

CIRCULAR TÉCNICA

220

Pelotas, RS
Setembro, 2021

Manejo da Fertilidade do Solo e Adubação para a Soja em Terras Baixas

Walkyria Bueno Scivittaro
José Maria Barbat Parfitt
Samuel Pieper Griep
Nathália Furtado Lucas
Vitória Jardim Azevedo
Maurício Silva de Oliveira

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Manejo da Fertilidade do Solo e Adubação para a Soja em Terras Baixas¹

No Rio Grande do Sul, o agroecossistema de terras baixas ocupa extensas áreas com relevo plano e suave ondulado das regiões Litoral Sul, Planície Costeira Interna, Planície Costeira Externa, Depressão Central, Campanha e Fronteira Oeste, totalizando aproximadamente 4,4 milhões de hectares (Pinto et al., 2017). Como característica comum, os solos de terras baixas apresentam condição variada de drenagem deficiente, que decorre do relevo predominantemente plano, frequentemente associado a um perfil com camada superficial pouco profunda e camada subsuperficial com baixa permeabilidade (Pinto et al., 2004).

A agricultura é a principal atividade produtiva desenvolvida nas terras baixas do Rio Grande do Sul, estando tradicionalmente alicerçada no binômio arroz irrigado + pecuária extensiva. As áreas de terras baixas aptas e com infraestrutura disponível ao cultivo de arroz irrigado integrado com pecuária somam aproximadamente 3,5 milhões de hectares. Desse total, anualmente, cerca de 1 milhão de hectares são utilizados para a produção de arroz, e 60% com pastagens nativas (Reunião..., 2018), demonstrando elevado potencial de expansão das atividades produtivas, seja pelo aumento da área cultivada com arroz ou seu aproveitamento para produção de outras culturas de grãos, forrageiras, carne e leite.

Nesse sentido, áreas tradicionais de produção de arroz têm, cada vez mais, sido utilizadas para o cultivo de soja. Tecnicamente, a rotação de culturas com soja representa uma das mais promissoras ferramentas disponíveis para o controle de plantas daninhas, de maneira particular o arroz daninho, principal limitante da lavoura arrozeira gaúcha na atualidade (Agostinetto et al., 2017). Contribui, também, para a minimizar a ocorrência e o impacto negativo das principais doenças do arroz, assim como de insetos-praga, favorece a ciclagem de nutrientes, aporta nitrogênio (N) ao sistema via fixação biológica (FBN) e reduz a demanda de adubação da cultura, pela melhoria da fertilidade do solo ao longo do tempo.

A diversificação de culturas em terras baixas traz diversos benefícios de ordem técnica, econômica e ambiental. Por outro lado, os desafios a serem enfrentados para sua implementação também são muitos. O estresse por excesso hídrico certamente é o fator mais restritivo para espécies de sequeiro cultivadas em rotação ao arroz irrigado. Entretanto, a aplicação de geotecnologias e de práticas de manejo do solo adequadas pode melhorar significativamente a drenagem superficial dos solos de terras baixas e viabilizar sistemas produtivos diversificados e sustentáveis.

Outro fator importante para o estabelecimento de culturas de verão nas terras baixas do Rio Grande do Sul é a disponibilidade hídrica. A quantidade insuficiente e/ou a irregularidade de distribuição das chuvas nesse período, aliada à alta demanda evaporativa da atmosfera (Almeida et al., 2017), fazem com que as necessidades hídricas de culturas como a soja não sejam supridas, limitando sua produtividade e retorno econômico. Em decorrência, a utilização de irrigação suplementar torna-se frequentemente necessária para garantir a expressão do potencial produtivo das culturas e o aproveitamento pleno dos insumos aportados ao sistema (Parfitt et al., 2017).

Fica evidente, portanto, que apesar de extremamente favorável e necessária para a sustentabilidade e rentabilidade da orizicultura, a diversificação do sistema de produção em terras baixas não é tarefa simples, exigindo planejamento e a adoção de tecnologias de forma adequada.

Dentre as tecnologias disponíveis para viabilizar o cultivo de espécies estivais como a soja em rotação ao arroz irrigado, o sistema sulco-camalhão certamente é o mais promissor na atualidade. O sistema consiste na construção de canteiros (camalhões), onde são alocadas as linhas de plantio da espécie de sequeiro. Mediante a retirada de terra para construir os camalhões, formam-se sulcos. A semeadura sobre os camalhões reduz o estresse por excesso hídrico, viabilizando, ainda, a irrigação da cultura por sulco (Parfitt et al., 2017).

