

Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 506

Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul

*Alexssandra Soares de Campos
Amílcar Centeno
André Andres
José Maria Barbat Parfitt
Letícia Burkert Mélo-Araujo
Marcos Valle Bueno
Marília Alves Brito Pinto
Matheus Bastos Martins
Patrick Moraes Veber
Walkyria Bueno Scivittaro,*

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

Comitê Local de Publicações

Presidente
Luis Antônio Suita de Castro

Vice-Presidente
Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Fernando Jackson

Foto de capa
José Parfitt

1ª edição
Obra digitalizada (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

P229u Parfitt, José Maria Barbat

Utilização da tecnologia sulco-camalhão na produção
de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul /
José Maria Barbat Parfitt, Walkyria Bueno Scivittaro,
editores técnicos. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado,
2021.

30 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1516-8840 ; 506).

1. Prática cultural. 2. Camalhão. 3. Tecnologia agrícola.
4. Solo hidromórfico. 5. Pedologia. I. Scivittaro, Walkyria
Bueno. II. Título. III. Série.

CDD 631

Autores

Alexssandra Soares de Campos

Acadêmica de Agronomia, Ufpel, Pelotas, RS.

Amílcar Centeno

Engenheiro agrícola, sócio-diretor da Centeno Agroenteligência Ltda., Campinas, SP.

André Andres

Engenheiro-agrônomo, doutor em Herbologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

José Maria Barbat Parfitt

Engenheiro agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Letícia Burkert Mélo-Araujo

Engenheira agrícola, doutoranda em Recursos Hídricos, Ufpel, Pelotas, RS.

Marcos Valle Bueno

Engenheiro agrícola, doutorando em Recursos Hídricos, Ufpel, pesquisador do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Inia), Trinta y Tres, Uruguai.

Marília Alves Brito Pinto

Engenheira-agrônoma, pós-doutoranda em Recursos Hídricos, Ufpel, Pelotas, RS.

Matheus Bastos Martins

Engenheiro-agrônomo, doutorando em Fitotecnia, Ufpel, Pelotas, RS.

Patrick Moraes Veber

Engenheiro agrícola, doutorando em Recursos Hídricos, Ufpel, Pelotas, RS.

Walkyria Bueno Scivittaro

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Apresentação

As pesquisas da Embrapa Clima Temperado direcionadas ao cultivo de soja e milho utilizando a tecnologia sulco-camalhão em áreas de terras baixas do Rio Grande do Sul iniciaram há mais de duas décadas. Historicamente, os resultados sempre indicaram benefícios ao desenvolvimento das culturas e aumento de produtividade, independentemente das condições climáticas da safra. Entretanto, a expansão e adoção plena da tecnologia nesse agroecossistema é recente, tendo sido impulsionada pela introdução no mercado nacional de outras duas tecnologias associadas, a sistematização do solo com declividade variada e o uso de politubos para a irrigação, os quais possibilitaram adequar a superfície do terreno com menor movimentação de solo, permitindo uma irrigação precisa e eficiente.

Nesse cenário tecnológico, concebeu-se o Projeto Sulco, uma parceria entre Embrapa Clima Temperado, que atua como responsável técnica, e as empresas privadas Centeno & Bergamasco LTDA, Trimble Brasil Soluções, AGCO América do Sul, PIPE Brasil, KLR Kohler Implementos Agrícolas e Pioneer Sementes Brasil. Essa parceria visa o refinamento e a difusão da tecnologia sulco-camalhão para cultivos de sequeiro em terras baixas do Sul do Brasil. Para tanto, tem implantado lavouras-piloto de soja e de milho em várias regiões arroyeiras do Rio Grande do Sul. Todas as iniciativas realizadas têm mostrado que a tecnologia representa uma alternativa acessível e de baixo custo para a produção de soja e milho com elevadas produtividades em terras baixas, garantindo rentabilidade e estabilidade de produção e contribuindo fortemente para a sustentabilidade do sistema produtivo.

Esta publicação tem o propósito de ser um guia prático para a implementação da tecnologia sulco-camalhão em cultivos de soja e milho em terras baixas, visando facilitar e intensificar sua adoção por técnicos e produtores interessados.

Roberto Pedroso de Oliveira
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução	9
Tecnologia sulco-camalhão	10
Suavização	13
Manejo da fertilidade do solo e adubação.....	16
Manejo de plantas daninhas.....	21
Drenagem e irrigação	25
Lavouras conduzidas em sistema sulco-camalhão: resultados e análise econômica	28
Literatura recomendada	30

Introdução

José Maria Barbat Parfitt
Walkyria Bueno Scivittaro
André Andres

O cultivo de soja irrigada no sistema de sulco-camalhão em rotação com arroz irrigado vem crescendo significativamente nas terras baixas do Rio Grande do Sul (RS). Embora não se disponha de estatísticas confiáveis, a área com o cultivo deve superar os 4% da área cultivada com arroz no estado, que é superior a 900 mil hectares. O cultivo de milho ocupa, ainda, área bem menor, mas acredita-se que, em função da crescente demanda de consumo para alimentação animal ou produção de etanol, a área cultivada com o cereal deverá crescer expressivamente nos próximos anos.

As terras baixas do Rio Grande do Sul (RS) abrangem uma área de aproximadamente 4 milhões de hectares, caracterizando-se pelo relevo predominantemente plano, pelo solo pouco profundo, pela presença de uma camada de impedimento situada entre 30 cm e 50 cm de profundidade e com baixa capacidade de armazenamento de água. Por sua vez, o clima predominante da região de terras baixas caracteriza-se por verões secos, apesar da ocorrência de eventos de precipitação intensa concentrados em determinados períodos, condições que proporcionam estresses por déficit e excesso hídrico a culturas como a soja e milho. O agroecossistema de terras baixas estende-se à região litorânea do estado de Santa Catarina, parte do Uruguai, às províncias de Entre Rios e Corrientes, na Argentina, e à região sul do Paraguai, regiões onde também ocorre o cultivo de arroz irrigado por inundação.

Por suas características, as áreas de terras baixas em condição natural não são muito propícias aos cultivos de sequeiro, como é o caso da soja e do milho. No entanto, a técnica de sulco-camalhão, que implica em configuração da superfície do solo em forma de “telha”, em que o camalhão é a zona de cultivo, e o sulco, a zona de escoamento da água de drenagem ou de irrigação, constitui-se em tecnologia de cultivo adequada a esse ambiente. A partir da suavização da área, o sistema de cultivo em sulco-camalhão oferece excelente drenagem superficial em tempo de chuvas intensas e ainda permite a irrigação da área por sulco em períodos de estiagem.

A técnica de sulco-camalhão já há algum tempo vem sendo testada em lavouras comerciais em vários locais do RS. Via de regra, as experiências mal sucedidas estiveram associadas ao uso isolado da técnica, ou seja, não associado à suavização do relevo das lavouras. Nos últimos anos, porém, duas tecnologias fundamentais à implementação do cultivo em sistema sulco-camalhão foram introduzidas ao sistema produtivo: 1) geotecnologia – que permite a sistematização do solo com declividade variada (suavização), e 2) politubos – utilizados para a irrigação. A suavização tornou possível adequar a superfície do solo das lavouras com menor movimentação de solo, reduzindo o tempo de execução e os custos da operação. Por outro lado, os politubos, associados a um bom projeto de manejo da água, permitem uma irrigação eficiente, prática e com baixo custo. Assim, a tecnologia sulco-camalhão, utilizada com cultivos de verão, como o milho e a soja e suas respectivas coberturas de outono-inverno, viabiliza que essas culturas alcancem patamares de produtividade elevados, visto que os estresses hídricos comuns nesse ambiente praticamente são eliminados.

Esta publicação tem o objetivo de descrever as etapas envolvidas na implementação da tecnologia de sulco-camalhão para o cultivo de milho e soja em terras baixas, detalhando as etapas de suavização da área, descompactação do solo, construção dos camalhões, correção do solo e adubação, arranjo de plantas, manejo de plantas, manejo da irrigação e colheita. Apresenta, ainda, alguns resultados de produção e retorno financeiro obtidos em lavouras-piloto estabelecidas junto a produtores de diferentes regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul.

Tecnologia sulco-camalhão

José Maria Barbat Parfitt
Walkyria Bueno Scivittaro
André Andres
Amílcar Centeno

A construção de camalhões com equipamento específico promove a abertura simultânea de sulcos. Dessa forma, nos camalhões é estabelecida uma zona de cultivo com solo mais profundo e descompactado, ideal para o desenvolvimento radicular das culturas, e sulcos que, além de possibilitarem a irrigação e drenagem da lavoura, também são utilizados como zona de tráfego para o rodado de máquinas e implementos agrícolas. A tecnologia sulco-camalhão, quando bem aplicada, é totalmente segura e garante a expressão de elevado potencial produtivo de cultivares de soja e milho. Requer, porém, a adoção correta dos processos descritos na sequência.

A sequência de operações é a seguinte: suavização do terreno (se necessária), descompactação do solo, correção da acidez e adubação de correção do solo, construção dos camalhões, implantação de culturas de cobertura do solo, semeadura da cultura principal e instalação dos politubos. Os exemplos dos implementos apresentados nesta publicação são os utilizados pelo Projeto Sulco embora existam vários outros disponíveis no mercado de máquinas e implementos agrícolas.

Suavização: a suavização nada mais é do que a sistematização do solo com declividade variada, a qual movimenta menor quantidade de solo, degrada menos o perfil do solo, e apresenta menor tempo de execução e custo. Por esses motivos, nas lavouras do Projeto Sulco, adota-se a suavização como etapa padrão. A movimentação de solo média gira em torno de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Em contrapartida, a sistematização em plano promoveria movimentos médios de solo superiores a $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

O processo de suavização inicia-se com o levantamento planialtimétrico da área, utilizando o sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*) no trator e base RTK (*Real Time Kinematic*) instalada nas proximidades. A análise do levantamento planialtimétrico determina a necessidade ou não de suavização. O projeto é elaborado em *software* específico, onde são definidos os cortes e aterros a serem executado na área.

