. Por este motivo, a representação exata das condições de campo em imagem no formato digital torna-se praticamente impossível. A utilização de filtragem digital de média (*Mean Filter*) sobre a imagem interpolada, realizada no *software* Idrisi, amenizou algumas distorções causadas pelos interpoladores, causando, no entanto, pequena alteração na imagem em relação ao mapa-base.

Utilização do *software* Locação

Nas Figuras 5a e 5b, são apresentados um MDE de uma pequena bacia hidrográfica e um MDD gerado pelo *software* a partir do MDE. Na Figura 6a, é apresentada a bacia hidrográfica, indicando o menu utilizado para sobrepor o arquivo-vetor referente ao sistema locado e, na Figura 6b, o vetor de locação sobreposto ao MDE. Na Figura 7, é apresentado o relatório emitido pelo *software*, no qual constam os dados de entrada, bem como os resultados obtidos, indicando o número de cada terraço locado, a cota de locação, o espaçamento vertical, o comprimento e a altura do terraço.

O menu suspenso, indicado na Figura 6a, é acessado pressionando o botão direito do mouse sobre a imagem na tela. Nesse menu, estão também disponibilizados comandos que permitem dar “*zoom*” à imagem na tela, verificar propriedades da imagem, alterar a paleta de cores, imprimir e salvar a área trabalhada como arquivos de figuras.

O *software* desenvolvido permite que os parâmetros de entrada possam ser facilmente alterados, possibilitando a verificação de alterações na conformação do sistema. Por meio da utilização de valores de declividade específicos para cada terraço, permite-se racionalizar a implantação desse tipo de sistema de conservação do solo, fazendo com que as variações do terreno sejam tomadas na locação.

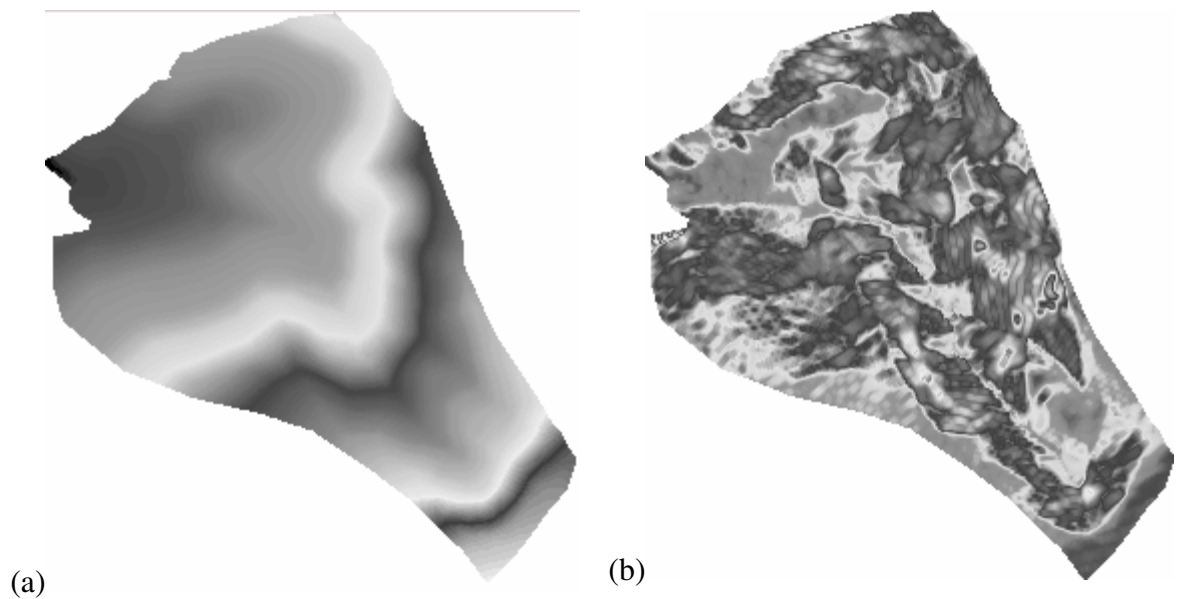


FIGURA 5. Imagem de bacia hidrográfica representando o Modelo Digital de Elevação (a) e o Modelo Digital de Declividade (b).

