

# USO DE GPS E MODELOS COM DECLIVIDADE VARIADA NA SISTEMATIZAÇÃO EM TERRAS BAIXAS

Antony Severo Winkler<sup>1</sup>; Christopher Garrett Henry<sup>2</sup>; José Maria Barbat Parfitt<sup>3</sup>; Luis Carlos Timm<sup>4</sup>; Walkyria Bueno Scivittaro<sup>5</sup>; Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra<sup>5</sup>; Jaqueline Trombetta da Silva<sup>1</sup>; Mikael Bueno Longaray<sup>6</sup>.

**Palavras-chave:** Irrigação, drenagem, manejo de água.

## INTRODUÇÃO

A sistematização do terreno é uma técnica muito utilizada em solos de terras baixas com vistas à uniformização da superfície do solo, promovendo cortes nas partes mais elevadas e aterrando as depressões (PARFITT, 2004). Esta prática tem por objetivo uniformizar as áreas para facilitar a distribuição da água de irrigação (BRYE et al., 2006). Proporciona ainda, uma melhor condição de drenagem superficial, beneficiando o trânsito de máquinas e aumentando o rendimento operacional (RICKMAN, 2002). Quando executada em um plano sem declividade, a sistematização proporciona lâmina de água uniforme para lavouras de arroz irrigado. No entanto, normalmente é uma prática onerosa, por exigir a movimentação de maior quantidade de solo (HAMAD, 1981).

Desta forma, projetos de sistematização eficientes requerem a determinação da declividade principal, possibilitando o ajuste de um modelo que gere menos resíduos (cortes e aterros), ou seja, que requeira menor volume de solo movimentado (WALKER, 2003).

O primeiro método preciso para projetos de sistematização foi desenvolvido por Givan (1940). A este sucederam os modelos propostos por Chugg (1947), Marr (1957) e Scalopi & Willardson (1986), que se baseiam na teoria dos mínimos quadrados. Shit & Kris (1971) desenvolveram um método baseado em resíduos simétricos, que permite a adoção de diferentes declividades, uniformes ou não, em ambos os sentidos, principal e cruzado. Por sua vez, Hamad & Ali (1990) desenvolveram método fundamentado em programação não-linear para a geração de uma superfície curva ou uma superfície plana graduada. Mais recentemente, Zimmermann (2005) desenvolveu um sistema que utiliza o Sistema de Posicionamento Global (GPS), onde o equipamento que sistematiza o terreno recebe sinais de satélites e executa um modelo pré-definido, que pode ser em superfície curva ou plana.

Todos os métodos disponíveis apresentam vantagens e desvantagens; aqueles que ajustam superfície planas somente podem ser executados com sistema *laser*, já os métodos que desenvolvem superfícies não lineares exigem o auxílio de sistema GPS.

Realizou-se um trabalho com o objetivo de comparar diferentes modelos de sistematização, lineares e não lineares, quanto ao volume de solo movimentado e corte máximo efetivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área de 27,68 ha localizada, no condado de Crittenden, no estado no Arkansas, EUA. O solo da área experimental é classificado como Sharkey Silty Clay (ShA), segundo NRCS-USDA (2009). A área está localizada entorno da coordenada 15S 742892.02E 3902010.75N. O levantamento planialtimétrico para a geração do modelo

<sup>1</sup> MSc., doutorando do Programa de Pós Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal de Pelotas – PPG MACSA. [antonioy@live.com](mailto:antonioy@live.com).

<sup>2</sup> PhD., professor e pesquisador do Departamento de Biologia e Engenharia Agrícola da Universidade do Arkansas.

<sup>3</sup> Dr., pesquisador (a) da Embrapa Clima Temperado.

<sup>4</sup> Dr., professor do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPEL.

<sup>5</sup> Dra., professora do Centro de Engenharias da UFPEL.

<sup>6</sup> Técnico agrícola da Embrapa Clima Temperado.

digital de elevação (MDE) foi realizado em março de 2015, utilizando-se GPS (Global positioning system) com auxílio de base RTK (Real Time Kinematic).

Avaliaram-se os seguintes modelos: superfície plana sem declividade ou comumente chamada de “cota zero” (Zero); superfície plana com declividade na resultante principal do terreno (DR). Estes dois primeiros modelos são tipicamente utilizados e executados com *scraper* e plainas, guiados por raios *laser*. O terceiro modelo de sistematização testado foi o de sistematização em “superfície otimizada” (SO), que é executado com GPS auxiliado por uma base RTK. Para este modelo foi arbitrada uma restrição sobre a declividade máxima, de forma que esta não deveria ser superior a 0,2%, tanto na declividade resultante como na declividade cruzada. Para todos os modelos simulados neste trabalho, a única restrição aplicada relacionou-se à declividade, não sendo aplicadas restrições quanto à profundidade máxima de corte. Utilizou-se uma relação corte/aterro de 1,25.