¹ Walkyria Bueno Scivittaro, engenheira-agrônoma, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. José Maria Barbat Parfitt, engenheiro agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Samuel Pieper Griep, acadêmico de Agronomia, Ufpel, Pelotas, RS. Nathália Furtado Lucas, acadêmica de Agronomia, Ufpel, Pelotas, RS. Vitória Jardim Azevedo, acadêmica de Agronomia, Ufpel, Pelotas, RS. Maurício Silva de Oliveira, engenheiro-agrônomo, mestrando em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Ufpel, Pelotas, RS.

A área cultivada com soja em sistema sulco-camalhão em terras baixas tem aumentado bastante nos últimos anos, devido, principalmente, aos resultados extremamente positivos alcançados, quando associado à técnica de sistematização do solo com declividade variada (Parfitt; Centeno, 2021).

Independentemente do sistema de cultivo adotado, convencional ou sulco-camalhão, a inserção de soja em rotação ao arroz irrigado é uma tecnologia consolidada e que se encontra em franca expansão nas terras baixas do Rio Grande do Sul, pelos reconhecidos benefícios de ordem técnica, econômica e ambiental ao sistema de produção. Ainda assim, novas oportunidades de otimização do desempenho das culturas individualmente e do sistema produtivo globalmente vêm sendo continuamente buscadas, incluindo a adequação do manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja cultivada em rotação ao arroz irrigado.

Tal necessidade fundamenta-se na condição de moderada a baixa fertilidade natural dos solos de terras baixas do Rio Grande do Sul e no baixo aporte de nutrientes via adubação para o arroz irrigado (Concenço et al., 2020), que se beneficia da autocalagem e do aumento na disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K), particularmente, proporcionados pela inundação do solo (Scivittaro; Machado, 2004). Consequentemente, atenção especial deve ser dada ao manejo da fertilidade do solo e adubação da soja cultivada em rotação ao arroz em terras baixas.

Para atender a essa demanda e lacuna de conhecimento, realizaram-se estudos em três safras agrícolas consecutivas, a partir de 2018/2019, para avaliar o potencial de resposta da soja às adubações fosfatada e potássica em terras baixas. Os estudos foram realizados para os sistemas de cultivo convencional e sulco-camalhão, de forma individualizada para os nutrientes fósforo e potássio. A variação na dose aplicada de cada uma desses nutrientes (P e K) foi associada ao fornecimento de quantidade fixa do outro nutriente (K e P), estabelecida em 1,5 vezes a dose recomendada para a cultura, considerando-se a disponibilidade no solo e expectativa de produtividade de grãos da soja de 4 t ha⁻¹ (Sociedade..., 2016), de forma a evitar eventual limitação e, portanto, interferência na resposta da cultura aos tratamentos.

A proposição de indicações de correção do solo e adubação para a soja em terras baixas, assim como resultados parciais dos estudos realizados, é apresentada em Concenço et al. (2020), podendo ser sumarizados em constatação de que a soja cultivada em rotação ao arroz em terras baixas apresenta resposta proeminente às adubações fosfatada e potássica, independentemente do sistema de cultivo, convencional e sulco-camalhão, desde que sob condições adequadas dos demais fatores de produção, de maneira particular na ausência de estresses hídricos importantes.

Paralelamente às experimentações de campo, nas safras 2019/2020 e 2020/2021, procedeu-se à validação dos resultados de manejo da fertilidade do solo e adubação em lavouras comerciais de soja cultivada nos sistemas convencional e sulco-camalhão em diferentes regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul. As áreas de validação acompanhadas estão localizadas em propriedades de produtores participantes do Projeto Sulco (Parfitt; Scivittaro, 2021).

Na sequência, apresentam-se aspectos gerais das lavouras de validação de soja acompanhadas e a descrição do manejo da fertilidade do solo e adubação para a cultura produzida nos sistemas convencional e sulco-camalhão em terras baixas do Rio Grande do Sul, assim como os resultados de produtividade alcançados nesses cultivos, visando a validação das indicações de manejo da adubação preconizadas para a cultura nesse ambiente.

Áreas de validação de soja

As ações de validação de indicações de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja em terras baixas foram realizadas em três locais, na safra 2019/2020 (Camaquã, Capão do Leão e Jaguarão), e em cinco locais, na safra 2020/2021 (Camaquã, Capão do Leão, Formigueiro, Jaguarão e Santa Vitória do Palmar). Em todos os locais, acompanharam-se lavouras de soja cultivadas nos sistemas convencional e sulco-camalhão, sendo as áreas desse último sistema associadas ao Projeto Sulco, exceção feita para a área de validação

3 na safra 2020/2021. A descrição das unidades de observação em cada área e safra é apresentada na sequência:

