

# VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DE pH E ALUMÍNIO TROCÁVEL DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

Murilo de Lima Coelho<sup>1</sup>, Luiz Gustavo de Oliveira Denardin<sup>2</sup>, Filipe Selau Carlos<sup>2</sup>, Jean Cougo Paim<sup>1</sup>, Walker da Silva Schaidhauer<sup>1</sup>, Ibanor Anghinoni<sup>3</sup>

Palavras-chave: arroz, pastagem, acidez

## INTRODUÇÃO

Processos naturais de formação do solo, incluindo o próprio relevo, são fatores que afetam a variabilidade dos atributos e das propriedades do solo. O cultivo adotado, como o manejo e as práticas empregadas por si só já modificam os parâmetros iniciais do solo. Devido a isso, o conhecimento sobre a variabilidade do solo é essencial para ações como, definição da fertilidade atual, planejamento experimental e escolhas de práticas de manejo adequadas para o cultivo (Souza, 1992).

Segundo Orlando Filho & Rodella (1983), cerca de 80 a 85% do erro total nos resultados usados para recomendação de fertilizantes e corretivos podem ser atribuídos à amostragem no campo. Por esse fator, a tendência de se homogeneizar o solo tem sido uma das soluções para se garantir uma produção com maior rentabilidade. Nesse sentido, surge a conhecida "Agricultura de Precisão", onde são utilizados estudos de variabilidade do solo para se realizar o gerenciamento da produção.

Em contraponto, diversos autores defendem que a diversidade no sistema é fundamental, uma vez que, a diversidade aumenta a capacidade de suportar estresse e confere ao sistema maior resistência a perturbações, aumentando sua resiliência, consequentemente (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Em sistemas mais complexos, como os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), o animal atua como agente diversificador, devido à distribuição de dejetos de forma desuniforme e inconstante no ambiente e pela mudança dos padrões de vegetação impostos pelo pastejo (Augustine & Frank, 2001). Além disso, o animal também modifica o balanço de nutrientes, ofertando-os constantemente através de diferentes fontes em decomposição (resíduos orgânicos e dejetos animais) (Larcher, 2000). Assim hipotetiza-se que com a diversidade no sistema imposta pelo animal ocorre uma variabilidade dos teores de pH e Al trocável no solo no espaço e no tempo. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial-temporal dos atributos pH e Al trocável do solo em diferentes SIPA em terras baixas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal/RS (distando, aproximadamente, 160 Km de Porto Alegre). A área experimental contém 18 ha, tendo o solo classificado como Planossolo Háplico (Embrapa, 2006). O experimento é composto por 5 tratamentos, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso com 3 repetições. Os tratamentos receberam a seguinte denominação: (S1): monocultivo de arroz com pousio no inverno; (S2): arroz / azevém; (S3): arroz / azevém / soja / azevém; (S4): azevém + trevo-branco / capim sudão / azevém + trevo-branco / soja / azevém + trevo-branco / milho / azevém + trevo-branco / arroz; (S5): azevém + trevo-branco + cornichão (pastagens cultivadas) / campo de sucessão (pastagem natural). Todos os sistemas receberam pastejo com gado de corte no período de inverno, exceto o

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, murilocoelho@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência do solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>3</sup> Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

S1. Esse também recebeu revolvimento anual do solo com cultivo mínimo após a colheita, ficando os demais manejados sobre semeadura direta.

Para a realização das análises foram utilizadas amostragens coletadas em março de 2013, pré-instalação do experimento. Foram coletadas amostras de solo de 0-10 cm em 90 pontos georeferenciados em uma grade amostral de 45 metros. Foram feitas quatro subamostras, uma posicionada no ponto determinado pelo georeferenciamento e as demais amostras ao redor do primeiro ponto em um raio de 3 metros. Para coleta foi utilizado trado calador, seguindo a metodologia de coleta recomendada e descrita por CQFS RS/SC (2004). As amostras foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos e lavadas ao Laboratório de Solos do IRGA-EEA, onde foram secas em estufas de ar forçado ( $\approx 40^{\circ}\text{C}$ ), moídas e peneiradas em peneiras de 2 mm para obter a fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), armazenando em potes plásticos. Em outubro de 2015 sobre os mesmos pontos georeferenciados foi coletado novamente solo sob o mesmo processo, passando pelo mesmo método de secagem e moagem. As amostras coletadas em 2013 e 2015 foram submetidas a análises químicas de pH em água (relação 1:1) e Al trocável ( $\text{KCl } 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ ), seguindo metodologia definida por Tedesco et al. (1995).

