

Reacidificação do solo e balanço de cátions básicos em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo

Amanda Posselt Martins⁽¹⁾; Taise Robinson Kunrath⁽²⁾; Diego Cecagno⁽³⁾; Sérgio Ely V. G. de A. Costa⁽¹⁾; Ibanor Anghinoni⁽⁴⁾; Paulo César de Faccio Carvalho⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Estudante de Pós-Graduação; Programa de Pós-Graduação (PPG) em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Porto Alegre, RS; amandaposselt@gmail.com; sergioelycosta2011@hotmail.com. Bolsistas CAPES e CNPq. ⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação; PPG em Zootecnia da UFRGS; taiserk@gmail.com. Bolsista CAPES. ⁽³⁾ Estudante de Graduação; Faculdade de Agronomia da UFRGS; dcecagno@hotmail.com. Bolsista CNPq. ⁽⁴⁾ Professor Titular; Departamento de Solos da UFRGS; ibanghi@ufrgs.br. Bolsista do CNPq. ⁽⁵⁾ Professor Associado, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS; paulocfc@ufrgs.br. Bolsista do CNPq.

RESUMO: A utilização mais eficiente dos insumos agrícolas é um dos grandes objetivos para o futuro dos sistemas de produção. Apesar dos fortes indícios do funcionamento diferenciado do solo, pouco se sabe a respeito do que ocorre com sua acidez, sobretudo em sistemas integrados. O objetivo deste trabalho é verificar o efeito de diferentes intensidades de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária, na reacidificação do solo e no balanço de cátions básicos ao longo do tempo. Para isto, foi utilizado um experimento que vem sendo conduzido desde 2001, no Planalto do RS, com intensidades de pastejo no inverno: intenso, moderado e sem, e soja no verão. Avaliaram-se as entradas e saídas de cálcio, magnésio e potássio, bem como o estoque inicial e final do solo (novembro de 2000 e maio de 2010). O pastejo moderado acarreta em balanço positivo de cálcio e magnésio e negativo de potássio. Já o pastejo intenso, acarreta em balanço positivo apenas de magnésio. O balanço de cátions básicos é sempre negativo na ausência de pastejo, devido às perdas por lixiviação. O pastejo depois de nove ciclos, resultou em menor reacidificação do perfil do solo.

Termos de indexação: acidez do solo, sistemas integrados, lixiviação.

INTRODUÇÃO

Na busca por uma agricultura sustentável, a diminuição ou a utilização mais eficiente dos insumos de entrada é um dos grandes objetivos para um futuro próximo. Nesse sentido, o entendimento dos processos e das relações entre os constituintes do sistema de produção é de suma importância (Cunha et al., 2012).

No que diz respeito à acidez do solo, sobretudo no Brasil, grande parte das pesquisas focam na dinâmica da correção da acidez do solo, e não na compreensão dos processos que levaram o solo, já corrigido, à condição ácida novamente. Isso se deve, provavelmente, ao fato

do calcário historicamente ser um insumo com baixo custo (ABRACAL, 2012). Entretanto, sistemas de produção mais eficientes, com menor entrada de insumos e que tenham menos “pegadas de carbono” estão sendo cada vez mais valorizados por órgãos internacionais e nacionais de fomento (FAO, 2010; Gouvello, 2010). Nesse contexto, a integração lavoura-pecuária (ILP) é uma alternativa comprovadamente mais sustentável e mais resiliente, em relação a sistemas agrícolas modernos de alto aporte de insumos (Russele et al., 2007). Neste sistema, o animal atua como um catalisador, modificando e acelerando os fluxos pela ingestão dos nutrientes contidos na pastagem e retorno via fezes e urina, em um processo contínuo durante a fase pastagem do sistema (Carvalho et al., 2011). Assim, a sua inserção pode alterar a magnitude dos processos de reacidificação do solo.