Para a execução do projeto a campo, o mapa do projeto com os cortes e aterros da área são transferidos para o monitor instalado na cabine do trator, que controla o trabalho de uma plaina tipo caixão, equipada com válvula hidráulica proporcional (Figura 1).

Na elaboração do projeto é muito importante estabelecer a declividade mínima da área. Sempre que possível, esta declividade deverá ser entre 0,05 e 0,10%, de modo a eliminar as depressões existentes na área. No projeto também é definido o sentido dos camalhões, normalmente paralelo a lateral da lavoura.

Para a execução de lavouras do Projeto Sulco, utiliza-se o software WM-Form® e o Monitor TMX 2050 da empresa Trimble Brasil LTDA, que é parceira do projeto.



Foto: José Maria Barbat Parfitt.

Figura 1. Suavização do solo com o uso de lâmina tipo caixaõ controlado por sistema GNSS-RTK.

Preparo do solo: durante o processo de suavização, ocorre a compactação do solo, tornando obrigatório o preparo profundo (em torno de 30 cm), etapa normalmente realizada utilizando-se escarificador. Caso a área tenha sido previamente suavizada, deve-se verificar a necessidade de retoque da suavização, bem como a necessidade de novo preparo profundo do solo.

Correção e fertilização do solo: quando se tem controle da água (drenagem e irrigação), é fundamental para o sucesso do cultivo investir na qualidade do solo, de modo a obter o máximo potencial produtivo das culturas. Os solos das terras baixas do Rio Grande do Sul, com algumas exceções, são levemente ácidos e apresentam baixa fertilidade, de modo que geralmente devem ser corrigidos para pH 6,0 e adubados de acordo com a demanda nutricional e expectativa de produtividade pretendida. As indicações de adubação estabelecidas para as áreas do Projeto Sulco consideram, normalmente, uma expectativa de produtividade de 5 Mg ha⁻¹ de soja. Entretanto, em muitas situações, essa produtividade tem sido superada, de modo que podemos utilizar uma expectativa ainda maior. Na cultura do milho, semeada no mês de setembro, sugere-se utilizar doses de fertilizantes para uma expectativa de produtividade média de 12 Mg ha⁻¹.

Construção dos sulco-camalhões: concluída a suavização e o preparo do solo, a etapa seguinte refere-se à construção dos camalhões. Estes são construídos com 90 cm de largura (centro a centro) e com uma altura de aproximadamente 20 cm (Figura 2). Essa dimensão viabiliza arranjo de plantas adequado, tanto de soja como de milho, adequando, ainda, a distância entre sulcos às bitolas mais comuns dos tratores e implementos, uma vez que, os rodados devem transitar pelos sulcos.

Nas terras baixas menos declivosas (menos de 0,3% de declividade), recomenda-se utilizar sulcos com comprimento máximo de 500 m, possibilitando irrigar por período inferior a 20 horas. Deste modo, tem-se drenagens e irrigações rápidas e eficientes, sempre que necessárias.

A camalhoneira utilizada no Projeto Sulco é a SulcoSystem, da KLR Implementos (Figura 3). Essa camalhoneira trabalha com discos e necessita de aproximadamente 15 CV por camalhão, trabalhando numa velocidade em torno dos 15 km h⁻¹.

Recomenda-se a construção dos camalhões com a maior antecedência possível, deixando a área pronta para a semeadura na época recomendada.

a)



b)



Fotos: José Maria Barbat Parfitt.

Figura 2. Camalhões em construção (a) e recém-construídos (b), utilizando camalhoneira que trabalha com discos, com velocidade em torno dos 15 km h⁻¹.



Foto: José Maria Barbat Parfitt.

Figura 3. Camalhoneira SulcoSystem da KLR Implementos.

Semeadura: a semeadura da soja e do milho deve ser realizada com semeadora adaptada para semear com espaçamentos de 30 cm entre linhas nos camalhões e de 60 cm entre linhas de camalhões adjacentes (linhas pareadas) (Figura 4b). As semeadoras utilizadas deverão ter as rodas motrizes deslocando-se pelos sulcos. Da mesma forma, o trator deve possuir bitola ajustada para 1,8 m. O Projeto Sulco utiliza as semeadoras pneumáticas Massey Ferguson MF513 e MF510, que trabalham com dosador *Precision Planting*, adaptadas para semear adequadamente sobre os camalhões e depositar o fertilizante no centro dos camalhões, entre as duas linhas de semeadura (Figura 4a).

Irrigação: no Projeto Sulco, a irrigação é realizada pela empresa parceira PipeBR, sendo o projeto de irrigação elaborado utilizando-se o software Pipe Planner. Maior detalhamento sobre o tema encontra-se na seção Drenagem e irrigação desta publicação.

Colheita: a colheita da soja é realizada de forma longitudinal aos camalhões, com as mesmas plataformas utilizadas para a cultura do arroz. Para a colheita de milho, o Projeto Sulco utiliza plataforma Massey Ferguson com 45 cm de espaçamento entre linhas, obtendo excelente desempenho.

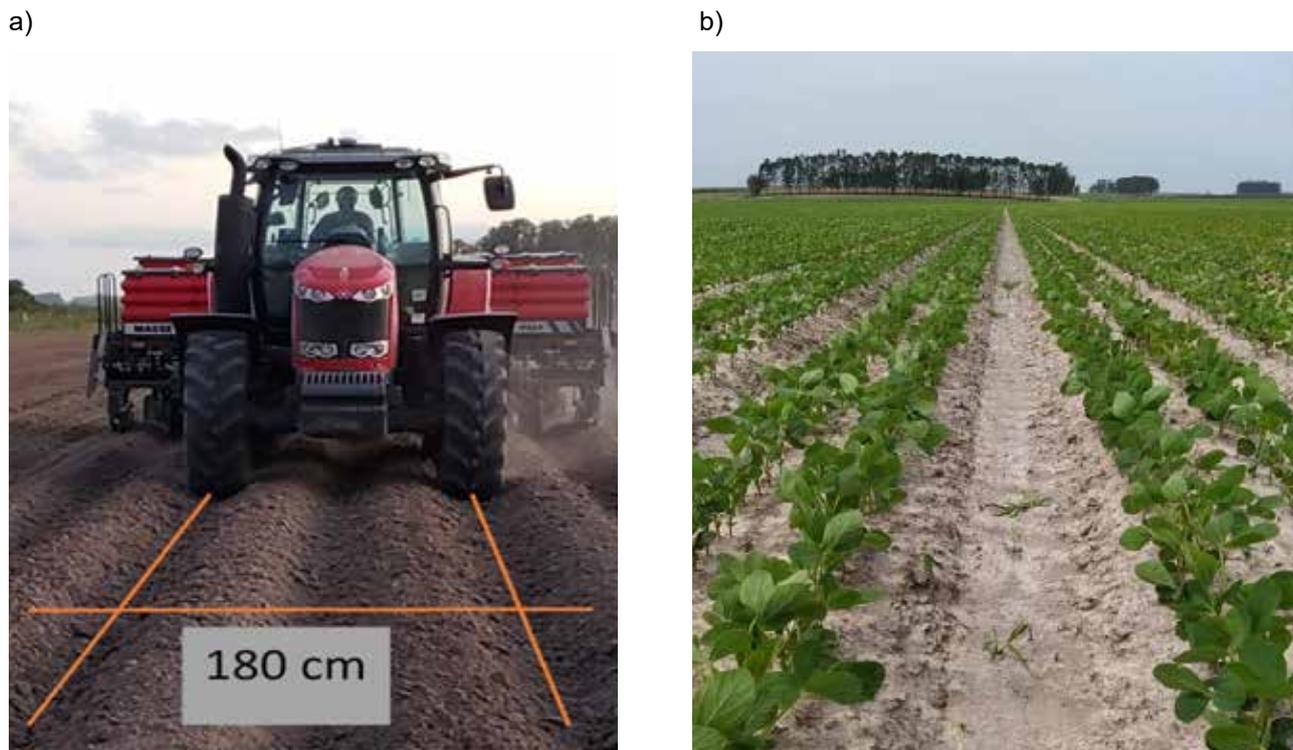


Figura 4. Trator semeando (a) e área cultivada com soja em sistema sulco-camalhão (b).

Suavização

Marcos Valle Bueno

José Maria Barbat Parfitt

Patrick Moraes Veber

A suavização do terreno é uma das etapas mais importantes para o sucesso da tecnologia sulco-camalhão. Até hoje praticamente todas as tentativas de usar a técnica de sulco-camalhão em terras baixas sempre esbarraram na ausência de suavização, uma vez que a água provida pela irrigação ou chuva percorre uma certa distância e acaba estagnada, começando assim a saturar uma zona do terreno, até encontrar uma saída pela lateral dos sulcos. Isso ocorre porque, embora as lavouras sejam pouco declivosas, essa declividade apresenta mudança de sentido constante. Um exemplo claro disso é o comportamento das taipas nas lavouras de arroz, as quais geralmente são sinuosas. Considerando-se que a declividade do terreno é perpendicular às curvas de níveis (taipas), fica demonstrada a grande variabilidade do sentido da declividade no ambiente das terras baixas.

A seguir será apresentado o significado de uma lista de termos, que serão utilizados mais adiante, e que devem ser bem entendidos para a compreensão plena do texto.

Sistematização: a sistematização é uma prática agrícola de adequação da superfície do solo que visa melhorar o manejo da água. Para a sua execução, há movimento do solo, com cortes nas partes relativamente altas e aterros nas partes relativamente baixas, com relação a uma superfície projeto, que pode ser um plano ou uma superfície com declividade variada.

Suavização: trata-se do processo de sistematização, porém quando essa utiliza declividade variada. É importante salientar que o termo “suavização” é uma maneira informal de se falar, porém está se popularizando. A suavização pode ser executada visando irrigação ou drenagem. Dado que para aplicação da tecnologia sulco-camalhão usa-se, na grande maioria das vezes, a suavização visando irrigação, que permite drenar a área em períodos chuvosos, mas também, irrigá-la em períodos de estiagem.