- Área de validação 1 (AV1): estabelecida em propriedade localizada no município de Camaquã, RS, onde tradicionalmente são cultivados arroz irrigado e soja, associados à atividade pecuária. Na safra 2019/2020, cultivaram-se 212 ha de soja, sendo 17 ha em sistema sulco-camalhão e 195 ha em sistema convencional de cultivo. Na safra 2020/2021, a área cultivada com soja foi pouco superior (225 ha), sendo 47 ha em sistema sulco-camalhão e o restante (178 ha), em sistema convencional. Em ambas as safras, utilizou-se a cultivar de soja DM 66i68 IPRO.
- Área de validação 2 (AV2): implementada no município de Capão do Leão, RS. Trata-se de um centro de pesquisa de empresa de produção de sementes, onde são cultivados arroz irrigado e soja. As áreas das unidades de validação cultivadas com soja nos sistemas convencional e sulco-camalhão foram iguais nas safras 2019/2020 e 2020/2021, correspondendo, respectivamente, a 25 ha e 7 ha. Ambas as áreas e nas duas safras foram cultivadas com as cultivares DM 5958 IPRO e 95R90 IPRO.
- Área de validação 3 (AV3): desenvolvida em propriedade localizada em Jaguarão, RS. Em ambas as safras, a área total cultivada com soja na propriedade totalizou 3.500 ha. Desse total, 31 ha e 400 ha foram cultivados no sistema sulco-camalhão na safra 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente; o restante em sistema convencional. Uma única cultivar de soja é cultivada na propriedade, DM 5958 IPRO, escolhida em razão da adaptação e bom desempenho nas condições locais.
- Área de validação 4 (AV4): estabelecida no município de Santa Vitória do Palmar, RS. As atividades desenvolvidas na propriedade incluem o cultivo de arroz irrigado e de soja, bem como pecuária. Na safra 2020/2021, a área total da propriedade cultivada com soja foi de 130 ha. Contudo as áreas das unidades de validação acompanhadas foram de 130 ha e 24 ha, respectivamente no sistemas convencional e sulco-camalhão, ambas utilizando a cultivar de soja NA 5909 RG.
- Área de validação 5 (AV5): localizada no município de Formigueiro, RS. Na propriedade cultivam-se arroz irrigado e soja. Na safra 2020/2021, foram implantadas unidades de validação de soja cultivada nos sistemas convencional (40 ha) e sulco-camalhão (22 ha), ambas utilizando a cultivar BMX Zeus IPRO.

Um resumo com informações gerais relativas às unidades de validação acompanhadas é apresentado na Tabela 1. Por sua vez, na Tabela 2, encontram-se os resultados da análise química dos solos das áreas de validação de soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Com base nos resultados das análises químicas de solo (Tabela 2), procedeu-se à interpretação das classes de disponibilidade de nutrientes e as indicações de adubação para a soja, considerando expectativa de produtividade (Sociedade..., 2016), estabelecida com base no potencial de resposta da cultura à adubação em terras baixas nos sistemas convencional e sulco-camalhão (Concenço et al., 2020). Esses resultados encontram-se sumarizados na Tabela 3.

A interpretação da análise de solo das áreas de validação de soja implementadas demonstra grande variabilidade nos atributos de solo (Tabela 3), condição essa favorável e desejada para a verificação da adequação de indicações de correção da fertilidade do solo e adubação para a cultura no ambiente de terras baixas. Nesse sentido, destacam-se áreas com acidez ativa (avaliada pelo indicador $\text{pH}_{\text{água}}$) muito alta (AV3 safra 2020/2021) e alta (AV2 e AV3 safra 2019/2020 e AV5) e o restante das áreas com acidez ativa média ou baixa, ou seja, com $\text{pH}_{\text{água}}$ médio ou alto, requerendo baixa, ou mesmo, dispensando a correção da acidez do solo mediante a aplicação de calcário. Os valores baixos de pH nos solos cultivados com arroz irrigado decorrem da baixa utilização de calcário na lavoura arrozeira, uma vez que o processo de redução do solo, provocado pelo alagamento, promove o aumento do pH para valores próximos a 6,0, num fenômeno conhecido como autocalagem (Scivittaro; Machado, 2004).

Invariavelmente, todas as áreas de validação acompanhadas apresentaram baixo conteúdo de matéria orgânica no solo, uma delas inferior a 10 g dm^{-3} (AV1), condição essa de ocorrência generalizada em todas as regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul (Boeni et al., 2010). Da mesma forma, todas as áreas apresentaram teores limitantes de fósforo disponível no solo para a soja, classificados nas faixas de teores Muito baixo e

Baixo (Tabela 3), o que se explica por se tratarem de áreas tradicionais de cultivo de arroz irrigado, cultura pouco responsiva e, portanto, adubada com fósforo, dado o aumento da disponibilidade do nutriente em condições de solo inundado. Apenas a AV3, especificamente na safra 2020/2021, apresentou teor médio de K disponível para o cultivo de soja; todas as demais áreas apresentaram teores limitantes do nutriente, classificados nas faixas de disponibilidade Muito baixo e Baixo (Tabela 3), demonstrando a elevada limitação inicial de potássio para o cultivo de soja em áreas tradicionais de cultivo de arroz irrigado, exigindo o aporte de quantidades elevadas do nutriente para atingir produtividades satisfatórias.