O objetivo deste trabalho é verificar o efeito de diferentes intensidades de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária na reacidificação do solo e o balanço de cátions básicos após longo tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um experimento que vem sendo conduzido em São Miguel das Missões/RS, região do Planalto sul-rio-grandense, em um Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 2006), em semeadura direta desde 1993. As características químicas do solo (0 a 20 cm) na instalação do experimento eram: pH-H₂O de 4,7; 3,2 % de matéria orgânica; 4,8; 1,6; 0,7 e 9,6 cmol_c dm⁻³ de Ca, Mg e Al trocáveis e H+Al; 8 e 126 mg dm⁻³ de P e K disponíveis (Tedesco et al., 1995). A densidade média era de 1,24 e 1,36 kg dm⁻³ nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm, respectivamente.

A primeira entrada dos animais na área de 22 hectares ocorreu em junho de 2001, iniciando o sistema que consiste em pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) de

maio a novembro e soja (*Glycine max*) de novembro a maio. Os tratamentos consistem de intensidades de pastejo no período hibernal, conforme a altura de manejo do pasto, sendo: 10 cm (pastejo intenso, média de 1.350 kg de peso vivo [PV] ha⁻¹), 20 e 30 cm (média = pastejo moderado, 763 kg PV ha⁻¹) e áreas testemunha (sem pastejo), em um delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições.

Imediatamente antes do início do experimento, se aplicou superficialmente 4,5 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT 62%, 30% CaO, 19% MgO) para elevar o pH do solo até 5,5 na camada de 0 a 10 cm (CQFS RS/SC, 2004). A adubação fosfatada foi de 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ todos os anos, sendo nos dois primeiros ciclos com superfosfato simples (16% Ca) e nos anos subsequentes com superfosfato triplo (12% Ca). A adubação potássica variou entre 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹, totalizando 570 kg ha⁻¹ de K₂O nos nove ciclos analisados. Todas as adubações foram feitas de acordo com a CQFS RS/SC (2004).

Para o balanço dos cátions básicos (Ca, Mg e K), consideraram-se as entradas e saídas acumuladas durante nove ciclos pastejo/soja, além do estoque inicial (novembro de 2000) e final (maio de 2010) do solo. Estimou-se o quanto ainda estava nos resíduos (pasto, esterco e planta de soja) do sistema no momento da coleta de solo para determinação do estoque final, de acordo com os resultados de Assmann (2013). A lixiviação foi obtida pela diferença entre o estoque final calculado (estoque inicial + entradas - saídas - remanescente no resíduo) e o estoque final real (medido em análise). As saídas foram calculadas para os dois produtos do sistema: grãos de soja e carne bovina (ganho de peso no período avaliado). Considerou-se os teores de 2,77 e 1,33 g kg⁻¹ de Ca, 2,80 e 1,33 g kg⁻¹ de Mg e 17,97 e 1,50 g kg⁻¹ de K, para o grão de soja e a carne bovina, respectivamente. Os teores dos grãos foram analisados, segundo Tedesco et al. (1995), e da carne retirados de Price & Schweigert (1994).

O solo para determinação do estoque inicial e final dos cátions básicos foi coletado na camada de 0 a 40 cm, em novembro de 2001 e maio de 2010. Nesta ocasião, a coleta foi estratificada em doze camadas, para verificação dos atributos de acidez do solo ao longo do perfil (pH-H₂O, saturação por bases [V%] e saturação por alumínio [m%]). As análises do solo foram realizadas segundo Tedesco et al. (1995). Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey (p<0,05) para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A entrada de insumos para os três cátions básicos foi a mesma para os três sistemas (tratamentos) em análise: ILP com pastejo intenso no inverno, ILP com pastejo moderado no inverno e sistema plantio direto apenas com plantas de cobertura (área sem pastejo). No entanto, após nove ciclos, os manejos resultaram em diferentes saídas (**Tabelas 1, 2 e 3**).

