

# ANÁLISE DA ADIÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

Bruna Possobon Soares<sup>1</sup>; José Bernardo Moraes Borin<sup>2</sup>; Amanda Posselt Martins<sup>3</sup>;  
Luiz Gustavo de Oliveira Denardin<sup>2</sup>; Thiago Barros<sup>4</sup>; Fernanda Gomes Moojen<sup>5</sup>;  
Paulo César de Faccio Carvalho<sup>6</sup>; Ibanor Anghinoni<sup>6,7</sup>

Palavras-chave: adubação, nitrogênio, fósforo.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção da lavoura arrozeira gaúcha têm sido desafiados quanto à sustentabilidade das suas práticas de manejo. As razões para isso são as mais diversas possíveis: desde a resistência de plantas daninhas a tecnologias recentemente lançadas (Villa et al., 2006), até o esgotamento da qualidade e fertilidade do solo pelo intenso cultivo (Boeni et al., 2010). Neste contexto, práticas de manejo conservacionistas, como o mínimo revolvimento do solo e a diversificação de culturas, estão sendo vislumbradas para as terras baixas, assim como os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) (Martins et al., 2017).

Os SIPA devem ser planejados e construídos em seus arranjos, no tempo e no espaço, objetivando sinergismos nos resultados produtivos, sociais e ambientais (Carvalho et al., 2014). Eles proporcionam a reciclagem dos nutrientes pelos resíduos culturais e a excreta animal, transferindo-os dentro do ciclo da pastagem e de uma cultura para outra, podendo reduzir as quantidades de fertilizantes e melhorando a qualidade do solo. Em SIPA, é comum que o saldo dos nutrientes seja determinado pelo rendimento da fase lavoura, já que esta exporta quantidades muito superiores quando em comparação com a fase pastagem/pecuária (Martins et al., 2014). A exportação de nutrientes pelo tecido animal e por seus produtos e derivados (carne, leite, lã, etc.) é baixa, variando de 5 a 30 % do total ingerido, dependendo do produto animal comercializado (Rotz et al., 2005).

Por outro lado, em ambientes tropicais e subtropicais, de solos bem intemperizados, para se alcançar elevados índices produtivos e um sistema de produção sustentável, faz-se necessária a correção inicial da fertilidade desses solos. Exemplo disso é a filosofia utilizada no sistema de recomendação de adubação do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde a maioria das culturas conta com uma etapa de adubação de correção, que visa elevar o teor do nutriente, no solo, até um dado valor tido como crítico, que corresponde a aproximadamente 90% do rendimento dos cultivos (CQFS RS/SC, 2016). Dessa forma, após a consolidação do sistema de produção e a utilização do conhecimento dos processos de ciclagem, catalisados pelo animal nos SIPA (Carvalho et al., 2014), é possível obter uma alta eficiência no uso de insumos, como os fertilizantes (Powlson et al., 2011).

Diante disso, é provável que a conversão de áreas de monocultivo de arroz em terras baixas, no Rio Grande do Sul, para SIPA, resulte em um maior benefício para correção da fertilidade do solo quanto maior for a inserção temporal do componente pecuário – desde que a pastagem seja adequadamente adubada, como preconizado (Carvalho et al., 2014; CQFS RS/SC, 2016). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes SIPA, em terras baixas, na exportação e adição de nutrientes (nitrogênio - N,

---

<sup>1</sup> Graduada em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 7712, Porto Alegre/RS, brhun@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência do Solo, UFRGS.

<sup>3</sup> Pós-Doutoranda, UFRGS.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo e Doutor em Zootecnia, Granja Maria.

<sup>5</sup> Doutoranda em Zootecnia, UFRGS.

<sup>6</sup> Professor, UFRGS.

