

## **DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO DE TERRAÇOS PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**

Edmar José Scaloppi<sup>1</sup>; Carlos Jesús Baca Garcia<sup>2</sup>

### **RESUMO**

As recomendações práticas disponíveis para a execução de estruturas destinadas à conservação do solo e da água têm sido baseadas em procedimentos semiempíricos, que não contemplam alternativas dimensionais decorrentes de um tratamento adequado à representação do processo de escoamento superficial, que prevalece em solos agrícolas cultivados. Este trabalho apresenta critérios hidráulicos simplificados para o dimensionamento tanto de terraços em nível, com a finalidade de contenção e armazenamento, quanto em desnível, para promover o escoamento controlado do excesso de água de chuva, que caracteriza o deflúvio superficial em solos agrícolas. Para as estruturas de contenção e armazenamento, são fornecidas tabelas que auxiliam o dimensionamento dos terraços, em função dos volumes previstos de armazenamento entre 0,3 e 2,4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup> e declividades do terreno de 1, 3, 5, 7, 10, 15 e 20%. Para as estruturas de escoamento, o dimensionamento baseou-se na equação de Manning, sendo a vazão determinada ao final de uma área de contribuição considerada, e assumindo-se uma declividade média de 0,5% da superfície de escoamento na base do terraço. Exemplos ilustrativos foram incluídos para esclarecer a aplicação dos procedimentos propostos.

**Palavras-chave:** escoamento superficial, terraços, deflúvio superficial.

## **SIMPLIFIED DESIGN OF TERRACES FOR SOIL AND WATER CONSERVATION**

### **ABSTRACT**

Most of the practical recommendations available to design terraces for soil and water conservation have been based on semiempirical procedures that do not encompass dimensional alternatives, following a more sound theoretical treatment, to represent the precipitation and storage, or precipitation and runoff, processes that prevail in agricultural soils. This work presents hydraulic criteria to design either level terrace to retain and store ce rainfall runoff, and graded terraces to promote surface discharge toward an outlet or disposal areas properly assigned in agricultural soils. In order to help terrace designers, two tables have

---

<sup>1</sup> Professor, Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, Botucatu, SP, [edmar@fca.unesp.br](mailto:edmar@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Professor, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú, [carlos\\_bacagarcia@yahoo.es](mailto:carlos_bacagarcia@yahoo.es)

been provided for retention and storage structures, as observed in level terraces, as a function of storage volumes from 0.3 to 2.4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup> and field slopes of 1, 3, 5, 7, 10, 15 and 20%. For discharge structures (uniform-graded terraces) the hydraulic design was based on Manning's equation, in which the discharge is determined at the end of some specified contribution area and by assuming an average slope of 0.5% for the terrace. Numerical examples have been included to illustrate the application of the proposed procedures.

**Keywords:** surface flow, terraces, runoff.

## INTRODUÇÃO

Existe uma demanda crescente da sociedade direcionada à preservação ambiental, um contexto onde a atividade agrícola desempenha um papel de destaque na preservação dos recursos naturais, pela relação indissociável de suas ações com o solo, a água e o ar atmosférico. Com a finalidade de estimular a disponibilidade de água e a redução da erosão e do assoreamento em mananciais inseridos nas áreas rurais, a Agência Nacional de Águas do Ministério do Meio Ambiente (ANA, 2008) instituiu o Programa Produtor de Água. Este Programa prevê o fornecimento de apoio técnico e financeiro à adoção de diversas práticas de manejo conservacionista, incluindo a construção de terraços, e congrega uma tendência mundial de pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos, que transcendem os limites da propriedade rural e beneficiam toda a bacia hidrográfica e a população dela dependente.

Segundo o Global Soil Forum (2014) uma iniciativa do Institute for Advanced Sustainability Studies, 24 bilhões de toneladas de solos férteis são perdidos anualmente por processos erosivos. Em consequência, desde 1950, a quantidade de terra arável *per capita* no mundo tem sido reduzida em 50%.