Para realizar a identificação e mapeamento dos padrões espaciais dos atributos químicos do solo, as variáveis analisadas foram submetidas à construção de mapa de isolinhas, realizados através de interpolação por krigagem pontual. Para descrever o conjunto de dados obtidos e verificar a variabilidade espaço-temporal foram submetidos os resultados a análises estatísticas descritiva, obtendo valores de média, máxima, mínima, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação (CV) para todos os sistemas. Os mesmos resultados foram utilizados para se verificar a evolução desses atributos no tempo (variabilidade temporal), e para isso se aplicou o teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ), para verificar a normalidade dos dados e, posteriormente, à análise de variância (ANOVA) que quando significativa ( $p < 0,05$ ), se aplicou o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Foram usados como efeitos fixos: sistema, ano, interação sistema x ano e bloco. E como efeito aleatório a interação sistema x bloco e amostra (bloco).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores expostos na estatística descritiva (Tabela 1) demonstram e confirmam o aumento da variabilidade espacial dos atributos químicos após dois anos e sete meses de início do experimento. Analisando os valores de pH, percebe-se que o CV aumenta em todos os sistemas, porém o crescimento apresenta diferença entre eles. Os Sistemas 2 e 4 apresentaram um aumento de 5%, enquanto os Sistemas 1, 3 e 5 tiveram um menor aumento de CV, assim como menor aumento no desvio padrão, quando comparados com os demais sistemas. Os sistemas 2 e 4 tiveram um erro padrão médio de 130 e 150%, respectivamente, em comparação com o inicial. Em contrapartida os demais sistemas apresentaram uma variação que vai de 30 a 50%, demonstrando que os Sistemas 2 e 4 apresentaram maior variabilidade dos valores de pH comparado com a média, mas também diferindo da população amostral, a partir dos aumentos nos valores de erro padrão.

Para o alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) trocável, em função da correção do solo, no ano de 2015 se observou valores baixos desse atributo. Os Sistemas 4 e 5, apresentaram valores de 0,07 e 0,10  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, atribuindo uma maior média, enquanto os Sistemas 1, 2 e 3 apresentaram maiores médias.

A evolução do pH e do Al trocável ao longo tempo sofreu bastante influência dos sistemas impostos (Tabela 2). No início do experimento (2013) nota-se que não apresenta diferenças no pH da área, identificando uma homogeneidade inicial do local para este atributo. Após dois anos e sete meses de condução do experimento notou-se um aumento do pH em todos os sistemas atingindo pH 6,0. Após a calagem os sistemas adotaram seguintes comportamentos: o Sistema 1 apresentou menor redução no pH, indo para 5,7, e se tornando superior ( $p < 0,05$ ) aos sistemas 4 e 5, com pH 5,3. Os Sistemas 2 e 3 continuaram com pH 5,5 sem diferir-se estaticamente dos demais Sistemas.

Em relação ao Al trocável observou-se que ocorreu um decréscimo ao longo do tempo, igualmente para os diferentes sistemas (Tabela 2). Apesar de haver uma tendência de acréscimo do teor de Al com o aumento da diversificação do sistema, intensidade e frequência de animal, os valores encontrados após a calagem são baixos e não se verificou diferença significativa entre os sistemas ( $p>0,05$ ). O Sistema com maior valor encontrado foi o 5 com média de  $0,09 \text{ cmolc dm}^{-3}$ .

**Tabela 1.** Estatística descritiva com média, valores mínimo e máximo, erro padrão, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e n amostral dos diferentes sistemas no ano de 2013 e 2015 para os atributos pH em água e alumínio trocável (Al).

	Sistemas <sup>(1)</sup>									
	1		2		3		4		5	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015	2013	2015
	----- pH em água -----									
<b>Média</b>	5,5	5,7	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3
<b>Mínimo</b>	5,2	5,1	5,0	5,0	5,1	4,9	5,1	4,7	5,1	4,6
<b>Máximo</b>	5,9	6,3	5,7	6,7	6,0	5,9	5,8	6,1	6,0	5,8
<b>Erro padrão</b>	0,06	0,08	0,06	0,14	0,05	0,08	0,04	0,10	0,05	0,07
<b>Desv. Padrão</b>	0,23	0,35	0,22	0,50	0,22	0,31	0,18	0,44	0,25	0,34
<b>CV (%)</b>	4%	6%	4%	9%	4%	6%	3%	8%	5%	7%
<b>N</b>	17	17	13	13	16	16	19	19	23	23
	----- Al trocável (Cmolc dm <sup>-3</sup> ) -----									
<b>Média</b>	0,08	0,01	0,08	0,02	0,11	0,01	0,24	0,07	0,24	0,10
<b>Mínimo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Máximo</b>	0,50	0,10	0,80	0,10	0,60	0,20	1,70	0,30	1,10	0,60
<b>Erro padrão</b>	0,04	0,01	0,06	0,01	0,04	0,01	0,10	0,02	0,07	0,04
<b>Desv. Padrão</b>	0,15	0,03	0,22	0,04	0,18	0,05	0,43	0,10	0,32	0,18
<b>CV (%)</b>	199%	282%	259%	244%	166%	400%	180%	135%	133%	177%
<b>N</b>	17	17	13	13	16	16	19	19	23	23