A saída via produtos do sistema (grãos de soja e carne bovina), foi muito similar entre todos os sistemas. Para Ca e Mg (**Tabelas 1 e 2**), a exportação via soja ou boi é baixa, comparado aos estoques destes nutrientes no solo. Essas saídas, seriam, em média, o equivalente à diminuição em 0,10 e 0,16 cmol_c dm⁻³ dos teores de Ca e Mg, respectivamente, em nove anos. Já, a exportação de K (**Tabela 3**) pelos produtos do sistema no período abrangido, alcançou valores superiores ao estoque inicial e final do solo, equivalente a cerca de 119 mg dm⁻³, evidenciando a importância do aporte desse nutriente via adubação, bem como a sua preservação no solo. Para todos os cátions, a proporção exportada pela carne bovina foi bastante inferior do que pelos grãos de soja (**Tabelas 1, 2 e 3**), reafirmando o papel do animal como agente catalisador, sendo a ILP uma oportunidade de colheita a mais na área (Carvalho et al., 2011) com baixíssima extração de nutrientes do solo (Franzluebbers, 2007).

As saídas discutidas até aqui se caracterizam como produtivas e necessárias para o funcionamento do sistema. Nestas, não foram encontradas grandes diferenças entre os tratamentos, visto da baixa exportação pelo produto animal (Rotz et al., 2005) e pela produtividade similar de soja ao longo dos anos nos diferentes tratamentos (Carvalho et al., 2011).

Da mesma forma, em relação ao processo de reacidificação do solo, as exportações nos grãos e no produto animal pouco contribuem (Coventry & Slattery, 1991). No entanto, a saída via lixiviação, dos nutrientes, caracterizada como "não produtiva", foi expressiva e muito maior do que a exportação via produtos, sendo, para Ca e Mg, maior na área sem pastejo (**Tabelas 1 e 2**). A reacidificação do solo em sistemas de produção agrícola e pecuária está intimamente ligada à dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera. A perda de cátions básicos por lixiviação ocorre junto de um ânion acompanhante, comumente o nitrato (NO₃⁻), cujo movimento no solo é ligado ao da água. Assim, a inserção de espécies ou modificações de manejo que estimulem o contínuo crescimento da parte aérea e das raízes até camadas mais profundas – como o pastejo – auxiliam na diminuição das taxas de reacidificação do solo (Passioura & Ridley, 1998; Coventry et al., 2003).

Para o K, a lixiviação foi superior na área de

pastejo intenso no inverno e sem pastejo (**Tabela 3**). Efeitos da maior saída de K em áreas de ILP, sobretudo com pastejo intenso, já foram relatados por Ferreira et al. (2009). Cerca de 80% do K ingerido pelo animal retorna ao sistema pela urina, de forma concentrada em uma pequena porção do solo (Haynes & Willians, 1993). Isso facilita o processo de lixiviação de K que, segundo a série liotrópica, é menos retido no complexo sortivo do solo em detrimento a cátions de maior valência como o Ca e o Mg (Sparks, 2003). Por outro lado, a área sem pastejo, por não ter o estímulo da desfolhação pelo animal (pastejo), atinge sua maturação vegetal mais cedo (Aguinaga et al., 2008). Assim, por não ser um componente estrutural da planta, o K a partir desse estágio fica “livre” (Taiz & Zeiger, 2004), chegando ao solo apenas pela ação da precipitação (lavagem das plantas). O pastejo moderado na ILP mostrou ser um tratamento adequado para equilibrar esses dois processos e diminuir as perdas por lixiviação (**Tabela 3**).

O tratamento sem pastejo, simulando um SPD apenas com plantas de cobertura no inverno, apresentou balanço negativo para todos os cátions. No caso do Ca e Mg, há de se verificar se o estoque atual está prejudicando o desenvolvimento das plantas e se haverá ou não uma resposta à reaplicação de calcário nesse sistema, principalmente nos tratamentos com balanço negativo. No caso do K, deve se repensar as doses utilizadas ao longo dos anos. No entanto, são tomadas de decisão que devem ser realizadas em conjunto, pois de nada adiantará aumentar a dose de K se o poder tampão do solo for insuficiente para retenção em sua fase sólida. Em solos tropicais e subtropicais, onde a matéria orgânica é a principal responsável pela capacidade de troca de cátions (CTC) do solo (Raij, 1969), o aumento desta se dá pelo aumento do pH do solo – na prática, via calagem.