Um princípio básico em conservação de solos e da água orienta que tanto o impacto mecânico das gotas de chuva na superfície do solo, quanto o escoamento superficial em direção aos terraços, devem ser atenuados, evitando-se assim a desagregação estrutural e o arrastamento de partículas do solo pela ação cinética, que caracteriza a fase inicial de um processo erosivo. Para satisfazer objetivos rigorosamente inseridos em práticas conservacionistas, a existência de cobertura

vegetal, viva ou morta, pode satisfazer a primeira exigência. Quanto à segunda, as estruturas de conservação de solos e da água deveriam estar localizadas muito próximas umas das outras, exibindo modestas dimensões, pelo reduzido volume de armazenamento de água que deveriam suportar.

Na prática, em culturas desenvolvidas em linhas de plantio dispostas em nível, esta recomendação poderia coincidir com o próprio espaçamento entre os sulcos de plantio, eliminando ou minimizando o percurso de partículas desintegradas dos elementos estruturais do solo, pelo impacto das gotas de chuva, e potencialmente arrastadas no processo de escoamento superficial.

Infelizmente, essa recomendação parece pouco atrativa e a maioria dos agricultores prefere adotar estruturas mais espaçadas, porém, com maiores dimensões que, além de promover significativos arrastamentos de partículas de solo, devem ser executadas por máquinas específicas de grande potência, nem sempre disponíveis nas propriedades agrícolas. Além disso, terraços com grandes dimensões podem se constituir em obstáculos perigosos à transposição segura do maquinário agrícola de uso contínuo na propriedade rural.

A remoção de terraços em áreas que adotaram o plantio direto na palha tem sido reavaliada, devido à reincidência de processos erosivos. Caviglione et al. (2010) contestaram a remoção de terraços nas áreas que adotaram o plantio direto no estado do Paraná, alertando sobre os prejuízos causados pela erosão hídrica. Recentemente, inúmeras propriedades estão reconstruindo os terraços para reduzir as perdas de água e solo, que não foram efetivamente controladas apenas com a prática do plantio direto.

## DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO DE TERRAÇOS PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Oliveira et al. (2012) avaliaram o desempenho dos três principais tipos de terraços: em nível, com gradiente uniforme e com gradiente crescente. As conclusões, obviamente, identificaram os terraços em nível como os mais efetivos para favorecer a infiltração, apesar de exigirem maiores dimensões. Os terraços com gradiente uniforme requerem menores dimensões, enquanto que os terraços com gradiente crescente ficaram em posição intermediária, reconhecendo-se, porém, as dificuldades para ser executados com precisão, em condições de campo. A variabilidade natural do gradiente de declive adotado na execução de terraços deve proporcionar a ocorrência de trechos onde a infiltração será favorecida.

Para o dimensionamento e construção de terraços em nível, Lombardi Neto et al. (1994) recomendam critérios baseados em equações que, além do declive, utilizam índices relacionados aos agrupamentos de solo, culturas e tipo de manejo e a existência restos de cultura sobre a superfície. Esses critérios reunidos resultaram em 23 tabelas de espaçamentos recomendados. Deve-se considerar ainda, a dificuldade para avaliação da eficiência dos terraços no controle da erosão. Este procedimento requer experimentação local, sob a ocorrência de um grande número de eventos extremos de precipitação, ou o emprego de modelos matemáticos propostos para estimar as perdas de solo por processos erosivos, importantes no planejamento conservacionista em diferentes cenários de manejo do solo, conforme enfatizaram Caviglione et al. (2010).

O dimensionamento de estruturas hidráulicas para conservação do solo e da água depende de vários fatores, entre os quais, a finalidade da estrutura (retenção e armazenamento ou remoção) a intensidade e duração da precipitação adotada, a natureza da cobertura superficial do solo, as características de infiltração da água no solo, a existência de

depressões superficiais capazes de promover armazenamentos variáveis, os gradientes de declive predominantes nas áreas de escoamento e o espaçamento a ser adotado entre as estruturas.

