

Quanto o solo se ajusta: o que ocorre com a superfície após a sistematização com declividade variada nas terras baixas?

Marcos Valle Bueno¹, Alvaro Roel², Lessandro Coll Faria³

Palavras-chave: suavização, várzea, manejo de água

Introdução

O aumento da demanda global por alimentos nas próximas décadas representa uma oportunidade estratégica para países com base agrícola (Godfray et al., 2010). Nas terras baixas da bacia da Lagoa Mirim, o sistema produtivo arroz-pastagem tem demonstrado elevada produtividade e indicadores ambientais favoráveis, embora sua sustentabilidade de longo prazo requeira diversificação. A inclusão de culturas de sequeiro em rotação com arroz tem se mostrado promissora, ao favorecer a estabilidade produtiva, a eficiência energética e o retorno econômico (Macedo et al., 2021). No entanto, limitações agronômicas associadas ao estresse hídrico e ao encharcamento (Bortoluzzi et al., 2021), exigindo soluções técnicas que aprimorem a gestão hídrica. O uso de camalhões pode mitigar problemas de drenagem e viabilizar a irrigação por sulcos (Gollo et al., 2020), desde que seja precedido por correção do microrrelevo por meio da sistematização de precisão (Bueno et al., 2022). Essa prática contribui para a uniformização da superfície, maior eficiência na distribuição da água e otimização do uso de insumos (Parfitt et al., 2006), embora cortes excessivos em solos rasos possam comprometer a fertilidade, aumentar a compactação e alterar a comunidade microbiana (Aquino et al., 2015), além de elevar os custos operacionais (Bueno et al., 2020). Como alternativa, a sistematização com declividade variável, ou “Suavização”, popularmente conhecido, demanda menor movimentação de solo e promove melhorias na irrigação e drenagem (Bueno et al., 2020), muitas vezes, por demandar menores volumes de corte, um ponto a se ressaltar é se estes projetos com declividade variada têm durabilidade ao longo do tempo. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar se a longo prazo houve alteração na superfície do solo após a sistematização com declividade variada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na primavera de 2019 em uma área experimental de 6 hectares localizada em Paso de la Laguna, departamento de Treinta y Tres, na região leste do Uruguai (Lat: -33.16, Long: -54.10). O local representa as condições edafoclimáticas típicas da principal região produtora de arroz do país. O solo predominante é classificado como Planossolo da unidade “La Charqueada”, caracterizado por horizonte subsuperficial argiloso, baixa condutividade hidráulica e presença de áreas com altos teores de sódio (solod/solonetz), o que restringe a profundidade efetiva das raízes a 20–30 cm (MGAP, 1976). Para a implementação do projeto de sistematização com declividade variada, foi realizado um levantamento planialtimétrico com trator equipado com receptor GNSS e estação base RTK. Os dados de elevação foram processados com o software WM-Form, que gerou um modelo digital de elevação (DEM) da superfície. O projeto foi desenvolvido com malhas de 3 metros, utilizando uma declividade mínima de 0,05% e uma relação corte/aterro de 1,2 (Gamero & Benez, 1989; Bueno et al., 2020), visando equilibrar os volumes de solo movimentados.

¹Profesor doutor em recursos hídricos, Universidad Tecnológica del Uruguay, Durazno, Uruguay, marcos.valle@utec.edu.uy

²Investigador, INIA, Treinta y tres, Uruguay, aroel@inia.org.uy

³Professor doutor UFPel, Pelotas, RS, lessandro.faria@ufpel.edu.br

A modelagem foi realizada em modo de subáreas, permitindo ajustes na direção e magnitude da inclinação, com base em critérios de minimização de movimentação de solo e