Os modelos foram avaliados quanto ao volume de corte ( $m^3$ ) e corte máximo efetivo (cm), utilizando-se o software OptiSurface Designer 2.3.14 para a geração dos modelos de sistematização e quantificação de variáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** encontra-se o MDE da área original, obtido por meio de levantamento planialtimétrico. Verifica-se que a área apresenta várias irregularidades na superfície, particularmente zonas altas rodeadas por cotas menores, comumente denominadas “coroas”, que dificultam o manejo da irrigação, e zonas de depressões, onde há armazenamento superficial de água, dificultando a drenagem superficial. A declividade resultante da área de estudo foi de 0,11%, a qual foi utilizada para realizar o cálculo do modelo plano inclinado (DR).

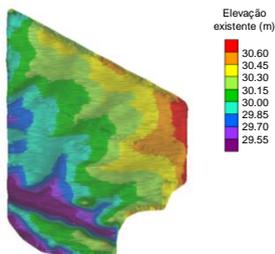
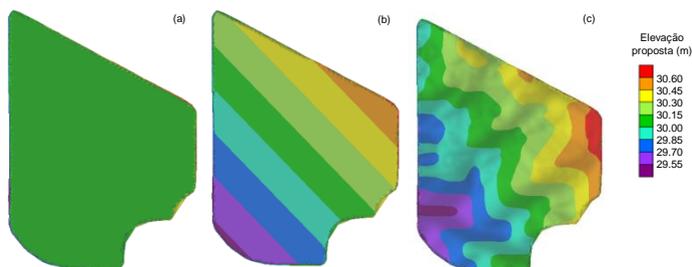


Figura 1: Modelo digital de elevação da área de estudo.

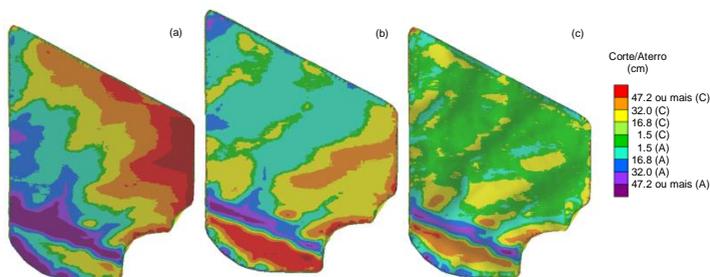
Na **Figura 2** encontram-se os MDE's das áreas com planos zero e com declividade, bem como a superfície otimizada, após o cálculo da sistematização, e na **Figura 3** são apresentados os cortes e aterros.

Analisando-se os MDE's das superfícies projetadas na **Figura 2**, verifica-se que o modelo plano sem declividade apresenta um único patamar, condição que facilitaria o manejo da água para o cultivo de arroz irrigado; também dispensa a construção de taipas no interior da área. No entanto, este tipo de superfície dificulta a drenagem superficial, devido à ausência de gradiente hidráulico que viabilize o escoamento superficial em maior velocidade. No projeto de sistematização em plano com declividade, observa-se uniformidade do terreno, assim como no modelo sem declividade. Requer, porém, a inserção de taipas no interior da área para viabilizar o controle da lâmina de água em lavoura de arroz irrigado. Este sistema possibilita uma drenagem mais eficiente que o modelo sem declividade e possibilita a diversificação de culturas com maior segurança (WINKLER, 2013). Por sua vez, o projeto em superfície otimizada exige o estabelecimento de taipas em curvas de nível, distintamente das taipas retas previstas no modelo plano. O modelo com superfície otimizada suaviza, ainda, a superfície do terreno, eliminando as

depressões onde há armazenamento de água. Isto facilita tanto o manejo da água de irrigação, quanto a drenagem superficial da área.



**Figura 2.** Modelo digital de elevação estabelecido para os modelos com planos zero (a), inclinado (b) e superfície otimizada (c).



**Figura 3.** Modelo digital de elevação dos cortes e aterros para o modelos com planos zero (a), inclinado (b) e superfície otimizada (c).