Ainda na Tabela 3, são apresentadas as indicações de correção do solo e adubação propostas para as áreas de validação de soja. Para ambos os sistemas de cultivo, convencional e sulco-camalhão, por demanda dos próprios produtores, as quantidades indicadas consideraram expectativas de produtividade de 4 Mg ha⁻¹, para as áreas de validação AV1, AV3 e AV4, e expectativa de produtividade de 5 Mg ha⁻¹, para as áreas de validação AV2 e AV5. Quando os cultivos foram realizados em anos sucessivos na mesma área, como nas AV1 e AV2, a soja foi considerada como primeiro e segundo cultivo, nas safras 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente.

Tabela 1. Dados sobre as áreas de validação de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

Área de validação	Localização	Safra agrícola	Sistema de cultivo	Área cultivada ha	Cultivar de soja
AV1	Camaquã, RS	2019/2020	convencional	195	DM 66i68 IPRO
			sulco-camalhão	17	
		2020/2021	convencional	178	
			sulco-camalhão	47	
AV2	Capão do Leão, RS	2019/2020	convencional	25	DM 5958 IPRO; 95R90 IPRO
			sulco-camalhão	7	
		2020/2021	convencional	25	
			sulco-camalhão	7	
AV3	Jaguarão, RS	2019/2020	convencional	3.469	DM 5958 IPRO
			sulco-camalhão	31	
		2020/2021	convencional	3.100	
			sulco-camalhão	400	
AV4	Santa Vitória do Palmar, RS	2020/2021	convencional	130	NA 5909 RG
			sulco-camalhão	24	
AV5	Formigueiro, RS	2020/2021	convencional	40	BMX Zeus IPRO
			sulco-camalhão	22	

Tabela 2. Resultados da análise química do solo¹ das áreas de validação de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

Área de validação	Safra agrícola	pH _{água}	Índice SMP	M.O. g dm ⁻³	P	K	H+Al	Al	Ca	Mg	CTC _{pH7,0}	Argila g dm ⁻³
					mg dm ⁻³ / cmol _c dm ⁻³							
AV1	2019/2020	5,8	6,6	7,0	3,0	20	2,3	0,0	1,4	0,8	4,8	140
	2020/2021											
AV2	2019/2020	5,1	6,0	16,0	7,0	49	4,3	0,4	2,8	1,9	9,2	220
	2020/2021											
AV3	2019/2020	5,2	6,5	18,0	5,5	38	2,5	0,2	2,9	1,0	6,5	150
	2020/2021											
AV4	2020/2021	5,7	6,4	13,0	11,9	108	2,9	0,0	2,5	1,4	7,0	140
AV5	2020/2021	5,0	6,0	14,0	15,0	7	3,6	0,3	3,0	1,0	7,6	170

AV1 - Camaquã, RS; AV2 - Capão do Leão, RS; AV3 - Jaguarão, RS; AV4 - Santa Vitória do Palmar, RS; AV5 - Formigueiro, RS.

¹ Tedesco et al. (1995).

Tabela 3. Interpretação dos resultados da análise química do solo das áreas de validação de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja e indicações de calagem e de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P) e potássica (K) para a cultura, considerando a expectativa de produtividade e o cultivo (primeiro ou segundo), nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

Área de validação	Safrá agrícola	Cultivo	Interpretação da análise química do solo				Indicações de calagem e adubação			
			pH _{água} ¹	M.O. ²	P disp. ²	K disp. ²	Calagem ³ Mg ha ⁻¹	N ⁴	P ₂ O ₅ ----- kg ha ⁻¹ -----	K ₂ O -----
AV1	2019/2020	1º	Médio	Baixa	Muito baixo	Muito baixo/LS ⁵	0,8	Inoculação	110	150
	2020/2021	2º					Dispensada	Inoculação	100	130
AV2	2019/2020	1º	Baixo	Baixa	Baixo/LI ⁵	Baixo	3,2	Inoculação	155	165
	2020/2021	2º	Alto	Baixa	Baixo/LI ⁵	Baixo	Dispensada	Inoculação	100	130
AV3	2019/2020	1º	Baixo	Baixa	Muito baixo	Baixo/LS ⁵	1,1	Inoculação	170	140
	2020/2021	1º	Muito baixo	Baixa	Muito baixo	Médio	2,2	Inoculação	170	140
AV4	2020/2021	1º	Médio	Baixa	Baixo/LI ⁵	Alto/LS ⁵	1,4	Inoculação	140	100
AV5	2020/2021	1º	Baixo	Baixa	Baixo	Muito baixo	3,2	Inoculação	140	205

AV1 - Camaquã, RS; AV2 - Capão do Leão, RS; AV3 – Jaguarão, RS; AV4 - Santa Vitória do Palmar, RS; AV5 - Formigueiro, RS.