Curva de nível: é uma linha que está em cota única (altitude). Normalmente, a topografia de uma área é representada por curvas de níveis.

Coroas e lagoas: o termo “coroas” (altos) representa as partes mais altas no terreno, que podem ser observadas em planta por curvas de nível fechadas em si mesmas, conforme pode ser visto na Figura 6. As coroas são locais que na lavoura de arroz exigem maior operacionalidade para condução da água de irrigação e, no sistema sulco-camalhão, podem dificultar o fluxo da água no sulco. Já as lagoas são o oposto das coroas, ou seja, são áreas relativamente baixas fechadas por curva de nível (Figura 6). Trata-se de locais de difícil drenagem, que no sistema sulco-camalhão podem armazenar água no sulco, sendo prejudicial ao sistema.

Cortes e aterros: para realizar o trabalho de suavização é necessário cortar a camada superficial de solo em alguns lugares relativamente altos com relação à superfície projeto (zonas em vermelho e amarelo na Figura 8C) e aterrar em locais relativamente baixos em relação à superfície projeto (zonas em azul na Figura 8C). Em projetos de suavização estabelecidos para áreas de terras baixas do Rio Grande do Sul, os cortes não devem ultrapassar 5 cm de profundidade em 95% da área, com a finalidade de evitar prejuízos à camada fértil do solo, uma vez que os solos de terras baixas do estado são, em sua maioria, rasos.

Equipamentos necessário para a suavização

Sistema GNSS – RTK é o sistema global de navegação por satélite (GNSS – *Global Navigation Sattelite System*). O sistema GNSS engloba as constelações de satélites GPS, Glonass, Beidou (Compass) e Galileu. Os sistemas atuais utilizam as constelações de satélites GPS (sistema americano) e Glonass (sistema russo). A base RTK (*Real Time Kinematic*), ou Sistema de Correção em Tempo Real, consiste em um equipamento estático, que contém uma antena de captação de satélites, um receptor, um rádio e uma antena de rádio. A função da base RTK é realizar a correção dos sinais enviados pelos satélites que chegam com erro, devido à passagem pela atmosfera, e enviar essa correção para o trator que se encontra em movimento. Essa correção é imprescindível para obter a precisão nas operações agrícolas, principalmente no eixo Z (altitude). No trator, também há uma antena de rádio, um rádio e um monitor para comunicação e, na plaina, há uma antena de satélites, que determina a altura correta em que a plaina deve trabalhar. Na plaina, é instalada uma válvula proporcional (PWM), que controla a subida e descida automática da mesma, conforme pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5. Equipamentos utilizados na base RTK (*Real Time Kinematic*) e no conjunto trator-plaina.

Levantamento planialtimétrico da área

O processo de suavização inicia com o levantamento planialtimétrico da área. Para a realização do levantamento planialtimétrico, primeiramente deve-se instalar a base RTK, de preferência fora da área a ser mapeada.

da. Após a instalação da base, é realizado o levantamento dos pontos planialtimétricos (Figura 6), que pode ser feito com o próprio trator ou com um quadriciclo equipado com o sistema GNSS, com passadas regulares distanciadas de 6 m a 10 m e os pontos na linha sendo coletados de 3 m a 5 m de distância, totalizando aproximadamente de 200 a 600 pontos por hectare. No final, tem-se a malha de pontos amostrados, sendo esses armazenados no próprio monitor e, posteriormente, exportados em uma unidade de armazenamento (*pen drive*), a fim de gerar um modelo digital de elevação da área (MDE), através de um software específico (Figura 6).

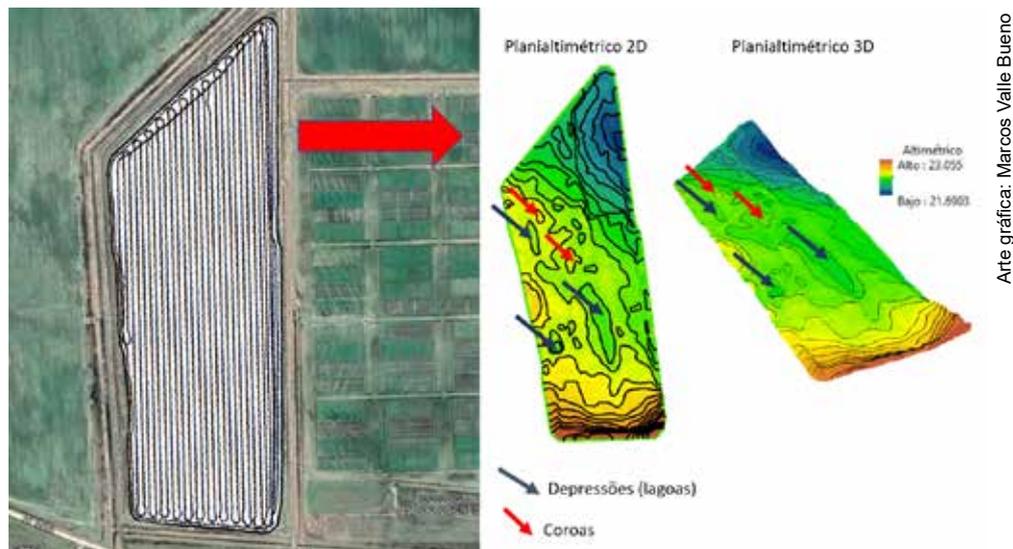


Figura 6. Levantamento planialtimétrico (esquerda) e modelo digital de elevação (MDE) das áreas em duas e três dimensões (direita).

Projeto de suavização

Na Figura 7 constam os projetos de sistematização possíveis de serem realizados. É importante salientar que com o sistema laser não é possível realizar suavização, ou seja, a suavização somente pode ser realizada com o sistema GNSS-RTK.

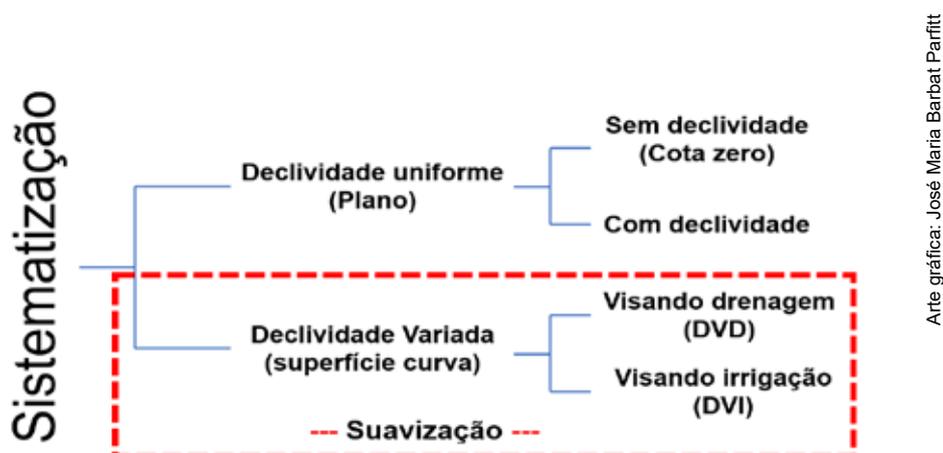


Figura 7. Esquema representativo dos tipos de sistematização e suavização passíveis de utilização em terras baixas.

A sistematização com declividade variada visando drenagem (DVD) elimina todas as lagoas existentes no terreno, entretanto as coroas permanecem na área. Esse modelo de suavização é indicado quando não se pretende realizar irrigação por sulco, mas se deseja melhorar a drenagem para a implantação de culturas de sequeiro, como o milho e a soja, e também pastagens.

A sistematização com declividade variada visando irrigação (DVI) permite a irrigação por sulco, pois apresenta uma direção definida da declividade principal (Figura 8B), sendo o modelo utilizado quando se usa a tecnologia sulco-camalhão. O valor da declividade não é constante ao longo do terreno, porém é importante estabelecer uma declividade mínima, geralmente entre 0,05% a 0,10%, para evitar pontos com possíveis problemas de drenagem; os softwares permitem também limitar a declividade máxima, se for necessário. A movimentação de solo normalmente varia entre 100 a 150 m³ ha⁻¹ e o custo estimado em lavouras do Projeto Sulco situa-se entre US\$ 0,60 a US 0,80 por m³ de solo movimentado¹.

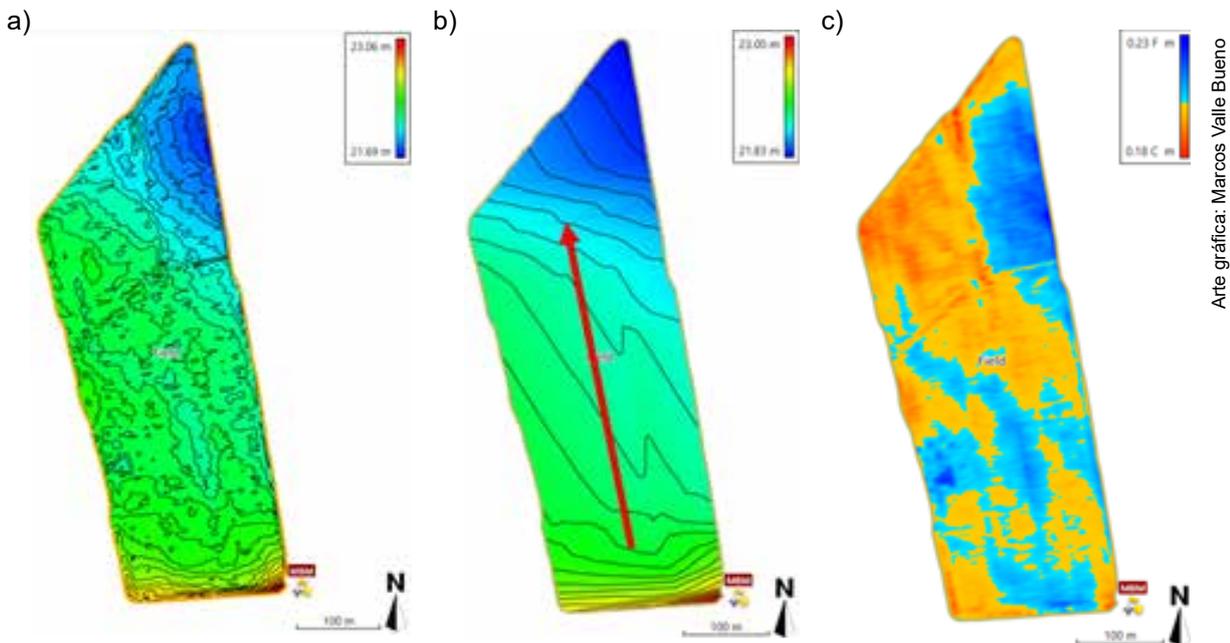


Figura 8. Modelos de suavização visando irrigação. Área original (a), projeto (b) e mapa de corte e aterro (c).