Por outro lado, a condição de escoamento em terraços com gradiente uniforme impõe as seguintes consequências ao dimensionamento:

- 1) Menor volume de mobilização de terra na construção.
- 2) Maior margem de segurança contra transbordamentos.
- 3) Possibilidade de adequação da superfície com vegetação apropriada ao escoamento para minimizar um possível arrastamento de partículas.
- 4) Identificação ou desenvolvimento de locais adequados para disposição dos volumes escoados, preferencialmente através de infiltração. Esses locais podem até mesmo coincidir com terraços de contenção executados em locais mais favoráveis.

Havendo a previsão de escoamento para uma área segura de armazenamento temporário (natural ou desenvolvida) o processo torna-se hidraulicamente mais complexo, pela natureza do escoamento gradualmente variado resultante. Nesse caso, a abordagem hidráulica envolve a solução numérica das equações de Saint-Venant, que não constitui um procedimento previsto neste trabalho, uma vez que requer informações sobre as condições de escoamento, dificilmente obtidas no campo.

Este trabalho apresenta critérios hidráulicos simplificados para o dimensionamento, tanto de terraços em nível, para retenção e armazenamento, quanto em desnível, para promover o escoamento controlado do excesso de água de chuva que caracteriza o deflúvio superficial em solos agrícolas.

quantitativamente, as principais variáveis envolvidas no dimensionamento de terraços, estimulou a possibilidade de se adotar algumas hipóteses simplificadoras na presente proposta:

### MATERIAL E MÉTODOS

As dificuldades apontadas por Caviglione et al. (2010) para caracterizar,

1) A intensidade e a duração adotadas para caracterização da chuva, representam os valores máximos observados com determinado intervalo de recorrência. A ASAE Standards (2012) recomenda, tanto para terraços em nível como com gradiente, uma razão de escoamento baseada em uma chuva máxima acumulada durante um período de 24 h e 10 anos de intervalo de recorrência.

2) A infiltração da água no solo durante a precipitação pluviométrica pode ser considerada desprezível na maioria dos solos agrícolas. Em geral, eventos extremos ocorrem durante a estação chuvosa, com os solos previamente umedecidos exibindo, portanto, uma reduzida razão de infiltração.

3) O efeito da condição superficial do solo no armazenamento e retardamento do deflúvio, em geral, revela uma enorme dificuldade para se proceder a uma adequada avaliação quantitativa. Na presente proposta, este efeito está indiretamente incluído no processo, através da redução da intensidade e duração da chuva adotada no dimensionamento.

Assim, para cada finalidade desejada, armazenamento ou remoção, o dimensionamento fica restrito apenas às variáveis estruturais inter-relacionadas ao espaçamento desejado entre as estruturas.

## Estruturas de Contenção e Armazenamento

O problema encontrado no dimensionamento dessas estruturas restringe-se à determinação da capacidade de armazenamento. Quando subestimada, ocorre o risco de transbordamento e rompimento, com severas consequências ambientais, amplamente conhecidas. Por outro lado, o superdimensionamento encarece a execução, reduz a área útil cultivada e limita a transposição de máquinas e equipamentos na área terraceada.

A forma usual da seção transversal das estruturas de contenção e armazenamento é assimétrica, em função do gradiente topográfico transversal do terreno. Para facilidade de cálculo, uma forma triangular pode ser convenientemente aproximada, conforme sugerem Huffman et al. (2013). Assim, as arestas desse triângulo são constituídas pela face montante do camalhão, pela declividade transversal do terreno e pela superfície da água armazenada, conforme representado na Figura 1. A dificuldade para se avaliar, com razoável precisão, os ângulos formados nas interseções das arestas referidas, sugere que, nessa aproximação, seja genericamente assumido um ângulo ( $\beta$ ) definido pela base horizontal do terraço e a face montante do camalhão onde ocorre o acúmulo do excesso de água.