<sup>7</sup> Consultor, IRGA.

fósforo - P e potássio - K) nas fases lavoura e pecuária adubadas conforme a recomendação vigente no Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Corticeiras, pertencente à Corticeiras Agropecuária, localizada no município de Cristal, Rio Grande do Sul, Brasil (31°37'13"S, 52°35'20"O). A altitude média do local é de 28 m e o clima, segundo a classificação de Köppen, caracteriza-se como subtropical úmido (Cfa). A precipitação e a temperatura média anual é, respectivamente, de 1.522 mm e 18,3°C. A área possui aproximadamente 18 hectares e é caracterizada por um relevo bastante plano, com solo Planosso Háplico Eutrófico (Embrapa, 2013), de textura franco-argilo-arenosa (53, 23 e 24% de areia, silte e argila, respectivamente). A área experimental vinha sendo cultivada desde a década de 1960, alternando a cultura do arroz irrigado com períodos de pousio. Antes da instalação do experimento, o último cultivo de arroz foi em 2009. Em março de 2013, imediatamente antes do experimento ser estabelecido, o solo foi coletado e foi realizada uma calagem, com a aplicação de 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 70%), de acordo com a SOSBAI (2012), com o objetivo de elevar até 6,0 o pH do solo da camada de 0-20 cm.

Os tratamentos consistiram de cinco sistemas de produção de arroz irrigado com diferentes combinações de preparo do solo, diversidade de culturas (no tempo e no espaço) e intensidade de cultivo do arroz (no tempo), ao longo dos invernos de 2013 a 2016 e dos verões de 2013/2014 a 2016/2017, conforme apresentado na Tabela 1. Para o presente estudo, foi utilizado apenas os invernos de 2015 e 2016 e os verões de 2014/2015 e 2015/2016. As culturas utilizadas são o arroz (*Oryza sativa*), o azevém (*Lolium multiflorum*), o capim sudão (*Sorghum sudanense*) o cornichão (*Lotus corniculatus*), o milho (*Zea mays*) a soja (*Glycine max*) e o trevo-branco (*Trifolium repens*). O Sistema 1 (T1) é considerado a testemunha e, os demais (S2, S3, S4 e S5), diferentes variações de SIPA preconizados no contexto da lavoura arroteira (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, com parcelas variando de 0,8 a 1,5 hectares.

Tabela 1. Tratamentos (sistemas de produção de arroz irrigado) do experimento conduzido na Fazenda Corticeiras (Cristal/RS)

Abreviação do tratamento	Manejo do solo	Culturas do sistema de produção <sup>(1)</sup>			
		Inverno 2013 / Verão 2013/14	Inverno 2014 / Verão 2014/15 <sup>(2)</sup>	Inverno 2015 <sup>(2)</sup> / Verão 2015/16 <sup>(2)</sup>	Inverno 2016 <sup>(2)</sup> / Verão 2016/17
S1	Preparo antecipado	P/Ar	P/Ar	P/Ar	P/Ar
S2	Plantio direto	Az/Ar	Az/Ar	Az/Ar	Az/Ar
S3	Plantio direto	Az/Sj	Az/Ar	Az/Sj	Az/Ar
S4	Plantio direto	Az+Tb / Cs	Az+Tb / Sj	Az+Tb / Mi	Az+Tb / Ar
S5	Plantio direto	Az+Cr+Tb / Cn	Az+Cr+Tb / Cn	Az+Cr+Tb / Cn	Az+Cr+Tb / Ar

(Ar = arroz; Az = azevém pastejado; Cr = cornichão pastejado; Cn = campo nativo de sucessão pastejado; Cs = capim sudão pastejado; Mi = milho; P = pousio; Sj = soja; Tb = trevo branco pastejado).

<sup>(1)</sup> O pastejo das espécies forrageiras foi realizado por bovinos de corte jovens. <sup>(2)</sup> Períodos onde foram realizadas as avaliações do presente estudo.