¹ Boeni et al. (2010); ² Sociedade... (2016); ³ Dose indicada de calcário com PRNT = 100%; ⁴ Uso de semente de soja inoculada com rizóbio específico; ⁵ LI e LS: respectivamente, limites inferior e superior da classe de interpretação correspondente.

Sempre que indicada, a prática de calagem foi realizada, dada a sensibilidade da cultura da soja à acidez do solo, bem como a importância dessa prática para a otimização da FBN e efetividade das adubações fosfatada e potássica para a cultura (Scivittaro et al., 2017).

As indicações de adubação propostas exigiram ajustes nas quantidades de fertilizantes aplicadas, em função de aspectos técnicos, logísticos e econômicos, conforme pode ser observado nas Figuras 1 e 2, que comparam, respectivamente, as quantidades dos nutrientes fósforo, expressa em termos do óxido P₂O₅, e potássio, expressa em termos do óxido K₂O, indicadas e efetivamente aportadas via adubação. Muito embora o potencial de produtividade da soja no sistema sulco-camalhão, por evitar eventuais estresses por excesso e/ou déficit hídrico, seja superior ao do sistema convencional, as quantidades de nutrientes indicadas para ambos os sistemas foi semelhante, viabilizando a avaliação e comparação do potencial de resposta da cultura à adubação nos dois sistemas.

Conforme as Figuras 1 e 2, verifica-se que, nas áreas de validação AV1 (safra 2020/2021); AV2 (ambas as safras) e AV4, as quantidades de fertilizantes fosfatado e potássico aplicados à soja cultivada no sistema sulco-camalhão foram maiores que no sistema convencional de cultivo, indicando reconhecimento e precaução por parte do produtor quanto à limitação do potencial de resposta da oleaginosa à adubação no cultivo em terras baixas, na ausência de infraestrutura de drenagem e irrigação. Por outro lado, nas demais áreas de validação (AV1 safra 2019/2020; AV3 ambas as safras e AV5), as quantidades de fertilizantes utilizadas em ambos os sistemas foram semelhantes, situação que implica maior risco de insucesso sob sistema convencional de cultivo em anos marcados por excessos ou déficits hídricos, mas que também pode resultar em êxito na produção em anos com a ocorrência de chuvas regulares e em quantidade suficiente ao longo do ciclo da cultura.

Outro aspecto a considerar com relação às Figuras 1 e 2 refere-se à utilização integral ou parcial das doses de fertilizantes indicadas, a partir da condição de fertilidade do solo e expectativa de produtividade pretendida para a soja. Nesse sentido, observaram-se três comportamentos distintos. O primeiro deles caracteriza-se pelo uso de quantidades menores de fertilizantes que as indicadas; o segundo retrata áreas onde se utilizou a quantidade recomendada ou próxima a essa (diferença ≤ 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ou K₂O); e o terceiro refere-se

às áreas de validação em que as quantidades de fertilizantes aplicadas foram superiores àquelas indicadas (diferença $\geq 25 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 ou K_2O). Os resultados das comparações realizadas mostram que, para o potássio, nutriente requerido em elevada quantidade pela soja e com efeito determinante sobre a produtividade e qualidade de grãos (Scivittaro et al., 2017), houve predomínio da aplicação de quantidades iguais, ou bastante próximas às indicadas. Exceção a esse comportamento foi observada no sistema sulco-camalhão, para o qual, em duas das áreas de validação (AV2 e AV4), as doses de potássio aplicadas foram ainda maiores que as indicadas (Figura 2), demonstrando conscientização dos produtores quanto à importância da fertilização adequada com o nutriente para atingir produtividades elevadas e interesse pela correção da fertilidade do solo para futuros cultivos de soja ou de outras espécies estivais ou hibernais desenvolvidos nas tradicionais áreas de arroz irrigado.