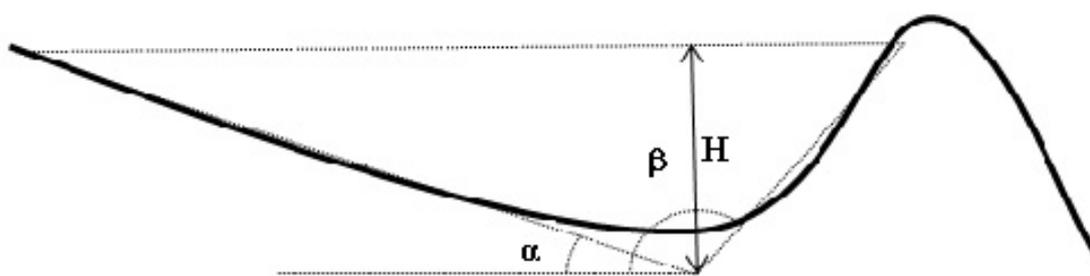


Figura 1. Representação esquemática da estrutura de contenção e armazenamento.

Conseqüentemente, o volume armazenado por unidade de comprimento do terraço será avaliado por:

$$V = H^2 \left[ \frac{50}{d} + 0,5 \operatorname{tg}(\beta - 0, ) \right] \quad (1)$$

em que,

V - volume armazenado por unidade de comprimento do terraço,  $\text{m}^3 \text{m}^{-1}$ ;

H - altura máxima de acumulação de água no terraço, m;

d - declividade do terreno transversalmente ao terraço, % ( $d = 100 \operatorname{tg} \alpha$ );

$\alpha$  - inclinação da superfície, graus;

**DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO DE TERRAÇOS  
PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**

$\beta$  - ângulo aproximado entre a base horizontal do terraço e a face montante do camalhão onde ocorre o acúmulo de água, graus ( $\beta > 90^\circ$ ).

### Estruturas de Escoamento

Para facilitar o dimensionamento de estruturas de escoamento, serão assumidas algumas hipóteses simplificadoras, sem comprometer os resultados práticos desejados:

1) A seção de escoamento superficial será avaliada ao final do comprimento da estrutura de escoamento. Isto significa que, anteriormente a esse ponto, prevalecerá um superdimensionamento, o que aumenta a margem de segurança da estrutura. Para fins de dimensionamento, será assumido um regime de escoamento uniforme computado pela equação de Manning naquele ponto.

2) O coeficiente de rugosidade hidráulica da superfície de escoamento aplicável na equação de Manning, assumido prevalecer, está estimado em 0,04.

3) O gradiente de declive da linha energética na direção do escoamento nos terraços foi arbitrariamente fixado em 0,005, que corresponde a 0,5% de declive, considerado adequado, em função das irregularidades topográficas normalmente observadas no campo. Huffman et al. (2013) admitem declividades variáveis entre 0,1 e 0,6%, dependendo das condições de solo e regime de chuvas locais. Geralmente as maiores declividades são recomendadas para solos mais argilosos e terraços mais curtos.

Desprezando-se a infiltração e eventuais retenções superficiais, a vazão anotada ao final da seção de escoamento depende, basicamente, da área de captação da precipitação correspondente. Assim, a vazão de deflúvio pode ser determinada pela equação:

$$Q = L W \frac{dy}{dt} \quad (2)$$

em que,

Q - vazão de deflúvio,  $m^3 s^{-1}$ ,

L - comprimento do terraço, m,

W - espaçamento entre os terraços, m, e

$dy/dt$  - razão de precipitação adotada no dimensionamento,  $m s^{-1}$ .

Para se calcular os elementos geométricos da seção transversal de escoamento, utilizando-se a equação de Manning, aplicável ao regime de escoamento uniforme, deve-se, primeiramente, caracterizar a geometria dessa seção. Considerando a diversidade de formas características, recomenda-se proceder a uma avaliação de campo com auxílio de um perfilômetro. O objetivo consiste em se obter, por ajustamento, uma equação monomial do tipo:

$$B = c y^m \quad (3)$$

em que,

B - largura da superfície de escoamento, m,

y - lâmina de escoamento, m, e

c, m - parâmetros empíricos.