Manejo da fertilidade do solo e adubação

Walkyria Bueno Scivittaro

O cultivo em sistema sulco-camalhão possibilita a superação dos estresses por excesso e déficit hídrico, principais limitantes à produção de milho e soja em rotação ao arroz nas terras baixas do Rio Grande do Sul. A eliminação dos estresses hídricos e de eventuais barreiras físicas ao desenvolvimento radicular, particularmente camadas compactadas no solo, viabiliza a produção de milho e soja para alta produtividade nesse ambiente. O alcance de patamares de produtividade elevados requer, porém, a adequação dos demais fatores de produção para essas culturas, com destaque para o manejo da fertilidade do solo.

O manejo da calagem e adubação para a produção de milho e soja em áreas de arroz apresenta distinções relativamente ao cultivo em terras altas. A submersão do solo, estabelecida durante o cultivo de arroz irrigado, promove transformações físicas, químicas, eletroquímicas e biológicas profundas, alterando a disponibilidade de nutrientes e a reação do solo. Como essas mudanças promovem correção natural da acidez e aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo, o aporte de fertilizantes e corretivos para o arroz irrigado normalmente é baixo. Tal fato condiciona situação de moderada a baixa fertilidade dos solos de terras baixas para cultivos de sequeiro, como o milho e a soja, exigindo especial atenção e investimento inicial relativamente elevado para a correção da fertilidade do solo para suprir a demanda nutricional dessas culturas e possibilitar-lhes alcançar as produtividades elevadas preconizadas no sistema sulco-camalhão.

¹ Valores calculados considerando-se a relação de R\$ 5,00 por US\$ 1,00.

Manejo da calagem e adubação

Da mesma forma que em outros sistemas, o manejo da calagem e adubação para a produção de milho e soja em sistema sulco-camalhão deve estar fundamentado no diagnóstico da fertilidade do solo e considerar as exigências nutricionais dessas culturas inseridas em sistemas de produção envolvendo rotações e sucessões de culturas.

A análise química do solo constitui-se no instrumento de diagnóstico da fertilidade do solo, indicando a disponibilidade de nutrientes, o nível de acidez do solo e a presença de elementos tóxicos às plantas. Com relação à exigência nutricional, esta varia entre as espécies, cultivares e com o potencial de produtividade das culturas. Este último fator, por estar associado à adequação dos fatores de produção, é bastante elevado no sistema sulco-camalhão. Em síntese, lavouras com potencial produtivo alto e estabelecidas em solos com baixa fertilidade demandam elevado aporte de nutrientes.

As indicações de calagem e adubação para o milho e a soja produzidos em sistema sulco-camalhão requerem o monitoramento periódico da fertilidade do solo, através da análise química. A amostragem de solo deve ser realizada a cada dois cultivos, levando-se em consideração as culturas de outono/inverno e primavera/verão. Isso porque as indicações de adubação fosfatada e potássica preveem dois cultivos, com níveis decrescentes de fertilizantes, utilizando-se os resultados da mesma análise de solo (Sociedade..., 2016)². No cultivo em sistema sulco-camalhão, indica-se amostrar o solo após a suavização do terreno, viabilizando a aplicação e incorporação do corretivo, quando necessário, associado ou não à adubação de correção com fósforo e/ou potássio, previamente à construção dos camalhões.

Correção do solo

Em geral, os solos de terras baixas do Rio Grande do Sul são ácidos, condição em que a disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais às culturas é baixa. A acidez elevada condiciona, em muitos casos, saturação por alumínio alta, afetando o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes pelas plantas. A presença de alumínio tóxico prejudica, ainda, a eficiência da simbiose rizóbio-planta e, conseqüentemente, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) da soja.

O milho e a soja desenvolvem-se melhor em solos com pH próximo à neutralidade ($\text{pH} \geq 6,0$), razão pela qual a prática da calagem é fundamental para o êxito desses cultivos em sistema sulco-camalhão.

Além de corrigir a acidez, a calagem promove melhoria do ambiente radicular para a absorção de nutrientes, favorece a atividade microbiana, aumenta a disponibilidade de nutrientes e fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Especificamente para a soja, exerce efeito positivo sobre a FBN, propiciando aumento na disponibilidade de molibdênio (Mo), nutriente responsável pela transformação do N_2 atmosférico, em formas assimiláveis pelas plantas.

A quantidade de corretivo a ser utilizada varia com o pH a ser atingido e em função de características do solo. Na prática, a necessidade de calagem é estimada pelo índice SMP, fornecido pela análise química do solo. No cultivo em sistema sulco-camalhão, preconiza-se a elevação do pH a 6,0, mediante a incorporação do corretivo na camada arável, previamente à construção dos camalhões.

A calagem apresenta efeito residual médio de três a cinco anos, dependendo da quantidade e do tipo de corretivo utilizado, da intensidade de cultivo, do manejo do solo e da cultura etc. Em função disso, a correção do solo deve contemplar o sistema de produção.

² 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. [Porto Alegre]: CQFS – RS/SC, 2016. 376 p.

Adubação nitrogenada

Ambas as culturas, milho e soja, são extremamente exigentes em nitrogênio (N), sendo uma fração considerável do nutriente exportada pelos grãos. Distinguem-se, porém, quanto à fonte do nutriente, que, além da decomposição de resíduos de cultivos antecedentes e da matéria orgânica do solo, para o milho, provém de fertilizantes minerais e, para a soja, da fixação biológica de N (FBN), por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

O teor de matéria orgânica é um dos indicadores utilizados para avaliar a disponibilidade de nitrogênio do solo, sendo considerado no estabelecimento das recomendações de N para o milho. Considerando que, de forma geral, os solos de terras baixas apresentam teor baixo de matéria orgânica, atenção especial deve ser dada ao suprimento e manejo do nitrogênio para o milho cultivado nesse ambiente.

Além do teor de matéria orgânica do solo, as indicações de adubação nitrogenada para o milho devem considerar a cultura antecedente e a quantidade de resíduos presentes, bem como a expectativa de produtividade. Neste sentido, o cultivo em sistema sulco-camalhão, onde o potencial de produtividade é elevado, requer o uso de doses proporcionalmente maiores de N.

Com relação à cultura antecedente, estas devem ser estratificadas em três classes com potencial decrescente de aporte de N ao sistema: leguminosas; consorciações ou pousio e gramíneas. Também a quantidade de resíduos presente influencia na necessidade de suplementação do nutriente, via adubação mineral, podendo-se alterar a dose para mais ou para menos; quantidades elevadas de resíduos de gramíneas requerem maior aporte de N ao milho (até 20 kg/ha a mais do que indicado), visto que condicionam imobilização do nutriente; contrariamente, a presença de quantidades elevadas de resíduos de leguminosas, pela baixa relação C/N, possibilitam a redução no aporte de N mineral para o milho (também em até 20 kg/ha).

A expectativa de produtividade do milho, por sua vez, deve ser estabelecida de forma realista, considerando a adequação dos fatores de produção, assim como no resultado de cultivos anteriores.

Em razão da intensa dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta, tornando-o extremamente suscetível a perdas, recomenda-se que o seu aporte seja parcelado, aplicando-se uma parte na semeadura e o restante, em cobertura. A dose a ser aplicada na semeadura varia normalmente entre 10 e 30 kg ha⁻¹ de N, em função da produtividade esperada, da cultura antecedente e do sistema de cultivo. A presença de maior quantidade de resíduos de gramíneas requer a aplicação de doses maiores de N na semeadura. A adubação em cobertura deve ser aplicada a lanço, preferencialmente, junto às linhas de plantio, quando as plantas se apresentarem com 4 a 8 folhas. Quando a dose de N for elevada, é indicado o fracionamento da cobertura, em intervalos de cerca de 20 dias, desde que seja possível operacionalizá-lo.

Para a soja, a experiência de pesquisa indica que não é necessária a aplicação de fertilizante nitrogenado, seja no estabelecimento ou em outras fases de desenvolvimento da cultura. Além de aumentar o custo de produção, a aplicação de N ao solo inibe a fixação biológica de N, não havendo evidências de que proporcione aumento da produtividade de grãos.

A demanda de N da soja é suprida pelo meio de cultivo (solo e restos culturais) e pela fixação biológica, mediante a inoculação das sementes. Nas terras baixas, tanto em áreas sem histórico de cultivo de soja, que não possuem população estabelecida de rizóbios, quanto naquelas já cultivadas com a oleaginosa e que, portanto, já receberam inoculante, a população de rizóbios pode ser baixa ou pouco eficiente, sendo recomendadas as práticas de inoculação e de reinoculação a cada cultivo (Reunião..., 2014)³. A eficiência da FBN depende, porém, da utilização correta de inoculantes.

³ REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 382). Editores técnicos Ana Cláudia Barneche de Oliveira, Ana Paula Schneid Afonso da Rosa.

Adubação fosfatada

Embora exigido em menor quantidade que o nitrogênio e o potássio (K), as culturas de milho e soja apresentam respostas frequentes e relativamente altas à adubação fosfatada.