Com relação à adubação fosfatada, a ocorrência de situações em que se aplicou dose de fertilizante menor que a indicada foi relativamente alta, tendo sido constatada tanto nas áreas de validação sob sistema convencional (AV1 em ambas as safras, AV2 safra 2019/2020, AV3 safra 2019/2020 e AV4), como no sistema sulco-camalhão (AV1 safra 2019/2020, AV3 safra 2019/2020 e AV4). Apenas na área de validação AV2, em ambas as safras, exclusivamente para o sistema sulco-camalhão, as quantidades aplicadas de fosfato superaram aquelas estabelecidas a partir dos níveis de fertilidade do solo e expectativa de produtividade da soja. Nos demais casos, as doses de fósforo efetivamente aplicadas equipararam-se ou aproximaram-se bastantes daquelas indicadas (Figura 1). Apesar da menor demanda de fósforo pela soja, relativamente ao potássio, esses resultados merecem atenção especial da pesquisa e extensão regional, pois demonstram claramente menor preocupação com a correção dos níveis de P no solo e suprimento do nutriente à cultura pelo sojicultor das terras baixas, podendo acarretar insucessos futuros na produção, pela limitação na disponibilidade de P.

O efeito das adubações fosfatada e potássica no desempenho produtivo da soja cultivada nos sistemas convencional e sulco-camalhão nas safras 2019/2020 e 2020/2021 é apresentado na Figura 3. Observa-se grande disparidade no potencial de produtividade da cultura entre as duas safras. Independentemente do sistema de cultivo, esse foi bastante superior na segunda safra (2020/2021). A safra 2019/2020 caracterizou-se por deficiência hídrica extrema no Rio Grande do Sul, limitando o potencial de produtividade da soja, mesmo em cultivo irrigado. Apesar do limitado desempenho da cultura na safra 2019/2020, que não atingiu a expectativa de produtividade preconizada pelas indicações de adubação (Tabela 3), o cultivo em sistema sulco-camalhão proporcionou incremento médio em produtividade de 1.690 kg ha^{-1} , relativamente ao sistema convencional de cultivo, com amplitude de 1.140 kg ha^{-1} a 2.640 kg ha^{-1} de grãos. Esse resultado demonstra a importância do controle sobre a água no cultivo da soja em terras baixas, garantindo o alcance de produtividades satisfatórias e retorno econômico, mesmo sob condições de adversidades climáticas extremas.

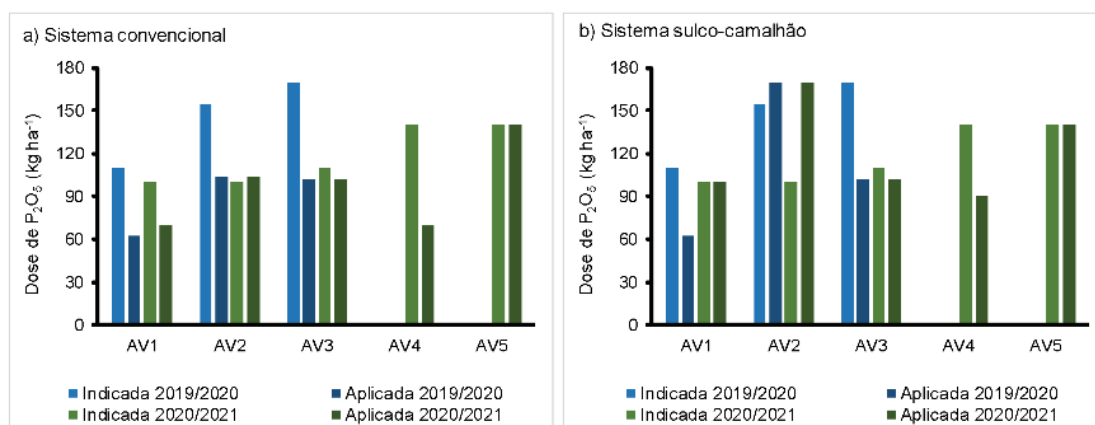
A condição de seca severa vivenciada durante a safra 2019/2020 no Rio Grande do Sul explica o desempenho produtivo relativamente limitado da cultura da soja, mesmo com disponibilidade de irrigação, não atingindo os potenciais de produtividade preconizados pelas indicações de adubação programadas (Figura 3). Ressalta-se que, em duas das três áreas de validação acompanhadas (AV1 e AV3), conforme referido previamente, as adubações realizadas foram inferiores às indicadas, em razão do prognóstico climático desfavorável para a safra, associado ao elevado custo dos fertilizantes no mercado nacional, desestimulando investimentos significativos com fertilizantes sob perspectivas desfavoráveis de produção. Esse comportamento mostrou-se justificável, como se pode observar pelo desempenho da AV2, onde foram aplicadas doses de fertilizantes superiores às indicadas, sem, porém, o retorno em produtividade pretendido. Há que se ressaltar que o investimento em adubação realizado não foi perdido, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo e reduzindo a demanda de adubação em cultivos subsequentes.