A área da seção transversal de escoamento correspondente (A) será computada após a integração da equação (3) resultando em:

$$A = \frac{c y^{m+1}}{m+1} = \frac{B y}{m+1} \quad (4)$$

Assumindo-se condições de escoamento uniforme na extremidade final do terraço, a lâmina de escoamento pode ser calculada pelo método iterativo de Newton-Raphson, conforme estabelecem as seguintes equações:

$$y_i = y_{i-1} - \frac{f(y)}{f'(y)} \quad (5)$$

$$f(y) = A(S_o - S_f) \quad (6)$$

em que,

$S_o$  - gradiente de declive longitudinal do terraço, adimensional, e

$S_f$  - gradiente da linha energética calculado pela equação de Manning.

$$f'(y) = S_o B - (Q n)^2 \frac{P^{4/3}}{A^{7/3}} \left( \frac{4}{3} \frac{dP}{dy} - \frac{7}{3} \frac{B}{A} \right) \quad (7)$$

em que,

n – rugosidade hidráulica da superfície de escoamento, assumida igual a 0,04 e

P – perímetro molhado, m.

Huffman et al. (2013) atribuem para a rugosidade hidráulica valores variáveis entre

0,04 (solo nu) e 0,25 (solo coberto por densa vegetação rasteira). Também, recomendam adotar remoções bilaterais para reduzir as dimensões de terraços dimensionados em escoamentos unilaterais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estruturas de contenção

As estruturas de contenção observadas nos terraços em nível reúnem a facilidade de execução e a possibilidade de proporcionar a infiltração local do volume armazenado, contribuindo assim, para promover a recarga dos aquíferos presentes na área. Por outro lado, são mais suscetíveis ao transbordamento, em função do subdimensionamento, assoreamento e irregularidade topográfica. Para evitar a

remoção de grandes volumes de água, em caso de rompimento, evitando o agravamento de processos erosivos localizados, Huffman et al. (2013) recomendam a instalação sistemática de barreiras seccionando o comprimento dos terraços.

Assumindo-se uma lâmina superficial a ser armazenada de 6 cm, os seguintes espaçamentos entre os terraços (W) poderiam ser calculados em função de diferentes capacidades de armazenamento (V) conforme revelam os dados da Tabela 1.

**Tabela 1.** Espaçamentos entre terraços (W) em função da capacidade de armazenamento (V) para uma lâmina superficial de 6 cm

<b>V – m<sup>3</sup>m<sup>-1</sup></b>	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
<b>W – m</b>	5	10	15	20	25	30	35	40

Assim, por exemplo, adotando-se um espaçamento de 40 m, o volume de armazenamento será 2,4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup>. Nesse ponto, para a definição da seção de armazenamento, assume importância o gradiente topográfico transversal que prevalece na área. Sendo uma área relativamente plana, basta uma pequena altura da estrutura de contenção para proporcionar o volume de armazenamento desejado. Ao contrário, em gradientes relativamente pronunciados, haverá necessidade de grandes alturas para acomodar o volume de deflúvio que corresponde ao excesso de água superficial.

Aplicando-se a equação 1 para avaliar as alturas máximas requeridas (H) para armazenar um volume desejado de água superficial V (m<sup>3</sup>

m<sup>-1</sup>) em diferentes gradientes de declive (%) e assumindo-se um ângulo de 120° entre a base horizontal do terraço e a face do camalhão onde ocorre acúmulo de água, obtém-se:

$$H = \sqrt{\frac{V}{\frac{50}{d} + 0,3}} \quad (7)$$

A Tabela 2 apresenta as alturas máximas requeridas, em metros, para armazenar volumes de deflúvio variáveis entre 0,3 e 2,4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup> em declividades do terreno variáveis de 1 a 20%, que representam os limites de variação topográfica na maioria das áreas agrícolas cultivadas.

**Tabela 2.** Alturas máximas requeridas (H) para comportar volumes de armazenamento (V) variáveis entre 0,3 e 2,4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup>, em diferentes declividades do terreno (d).