Destaca-se que a interpretação da análise química para estabelecimento da classe de disponibilidade de fósforo (P) para os cultivos de sequeiro, como o milho e a soja, é distinta daquela utilizada para o arroz irrigado (Sociedade..., 2004). Assim, um solo arenoso (<20% argila), cuja análise química gera uma interpretação de teor “Alto” de fósforo para o cultivo de arroz irrigado, pode gerar a interpretação de fósforo na classe “Muito Baixo” para os cultivos de milho e soja.

Assim, em razão da menor disponibilidade de P dos solos de terras baixas drenados, a recomendação de dose de P para o milho e a soja é bem maior que a necessária para o cultivo de arroz irrigado. No entanto, o cultivo de arroz irrigado em rotação é favorecido pelo residual da adubação aplicada às culturas de milho ou soja.

As doses de fósforo recomendadas para o milho e a soja variam, basicamente, em função do teor do nutriente disponível no solo e da expectativa de produtividade, razão pela qual os cultivos em sistema sulco-camalhão requerem aporte significativo do nutriente via adubação. Conforme referido previamente, as doses de P são estabelecidas considerando dois cultivos, primeiro e segundo, com indicações de doses decrescentes do primeiro para o segundo cultivo. Isto porque as doses recomendadas nos dois cultivos incluem tanto a adubação de correção, que visa elevar os teores do nutriente no solo ao nível crítico, como a adubação de manutenção, que considera a exportação das culturas (vinculada à expectativa de produtividade), acrescida das perdas do sistema. Ambos os cultivos recebem a mesma dose de nutriente, como adubação de manutenção. Por outro lado, a adubação de correção é fracionada, aplicando-se 2/3 da dose prevista no primeiro cultivo e o terço restante, no segundo cultivo.

Especificamente para o sistema sulco-camalhão, onde a movimentação do solo está limitada à construção ou remoção da infraestrutura de camalhões, sempre que possível é recomendável a aplicação integral da adubação fosfatada de correção anteriormente à construção dos camalhões. Esta prática pode ser associada à calagem, quando necessária. Ambos os insumos, calcário e fertilizante fosfatado podem ser incorporados ao solo conjuntamente. Em situações em que a correção do solo não é demandada, a incorporação do fertilizante fosfatado pode eventualmente ser dispensada, pelo revolvimento do solo associado à construção dos camalhões.

Por sua vez, devido à baixa mobilidade e elevada reatividade do P no solo, indica-se que a adubação fosfatada de manutenção seja feita de forma localizada junto aos sulcos de semeadura, ou ainda, no centro dos camalhões, manejo que propicia melhores respostas das culturas à adubação, especialmente em solos em que os teores do nutriente no solo são baixos.

Adubação potássica

O potássio é o segundo elemento mais absorvido pelas culturas de milho e soja, sendo superado apenas pelo N. No entanto, a resposta à adubação com o nutriente é menos intensa que a observada para o N e o P, especialmente para a cultura do milho. Esse comportamento se deve ao fato de a maior parte do nutriente absorvido ser devolvido ao solo após a colheita, com os restos culturais. No entanto, em situações em que a intensidade de uso do solo é alta e com a utilização materiais genéticos de elevado potencial produtivo, como em sistemas de produção estabelecidos em sulco-camalhão, a tendência é de que a resposta à adubação potássica aumente. A exportação de K pela soja é maior, de cerca de 20 kg ha⁻¹ de K₂O por tonelada de grãos, representando cerca de 50% do total absorvido pela cultura.

A disponibilidade de K para cultivos de sequeiro como o milho e a soja em terras baixas do Rio Grande do Sul, varia bastante entre as regiões arroseiras, daí a necessidade de monitoramento frequente da fertilidade do solo, possibilitando o manejo da adubação para as culturas inseridas no sistema de produção, lembrando que

resposta mais pronunciada das culturas à adubação potássica ocorre em solos onde o teor de K disponível no solo está abaixo do nível crítico (classes de teores Muito baixo, Baixo e Médio) (Sociedade..., 2004).

De maneira semelhante ao que ocorre para o P, as doses indicadas de K para o milho e a soja são normalmente bastante superiores que para o arroz irrigado. Muito embora o potássio não esteja diretamente envolvido nas reações de oxirredução, o alagamento promove aumento na disponibilidade de nutriente no solo, em razão da maior difusão, do deslocamento dos sítios de troca para a solução do solo e da liberação das frações não-trocável e estrutural, diminuindo a resposta do arroz irrigado.

Assim como para o P, as doses de K recomendadas para o milho e a soja variam em função da disponibilidade do nutriente no solo e da expectativa de produtividade das culturas, razão pela qual comumente as doses requeridas do nutriente para sistemas com elevado potencial produtivo, como o sulco-camalhão, são bastante elevadas, especialmente por ocasião de sua implantação em áreas de produção de arroz irrigado. Ao longo do tempo, estas tendem a reduzir, limitando-se à adubação de manutenção, dado à correção gradual da fertilidade do solo.

Também para o potássio, as doses indicadas consideram dois cultivos (outono/inverno e primavera/verão), reduzindo-se a dose indicada do primeiro para o segundo, devido ao efeito residual das adubações. Também o arroz pode se beneficiar do efeito residual da adubação potássica dos cultivos de sequeiro antecedentes.

Em geral, a recomendação de adubação potássica destina-se à aplicação localizada, no sulco de semeadura, o que é particularmente eficiente para solos com baixos teores do elemento ou para a aplicação de doses pequenas de fertilizante. A aplicação a lanço de doses maiores ou em áreas sem limitação intensa do nutriente pode apresentar eficiência semelhante a de aplicações no sulco de plantio.

No caso da aplicação de fertilizante potássico no sulco de plantio, um outro fator deve ser considerado, o aumento da pressão osmótica próximo às sementes decorrente da utilização de dosagens elevadas de fertilizante, que pode afetar o estande, especialmente em períodos secos. Uma alternativa para evitar esse problema é o parcelamento da adubação potássica, quando a dose recomendada for superior a 60 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicando-se uma parte da dose em cobertura. Opcionalmente, quando estes forem construídos no período de outono/inverno para o cultivo de uma cobertura de solo, é conveniente realizar a adubação de correção integral ou gradual anteriormente à construção dos camalhões.

Com relação à adubação de cobertura, para a cultura do milho, essa pode ser associada à primeira aplicação de N. Contudo, o aporte de K deve ser o mais precoce possível, uma vez que a absorção do nutriente é mais intensa nos períodos iniciais de desenvolvimento da cultura. Por outro lado, no cultivo de soja, mais da metade da absorção de K ocorre no período compreendido entre o início do florescimento e o final do enchimento dos grãos. Por essa razão, a aplicação de doses elevadas do nutriente na semeadura pode não ser conveniente, uma vez que o fertilizante fica exposto a perdas no período que antecede a absorção, sendo esta uma situação particularmente desfavorável em terras baixas, devido à predominância de solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a precipitações intensas. Desta forma, a aplicação no sulco de semeadura e em cobertura é recomendável para minimizar as perdas.

Adubação com micronutrientes

De forma geral, a disponibilidade de micronutrientes dos solos de terras baixas do Rio Grande do Sul tem sido suficiente para os cultivos de milho e de soja.

No cultivo de soja, é indispensável dispor-se de teores adequados no solo de cobalto (Co) e de molibdênio (Mo), que são essenciais para a fixação biológica de N. Vale lembrar, que a correção do solo aumenta a disponibilidade de Mo no solo, sendo normalmente suficiente para suprir a demanda da cultura.

Manejo de plantas daninhas

André Andres

Matheus Bastos Martins

Principais espécies infestantes de cultivos de verão em terras baixas.

O cultivo do arroz irrigado no Brasil é predominante nas terras baixas, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde são produzidos mais de 80% do arroz do País. As plantas daninhas representam um dos fatores que dificultam a obtenção do potencial produtivo das cultivares de arroz, seja pela intensificação no monocultivo do arroz irrigado, ou pelo favorecimento que a presença de umidade e calor proporcionam ao crescimento de espécies gramíneas no período quente do ano. Além disso, algumas espécies são de difícil controle perante os atuais métodos disponíveis para a lavoura de arroz irrigado. Recentemente, a rotação de culturas, com soja, milho ou sorgo, tem evidenciado vantagens no controle dessas espécies de plantas daninhas.

Neste capítulo, são citadas as principais espécies daninhas presentes em terras baixas do Sul do Brasil e algumas experiências de manejo em áreas de cultivo de milho e soja em sistema sulco-camalhão, associados ou não à pecuária no período frio do ano.

Dentre as plantas daninhas em terras baixas cultivadas com arroz irrigado destacam-se gramíneas como o arroz-daninho (*Oryza sativa*), capim-arroz (complexo *Echinochloa* spp.), papuã (*Urochloa plantaginea*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e milhã (*Digitaria ciliaris*), que apresentam elevado banco de sementes no solo, devido ao cultivo contínuo de arroz.

Considerando-se uma lavoura cultivada em sistema sulco-camalhão, entende-se que, devido à facilidade de estabelecimento em diversas condições de umidade e luz, o arroz-daninho e o capim-arroz estarão presentes tanto nos sulcos (maior umidade) quanto no topo dos camalhão (aeração/luminosidade). Por outro lado, papuã, capim-pé-de-galinha e milhã, que são gramíneas que ocorrem majoritariamente nas taipas das lavouras de arroz irrigado, deverão estar presentes principalmente no topo dos camalhões. Importante ressaltar a presença em terras baixas de biótipos de arroz-daninho resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da enzima ALS (acetolactato sintetase) e biótipos de capim-arroz resistentes a três grupos químicos de inibidores da enzima ALS, a um grupo químico de inibidores da enzima ACCase (acetil CoA carboxilase) e também ao quinclorac. Esses biótipos resistentes estão amplamente distribuídos em todas as regiões produtoras de arroz do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Dentre as ciperáceas, as espécies de junco (*Cyperus difformis*, *C. esculentus* e *C. iria*) são adaptadas a ambientes com alta umidade. Dessa forma, essas espécies deverão estar presentes nos sulcos após a irrigação ou episódios de chuva, quando a umidade do solo nesse local será elevada. Ressalta-se a identificação de plantas de *C. difformis* e *C. iria* com resistência a herbicidas inibidores da ALS.