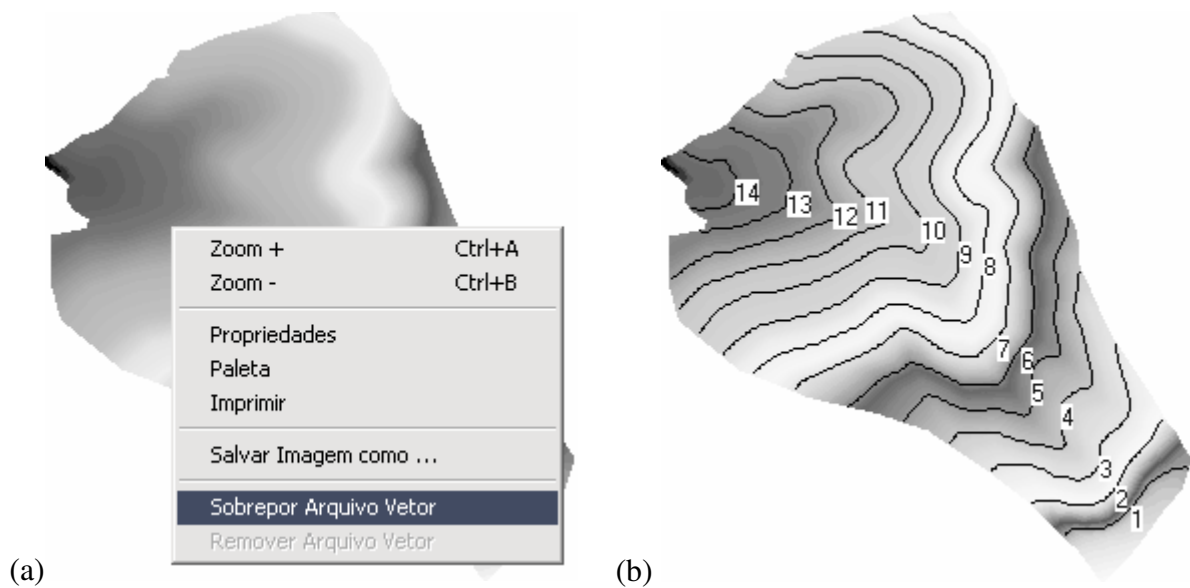


FIGURA 6. Imagem de bacia hidrográfica indicando o menu no qual o vetor referente ao arquivo de terraços é sobreposto (a) e o vetor de locação do sistema de terraceamento sobreposto ao Modelo Digital de Elevação, indicando a seqüência de locação dos terraços (b).



Terraço 2.0

Dimensionamento, Manejo e Locação de Sistemas de
Conservação de Solos e Drenagem de Superfície





Universidade Federal de Viçosa



Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos
Hídricos e da Amazônia Legal - SRH



Fundação Arthur Bernardes

Relatório de Locação de Sistemas de Terraceamento em Nível

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome:	Empresa:
Técnico:	Local:
Estado:	Data:

DADOS DE ENTRADA

Parâmetros da equação de chuvas intensas

K:	a:	b:
c:	T:	Latitude:
Estado:	Localidade:	Longitude:

Espaçamento entre terraços -

Cultura:	Resistência à erosão:	Preparo do solo:
----------	-----------------------	------------------

Solo

Velocidade de infiltração básica (VIB):

Canal

Coeficiente de desuniformidade:	Sm:
---------------------------------	-----

Cobertura Vegetal:

Uso da terra:	Tratamento:
---------------	-------------

Arquivos das imagens de entrada

Imagem de elevação:

Imagem de declividade:

Arquivo do vetor de saída:

Vetor de saída:

RESULTADOS

Área (ha):	Declividade média da área (%):
------------	--------------------------------

Lâmina de escoamento superficial (mm):	Tipo de terraço:
--	------------------

Terraço	Cota	Espaçamento vertical(m)	Declividade média(%)	Comprimento do terraço(m)	Área de influência(m ²)	Altura do terraço(m)
---------	------	-------------------------	----------------------	---------------------------	-------------------------------------	----------------------

FIGURA 7. Relatório emitido pelo *software* Locação.

CONCLUSÕES

O *software* Locação permite a locação do sistema de terraceamento sobre um Modelo Digital de Elevação; emite relatórios contendo informações necessárias à implantação do sistema de terraceamento em campo e simula os efeitos que o tipo de cultivo tem sobre o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível.

REFERÊNCIAS

- BAHIA, V.G.; CURI, N.; CARMO, D. N.; MARQUES, J. J.G.S e M. Fundamentos de erosão do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-31, 1992.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- LOMBARDI NETO, F.; BELINAZZI JUNIOR, R.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B.; BERTOLINI, D. GALETI, P.A.; DRUGOWICH, M.I. *Terraceamento agrícola*. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, CATI, 1994. 39 p. (Boletim Técnico, 206).
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. *Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo*. Curitiba, 1994. 306 p.
- PRÓ-GUAIBA. *Subprograma: sistemas de manejo e controle da contaminação por agrotóxicos*. Manejo e conservação do solo. Porto Alegre: EMATER/RS, 1995. 195 p.
- PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS M.M.; CECON, P.R. A model to design level terraces. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v.123, n.1, p.8-12, 1997.
- SOIL CONSERVATION SERVICE - SCS. *Drainage of agricultural land*. New York: Water Information Center, 1973. 430 p.