Na safra 2020/2021, da mesma forma que o desempenho produtivo da soja, que foi espetacular no Rio Grande do Sul, apresentando produção recorde no estado e produtividade média correspondente a 3.433 kg ha^{-1} , que representa um incremento de 77% em relação à safra anterior (Conab, 2021), a resposta da cultura à adubação foi expressiva, tendo atingido, ou mesmo superado, o potencial de produtividade preconizado pelas adubações realizadas em todas as cinco áreas de validação desenvolvidas em sistema sulco-camalhão. Nesse sentido, destaca-se o desempenho positivo das áreas de validação AV1 e AV5, que se aproximou do valor máximo estimado para a cultura em terras baixas, que é 6.400 kg ha^{-1} , conforme reportado por Parfitt e

Centeno (2021). Esse resultado demonstra a adequação das indicações de adubação fosfatada e potássica preconizadas para a soja cultivada em terras baixas, bem como o papel fundamental dessa prática de manejo para garantir potencial de produtividade elevada para a cultura, particularmente sob condições de cultivo favoráveis como as proporcionadas pelo sistema sulco-camalhão.

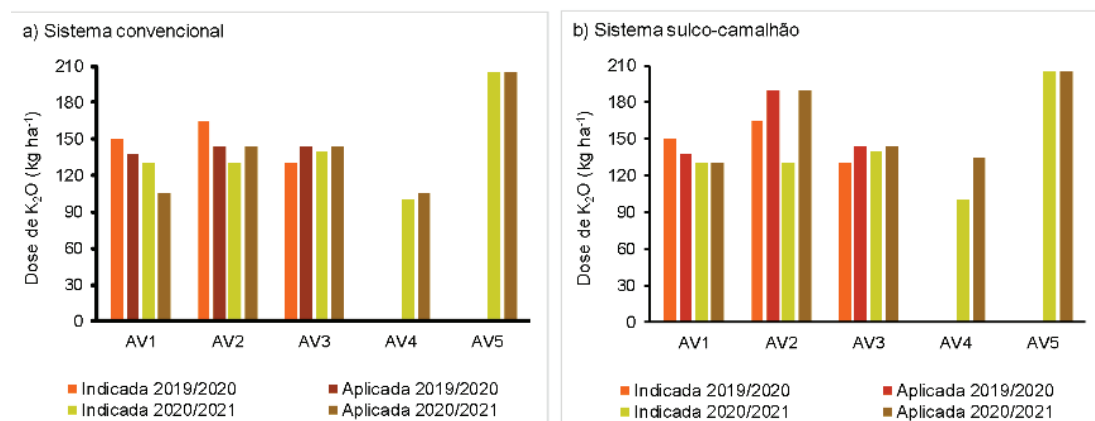
Sob sistema convencional de cultivo, em apenas uma das cinco áreas acompanhadas (AV1) atingiu-se a expectativa de produtividade preconizada a partir das indicações de adubações fosfatada e potássica. Mesmo considerando que, para algumas dessas áreas, as adubações realizadas, particularmente com fósforo, não totalizaram as quantidades indicadas, esse comportamento mostra que eventuais estresses por excesso e/ou déficit hídrico, ainda que de baixa severidade, restringiram o potencial de resposta da soja à adubação, com reflexo sobre o desempenho produtivo da cultura. Essa observação é confirmada ao se confrontarem as médias de produtividade da cultura nos sistemas convencional (3.458 kg ha^{-1}) e sulco-camalhão (5.017 kg ha^{-1}), ou seja, com diferença média de 1.559 kg ha^{-1} entre os dois sistemas. Portanto, mesmo em anos com condições climáticas mais favoráveis ao cultivo de soja em terras baixas, o cultivo com o controle da água, proporcionado pelo sistema sulco-camalhão, garante maior potencial de resposta da cultura à adubação e, portanto, de produtividade que no sistema convencional.

Dessa forma, como recomendação geral, indica-se que o manejo das adubações fosfatada e potássica para a soja em terras baixas, para os sistemas convencional e sulco-camalhão, seja estabelecido com base no diagnóstico da fertilidade do solo, na sequência de cultivos e considerando expectativa de produtividade realista para a cultura, estabelecida em função da adequação dos demais fatores determinantes da produção, particularmente as condições climáticas para a safra. Ademais, a definição da dose de fertilizantes fosfatado e potássico a ser aplicada deve fundamentar-se na avaliação econômica dessa prática de manejo, estabelecida com base nos preços atuais da soja e desses fertilizantes.