Em relação aos indicadores de acidez medidos em maio de 2010 no perfil do solo (0 a 40 cm), não foi observada diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$) para o pH-H₂O (**Figura 1a**). No entanto, houve diferenças para a V% e m% (**Figura 1b e c**). Na média do perfil, os tratamentos com pastejo apresentaram maior V% e menor m%, em comparação à área sem pastejo. Esses valores foram em média de 46, 45 e 35% para a V% e de 26, 27 e 40% para a m%, para o pastejo intenso, moderado e sem pastejo, respectivamente.

Esses dados indicam maiores perdas por lixiviação e, conseqüentemente, menor estoque final de Ca e Mg – os principais constituintes da CTC do solo – do tratamento sem pastejo, pelos motivos já discutidos. Na perda destes nutrientes, as cargas da fase sólida antes ocupadas por eles, dão lugar ao H⁺ e ao Al³⁺, denotando o processo de reacidificação do solo (Sumner & Noble, 2003).

CONCLUSÕES

A integração lavoura-pecuária com pastejo moderado acarreta em balanço positivo de cálcio e magnésio e negativo de potássio. Já o pastejo intenso, acarreta em balanço positivo apenas de magnésio.

O balanço de cátions básicos é sempre negativo na ausência de pastejo, devido às perdas por lixiviação.

O pastejo depois de nove ciclos, independentemente da intensidade, resultou em menor reacidificação do perfil do solo.

REFERÊNCIAS

- AGUINAGA, A.A.Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. R. Bras. Zootec., 37:1523-1530, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CALCÁRIO AGRÍCOLA, 2012. Site institucional. Disponível em: <www.sindical.com.br/ram_abracal.htm>. Acesso em: 17 mai. 2012.
- ASSMANN, J.M. Ciclagem e estoque de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte sob plantio direto. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. (Tese de doutorado – em preparação)
- CARVALHO, P.C.F. et al. Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil. Porto Alegre, Gráfica RJR, 2011. 60p. (Boletim Técnico).
- CQFS – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 10 ed. 2004. 400p.
- COVENTRY, D.R. & SLATTERY, W.J. Acidification of soil associated with lupins grown in a crop rotation on north-eastern Victoria. Aust. J. Agric. Res., 42:391-397, 1991.
- COVENTRY, D.R. et al. Management Soil Acidification Through Crop Rotations in Southern Australia. In: RENGEL, Z. ed. Handbook of Soil Acidity. New York, Marcel Dekker Inc., 2003. p. 407-429.
- CUNHA, G.R. et al. Depois da Rio+20: Qual o futuro da “agricultura sustentável”? R. Plantio Direto, Jul/Ago, 10-17, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FERREIRA, E.V.O. et al. Concentração de potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. R. Bras. Ci. Solo, 33:1675-1684, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. Integrated Crop Management, 2010. 64p.
- FRANZLUEBBERS, A.J. Integrated crop-livestock systems in the Southern USA. Agron. J., 99:362-372, 2007.
- GOUELLO, C. Estudo de baixo carbono para o Brasil. Brasília: Banco Mundial, 2010. 278p.
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Adv. Agron., 49:119-199, 1993.

PASSIOURA, J.B. & RIDLEY, A.M. Managing soil water and nitrogen to minimize land degradation. In: Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference, Wagga Wagga, 1998. p. 99-106.
 PRICE, J.F. & SCHWEIGERT, B.S. 1994. Ciencia de la carne y de los productos carnicos. 2.ed. Zaragoza: Acribia. 581p.
 RAIJ, B. V. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. Bragantia, 28:85-112, 1969.
 ROTZ, C.A. et al. Whole-farm perspectives of nutrient flows in grassland agriculture. Crop Sci., 45:2139-2159, 2005.

RUSSELLE, M.P. et al. Reconsidering Integrated Crop-Livestock Systems in North America. Agron. J., 99:325-334, 2007.
 SPARKS, D.L. Environmental Chemistry of Soils. California: Academic Press. 2003. 267 p.
 SUMNER, M.E. & NOBLE, A.D. Soil Acidification: The World Story. In: RENGEL, Z. ed. Handbook of Soil Acidity. New York, Marcel Dekker Inc., 2003. p. 1-28.
 TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3^a Ed., Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.
 TEDESCO, M.J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 2.ed. 1995. 174p.