<sup>(1)</sup> Sistemas: 1) Monocultivo de arroz-pousio (testemunha, com preparo de solo); 2) SIPA arroz-gado de corte; 3) SIPA em rotação soja/arroz – gado de corte; 4) SIPA, em rotação pastagem cultivada/soja – gado de corte; 5) Pastagem cultivada e pastagem natural.

Ocorreu uma diminuição do pH nos Sistema 4 e 5, onde se encontra uma maior intensidade e frequência de animais. A principal contribuição do animal é a acidificação pela urina, onde no fluxo de urina pelo perfil do solo é comum ocorrer nitrificação, havendo lixiviação de nitrato, restando  $\text{H}^+$  na superfície (Bolan et al., 1991), mesmo o esterco aumentando pH de solos ácidos (Whalen et al., 2000), como resultado final é a acidificação do solo, principalmente, pela frequência de urina ser maior em relação às fezes. Os efeitos causados pela fitotoxidez do alumínio não são notados, provavelmente pelo efeito de complexação desse elemento pela matéria orgânica.

Além dos animais, os Sistemas 4 e 5 também possuem a presença de leguminosas. Diversos estudos apresentam o poder acidificante de leguminosas, decorrido da maior absorção de cátions, liberando prótons de  $\text{H}^+$  para o meio. Assim, há, de forma indireta, indução de acidez ativa quando do cultivo de leguminosas fixadoras de nitrogênio (Bolan et al., 1991).

**Tabela 2.** Evolução dos valores de pH e Al trocável de maio de 2013 a outubro de 2015, nos diferentes sistemas integrados de produção agropecuária testados no protocolo experimental SIPA terras baixas – Cristal/RS.

Ano	Sistemas <sup>(1)</sup>					Média
	1	2	3	4	5	
<b>pH</b>						
<b>2013</b>	5,5	5,4	5,5	5,5 A	5,5 A	5,5
<b>2015</b>	5,7 a	5,5 ab	5,5 ab	5,3 Bb	5,3 Bb	5,4
<b>Média</b>	5,6	5,4	5,5	5,4	5,4	
<b>Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>						
<b>2013</b>	0,08	0,08	0,11	0,24	0,24	1,15 A
<b>2015</b>	0,01	0,02	0,01	0,07	0,10	0,04 B
<b>Média</b>	0,04	0,05	0,06	0,15	0,17	

<sup>(1)</sup> Sistemas: 1. Monocultivo de arroz-pousio (testemunha, com preparo de solo); 2. SIPA arroz-gado de corte; 3. SIPA em rotação soja/arroz – gado de corte; 4. SIPA, em rotação pastagem cultivada/soja – gado de corte; 5. Pastagem cultivada e pastagem natural. Teste Tukey (p<0,05): Letras maiúsculas distinguem os anos dentro de cada tratamento; Letras minúsculas distinguem sistemas dentro de cada ano. Ausência de letras: diferenças não significativas.

## CONCLUSÃO

A adoção de sistemas integrados de produção agropecuária promove uma maior variabilidade do pH do solo. A maior frequência e intensidade de animais no sistema, assim como a diversidade de espécies vegetais, intensifica o aumento da acidez ativa do solo, sem promover aumento nos teores de Al trocável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUGUSTINE, D. J.; FRANK, D. A. Effects of migratory grazers on spatial heterogeneity of soil nitrogen properties in a grassland ecosystem. **Ecology**, New York, v. 82, p. 3149–3162, 2001.
- BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures, **Plant and Soil**, The Hague, v. 134, 1991. p. 53-63.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. p. 531.
- ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A análise química do solo e recomendação de adubação. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool/Planalsucar, 1983. p. 155-178.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros**. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, 2009. p. 743–755.
- WHALEN, J. K. et al. Cattle Manure Amendments Can Increase the pH of Acid Soils. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 64, n. 3, 2000. p. 962–966.