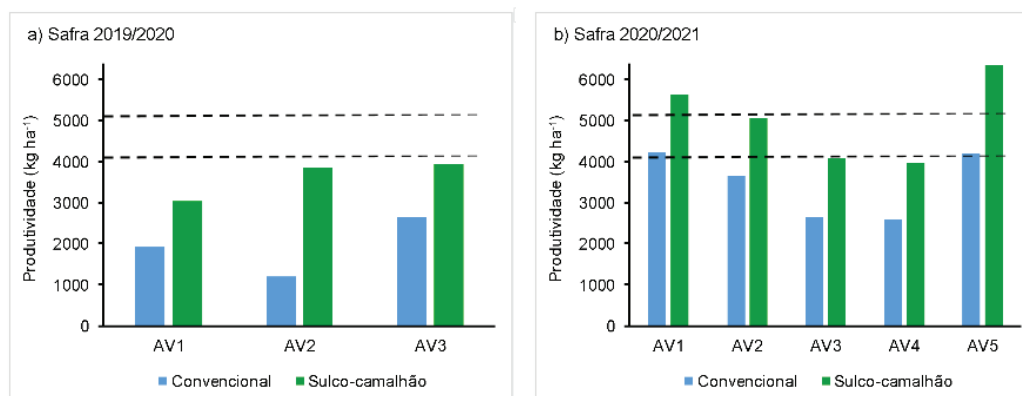
AV1 - Camaquã, RS; AV2 - Capão do Leão, RS; AV3 - Jaguarão, RS; AV4 - Santa Vitória do Palmar, RS; AV5 - Formigueiro, RS

Figura 1. Doses de fósforo indicadas e efetivamente aplicadas às áreas de validação (AV) de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja cultivada nos sistemas convencional (a) e sulco-camalhão (b) em terras baixas do Rio Grande do Sul nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.



AV1 - Camaquã, RS; AV2 - Capão do Leão, RS; AV3 - Jaguarão, RS; AV4 - Santa Vitória do Palmar, RS; AV5 - Formigueiro, RS

Figura 2. Doses de potássio e efetivamente aplicadas às áreas de validação (AV) de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja cultivada nos sistemas convencional (a) e sulco-camalhão (b) em terras baixas do Rio Grande do Sul nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 201.



AV1 - Camaquã, RS; AV2 - Capão do Leão, RS; AV3 - Jaguarão, RS; AV4 - Santa Vitória do Palmar, RS; AV5 - Formigueiro, RS

Figura 3. Produtividade de grãos de soja em áreas de validação (AV) de manejo da fertilidade do solo e adubação para a soja cultivada nos sistemas convencional e sulco-camalhão em terras baixas do Rio Grande do Sul nas safras 2019/2020 (a) e 2020/2021 (b). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

Referências

- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; ANDRES, A. Manejo de plantas daninhas em soja e milho. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. (ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 235-265.
- ALMEIDA, I. R. de; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, E.; CUADRA, S. V. Descrição climática da região. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. (ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 15-22.
- BOENI, M.; ANGHINONI, I.; GENRO JÚNIOR, S. A.; OSÓRIO FILHO, B. D. **Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2010. 40 p. (Instituto Rio Grandense do Arroz, Boletim Técnico, 10).
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 10 décimo primeiro levantamento, ago. 2021.
- CONCENÇO, G.; AGUILA, L. S. H.; PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B. **Manejo da soja em terras baixas para alta produtividade**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 9 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 207).
- PARFITT, J. M. B.; CENTENO, A. S. Soja irrigada por meio de sulco-camalhão. **A Granja**, v. 51, n. 871, 4 p., jun. 2021.
- PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B. (ed.). **Utilização da tecnologia sulco-camalhão na produção de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 506). No prelo.
- PARFITT, J. M. B.; WINKLER, A. S.; PINTO, M. A. B.; SILVA, J. T. da; TIMM, L. C. Irrigação e drenagem para cultivo de soja e milho. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. (ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 45-78.
- PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A. L.; PAULETTO, E. A. Solos de várzeas do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. S. da; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.
- PINTO, L. F. S.; MIGUEL, P.; PAULETTO, E. A. Solos de várzeas e terras baixas. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. de. (ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 23-43.
- REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018. 205 p.
- SCIVITTARO, W. B. Manejo da fertilidade do solo e adubação. In: PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B. (ed.). **Utilização da tecnologia sulco-camalhão na produção de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 506). No prelo.
- SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 259-303.
- SCIVITTARO, W. B.; SOUSA, R. O. de; SILVA, L. S. Manejo da fertilidade do solo para cultivo de soja e milho. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. de. (ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 105-125.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. NÚCLEO REGIONAL SUL. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** [s. l.]: CQFS – RS/SC, 2016. 376 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

Embrapa Clima Temperado

BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

1ª edição

Obra digitalizada (2021)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-Presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando

Jackson, Marilaine Schaun Pelufê,

Sonia Desimon

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto da capa

Walkyria Scivittaro