compactação. A execução do projeto no campo ocorreu utilizando trator equipado com implemento tipo *scraper* (Los Antonios, 4 m de largura), controlado automaticamente por meio de válvulas hidráulicas conectadas a um módulo de controle com o projeto digital carregado. Este sistema possibilitou a realização precisa das operações de corte e aterro conforme o plano de nivelamento.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta o processo de geração e implementação do projeto de sistematização com declividade variada, “suavização”, com base no modelo digital de elevação (MDE) da área experimental de 6 ha. As curvas de nível com equidistância de 0,05 m permitiram detalhar o relevo original (Figura 1A), projetar a topografia final desejada com o software WM-Form. O uso de curvas de nível de 5 cm se justifica por representarem as lâminas de alagamento convencionais nos sistemas de arroz irrigado da região. O projeto estimou a movimentação média de 104 m³ de solo por hectare, totalizando 604 m³ para os 6 ha modificados. As profundidades de corte variaram entre uma média de 0,03 m e um máximo de 0,16 m. Esses resultados são consistentes com os dados simulados por Bueno et al. (2020), que relataram maiores volumes de movimentação de solo (146 m³ ha⁻¹) e reduções de 25% e 32% no comprimento e número de taipas, respectivamente. De forma semelhante, Quiros et al. (2020) observaram, em implementações reais de nivelamento com declividade variável em terrenos com inclinação de aproximadamente 0,15%, volumes de solo movimentado da ordem de 120 m³ ha⁻¹ e profundidade máxima de corte de 0,12 m, próximos aos observados no presente estudo. A Figura 1B apresenta as curvas de nível com equidistância vertical de 5 cm, derivadas do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir do levantamento planialtimétrico pós-sistematização do terreno com declividade variável. A análise altimétrica demonstra a precisão do modelo na representação das variações topográficas, permitindo a avaliação qualitativa das curvas de níveis. A utilização de técnicas de geoprocessamento garantiu a espacialização adequada das curvas de níveis, corroborando a eficácia da metodologia empregada na caracterização da superfície sistematizada.

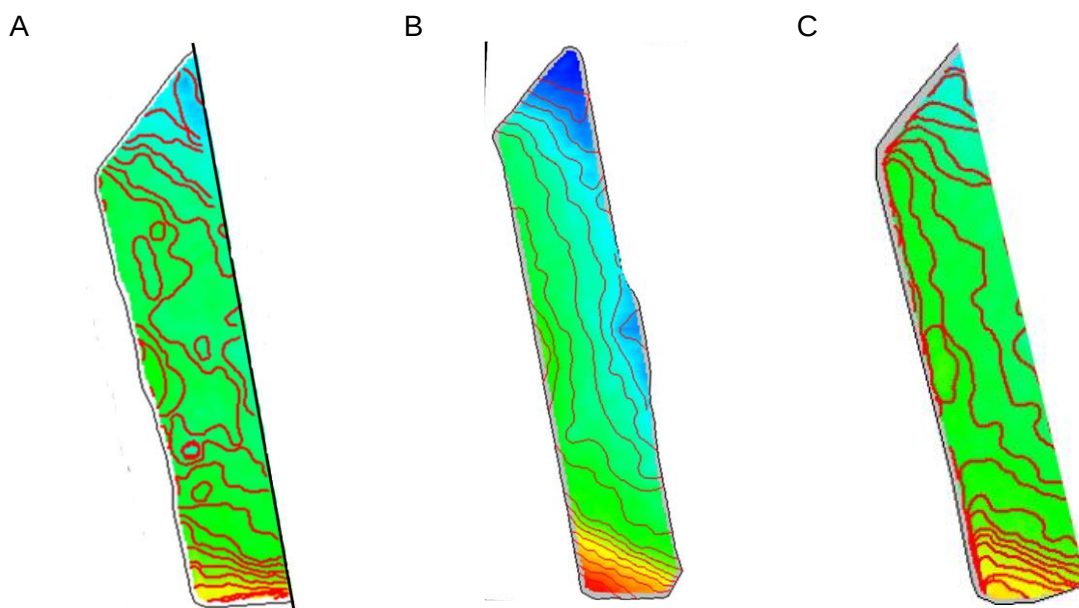


Figura 1 - Área de 6 ha onde foi realizada a sistematização com declividade variada. Área original (A), MDE logo após a sistematização (B) e MDE após cinco anos da realização da sistematização. Todas com curvas de níveis a 5 cm.