No caso das eudicotiledôneas, também conhecidas como folhas largas, as espécies mais comuns em terras baixas são o chapéu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*), o angiquinho (*Aeschynomene denticulata* e *A. indica*) e a tripa-de-sapo (*Alternanthera philoxeroides*). O chapéu-de-couro e a tripa-de-sapo são infestantes exclusivas de ambientes com alta umidade, ou seja, devem ocorrer nos sulcos e base dos camalhões, onde a umidade tende a ser sempre mais elevada (essas espécies são observadas frequentemente em canais e valos), enquanto que o angiquinho estará presente em toda área, seja no sulco e no topo dos camalhões, visto que sua emergência somente é inibida pela presença constante de água.

Em áreas onde ocorre a integração com a pecuária, o azevém (*Lolium multiflorum*) desempenha importante papel como forrageira no inverno, porém foi notificada a presença de biótipos dessa espécie resistentes ao herbicida glifosato (inibidor da EPSPs) e aos herbicidas do grupo dos inibidores da ACCase e da ALS (destaca-se que ainda não foram detectadas plantas com a resistência aos três grupos). A utilização de sementes de

azevém de baixa qualidade ou, ainda, sem certificação para implantação de pastagens, pode difundir o problema da presença da resistência de azevém a esses grupos de herbicidas, dificultando algumas estratégias de manejo de plantas daninhas na dessecação de áreas para implantação das culturas de verão, problema já frequente nas regiões norte e nordeste do Rio Grande do Sul.

É importante saber que a adoção da rotação de culturas em terras baixas, principalmente com a soja, pode promover alteração na composição florística das lavouras. Entre as espécies, citam-se a buva (*Conyza* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), trapoeraba (*Commelina* spp.) e o caruru (*Amaranthus* spp.). A poaia-branca e a trapoeraba são espécies que apresentam tolerância natural ao herbicida glifosato e, portanto, não são controladas nas dessecações pré-plantio ou nas aplicações pós-emergentes que utilizam apenas esse herbicida. Já a buva e o caruru são infestantes que adquiriram resistência ao glifosato ao longo dos vários anos de intenso uso da tecnologia, que proporcionou resistência de cultivares de soja e milho ao glifosato como ferramenta única de manejo e que, em algumas regiões, já apresentam também resistência aos herbicidas inibidores da ALS. Essas espécies são consideradas de difícil controle, ocasionando aumento nos custos de produção, devido à necessidade da adoção de várias estratégias de controle.

Métodos de controle

A pesquisa sempre busca estratégias de controle de plantas daninhas baseadas na elaboração de programas de manejo integrado que combinem diversos métodos de controle, que devem ser utilizados ao longo dos doze meses do ano, visto que o manejo de plantas daninhas não pode ser pensado apenas durante o ciclo de cultivo das culturas de interesse. As várias ações envolvem os métodos físico, cultural, biológico, mecânico e químico. O método químico ainda é mais adotado, seja pela rapidez de uso e eficiência ou pelo menor custo na maioria dos casos. A associação dos diferentes métodos de controle visa contribuir com a produção de alimentos com menor risco de impacto ambiental, que é uma demanda atual.

A base para o sucesso dessas ações é o conhecimento da dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas, o entendimento da biologia das espécies infestantes e de métodos preventivos, que visam impedir que novas plantas daninhas ou biótipos resistentes tornem-se mais presentes nas áreas.

Alguns exemplos de métodos preventivos são a utilização de sementes certificadas, limpeza de maquinário, de canais de irrigação e de estradas. Os métodos culturais caracterizam-se por práticas de manejo que favorecem as culturas de interesse em detrimento das espécies infestantes, como o preparo antecipado, a semeadura dentro da janela ideal, a adubação em linhas e o uso de cobertura do solo durante o inverno com espécies de coberturas ou pastagens. Já os métodos biológicos são aqueles em que organismos vivos, como ruminantes, aves, peixes, bactérias e vírus controlam as plantas daninhas. O benefício desse método está sendo avaliado em terras baixas onde a integração lavoura-pecuária (ILP) está possibilitando melhorar o controle de plantas daninhas de folhas largas em pastagem de azevém e, ao mesmo tempo, impedindo o estabelecimento de novas plantas, durante a produção pecuária. Os métodos mecânicos ainda são muito empregados pelos produtores, como o preparo do solo, roçada, capinas e arranquio, visto que interferem no banco de sementes das plantas daninhas no solo. Mesmo com todas essas opções disponíveis, o método químico é o mais eficiente e o que apresenta resultados imediatos no manejo de plantas daninhas. Contudo, depender de apenas um método de controle e, principalmente de apenas uma molécula herbicida, pode ocasionar os problemas citados previamente.

Durante o processo de construção dos camalhões, o método mecânico também será empregado, proporcionando o controle das plantas daninhas estabelecidas através do revolvimento do solo. Esse sistema é considerado como um método de controle cultural, uma vez que proporciona uma condição adequada para o desenvolvimento da cultura do milho nas terras baixas, dado que, se construídos de forma antecipada, os camalhões possibilitam a semeadura na época preferencial. Ademais, a construção com antecedência possibilita, ainda, o estabelecimento de cultivos de cobertura ou pastagens, que manterão o solo coberto durante o período de outono-inverno, dificultando a germinação e emergência de plantas daninhas nesse período e

nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura principal, caracterizando um método físico e, também, cultural. Dessa forma, o controle químico não será utilizado isoladamente.

O último ponto-chave para o sucesso do manejo integrado de plantas daninhas está baseado na utilização de herbicidas pré-emergentes. Essas moléculas apresentam características intrínsecas que lhes conferem efeito residual, controlando diversos fluxos de emergência de plantas daninhas, sendo importantes para o estabelecimento da cultura no limpo, sem competição durante o período crítico de prevenção da interferência e aumentando o período anterior à interferência. Além disso, o uso de pré-emergentes “entrega” plantas daninhas de menor desenvolvimento para as ações na pós-emergência, assim colabora também na eficiência das estratégias de controle nesse segundo período.

Indicações de controle químico

Diante do exposto, nas últimas safras alguns estudos foram conduzidos visando observar o nível de controle nas principais plantas daninhas citadas utilizando herbicidas pré-emergentes. Existe uma série de herbicidas de diferentes mecanismos de ação com potencial para o manejo das espécies de plantas daninhas das terras baixas, sendo que alguns desses não são utilizados nas culturas do arroz irrigado e da soja. Esses grupos são usados apenas no milho, podendo colaborar para minimizar a presença de plantas daninhas resistentes a herbicidas do arroz irrigado.

Uma questão também importante é o cuidado no uso de herbicidas no milho, que podem persistir no solo para as culturas em sucessão. Dessa forma, essas moléculas devem ser empregadas observando-se o planejamento anual das áreas de terras baixas.

Os herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para controle de plantas na cultura do milho são os mesmos, seja no cultivo sistema sulco-camalhão ou convencional. Assim, quando for planejado o sistema de produção, é importante considerar o residual de herbicidas de uma estação de crescimento para outra, dado que podem ocorrer problemas de estabelecimento ou mesmo perda de produtividade.

Na Tabela 1, são apresentadas algumas opções de controle testadas recentemente na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado.

Tabela 1. Herbicidas pré-emergentes utilizados na cultura do milho em terras baixas para controle de plantas daninhas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2021.

Mecanismo de ação	Nome comercial	Ingrediente ativo	Doses (p.c. ha ⁻¹) L	Risco Carryover ¹	Época de aplicação ²	Gramíneas				Ciperáceas		Folhas largas	
						<i>Orzyza sativa</i>	<i>Echinochloa</i> spp.	<i>Urochloa plantaginea</i>	<i>Cyperus</i> spp.	<i>Aeschynomene</i> spp.	<i>Amaranthus</i> spp.		
FS II	Diversos	atrazine	2,0 - 6,0	Elevado	PRE	>95%	>95%	95 - 75%	>95%	>95%	>95%	>95%	
PROTOX	Flumyzin	flumioxazin	0,6 - 0,8	Baixo	PRE	95 - 75%	95 - 75%	95 - 75%	95 - 75%	95 - 75%	95 - 75%	95 - 75%	
AGCML	Dual Gold	S-metolachlor	1,25 - 1,75	Baixo	PRE	>95%	>95%	95 - 75%	<75%	<75%	<75%	<75%	
Tubulina	Prowl	pendimethalin	2,0 - 3,5	Baixo	PRE	<75%	95 - 75%	95 - 75%	<75%	<75%	<75%	<75%	
	Diversos	trifluralin	1,2 - 5,0	Baixo	PRE	<75%	95 - 75%	95 - 75%	<75%	<75%	<75%	<75%	
FS II + AGCML	Primestra	atrazine + s-metolachlor	3,25 - 4,5	Médio	PRE	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
AGCML + PROTOX	Kyojin	pyroxasulfone + flumioxazin	0,2 - 0,4	Baixo	PRE	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
EPSPs	Vários	glifosato	2,0 - 5,0	Nulo	POS ³	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	

¹ O risco de residual pode variar de acordo com uma série de fatores relacionados às características do solo, práticas de manejo adotadas na área, dose utilizada, intervalo entre a aplicação do herbicida e a semeadura e sensibilidade da cultura sucessora.

² PRE = pré-emergente; POS = pós-emergente.

³ Considerando plantas sensíveis ao herbicida, isto é, na ausência de resistência ao produto.

* É importante seguir as recomendações técnicas de uso dos herbicidas e consultar um engenheiro-agrônomo.