O volume de solo movimentado por hectare preconizado pelos modelos Zero, DR e SO foi de 1264, 695 e 283 m<sup>3</sup>, respectivamente. Esses resultados mostram que a elaboração de projeto de sistematização com a utilização de um modelo matemático que se ajusta melhor à superfície do terreno, como é o caso do modelo com superfície otimizada, a movimentação de solo com cortes e aterros diminui consideravelmente, resultando em um menor alteração na condição original do terreno. Considerando que os custos da sistematização estão diretamente relacionados ao volume de solo movimentado, a adoção dessa técnica resulta em benefícios econômicos diretos para o produtor. Neste caso específico, a sistematização em superfície otimizada proporcionaria economia equivalente a 78% e 59%, em relação à sistematização baseada nos modelos com planos sem declividade e com declividade, respectivamente.

Outro aspecto importante que deve ser considerado em projetos de sistematização é a profundidade máxima de corte. Neste estudo, os cortes máximos requeridos pela adoção do modelo zero foi de 78 cm, bastante superior aos valores determinado pelos modelos com plano em declive e superfície otimizada de, respectivamente, 53 cm e 37 cm. Estes cortes quando ocorrem em zonas muito grandes dentro da área a ser sistematizada pode comprometer significativamente a produtividade das culturas. A alternativa para a adoção de tais modelos é a divisão das áreas, com o ajuste de diferentes patamares, de forma que os cortes sejam menos profundos. Esse procedimento implica, porém, na redução do tamanho médio dos quadros e, portanto, dificulta o manejo e a operacionalização das operações mecanizadas.

O corte máximo previsto pelo modelo com superfície otimizada, de 37 cm, é considerado adequado para as condições do solo da área estudada. Isto porque cortes dessa magnitude ocorreram em área muito pequena, relativamente à área projetada.

Quanto aos valores de aterro máximo projetados, estes atingiram valores correspondentes à 59 cm, 65 cm e 102 cm, para os modelos com superfície otimizada, plano com declividade e plano zero, respectivamente.

## CONCLUSÃO

O modelo de sistematização em superfície otimizada proporciona redução significativa no volume de terra movimentada e profundidade de corte, relativamente aos modelos com superfície planas.

O método de sistematização em superfície otimizada, operacionalizado com GPS, representa avanço tecnológico em comparação ao sistema *laser*, que está restrito a sistematizações em planos com ou sem declividade.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES, Embrapa Clima Temperado e a Universidade do Arkansas, pela concessão de bolsa de estudo, financiamento da pesquisa e suporte técnico para a realização do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brye, K.R. Soil biochemical properties as affected by land leveling in a Clayey Aquert. Soil Science Society of America Journal, v.70, p.1129-1139, 2006.

Chugg, G. E., "Calculations for Lang Gradation," Agricultural Engineering, Vol. 28, No. 10, Oct., 1947, pp. 461-463.

Givan CV (1940) Land grading calculations. Agricultural Engineering, 21:11-12.

Hamad SN & Ali AM (1990) Land-grading design by using nonlinear programming. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116:219-26.

Marr, J. C., "Grading Land for Surface Irrigation," Division of Agricultural Sciences, University of California, Circular 438, 1957, 55 pp.

Parfitt, J.M.B.; Silva, C.A.S.; Petrini, J.A. In: Gomes, A.S.; Magalhães Jr, A.M. (eds.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. 1º ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44

Rickman, J.F., 2002. Manual for Laser Land Leveling. Rice–Wheat Consortium Technical Bulletin Series 5. Rice–Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains, New Delhi, India, pp. 24.

Scaloppi EJ & Willardson LS (1986) Practical land grading based upon least squares. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 112:98-109.

Shih, S. F., and Kriz, G. J., "Symmetrical Residuals Method for Land Forming Design," Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol. 14, No. 6, Nov.-Dec, 1971, pp. 1195-1200.

Walker, T.W.; Kingery, W.L.; Street, J.E.; Lox M.S.; Oldham, J.L.; Gerard, P.D.; Han, F.X. Rice yield and soil chemical properties as affected by precision landleveling in alluvial soils. Agron. J. 95: 1483-1488. 2003.

Winkler, A. S. Efeito da declividade do terreno sobre o armazenamento superficial de água em áreas sistematizadas. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Zimmerman KR, Gross A, O'connor M, Sapilevski G, Lawrence DG, Cobb HS, Leckie L, Montgomery PY (2005). System and Method for Land Leveling United States Patent No: US 6,880,643 B1, Apr. 19,2005.