<b>d – %</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
<b>V = 0,3 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,08	0,13	0,17	0,20	0,24	0,29	0,33
<b>V = 0,6 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,11	0,19	0,24	0,28	0,34	0,41	0,46
<b>V = 0,9 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,13	0,23	0,30	0,35	0,41	0,50	0,57

**DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO DE TERRAÇOS  
PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**

<b>V = 1,2 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,15	0,27	0,34	0,40	0,48	0,57	0,65
<b>V = 1,5 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,17	0,30	0,38	0,45	0,53	0,64	0,73
<b>V = 1,8 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,19	0,33	0,42	0,49	0,58	0,70	0,80
<b>V = 2,1 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,20	0,35	0,45	0,53	0,63	0,76	0,87
<b>V = 2,4 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup></b>	0,22	0,38	0,48	0,57	0,67	0,81	0,93

Obs.: d = declividade (%) = 100 tg α (α – declividade transversal da superfície - graus).

Deve-se enfatizar que os volumes de armazenamento referidos podem ser resultantes da combinação de inúmeras lâminas de dimensionamento, com diferentes espaçamentos entre as estruturas de armazenamento desenvolvidas. Por exemplo, para uma lâmina de 40 mm em terraços espaçados de 30 m, o volume de armazenamento correspondente será  $V = 0,04 \times 30 = 1,2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ . Assumindo-se uma declividade transversal de 5%, pode-se obter, na Tabela 2, a altura de 0,34 m para a seção de armazenamento e, portanto, definir a altura do camalhão, procurando conferir alguma margem de segurança para superar eventuais irregularidades topográficas na execução do terraço.

### Estruturas de escoamento

Assumindo-se que os terraços estejam espaçados de 30 m e tenham 400 m de comprimento, a vazão acumulada ao final desse comprimento, desprezando-se a infiltração e retenções superficiais, com uma precipitação adotada de  $60 \text{ mm h}^{-1}$ , será:

$$Q = 400 \times 30 \times 0,06 \times 3600^{-1} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Admitindo-se que, neste ponto, aproxima-se uma condição de regime de escoamento uniforme, caracterizado por uma declividade longitudinal de 0,5%, e a geometria da seção transversal de escoamento, avaliada com auxílio de um perfilômetro, descrita pela equação - B =

$2,4 y^{0,8}$  (B e y em metros) pode-se determinar, pelo procedimento numérico iterativo de Newton-Raphson referido, o valor da lâmina correspondente ao regime de escoamento uniforme, cujo resultado revelou  $y = 0,46 \text{ m}$ .

Portanto, a área da seção transversal de escoamento será  $0,325 \text{ m}^2$ , o perímetro molhado,  $1,58 \text{ m}$  e a largura máxima da superfície de escoamento,  $1,28 \text{ m}$ . Estas dimensões servirão de base para o dimensionamento dos terraços com gradiente. Para o presente exemplo ilustrativo, a velocidade média de escoamento foi apenas  $0,62 \text{ m s}^{-1}$ .

Apesar do gradiente de declive ser reduzido o suficiente para evitar um arrastamento indesejável de partículas, recomenda-se providenciar um revestimento da superfície de escoamento com uma espécie vegetal apropriada, em geral gramíneas rasteiras densamente vegetadas. Nesse caso, o coeficiente de rugosidade hidráulica da superfície de escoamento deverá ser reavaliado, em função da natureza e condições da cobertura vegetal.

Observa-se em terraços com gradiente, que a vazão aumenta gradativamente com a distância. Utilizando-se ainda os dados do presente exemplo ilustrativo, pode-se apreciar as características do escoamento em quatro pontos especificados ao longo do comprimento do terraço, conforme revelam os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Características do escoamento ao longo de um terraço com gradiente.

<b>Distância – m</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>
<b>Vazão – m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup></b>	0,05	0,1	0,15	0,2
<b>Lâmina - m</b>	0,26	0,34	0,41	0,46
<b>Área – m<sup>2</sup></b>	0,116	0,194	0,262	0,325
<b>Perímetro - m</b>	0,967	1,236	1,428	1,583
<b>Largura - m</b>	0,811	1,019	1,165	1,282
<b>Velocidade – m s<sup>-1</sup></b>	0,43	0,51	0,57	0,62

Os dados da Tabela 3 permitem especificar as dimensões da seção de escoamento que, conforme esperado, aumentam gradativamente com o comprimento do terraço, ampliando a margem de segurança contra transbordamentos, uma vez que sua execução, realizada com equipamentos mecanizados, assegura uma seção relativamente uniforme, calculada em função das características que prevalecem na extremidade final do terraço.