A exportação e a adição de nutrientes foram calculadas e padronizadas para a unidade de um hectare. Para calcular as entradas dos nutrientes, foram consideradas as concentrações adicionadas via fertilizante. Para as saídas, foram consideradas as concentrações dos nutrientes nos grãos e os rendimentos de cada cultura, corrigidos para 13% de umidade (Tabela 2). Para a produtividade de grãos foram realizadas as coletas de cinco subamostras aleatórias, por parcela, de 2,0 m lineares de duas linhas pareadas para a soja, 2,0 m lineares de cinco linhas pareadas para o arroz e 3,0 m lineares de duas linhas pareadas para o milho. Após trazidos para laboratório, os grãos foram secos e tiveram os seus teores de N, P e K analisados, de acordo com Tedesco et al. (1995). Para os

nutrientes exportados pelos animais, foram considerados os valores de ganho de peso vivo (kg PV ha<sup>-1</sup>), pela pesagem dos animais antes da entrada e após a saída da área experimental (Tabela 2), e um teor médio de nutrientes no tecido animal, conforme Price & Schweigert (1994). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativa (p<0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 2. Produção de grãos das lavouras e ganho de peso vivo dos bovinos de corte, durante dois anos, nos tratamentos (sistemas de produção de arroz irrigado / sistema integrado de produção agropecuária - SIPA) do experimento conduzido na Fazenda Corticeiras (Cristal/RS)

Sistema de produção <sup>(1)</sup>	Produção de grãos das lavouras / Ganho de peso vivo dos bovinos de corte			
	Verão 2014/2015	Inverno 2015	Verão 2015/2016	Inverno 2016
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----			
S1	9,81 (arroz)	0,00 (pousio)	9,32 (arroz)	0,00 (pousio)
S2	11,37 (arroz)	0,12 (gado)	10,24 (arroz)	0,10 (gado)
S3	12,36 (arroz)	0,18 (gado)	3,91 (soja)	0,20 (gado)
S4	4,17 (soja)	0,21 (gado)	4,92 (milho)	0,00 (azevém)
S5	0,15 (gado)	0,25 (gado)	0,10 (gado)	0,35 (gado)

<sup>(1)</sup> S1 = Monocultivo de arroz-pousio (testemunha, com preparo de solo); S2 = SIPA arroz-gado de corte, em plantio direto; S3 = SIPA em rotação soja/arroz-gado de corte, em plantio direto; S4 = SIPA em rotação soja/milho-gado de corte, em plantio direto; S5 = Pecuária em pastagem cultivada hibernal e pastagem natural estival, em plantio direto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades totais de nutrientes exportados e adicionados foram distintas entre os tratamentos, independentemente do nutriente analisado (Tabela 3). Isso é resultado dos diferentes arranjos que compõem o SIPA e, sobretudo, da maior ou menor presença temporal do animal em pastejo.

Tabela 3. Exportação e adição de nutrientes, durante dois anos, em diferentes sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) em terras baixas (Cristal/RS)

Sistema de produção <sup>(1)</sup>	Nutriente exportado				Total	Nutriente adicionado Total	Nutriente exportado/ aplicado
	2014/2015		2015/2016				
	Verão	Inverno	Verão	Inverno			
	----- N (kg ha <sup>-1</sup> ) -----						----- N (%) -----
S1 (test.)	96 (arroz)	0 (pousio)	73 (arroz)	0 (pousio)	169 b	311	54 b
S2	111 (arroz)	3 (gado)	86 (arroz)	3 (gado)	203 b	571	36 c
S3	124 (arroz)	5 (gado)	202 (soja)	6 (gado)	337 a	441	76 a
S4	250 (soja)	6 (gado)	66 (milho)	0 (azevém)	322 a	418	77 a
S5	4 (gado)	7 (gado)	3 (gado)	10 (gado)	24 c	516	5 d
	----- P (kg ha <sup>-1</sup> ) -----						----- P (%) -----
S1 (test.)	27 (arroz)	0 (pousio)	25 (arroz)	0 (pousio)	52 ab	61	85 a
S2	33 (arroz)	1 (gado)	29 (arroz)	1 (gado)	64 a	173	37 b
S3	33 (arroz)	2 (gado)	22 (soja)	2 (gado)	59 a	190	31 bc
S4	24 (soja)	2 (gado)	18 (milho)	0 (azevém)	44 b	205	21 c
S5	2 (gado)	3 (gado)	1 (gado)	4 (gado)	10 c	183	5 d
	----- K (kg ha <sup>-1</sup> ) -----						----- K (%) -----
S1 (test.)	23 (arroz)	0 (pousio)	15 (arroz)	0 (pousio)	38 b	195	19 a
S2	26 (arroz)	0 (gado)	16 (arroz)	0 (gado)	42 b	411	10 b
S3	22 (arroz)	0 (gado)	67 (soja)	0 (gado)	89 a	411	22 a
S4	67 (soja)	0 (gado)	19 (milho)	0 (azevém)	86 a	443	19 a
S5	0 (gado)	1 (gado)	0 (gado)	1 (gado)	2 c	390	1 c

<sup>(1)</sup> S1 = Monocultivo de arroz-pousio (testemunha, com preparo de solo); S2 = SIPA arroz-gado de corte, em plantio direto; S3 = SIPA em rotação soja/arroz-gado de corte, em plantio direto; S4 = SIPA em rotação soja/milho-gado de corte, em plantio direto; S5 = Pecuária em pastagem cultivada hibernal e pastagem natural estival, em plantio direto.

Teste de Tukey (p<0,05): letras minúsculas comparam os sistemas, na coluna.

Nota-se que, para todos os nutrientes, o S5 foi o sistema que menos exportou aquilo que foi adicionado, justamente por contar somente com fase pecuária até o período de avaliação desse estudo (Tabela 1); ou seja, este é, provavelmente, o sistema que apresenta a maior fertilidade do solo devido à adubação, atingindo a sua consolidação em termos de disponibilidade de nutrientes no solo (CQFS RS/SC, 2016).

Para o N e para o K, nos SIPA que contam com a inserção da soja (S3 e S4), nota-se que a proporção do exportado foi a maior dentre os demais SIPA. Apesar da soja realizar fixação biológica de N em simbiose com rizóbios, parte do seu N advém do solo, o que deve ser visto com cautela em sistemas que visam um acúmulo positivo de carbono (Martins et al., 2017). Além disso, sabidamente a soja é uma grande exportadora de K e, especialmente em SIPA, isso também deve ser manejado com parcimônia para evitar déficit de K no solo (Martins et al., 2014). Por fim, cabe salientar a grande quantidade de P exportada no S1: 85% do que foi adicionado. Isso significa que, se esse sistema apresentar até 15% de perdas (o que é muito provável em sistemas com pousio e preparo do solo – a CQFS RS/SC (2016) considera uma média de 20% de perdas), seu saldo no solo será negativo, levando a um decréscimo da sua fertilidade e qualidade.

## CONCLUSÃO

Os SIPA, quando adubados conforme a recomendação vigente no Rio Grande do Sul, exportam, proporcionalmente ao adicionado e na maioria das situações, menos N, P e K do que o monocultivo de arroz em terras baixas. Por essa razão, são estratégias interessantes para elevar os níveis de fertilidade do solo nesse ambiente e, a partir de sua consolidação, devem contar com uma filosofia de adubação diferenciada do que existe atualmente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOENI M. et al. **Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha, RS: IRGA, 2010.
- CARVALHO, P. C. F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 1040-1046, 2014.
- CQFS-RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Santa Maria: SBCS-NRS, 2016.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- MARTINS, A. P. et al. Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop–livestock system under different grazing intensities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 195, p. 18-28, 2014.
- MARTINS, A. P. et al. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. **Land Degradation & Development**, Medford, v. 28, p. 534-542, 2017.
- POWLSON, D. S. et al. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, Guildford, v. 36, p. 572-587, 2011.
- ROTZ, C. A. et al. Whole-farm perspectives of nutrient flows in grassland agriculture. **Crop Science**, v. 45, p. 2139-2159, 2005.
- SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre/RS: UFRGS, 1995.
- VILLA, S. C. C. et al. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz-vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não-tolerantes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 761-768, 2006.