Após cinco anos da implementação do sistema de declividade variada (Figura 1C), também com as curvas de níveis a 5 cm de intervalo vertical, através de uma análise comparativa visual das curvas de níveis, os resultados se mantêm consistentes com os obtidos nos primeiros anos, demonstrando a estabilidade da técnica ao longo do tempo. As características topográficas do terreno permanecem semelhantes aos inicialmente estimados. Um dos principais avanços observados foi a eliminação das irregularidades do micro-relevo típicas dos campos de várzea, como lagoas e coroas, que anteriormente dificultavam a drenagem e o manejo da irrigação. Atualmente, a superfície apresenta um perfil mais homogêneo, o que favorece o escoamento da água, evita encharcamentos localizados e contribui para o melhor desempenho das culturas, especialmente da soja, mais sensível ao estresse hídrico. Esses resultados reforçam a viabilidade agrônômica e operacional da sistematização com declividade variada como prática de longo prazo em áreas tradicionalmente cultivadas com arroz.

Conclusões

A implementação do sistema de sistematização com declividade variada em áreas de várzea tradicionalmente destinadas à rizicultura demonstrou ser uma alternativa viável e sustentável para viabilizar a integração de culturas sensíveis à saturação hídrica, como a soja. A técnica permitiu corrigir as limitações impostas pelo micro-relevo, eliminando lagoas e coroas, e promovendo uma superfície agrícola mais homogênea e funcional para irrigação e drenagem. Ao longo de cinco anos, os resultados foram consistentes, com manutenção dos volumes de solo movimentado, cortes controlados e redução significativa na necessidade de estruturas como taipas, sem comprometer a produtividade. Os dados reforçam que a sistematização com declividade variada contribui para a intensificação sustentável dos sistemas produtivos da bacia da Lagoa Mirim, oferecendo como uma plataforma para ampliar a diversificação de culturas e a resiliência dos agroecossistemas de várzea no Uruguai e em outras regiões com características semelhantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Investigação Agropecuária do Uruguai (INIA) por todo apoio na elaboração do projeto.

Referências

- Aquino, L.S., Timm, L.C., Reichardt, K., Barbosa, E.P., Parfitt, J.M., Nebel, A.L., & Penning, L.H. (2015). State-space approach to evaluate effects of land levelling on the spatial relationships of soil properties of a lowland area. *Soil and Tillage Research*, 145, 135–147.
- Bortoluzzi, M. P., Gubiani, P. I., Helwein, A. B., Trentin, R., da Silva, J. R., Nied, & A. H., Zanon, A. (2018). Water balance for determination of excess water in soybean cultivated in lowland soils. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (3).
- Bueno, M.V., de Campos, A.D.S., da Silva, J.T., Massey, J., Timm, L.C., Faria, L.C., Roel, A., Parfitt, J.M.B. (2020). Improving the Drainage and Irrigation Efficiency of Lowland Soils: Land-Forming Options for Southern Brazil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146, 04020019.
- Bueno MV, Roel A, Faria LC, Massey J, Parfitt JMB. 2022. Land-forming for irrigation (LFI) on a lowland soil protects rice yields while improving irrigation distribution uniformity. *Precision agriculture* 24, 310–325. DOI: 10.1007/s11119-022-09946-8
- Gamero, C. A., & S. H. Benez. (1989). Evaluation of soil condition after tillage. In *Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola*, 4, Jundiá. Anais, 12–21.

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (5967), 812e818. DOI: 10.1126/science.1185383

Gollo, E. A., Robaina, A. D., Peiter, M. X., Marchesan, E., Giacomeli, R., & Cassol, G. V. (2020). Implantation systems and surface irrigation for maize crop in lowland areas. *Brazilian Journal of Maize and Sorghum*, 19:1110.

Macedo, I., Terra, J. A., Siri-Prieto, G., Velazco, J. I., Carrasco-Letelier, L. (2021). Rice-pasture agroecosystem intensification affects energy use efficiency. *Journal of Clean Production*, 278, 123771.

MGAP, Ministry of livestock agriculture and fisheries, Soils and Fertilizers Direction. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Escala 1:1.000.000. 1976. Accessed 30 Sept 2021 at <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-reconocimiento-suelos-del-uruguay-escala-11000000>

Parfitt, J. M. B., Timm, L. C., Reichardt, K., Pauletto, E. A., (2014). Impacts of land leveling on lowland soil physical properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 315–326

Quiros, J. V., Romanelli, T. L., Rascher, U., Agüero, J. (2020). Sustainability Performance through Technology Adoption: A Case Study of Land Leveling in a Paddy Field. *Agronomy*, 10(11), 1681; <https://doi.org/10.3390/agronomy10111681>