Drenagem e Irrigação

José Maria Barbat Parfitt

Letícia Burkert Mélo-Araujo

Marília Alves Brito Pinto

Alexssandra Dayanne Soares de Campos

Drenagem

Os solos das terras baixas do Rio Grande do Sul apresentam baixa permeabilidade hídrica. Por essa razão, o manejo da água precisa ser feito tanto em nível de bacia hidrográfica, como internamente na lavoura. Em solos com permeabilidade muito baixa, o manejo da água excedente deve ser escoado superficialmente. As ações em nível de bacia hidrográfica dizem respeito à macrodrenagem e aquelas direcionadas às lavouras referem-se à microdrenagem ou drenagem interna. O diagnóstico da natureza das limitações de drenagem das áreas de cultivo é fundamental para o sucesso da operação. Isso porque, se uma área tem problema de macrodrenagem, esse não é resolvido pela melhoria da drenagem interna, ou vice-versa. A macrodrenagem envolve conhecimentos de engenharia hidrológica e hidráulica, e foge ao escopo desta publicação, de modo que, quando isso ocorre, indica-se procurar uma empresa especializada no assunto para solucionar o problema.

A drenagem interna das lavouras de terras baixas é realizada pela construção de pequenos drenos feitos comumente com valetadeira, visando promover o escoamento superficial da água. Os drenos devem ser alocados nas linhas do fluxo de escoamento natural da água superficial da área. A geotecnologia é uma poderosa ferramenta nesse sentido, pois permite realizar com rapidez o levantamento planialtimétrico da área e, a partir dele, identificar as principais linhas de fluxo de escoamento superficial da água, que posteriormente constituirão os drenos superficiais. No contexto da tecnologia de sulco-camalhão, a drenagem interna da lavoura é aprimorada inicialmente pela suavização (DVI), que elimina todas as depressões da superfície e, ainda, proporciona à lavoura declividade em um mesmo sentido; posteriormente, a drenagem interna ocorre por meio dos sulcos estabelecidos entre os camalhões. Em síntese, essa tecnologia é a mais eficiente em termos de drenagem superficial, permitindo, ainda, a irrigação por sulco das lavouras.

Irrigação

As condições climáticas do Rio Grande do Sul indicam que a evapotranspiração potencial é maior que o somatório das chuvas médias dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para praticamente toda a região de terras baixas, exceção feita para a região Litoral Norte (Figura 9). Considerando-se a evapotranspiração das culturas, essa situação é ainda mais grave.

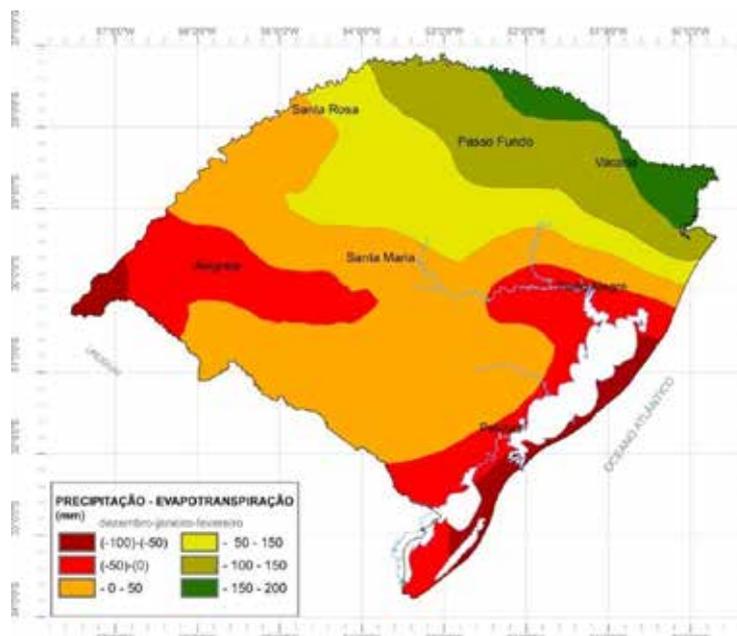


Figura 9. Balanço hídrico (diferença entre precipitação e evapotranspiração potencial) do Rio Grande do Sul (Wrege et al., 2011)⁴.

Consumo de água e sensibilidade das culturas ao déficit hídrico

O milho é uma espécie de grande eficiência no uso da água para a produção total de matéria seca, sendo o cereal com maior potencial de rendimento de grãos, consumindo entre 500 mm a 800 mm de água, em um período médio de cultivo (130 dias). A eficiência de utilização da água para a produção de grãos varia de 0,8 a 1,6 kg m⁻³. Resultados médios de vários anos obtidos no Rio Grande do Sul mostram evapotranspiração máxima de 571 mm, 577 mm e 544 mm, ao longo do ciclo total da cultura, para semeaduras realizadas nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente.

O milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante as fases vegetativa e de maturação. A maior redução no rendimento de grãos (até 50%) é ocasionada pela deficiência hídrica durante a floração, incluindo os períodos de formação da inflorescência, formação dos estigmas e de polinização, devido, principalmente, à redução do número de grãos por espiga. A ocorrência de déficit intenso de água durante a floração, especialmente nas fases de formação dos estigmas e de polinização, pode se traduzir em rendimentos de grãos baixos ou nulos, devido à dessecação dos estigmas. Na fase de formação dos grãos, o déficit hídrico provoca a diminuição do tamanho desses e, conseqüente, redução da produtividade.

Já a cultura da soja apresenta evapotranspiração máxima total ao longo do ciclo de aproximadamente 830 mm, com eficiência de utilização da água para produção de grãos variando de 0,4 a 0,7 kg m⁻³. Os períodos críticos para a soja, em relação ao déficit hídrico, são da germinação à emergência de plântulas, formação de vagens e enchimento de grãos.

O conteúdo mínimo de água absorvida pelas sementes para que a germinação ocorra normalmente varia entre as espécies. A semente de milho necessita absorver água 30% do seu peso e a de soja, no mínimo 50%. Isso mostra a importância da umidade adequada para o estabelecimento da lavoura. Por sua vez, no final da floração e no início do período de formação de grãos, o déficit hídrico pode ocasionar queda acentuada de flores e de vagens, causando redução significativa no rendimento de grãos da soja. Deficiências de umidade por curtos períodos durante a floração podem ser compensadas por uma maior retenção de flores de formação tardia e por um bom estabelecimento de vagens e enchimento de grãos, quando a umidade disponível for adequada nesses últimos estádios.

⁴ WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (Ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

Momento de irrigar

O momento de realizar a irrigação é sumamente importante para o sucesso de lavouras que adotam a tecnologia sulco-camalhão (Figura 10). Em geral, os produtores do Rio Grande do Sul têm pouca experiência em irrigação de cultivos de sequeiro, portanto a determinação visual do momento de irrigar não é recomendada. A forma mais correta é distribuir um conjunto de sensores de umidade na lavoura e proceder à irrigação quando a tensão média dos sensores atingir o limite para a irrigação, ou seja, aproximadamente 80 kPa. Entretanto, isso não é uma opção prática para os produtores, especialmente aqueles que têm várias lavouras para manejar. Assim, uma outra forma é estabelecer o momento de irrigação por meio do balanço hídrico, considerando, como dados de entrada, a umidade do solo no momento da semeadura, as chuvas e as irrigações ocorridas durante o ciclo da cultura e, como dados de saída, a evapotranspiração da cultura. As lavouras do Projeto Sulco utilizam um aplicativo desenvolvido pela Embrapa Clima Temperado e o Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pelotas (Ufpel), tendo proporcionado excelentes resultados na determinação do momento de irrigação para lavouras de soja e de milho.



Foto: Guilherme Cassol

Figura 10. Irrigação de lavoura de milho estabelecida em sistema sulco-camalhão com o uso de politubos da empresa parceira PipeBR.

Final da irrigação

À medida que a cultura se aproxima da maturidade fisiológica, deve-se tomar a decisão de encerrar a irrigação. Essa decisão pressupõe a manutenção de umidade adequada no solo até que as culturas atinjam a maturação fisiológica. Assim, o término da irrigação requer a associação do estágio fenológico da cultura ao conteúdo de umidade do solo. Isso garante que os grãos possam alcançar massa máxima, otimizando a produtividade da cultura. O melhor procedimento consiste na determinação a campo verificando o estado de maturidade da cultura e a umidade do solo.

Os grãos de milho atingem a maturação fisiológica quando a camada preta do amido atinge a espiga. Portanto, para indicar o encerramento da irrigação, é fundamental confrontar o período de cultivo com o ciclo da cultivar. Assim, se o ciclo for, por exemplo, de 120 dias e a lavoura encontra-se no centésimo dia, fica claro que ainda faltam cerca de três semanas para a cultura completar seu ciclo biológico. Outra informação importante é avaliar o estado de maturação da lavoura. Na prática, para a cultura do milho, isso consiste em avaliar cerca de seis espigas representativas da lavoura e parti-las ao meio. Se 50% dos grãos centrais da espiga tiverem alcançado a maturação fisiológica e a umidade do solo estiver adequada, decide-se pelo final da irrigação. Por outro lado, se o solo estiver seco, opta-se pela realização de mais uma irrigação.

O critério para encerrar as irrigações da soja segue a mesma lógica descrita para a cultura do milho. Os grãos de soja encontram-se em maturação fisiológica quando atingem volume máximo ou quando os grãos dentro das vagens apresentam-se com coloração verde, mas atingiram tamanho máximo. Uma forma prática de determinar o final da irrigação é verificar se em 50% das vagens os grãos estão se tocando. Nessa condição, ainda é necessário verificar a condições de umidade do solo. Se estiver seco, indica-se a realização de uma última irrigação, mas se estiver úmido, encerra-se a irrigação.