Tabela 1 – Balanço de cálcio na camada de 0 a 40 cm do solo após nove anos da adoção de um sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo, no Planalto Sul-Rio-Grandense

Pastejo	Estoque inicial	Entradas		Saídas			Estoque final	Balanço
		Calcário	Adubo	Soja	Boi	Lixiviação		
kg de Ca ha ⁻¹								
Intenso	2.609 a	965 a	208 a	53,8 a	5,4 a	1.409 b	2.504 a	- 104 ab
Moderado	2.232 a	965 a	208 a	52,4 a	6,6 b	1.645 b	2.269 a	36 a
Sem	2.386 a	965 a	208 a	54,5 a	-	2.062 a	1.856 b	- 530 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05).

Tabela 2 – Balanço de magnésio na camada de 0 a 40 cm do solo após nove anos da adoção de um sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo, no Planalto Sul-Rio-Grandense

Pastejo	Estoque inicial	Entrada	Saídas			Estoque final	Balanço
		Calcário	Soja	Boi	Lixiviação		
kg de Mg ha ⁻¹							
Intenso	791 a	516 a	72,9 a	5,4 a	288 b	940 a	150 a
Moderado	696 a	516 a	70,9 a	6,6 b	273 b	861 ab	165 a
Sem	736 a	516 a	74,3 a	-	451 a	727 b	- 9 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05).

Tabela 3 – Balanço de potássio na camada de 0 a 40 cm do solo após nove anos da adoção de um sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo, no Planalto Sul-Rio-Grandense

Pastejo	Estoque inicial	Entrada	Saídas			Estoque final	Balanço
		Adubo	Soja	Boi	Lixiviação		
kg de K ha ⁻¹							
Intenso	462 a	473 a	474 a	6,1 a	149 b	305 b	-156 b
Moderado	461 a	473 a	461 a	7,4 b	117 a	348 a	-112 a
Sem	499 a	473 a	483 a	-	139 b	349 a	-149 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05).

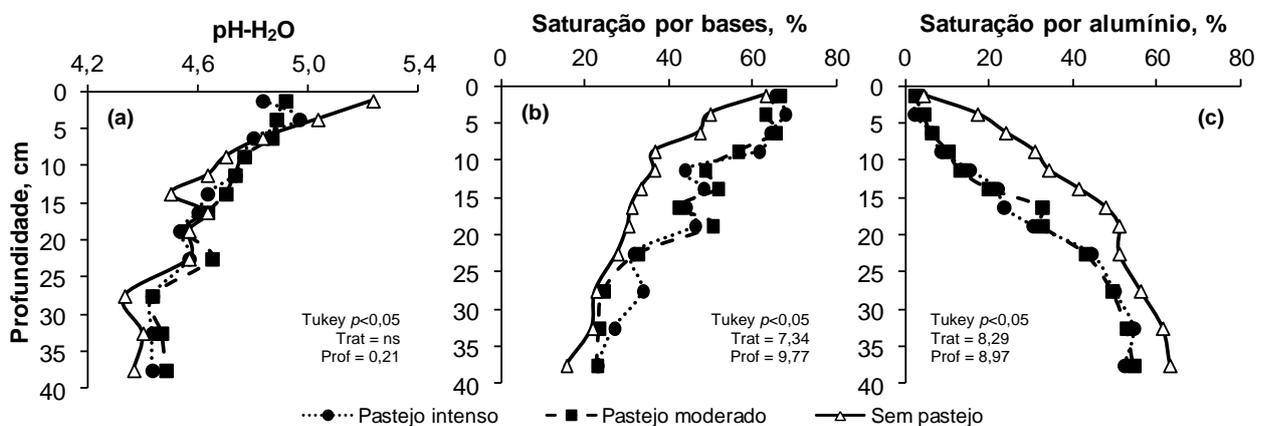


Figura 1 – Indicadores de acidez do solo após nove anos da adoção de um sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo, no Planalto sul-rio-grandense.