Pode-se observar, também, que a velocidade média de escoamento vai aumentando com o comprimento, revelando, porém, valores suficientemente reduzidos para limitar o arrastamento de partículas do solo. O texto normativo ASAE Standards (2012) recomenda velocidades máximas de  $0,5 \text{ m s}^{-1}$  em solos altamente erodíveis e  $0,6 \text{ m s}^{-1}$  para a maioria dos solos, quando o coeficiente de rugosidade da superfície de escoamento na equação de Manning for assumido igual a 0,035. Na presente proposta, adotou-se um valor típico de 0,04 para esse coeficiente. Mesmo assim, foram obtidas velocidades de escoamento um pouco mais elevadas, porém ainda permissíveis. Entretanto, o revestimento da superfície de escoamento com uma manta vegetal adequada será sempre fortemente recomendado.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram extrair as seguintes conclusões:

1) Havendo um local adequado para disposição do excesso da água de deflúvio superficial, as estruturas de escoamento devem ser preferidas pela maior facilidade de execução, menores dimensões e maior segurança contra o transbordamento, notadamente em condições topográficas mais irregulares.

2) Havendo preferência por estruturas de armazenamento e infiltração, deve-se considerar a execução de estruturas com menores dimensões associadas a menores espaçamentos entre si, privilegiando o caráter conservacionista, pela redução das distâncias de

escoamento superficial e facilitando a execução mecanizada.

3) As alturas máximas dos terraços para comportar volumes variáveis de armazenamento entre  $0,3$  e  $2,4 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ , sugeridas no presente trabalho, podem fornecer informações valiosas em programas de conservação do solo e da água em áreas agrícolas.

4) O procedimento proposto, apesar de envolver algumas hipóteses simplificadoras, apresenta uma aplicação mais simplificada que os critérios fundamentados nas condições de solos, culturas e topografia do local, nem sempre, adequadamente caracterizados e quantificados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas. **Programa Produtor de Água**. Ministério do Meio Ambiente. Superintendência de Usos Múltiplos, Brasília, DF, 2008, 23 p.

ASAE Standards. S268.5JAN2012. Design, Layout, Construction and Maintenance of Terrace Systems. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, Michigan. 2012, 10 p. <http://elibrary.asabe.org/azdez.asp?JID=2&AID=41193&CID=s2000&T=2>

Caviglione, J.H.; Fidalski, J.; Araújo, A.G.; Barbosa, G.M.C.; Lhanillo, R.F.; Souto, A.R. **Espaçamentos entre terraços em plantio direto**. IAPAR, Boletim Técnico 71, 2010, 59 p.

Huffman, R.L.; Fangmeir, D.D.; Elliot, W.J.; Workman, S.R. Chap. 8. Terraces and vegetated waterways. In: Huffman, R.L.; Fangmeir, D.D.; Elliot, W.J.; Workman, S.R. **Soil and Water Conservation Engineering**, 7<sup>th</sup> ed., ASABE, St. Joseph, Michigan. 2013, p.171-198.

Lombardi Neto, F.; Bellinazzi Junior, R.; Lepsch, I.F.; Oliveira, J.B.; Bertolini, D.; Galeti, P.A.; Drugowich, M.I. **Terraceamento agrícola**.

**DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO DE TERRAÇOS  
PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**

**In: Lombardi Neto, F. & Drugowich, M.I.**  
**Manual técnico de manejo e conservação do  
solo e da água.** Campinas: Secretaria da  
Agricultura e Abastecimento do Estado de São  
Paulo, CECOR-CATI, Boletim Técnico 206,  
1994. 39 p.

Oliveira, J. R. S.; Pruski, F. F.; Silva, J. M.  
A.; Silva, D. P. Comparative analysis of the  
performance of mixed terraces and level and  
graded terraces. **Acta Scientiarum,  
Agronomy**, v. 34, n. 4, 2012.