Projeto de irrigação por sulcos

O projeto de irrigação por sulco da lavoura, seja ela de milho ou de soja, pode ser realizado utilizando-se o software Pipe Planner, que está disponível para acesso no site da empresa Delta Plastics. O software requer o fornecimento da direção da declividade do terreno, vazão por hectare e a textura do solo. Com essas informações, o software fornece o tempo de irrigação, o diâmetro do politubo e dos furos a serem efetuados nos politubos. Geralmente, os furos apresentam diâmetro diferente, dado que o comprimento dos sulcos é variável. Com diâmetros de furo diferentes, a variação na vazão compensa a diferença no comprimento dos sulcos, de forma que a água de irrigação atinja o final dos sulcos simultaneamente. A Figura 11 retrata um projeto de irrigação em uma área de 23,5 ha no município da Jaguarão, RS. Conjuntamente com a distribuição dos politubos, que devem ser instalados imediatamente após a construção dos camalhões, é de extrema importância o planejamento da drenagem superficial do terreno para evitar pontos de alagamento ao final dos camalhões.



Figura 11. Projeto de um sistema de irrigação por sulco com o uso de politubos da PipeBR. Arte gráfica: Guilherme Cassol.

Lavouras conduzidas em sistema sulco-camalhão: resultados e análise econômica

José Maria Barbat Parfitt
Walkyria Bueno Scivittaro
Amílcar Centeno

Os resultados relatados em sequência referem-se às lavouras implementadas pelo Projeto Sulco nas safras 2019/2020 e 2020/2021. A safra 2019/2020 foi a primeira do projeto e, apesar de ter sido um período de muitos ajustes e aprendizado, demonstrou a eficiência e viabilidade da tecnologia sulco-camalhão. Foi uma safra extremamente seca, com expressiva perda de produtividade das lavouras no Rio Grande do Sul. Entretanto, as áreas piloto de soja irrigada produziram, em média, 20 sacas ha^{-1} a mais que as áreas não irrigadas na mesma propriedade (Figura 12), com produtividade média de 66,3 sacas ha^{-1} .

Considerando-se as cotações da época (soja = R\$ 90,00/saca), os custos adicionais para a realização da irrigação e drenagem por sulco-camalhão foi, em média, de 3,5 sacas ha^{-1} , o que indica uma excelente viabilidade econômica do sistema (Figura 12). Os custos adicionais incluem a suavização, construção dos cama-

lhões, aquisição dos politubos e o custo da água e energia para irrigação. Cabe enfatizar que a suavização é um investimento, sendo adicionado aos custos na forma de depreciação em cinco anos.

As áreas cultivadas com soja na safra 2020/2021 apresentaram produtividade média de 87,5 sacas ha⁻¹ (Figura 13). Uma das áreas, no município de Formigueiro, RS, alcançou 105,8 sacas ha⁻¹, muito próximo do potencial produtivo da soja em terras baixas do RS, estimado pela UFSM em 6,4 mil kg ha⁻¹, correspondendo a 107 sacas ha⁻¹.

Apesar de o regime de chuvas na safra 2020/2021 ter sido normal, as áreas irrigadas produziram, em média, 26 sacas ha⁻¹, mais que aquelas não irrigadas dos mesmos produtores. Os custos adicionais para a implantação e execução do sistema sulco-camalhão foram um pouco superiores que na safra anterior. Mas, mesmo com os preços da soja a R\$ 170,00/saca, equivaleram a 4 sacas ha⁻¹. De qualquer forma, o retorno financeiro para o produtor foi expressivo.

Nessa segunda safra o projeto implantou, também, a primeira área com milho irrigado no sistema sulco-camalhão. Foram cultivados 23,6 ha na Fazenda São Francisco, em Jaguarão, RS. Apesar do foco da experimentação ter sido o aprendizado inicial da cultura no sistema, foram colhidos 156 sacas ha⁻¹. O potencial produtivo da cultura é superior, mas, de qualquer forma, o sistema proporcionou maior rentabilidade do que a obtida em áreas não irrigadas na mesma propriedade.

Além do retorno financeiro, o principal benefício do processo de irrigação e drenagem proporcionado pela tecnologia sulco-camalhão é a segurança do resultado, tanto em anos secos como nos mais chuvosos. A longo prazo, o retorno deverá ser ainda superior ao obtido nas duas primeiras safras.

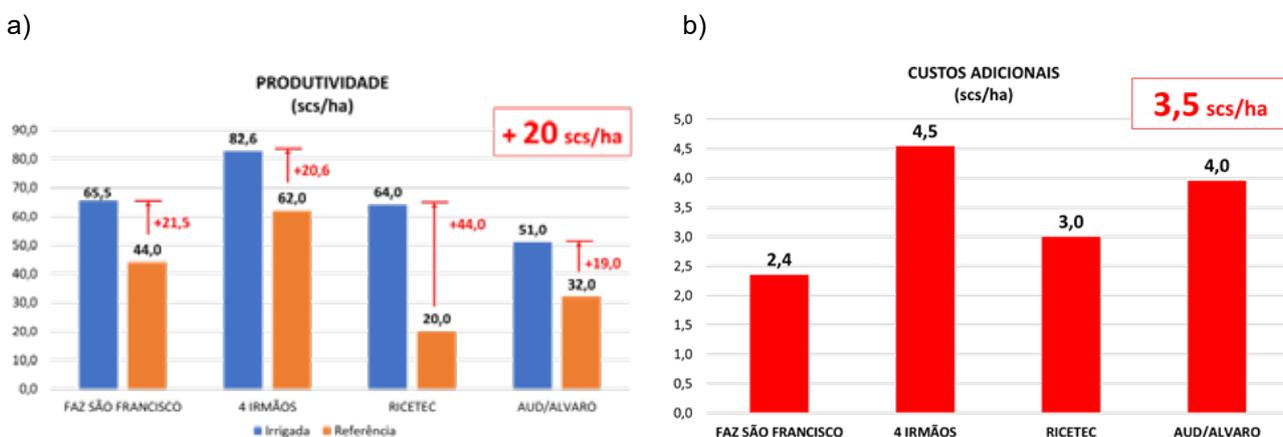


Figura 12. Comparação do desempenho produtivo de lavouras de soja cultivadas nos sistemas convencional e sulco-camalhão (a) e custos adicionais associados à implementação da tecnologia sulco-camalhão nas lavouras (b). Safra agrícola 2019/2020. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

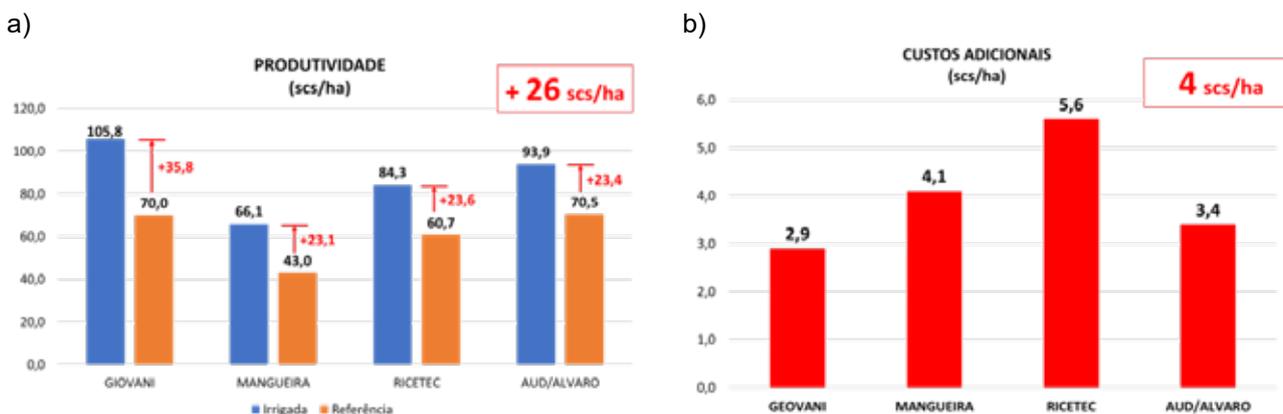


Figura 13. Comparação do desempenho produtivo de lavouras de soja cultivadas nos sistemas convencional e sulco-camalhão (a) e custos adicionais associados à implementação da tecnologia sulco-camalhão nas lavouras (b). Safra agrícola 2020/2021. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2021.

Literatura recomendada

BONOW, J. F. L.; LAMEGO, F. P.; ANDRES, A.; AVILA, L. A.; TELÓ, G. M.; EGEWARTH, K. Resistance of *Echinochloa crus-galli* var. *mitis* to imazapyr+imazapic herbicide and alternative control in irrigated rice. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1-11, 2018.

CHIAPINOTTO, D. M.; SCHAEGLER, C. E.; FERNANDES, J. P. S.; ANDRES, A.; LAMEGO, F. P. Cross-resistance of rice flatsedge to ALS-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1-12, 2017.

FRUET, B. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; ULGUIM, A. R. Survey on rice weed management and public and private consultant characteristics in Southern Brazil. **Weed Technology**, v. 1, p. 1-22, 2019.

MARINI, F.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; FRAGA, D. S.; SANTOS, F. M.; PIESANTI, S. R. Resistência de biótipos de azevém ao herbicida iodossulfurom-metílico sódico e herbicidas alternativos para o controle. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 115, p. 35-43, 2016.

MEROTTO JÚNIOR, A.; GOULART, I. C. G. R.; NUNES, A. L.; KALSING, A.; MARKUS, C.; MENEZES, V. G.; WANDER, A. E. Evolutionary and social consequences of introgression of nontransgenic herbicide resistance from rice to weedy rice in Brazil. **Evolutionary Applications**, v. 9, p. 837-46, 2016.

PARFITT, J. M. B.; BUENO M. V.; BERGMANN, H. M.; VEBER, P. M.; TIMM, P. de A.; CAMPOS, A. S. de; SINNEMANN, C. S.; CUNHA, S. da; VEIGA, A. B. **Modelos para sistematização nas terras baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 22 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 489).

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 22, p. 301-306, 2004.

SCHERNER, A.; SCHREIBER, F.; ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; MARTINS, M. B.; PITOL, A. Rice crop rotation: a solution for weed management. In: SHAH, F.; KHAN, H.; IQBAL, A. (ed.). **Rice crop: current developments**. [Rijeka]: InTech, 2018. cap. 6, p. 83-98. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/6366> Acesso em: 15 set. 2021.



Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL