

MILHO NO CONTEXTO DA LAVOURA ARROZEIRA: POTENCIALIDADES, DESAFIOS E AVANÇOS

ISSN: 2674-8940

Autores

Paulo Regis Ferreira da Silva,
Ph.D., Consultor Técnico do
Instituto Rio Grandense do
Arroz (Irga) e Professor
Aposentado do
Departamento de Plantas de
Lavoura, da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
(UFRGS).
E-mail: paulo.silva@ufrgs.br

Enio Marchesan,
Dr., Professor Titular do
Departamento de Fitotecnia,
da Universidade Federal de
Santa Maria. E-mail:
enio.marchesan@gmail.com

Ibanor Anghinoni,
Ph.D., Consultor Técnico do
Irga e Professor Aposentado
do Departamento de Solos,
da UFRGS. E-mail:
ibanghi@ufrgs.br

POTENCIALIDADES DO CULTIVO DO MILHO EM ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO

As constantes oscilações de mercado, a falta de diversificação de culturas, o uso crescente de insumos, aumentando os custos de produção, e as dificuldades no controle das principais espécies de plantas daninhas, fazem com que haja o comprometimento da renda, para uma parcela dos orizicultores gaúchos. Em função disto, tem sido enfatizada a necessidade de adoção de sistemas de produção, com rotação e sucessão de culturas, em áreas de arroz irrigado. Nesse sentido, observa-se, nos últimos 10 anos, rápida expansão do cultivo da soja nessas áreas, passando de pouco mais de 10.000 hectares, na safra 2009/10, para 341.000 hectares, na safra 2019/20 (IRGA, 2020), o que representa 35% da área cultivada com arroz nesta safra. Além da soja, tem havido interesse em outras culturas de sequeiro na primavera-verão, como o milho.

No estado do RS, tem-se observado uma redução contínua na área de cultivo e na produção de milho nos últimos anos. Por isto, a oferta tem sido inferior à demanda, o que determina evasão de divisas para importá-lo. Assim, com o objetivo de incentivar, de fomentar e de coordenar ações que aumentem a produção e a qualidade do milho no RS, foi instituído recentemente pela Secretaria de Agricultura Pecuária e Desenvolvimento Rural (06/02/2020) o **Programa Estadual de Produção e Qualidade do Milho – PRÓ-MILHO/RS**, ao qual estão inseridos o IRGA, as universidades e outros parceiros e apoiadores.

Pesquisas sobre milho em áreas de arroz irrigado vêm sendo realizadas a longo

tempo por diferentes instituições, com o intuito de gerar alternativas para uso mais eficiente dessas áreas. No entanto, atualmente, a área de milho na metade sul do RS ainda é inexpressiva. Seu cultivo em rotação com arroz irrigado justifica-se, então, por aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

A razão determinante da rotação e sucessão de culturas com o arroz irrigado é, então, a necessidade de controle de arroz-daninho e demais espécies de plantas daninhas de difícil controle, devido às resistências aos grupos de herbicidas usualmente utilizados. O uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas tem propiciado que áreas onde o cultivo de arroz foi inviabilizado por alta infestação, possam novamente ser cultivadas com esse cereal. A grande vantagem do cultivo do milho nessas áreas relaciona-se à possibilidade de se usar outras moléculas de herbicidas, que controlam eficientemente essas espécies de plantas daninhas. No RS, em adição ao sistema Clearfield®, a rotação com cultivares de milho resistentes ao herbicida glifosato é uma ferramenta eficiente para seu controle.

Outro benefício técnico do cultivo do milho nessas áreas relaciona-se à ciclagem de nutrientes, originada pelo alto aporte de resíduo remanescente e seu efeito positivo na fertilidade do solo, ao longo do tempo. O uso de sistemas baseados em princípios conservacionistas, focados em promover a qualidade do solo e reduzir a perda de nutrientes, pode resultar em vários benefícios para o arroz. Um dos principais relaciona-se ao processo de construção da fertilidade do solo, pelo incremento no teor de matéria orgânica.

Do ponto de vista econômico, a **inserção do milho em área de arroz**

irrigado é benéfica pela possibilidade de atração de investimentos para uso de grãos na criação de aves e suínos e de grãos e silagem de planta inteira nas pecuárias de corte e de leite, quando em sistemas de produção agropecuária na Metade Sul do RS. O milho tem potencial para produção de grande quantidade de alimento por área no próprio local, eliminando os altos custos com transporte. Outro potencial econômico é a possibilidade de uso em períodos de deficiência hídrica no milho da infraestrutura de irrigação já disponível para o arroz, garantindo produtividades altas e estáveis e, em consequência, maior competitividade. Além disso, a lavoura de milho pode contribuir para otimizar o uso de máquinas e mão-de-obra e para aumentar a diversificação de renda e produção.

No aspecto ambiental, a implantação do milho em rotação com arroz irrigado pode contribuir para aumentar a eficiência de uso de insumos agrícolas e diminuir o uso de agrotóxicos para controle de plantas daninhas, pragas e doenças, reduzindo, dessa forma, o custo de produção e o risco de contaminação de alimentos e do ambiente.

PRINCIPAIS DESAFIOS E AVANÇOS PARA CULTIVO DO MILHO EM ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO

Embora todas essas perspectivas favoráveis, ainda há muitos entraves culturais, técnicos e econômicos a serem equacionados, para viabilizar o milho nessas áreas. O maior desafio é, provavelmente, **a mudança de atitude na gestão do negócio arroz para um sistema de produção mais complexo e diversificado.** É necessário que o produtor e as pessoas envolvidas no processo sejam sensibilizadas quanto à necessidade de realizar a atividade de forma tecnicamente recomendável, sendo decisivo o conhecimento das exigências de cada cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento. Um grande desafio de gestão das propriedades que hoje cultivam arroz e soja na mesma safra, é compatibilizar as atividades operacionais de ambas as lavouras. Assim, há a necessidade de capacitação de todos os envolvidos no seu manejo. Atenção também deve ser dada ao desenvolvimento de logística para armazenamento desse grão na própria propriedade.

O principal desafio técnico para a inserção de milho em áreas orizícolas é a adequação da área de

cultivo e seu manejo, que compreende diversas ações: a) dotá-la com eficiente sistema de **drenagem**; b) mitigar possíveis efeitos de **compactação** do solo e c) corrigir **a acidez e a fertilidade do solo**. Minimizados esses fatores de estresses, atenção deve ser dada ao estabelecimento da logística necessária para a **irrigação** complementar, quando necessário.

Do ponto de vista econômico, os dois principais desafios para cultivo do milho no RS, seja em terras altas ou em áreas de arroz, são a grande oscilação dos preços pagos aos produtores e o maior custo de produção em relação ao da soja. Isto faz com que haja menor adoção da tecnologia disponível, determinando menores produtividades. Na última safra (2019/20), o preço pago ao produtor no RS, no período de 30/03 a 04/04/2020, foi bem atrativo (R\$ 45,00 por saco de 60 kg) (EMATER-RS, 2020).

A produtividade de grãos de milho no RS, na média das últimas três safras (2017/18, 2018/19 e 2019/20), foi de 6,46 t/ha (EMATER-RS). Ela pode ser considerada baixa, pois em condições experimentais têm sido obtidas, em terras altas, produtividades superiores a 18,00 t/ha e, em área de arroz, superior a 14,00 t/ha. Com baixa produtividade, há aumento do custo de produção por saco, já que a maioria dos custos fixos não muda significativamente se ela for baixa ou alta. Neste sentido, é importante a adoção de práticas de manejo para obtenção de altas produtividades e, com isso, maior eficiência de uso dos recursos naturais.

DRENAGEM EFICIENTE COMO PRÉ-REQUISITO PARA O CULTIVO DE MILHO EM ÁREA DE ARROZ IRRIGADO

O excesso hídrico é o fator mais restritivo para a introdução de milho nessas áreas, pois a planta é muito sensível praticamente durante todo o seu ciclo de desenvolvimento. A falta de oxigênio na região do sistema radicular dificulta a emergência e reduz o crescimento das plantas. Como consequência, há redução da densidade de plantas, que é um dos principais fatores determinantes de altas produtividades, e da eficiência de uso do nitrogênio (N), devido a maiores perdas por desnitrificação.

A magnitude do dano por excesso hídrico depende do tipo de solo, do grau de deterioração de sua estrutura e das condições de superfície e subsuperfície. **A**

topografia plana, a ocorrência de horizontes superficiais argilosos, a proximidade do lençol freático e a baixa condutividade hidráulica tornam a drenagem deficiente nessas áreas, que favorece o cultivo de arroz irrigado mas dificulta o estabelecimento de culturas de sequeiro, como o milho. A meta é que a drenagem retire toda água do quadro o mais rápido possível, ou seja dentro de 24 h.

Assim, um dos principais requisitos para implantação do milho é a escolha de áreas apropriadas. As de cotas mais baixas, sujeitas a enchentes, são de alto risco e não devem ser utilizadas, dada à alta frequência de perda por morte de plantas em períodos de excesso hídrico. Assim, deve-se dar preferência a áreas com menor risco, com cotas mais altas e com um pouco de declive, por favorecerem a drenagem. Naquelas de risco intermediário, em que a topografia mais plana dificulta a drenagem, o sucesso do cultivo depende da aplicação de um eficiente sistema de drenagem superficial.

A drenagem pode ser efetuada por dois procedimentos principais: a) pelo estabelecimento de drenos superficiais, que devem, de preferência,

passar exatamente no centro das áreas mais baixas, para que a água superficial escorra rapidamente após as precipitações ou irrigações complementares, e b) pelo aplainamento ou nivelamento superficial do solo para eliminar pequenas depressões e elevações, visando corrigir o micro relevo. É conveniente, também, planejar para que a sistematização da área proporcione, além dos benefícios ao arroz, a possibilidade de drenagem no milho.

Em áreas com pequeno declive, o uso de camalhões estreitos (de uma ou duas linhas pareadas de milho), também denominados de microcamalhões, tem sido eficiente, pois os sulcos têm dupla finalidade: servem de drenos, quando da ocorrência de precipitações, e de canais de irrigação. A semeadura é realizada no topo dos microcamalhões, enquanto a concentração da umidade no solo ocorre no sulco formado entre os mesmos (**Figura 1**). Um dos problemas advindos do seu uso é a grande mobilização do solo para sua construção. Para reduzi-la, tem-se utilizado ao longo dos anos os mesmos microcamalhões na mesma área.



Figura 1. Em áreas com pequeno declive, a semeadura em microcamalhão é uma estratégia eficiente para minimizar estresse por excesso hídrico em milho cultivado em área de arroz.

A sistematização em desnível (0,05 %) em áreas com pouco declive também tem sido uma estratégia eficiente para reduzir os estresses por excesso hídrico em milho. Mesmo em situação em que houve alta precipitação durante a estação de crescimento (safra 2014/15) e sem utilização de microcamalhões, não foram observados efeitos de estresse por excesso hídrico, pois a produtividade de grãos foi alta (**Figura 2**).

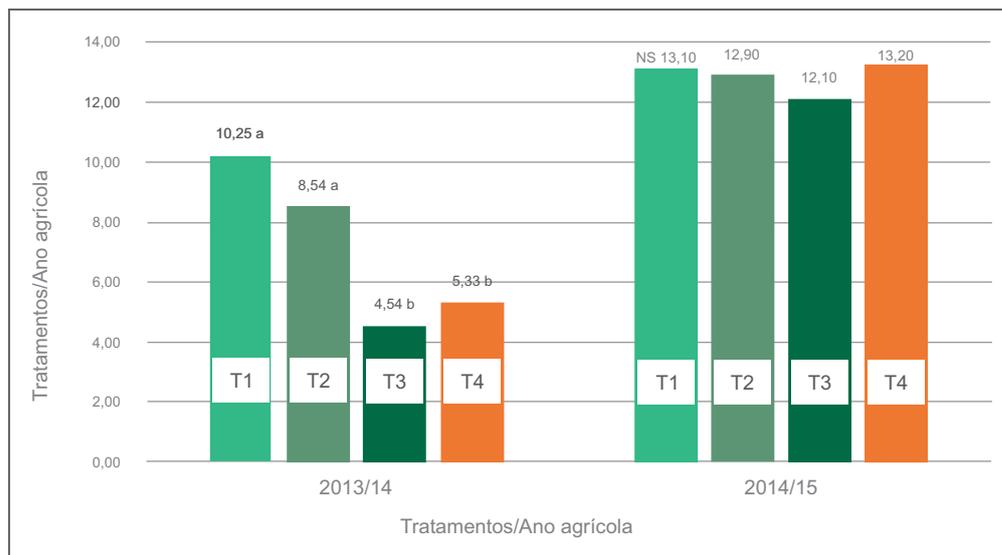


Figura 2. Produtividade de grãos de milho cultivado em Gleissolo sistematizado em desnível (0,05 %) em função da presença de camalhão e de irrigação em dois anos agrícolas. EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS.

T1: Com microcamalhão e com irrigação; T2: Sem microcamalhão e com irrigação; T3: Com microcamalhão e sem irrigação; T4: Sem microcamalhão e sem irrigação. NS = Não significativo pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na barra não se diferenciam entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para uma drenagem eficiente, é importante considerar as características de solo, que são muito variáveis nas diferentes regiões arrozeiras do RS. O estabelecimento de distâncias entre drenos e de profundidade dos mesmos são alguns dos vários aspectos a serem estudados.

A PROBLEMÁTICA DA COMPACTAÇÃO EM SOLOS ARROZEIROS

Os solos cultivados com arroz irrigado no RS apresentam, na sua gênese, uma camada subsuperficial mais adensada, que faz com que essas áreas se mantenham inundadas, viabilizando esse cultivo. No entanto, para culturas de sequeiro, como o milho, o seu manejo é muito complexo. Isto porque a compactação aumenta a densidade do solo e sua resistência à penetração de raízes e reduz a aeração, a condutividade hidráulica e a capacidade de armazenamento de água no solo. Ela reduz, a partir de um certo grau, o desenvolvimento das plantas e a produtividade do milho.

Avaliações do estado de compactação dos solos em lavouras de soja das diferentes regiões arrozeiras do RS mostram que essa condição varia muito, mas está presente na maioria deles (Uhry et al., 2020). Ocorre predominantemente em Planossolos e Gleissolos, que se caracterizam pelo baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de suprir oxigênio (baixa macroporosidade) e de drenagem. A resposta das plantas à compactação depende, ainda, dos atributos físicos e químicos do solo, como teor de matéria orgânica, textura e estrutura, da disponibilidade

hídrica e do sistema de rotação e sucessão de culturas. Em termos gerais, utiliza-se o valor de 2.000 kPa como parâmetro de resistência mecânica à penetração limitante ao desenvolvimento radicular.

A presença da camada compactada e a profundidade do solo em que ela se encontra são conhecimentos fundamentais para que se possa definir qual a melhor estratégia a ser usada para rompê-la e melhorar o ambiente, reduzindo estresses físicos e hídricos e suas consequências fisiológicas ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho. Ela pode ser detectada pelo uso de penetrômetros ou pelo exame do perfil do solo pela abertura de trincheiras. Havendo compactação, o seu rompimento pode ser feito por vários implementos agrícolas/mecanismos de uso comum nas lavouras.

Verifica-se, pelos vários trabalhos (Tabela 1), que ocorrem diferenças de produtividade do milho entre os mecanismos utilizados na semeadora ou dos equipamentos usados para interferir na camada compactada do solo. A escarificação do solo e a semeadura em microcamalhão estão entre os manejos em que se obteve maior produtividade. Isto se deve à redução da resistência à penetração, ao aumento da macroporosidade do solo na região de maior concentração do sistema radicular, à maior

profundidade e à melhor distribuição do sistema radicular, resultando em menores restrições por estresse hídrico.

Em geral, as respostas da planta e a eficiência do trabalho executado pelos diferentes mecanismos de intervenção vão depender da umidade do solo, da localização, do grau de compactação e da espessura da camada mais compactada do solo, como mostrado entre os dois locais onde em Formigueiro foi implantado em área com uso de pecuária intensiva por longo período tendo compactado mais o solo, expressando mais a deficiência hídrica.

Deve-se ressaltar que a semeadura sobre

microcamalhão, a escarificação do solo e o uso de haste sulcadora demandam maior força de tração, o que resulta em maior consumo de combustível e demanda de potência do trator. A implantação sobre microcamalhão dá mais segurança, não apenas pela drenagem, mas também pela rapidez e garantia da qualidade da irrigação complementar. Por outro lado, o sistema convencional mobiliza muito o solo, com consequências negativas em termos de sua conservação. **Assim, na escolha do mecanismo de rompimento da camada compactada deve-se considerar, além dos aspectos técnicos, o retorno econômico.**

Tabela 2. Produtividade de grãos de milho (t/ha) em Planossolo utilizando diferentes implementos/mecanismos para rompimento da camada compactada

Manejo do solo/local	Santa Maria	Formigueiro	Santa Maria 2019/20 ⁽²⁾
	2013/14 ⁽¹⁾		
Escarificado	7,0ab	5,3a	8,1 ^{ns}
Haste sulcadora ⁽³⁾	6,9ab	4,8ab	8,2
Haste sulcadora	7,2a	5,1a	-
Disco ondulado	5,6c	4,3b	-
Disco duplo	5,9bc	4,3b	8,4
Microcamalhão	7,79a	-	-
Manejo do solo	Santa Maria ⁽⁴⁾		
	2013/14 ⁽¹⁾	2014/15	
Escarificado	9,0ab	12,3a	
Convencional com grade	8,0b	10,0c	
Sem escarificação	8,8ab	11,1b	
Microcamalhão			
Sem camalhão	8,5ns	10,5b	
Com camalhão	8,7	11,8a	

⁽¹⁾Adaptado de Giacomeli et al. (2016), Revista PAB, v. 51, n.3; ⁽²⁾GPAI – Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado e Uso Alternativo de Várzeas da UFSM (dados não publicados); ⁽³⁾Haste sulcadora com mecanismo de acomodação do solo; ⁽⁴⁾Adaptado de Giacomeli et al. (2017). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); ns = não significativo ($p < 0,05$).

Maiores informações sobre a problemática da compactação em solos arroseiros podem ser obtidas na Circular Técnica N°. 05/2020, intitulada Compactação do solo: um dos grandes desafios para a soja em terras baixas, disponível no site do Irga.

CALAGEM E ADUBAÇÃO COMPATÍVEIS COM ALTAS PRODUTIVIDADES DE MILHO

Outros fatores importantes para viabilizar técnica e financeiramente o cultivo de milho em áreas orizícolas relacionam-se à correção da acidez do solo e à realização da adubação em níveis compatíveis para obtenção de altas produtividades (> 10,0 t/ha). Essa demanda decorre da condição predominante de solos ácidos a muito ácidos das lavouras de arroz (Vedelago et al., 2013). Diferentemente do que se verifica com arroz, em cultivos de sequeiro não ocorre o processo de auto-calagem. **O milho é muito sensível à presença do alumínio, que ocorre no solo sempre que o pH for < 5,5 e, nessa condição, a disponibilidade de nutrientes é baixa.** A indicação de calagem é para atingir o pH 6,0.

Além disso, o milho é muito exigente em nutrientes, sendo que as recomendações de adubação devem ser compatíveis para se atingir altas produtividades. Como as doses de nitrogênio, fósforo e potássio são indicadas para produtividade de até 6,0

t/ha (CQFS RS/SC, 2016), há necessidade de seu ajuste para produtividades maiores, acrescentando-se 15 kg/ha de N e de P_2O_5 e 10 kg/ha de K_2O para cada tonelada adicional de grãos pretendida.

O suprimento adequado de N é o fator mais determinante para a obtenção de altas produtividades de milho. Por ser móvel na planta, a sua deficiência começa a se manifestar nas folhas inferiores já na fase vegetativa. Assim, com a falta de N ocorre o seu deslocamento das folhas mais velhas para as mais novas. Quanto maior for a deficiência, maior é o número de folhas amarelecidas e senescidas a partir da parte inferior da planta e menor é o desenvolvimento da planta (Figura 3).

O correto manejo da adubação nitrogenada objetiva suprir a demanda da planta, especialmente nos períodos mais críticos, maximizar a eficiência de seu uso e minimizar o impacto ambiental pela redução de perdas.



Figura 3. Em solos arroseiros, a resposta do milho à adubação nitrogenada em cobertura é alta. À esquerda, plantas com acentuados sintomas de deficiência de nitrogênio em comparação com plantas bem nutridas com esse nutriente à direita.

As doses de N indicadas para o milho variam em função do teor de matéria orgânica do solo, da cultura antecedente e da expectativa de produtividade da lavoura (CQFS RS/SC, 2016). A título de exemplo, são apresentadas na Tabela 2 as recomendações desse nutriente para duas expectativas de produtividade: 6,0 e 10,0 t/ha. Elas são maiores quando o milho é precedido por gramíneas do que por leguminosas, estando o

pousio e o consórcio (gramíneas+leguminosas) em posição intermediária. Além das espécies antecessoras, deve-se também considerar a quantidade de resíduo remanescente: assim, se a massa seca da leguminosa for alta (>3 t/ha), pode-se diminuir a dose de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca do consórcio for baixa (\leq 4 t/ha), pode-se aumentar a dose de N em até 20 kg/ha.

Tabela 2. Recomendação de nitrogênio para diferentes produtividade de milho em função do teor de matéria orgânica e da cultura anterior

Matéria Orgânica	Produtividade 6,0 t/ha - cultura anterior			Produtividade 10,0 t/ha - cultura anterior		
	Gramínea	Consórcio/pousio	Leguminosa	Gramínea	Consórcio/pousio	Leguminosa
%	kg de N/ha					
0 - 2,5	90	70	50	150	130	110
2,6 - 5,0	70	60	40	130	120	100
>5,0	50	50	40	110	110	100

As quantidades indicadas são para a produção média de massa seca da cultura antecedente. Se a massa seca da leguminosa for alta (>3 t/ha), pode-se diminuir a dose de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca do consórcio gramínea-leguminosa for baixa (\leq 4 t/ha), pode-se aumentar a dose de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se aumentar a dose de N de 20 a 40 kg/ha, conforme, acrescentar aos valores da tabela 15 kg por tonelada de grãos a serem produzidos. Para produtividades maiores daquelas de referência, acrescentar 15 kg de N/ha para cada tonelada adicional de grãos pretendida. Além disso, sob condições de alto manejo, incluindo alta densidade de plantas (>7,0 pl/m²) e irrigação complementar, com expectativas de produtividades superiores a 10,0 t/ha, aumentar a dose desse nutriente em mais 20 a 40 %.

Fonte: Adaptado de CQFS RS/SC (2016).

Se a massa seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se aumentar a dose de N de 20 a 40 kg/ha. Para produtividades maiores daquelas de referência, acrescentar 15 kg de N/ha para cada tonelada adicional de grãos pretendida. Além disso, a CQFS RS/SC (2016) recomenda que, sob condições de alto manejo, incluindo alta densidade de plantas (>7,0 pl/m²) e irrigação complementar, com expectativas de produtividades superiores a 10,0 t/ha, se aumente a dose desse nutriente em mais 20 a 40 %.

Em experimento com milho em área de arroz irrigado (Figura 4), verificou-se, em duas safras, alta resposta da produtividade à adubação nitrogenada. Isto porque o milho é altamente responsivo ao nitrogênio e houve suprimento de água pela irrigação. Na safra 2017/18, o ganho em produtividade foi de 9,56 t/ha (2,61 a 12,17 t/ha) e, na safra 2018/19, foi de 8,05 t/ha (4,44 a 12,49 t/ha), com as doses de máxima eficiência técnica (DMET) muito similares: 325 e 329 kg de N/ha, respectivamente, na primeira e na segunda safras. Em função dessa similaridade de resposta nas duas safras, a

dose de máxima eficiência econômica (DMEE) também foi alta e a mesma, de 300 kg de N/ha, nas duas safras (Figura 4), considerando o preço pago ao produtor de R\$ 45,00/sc e o preço da ureia estabilizada de R\$ 1.720,00/t. Mesmo considerando-se que o preço do milho fosse bem mais baixo (R\$ 30,00/sc), a DMEE pouco diminuiria (286 kg de N/ha).

Assim, para uma expectativa de produtividade de milho de 10,0 t/ha, em um solo com menos de 2,5% de matéria orgânica em sucessão a uma espécie com produção média de resíduos no outono-inverno, a dose total de N recomendada seria de 150 kg/ha (Tabela 2), tal como ocorreu nos dois anos agrícolas no experimento de resposta a N no milho (Figura 4). Para a obtenção de produtividades maiores, dependendo da cultura antecedente e da quantidade de resíduo remanescente e, ainda, em condições de alto manejo, que inclui densidade de plantas alta (>7,0 pl/m²) e irrigação complementar, a quantidade de N adicional pode chegar próximo às doses de máxima eficiência econômica (DMEE) obtidas no experimento (Figura 4).

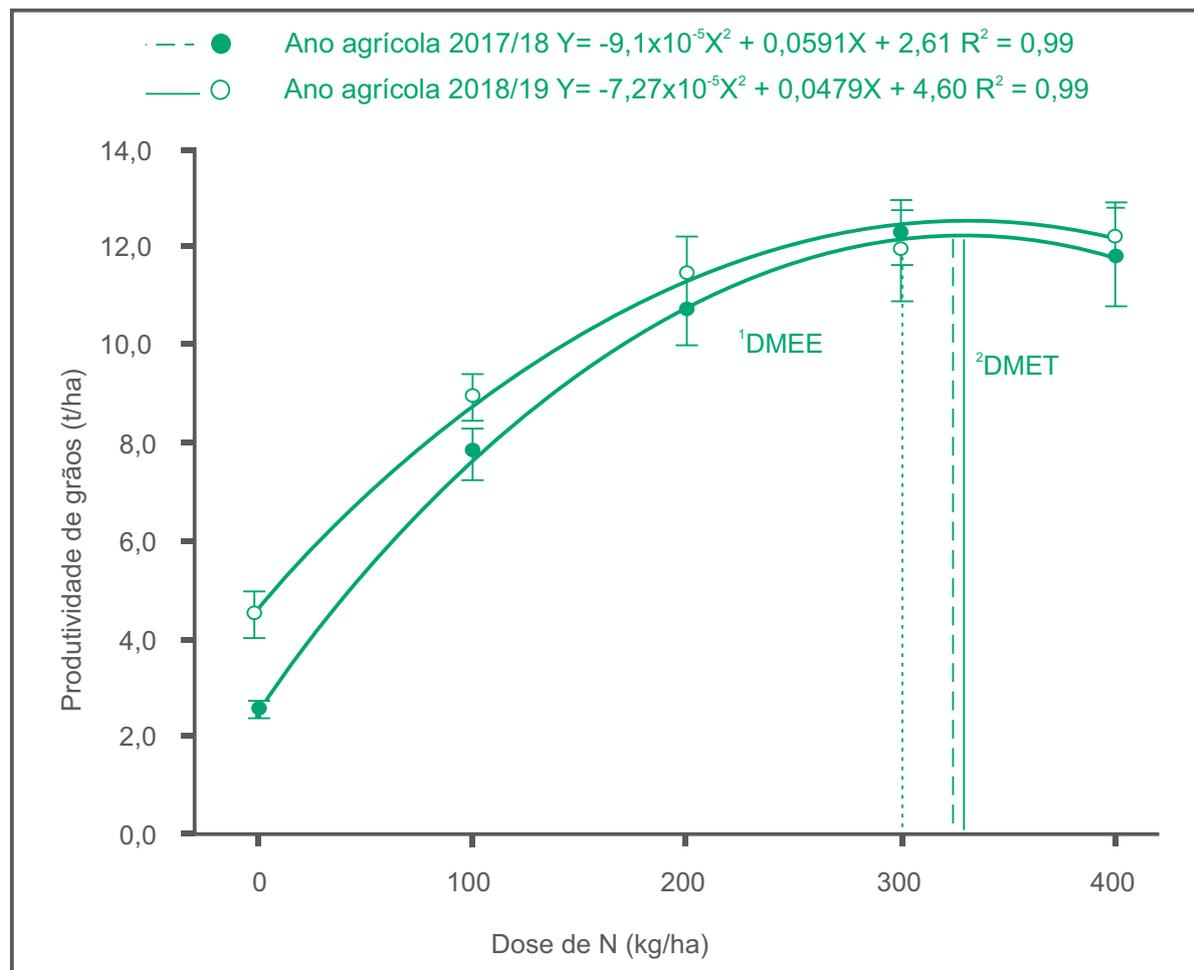


Figura 4. Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio (N) aplicadas em cobertura, em dois anos agrícolas, em Gleissolo. EEA/IRGA, Cachoeirinha/RS.

⁽¹⁾DMEE = dose de máxima eficiência econômica; ⁽²⁾DMET = dose de máxima eficiência técnica.

A eficiência de uso de N pelo milho geralmente é baixa em sistemas convencionais de cultivo, tanto no Brasil como no mundo e, normalmente, não ultrapassa 50%, quando aplicado no solo na forma de ureia, em função das inúmeras transformações que ocorrem. **Dentre as possíveis alternativas para aumentar a eficiência de uso do N, destacam-se:** a) a utilização de práticas de manejo que resultem em maior sincronia entre sua época de aplicação e os estádios de desenvolvimento da planta com maior demanda e b) a sua aplicação sob condições ambientais que minimizem perdas e maximizem sua absorção.

Para se ter maior eficiência de uso de nitrogênio pelo milho, devem ser considerados os seguintes aspectos: a) aplicar a maior parte entre os estádios V_4 e V_{10} , nos quais a planta está com o seu sistema radicular desenvolvido e a demanda é alta; b) parcelar a aplicação, principalmente em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica, e/ou em situações com altas precipitações ou sob irrigação durante o ciclo; c) aplicar o adubo nitrogenado preferencialmente antes de uma

precipitação e/ou irrigação e d) utilizar fontes estabilizadas com inibidores da urease e/ou da nitrificação, quando as condições ambientais são favoráveis a perdas por volatilização e/ou por nitrificação.

O efeito do parcelamento e de fontes de N no milho em área de arroz irrigado foi avaliado na EEA/IRGA em Cachoeirinha/RS (**Figura 5a**). Nessa avaliação, a resposta à adubação nitrogenada em cobertura também foi alta, pois a produtividade de grãos passou de 4,64 t/ha, sem N em cobertura, a 11,02 t/ha, com a aplicação da dose de 250 kg/ha de N. Com o parcelamento dessa dose em duas (1/3 em V_3 + 2/3 em V_8) ou três vezes (1/3 em V_3 + 1/3 em V_8 + 1/3 em V_{12}), a produtividade de grãos foi 12 % maior em relação à aplicação em dose única, no estádio V_3 . Por sua vez, o uso da ureia estabilizada, com inibidor da urease e com os dois inibidores combinados, da urease e da nitrificação, a produtividade aumentou em 9,6 e 12,1 %, respectivamente, em relação à ureia comum.

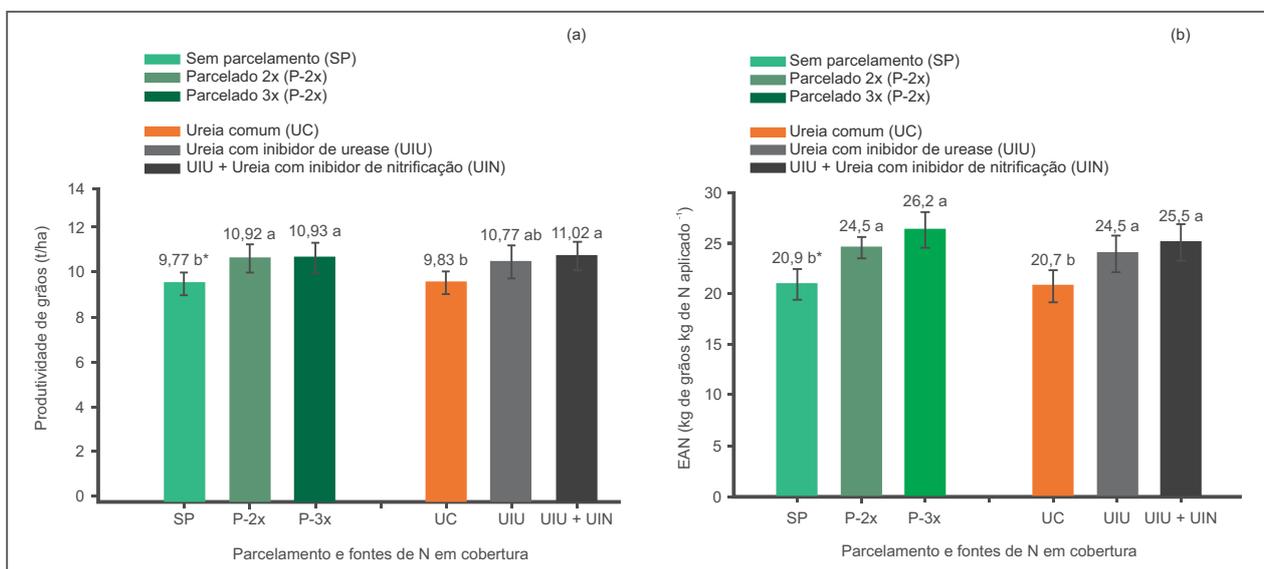


Figura 5. Produtividade de grãos de milho (a) e eficiência agrônômica de uso do nitrogênio (EAN) (b) em função do parcelamento da dose de 250 kg/ha e de fontes de N aplicada em cobertura. EEA/Irga, Cachoeirinha/RS, 2018/19. Produtividade de grãos sem N em cobertura = 4,64 t/ha. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre formas de parcelamento e de fontes de N aplicada em cobertura, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Silva et al. (2019), XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado.

Além da produtividade, a eficiência de uso do N (EAN), ou seja, a quantidade de quilogramas de grãos de milho produzida por quilograma de N aplicado, aumentou em 17 e 25 %, respectivamente, com o parcelamento em duas e três vezes em relação à aplicação única em V_3 (Figura 5b). Por sua vez, a aplicação da ureia com inibidor da urease e com os dois inibidores combinados aumentou a EAN em, respectivamente, 18 e 23% em relação à ureia comum. Assim, o uso da ureia estabilizada aumenta a eficiência de uso do N e seu custo adicional é baixo (+ 10%) em relação ao da ureia comum. Isto justifica seu uso quando as condições ambientais são favoráveis para perdas de N por volatilização e/ou por nitrificação.

Embora as produtividades de milho e arroz possam ser similares, as exigências de fósforo (especialmente) e potássio são maiores para milho. As recomendações desses nutrientes dependem da sua disponibilidade no solo e da expectativa de produtividade. O sistema de recomendação para esses nutrientes adotado pela CQFS RS/SC (2016) é de corretiva parcial (2/3 da dose) para as classes Muito baixo e Baixo, corretiva total para a classe Baixo + manutenção para diferentes expectativas de produtividade. A exemplo do que foi feito para as recomendações de nitrogênio (Tabela 2), as recomendações para fósforo e potássio são apresentadas para as mesmas expectativas de produtividade: 6,0 e 10,0 t/ha (Tabela 3). Essas doses devem ser ajustadas para produtividades maiores daquelas de referência, acrescentando-se 15 kg de P_2O_5 /ha e 10 kg/ha de K_2O /ha para cada tonelada

adicional de grãos pretendida.

Tabela 3. Recomendações de fósforo e potássio para diferentes expectativas de produtividade de milho em função da sua disponibilidade no solo.

Classe de disponibilidade	Produtividade 6,0 t/ha		Produtividade 10,0 t/ha	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
 kg/ha			
Muito baixo	200	110	260	150
Baixo	150	70	210	110
Médio	130	60	190	100
Alto	90	30	150	70
Muito alto	≤ 90	≤ 30	≤ 150	≤ 70

O sistema de recomendação é de adubação corretiva parcial para as classes Muito baixo e Baixo = 2/3 corretiva + manutenção; de corretiva total para a classe Médio e de manutenção para as classes Alto e Muito alto. **Para produtividades maiores daquelas de referência, acrescentar 15 kg de P_2O_5 /ha e 10 kg/ha de K_2O /ha para cada tonelada adicional de grãos pretendida.**

Fonte: Adaptado de CQFS RS/SC (2016).

Na impossibilidade de adotar a adubação corretiva para esses nutrientes (classes Muito baixo, Baixo e Médio), pode-se, como alternativa, utilizar a recomendação de manutenção, que corresponde às indicações de doses para a classe alto (**Tabela 3**), ajustando-as para as expectativas de produtividade. No caso da adubação corretiva: classes Muito baixo e Baixo, aplicar e incorporar ao solo 2/3 da quantidade total e o 1/3 restante aplicar na linha de semeadura. Para as classes Médio, Alto e Muito alto, aplicar a quantidade recomendada na linha de semeadura.

IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR COMO FATOR DE ESTABILIDADE PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO

A irrigação deve ser utilizada quando ocorre deficiência hídrica durante o ciclo do milho, desde que os demais fatores da produção, como os relacionados nesta Circular, sejam atendidos. Isto, porque os solos arroseiros geralmente apresentam baixas porosidade e condutividade, resultando em baixa capacidade de armazenamento de água.

O uso de água pela planta de milho varia em função do estágio de desenvolvimento, sendo necessários, aproximadamente, 600 mm durante seu ciclo (**Tabela 4**). **Essa cultura é muito sensível à deficiência hídrica, especialmente em dois subperíodos, semeadura-emergência e entre duas a três semanas antes e após o espigamento.** Com deficiência hídrica durante a semeadura-emergência, há redução da densidade de plantas, que é um dos principais fatores determinantes do rendimento. Quando ocorre no subperíodo de formação e enchimento de grãos, ela afeta os dois componentes do rendimento: número de grãos por espiga e peso do grão. Nos subperíodos de pendramento-espigamento, com duração aproximada de seis dias, e de espigamento-grão leitoso, com duração de 22 dias, há alta demanda diária por água, respectivamente, de 7,0 e 6,5 mm, já que a planta está com o máximo desenvolvimento vegetativo. Isto significa que durante esses dois subperíodos, com duração total de quase um mês (28 dias), há necessidade de uma precipitação mensal de, aproximadamente, 185 mm, regularmente distribuída.

Com a semeadura do milho em outubro ou novembro, os subperíodos pendramento-espigamento e espigamento-grão leitoso vão ocorrer em dezembro ou janeiro. Conforme levantamento

realizado pela meteorologista Jossana C. Cera, as normais climatológicas da precipitação para municípios representativos das seis regiões orizícolas do RS, tendo como referência o período de 1981-2010 (INMET), para os meses de dezembro e janeiro são de, respectivamente : Uruguiana (Fronteira Oeste) – 127 e 117 mm; Bagé (Campanha) – 113 e 125 mm; Santa Maria (Região Central) – 154 e 166 mm; Triunfo (Planície Costeira Interna) – 117 e 114 mm; Porto Alegre (Planície Costeira Externa) – 100 e 110 mm e Santa Vitória do Palmar (Zona Sul) – 85 e 83 mm. Isto significa que, em todas as regiões, as normais climatológicas referentes a esses dois meses não suprem a necessidade de água durante esses dois subperíodos críticos, o que justificaria a realização da irrigação complementar na maioria dos anos.

Tabela 4. Evapotranspiração total (ET) e média diária (ET/dia) por subperíodo de desenvolvimento do milho

Subperíodo	ET	ET/DIA
 mm	
Semeadura - emergência	13,4	2,1
Emergência - 30 dias	86,8	2,9
30 dias pendramento (VT)	165,3	5,4
Pendramento - espigamento (R_1) ⁽¹⁾	40,4	7,0
Espigamento grão leitoso (R_3)	136,0	6,5
Grão leitoso - maturação fisiológica (R_6)	131,0	4,3
Semeadura - maturação fisiológica	572,9	4,6

⁽¹⁾De acordo com a escala de Ritchie et al. (1993); 1 mm = 1 L/m² ou 10 m³/ha.

Fonte: Matzenauer (2002).

Há dois aspectos positivos que devem ser considerados para cultivo do milho em áreas de arroz irrigado: elas já apresentam estruturas de canais e de armazenamento de água, que facilitam a realização da irrigação, e os produtores já têm experiência sobre como utilizá-la.

A resposta do milho à irrigação depende, então, da quantidade e da distribuição da precipitação pluvial durante o ciclo. Em uma safra com alta deficiência hídrica (2013/14), houve grande resposta à irrigação (**Figura 6**), com incrementos de produtividade de 298 e 225 %, respectivamente, com a irrigação por sulco e por aspersão, em relação ao sem irrigação (2,9 t/ha). Essa baixa produtividade quando não se irrigou, deve-se ao fato do subperíodo pendoamento-espigamento ter coincido com uma intensa estiagem. Sob deficiência hídrica, aumenta a duração do subperíodo pendoamento-espigamento e causa defasagem entre o período de liberação de pólen e o aparecimento de estigmas na espiga, resultando em maior número de óvulos não fecundados e, conseqüentemente, em menor número de grãos por espiga (**Figura 7**). Quando a quantidade e a distribuição da precipitação são adequadas durante todo o ciclo (2014/15), pode até não se observar efeito da irrigação na produtividade, mas isto é muito raro de acontecer (**Figuras 2 e 6**).

O desenvolvimento de métodos de irrigação que sejam viáveis técnica e economicamente, de acordo com as características de cada região arrozeira, é um desafio técnico importante. Há vários métodos que podem ser utilizados, sendo todos eficazes e eficientes, desde que bem dimensionados e manejados. Atualmente, em áreas com pouco declive, tem sido utilizada a irrigação em sulcos por politubos infláveis (**Figura 8**), com grande vantagem operacional e menor custo de mão de obra. Há necessidade de estudos para determinar as vazões necessárias, para que não haja prejuízos às plantas de milho, devido ao excesso de água no sulco ou à demora na sua permanência no mesmo.

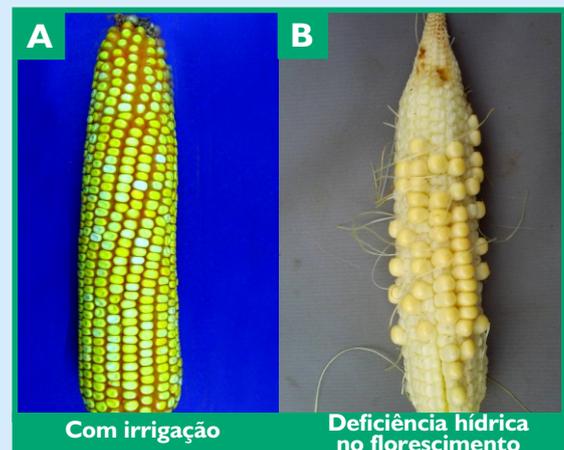


Figura 7. Espiga de milho sem (a) e com (b) deficiência hídrica no período do pendoamento-espigamento, com formação de poucos grãos.

Em condições limitadas de disponibilidade hídrica e para assegurar maior eficiência de seu uso, experimentos conduzidos em Gleissolo evidenciaram que a irrigação realizada somente durante o período mais crítico, três semanas antes e após o espigamento, assegura a obtenção de, pelo menos, 80-90% da produtividade de milho obtida com irrigação sempre que necessária durante todo o ciclo.



Figura 8. A irrigação em sulcos com politubos infláveis tem sido bem eficiente.



Atendidos os pré-requisitos antes discutidos, atenção também deve ser dada aos demais fatores de construção da produtividade, como escolha correta da cultivar, da época de semeadura e do arranjo de plantas, e aos fatores de proteção da produtividade, como controle eficiente de plantas daninhas, pragas e doenças. Altas produtividades só são obtidas quando há a integração de todas as práticas de manejo recomendadas, ou seja, nenhuma delas pode estar limitando.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correta implantação do milho em áreas de arroz irrigado otimiza sua utilização, reduz a incidência de plantas daninhas, melhora diversos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e diversifica a renda na propriedade.

O maior desafio para a inserção do milho nessas áreas é, provavelmente, a mudança de atitude na gestão do negócio arroz para um sistema de produção mais complexo e diversificado. Somente após atendida essa pré-condição, atenção deve ser dada ao principal desafio técnico, que é a adequação e o manejo da área de cultivo.

O excesso hídrico é o fator mais restritivo para cultivo do milho nessas áreas, sendo necessário o estabelecimento de sistemas de drenagem eficientes, para retirar o mais rápido possível o excesso de água da lavoura. Em áreas com pouco declive, a semeadura em microcamalhão e a sistematização em desnível são estratégias eficientes para reduzir os efeitos do excesso hídrico.

A maioria dos solos arroseiros apresenta a condição de compactação, que causa restrições ao desenvolvimento do sistema radicular de culturas de sequeiro, como o milho. A identificação da presença e da localização da camada compactada é importante para definir estratégias de manejo para seu rompimento e, com isso, mitigar estresses por excesso e/ou deficiência hídrica.

A condição predominante das lavouras de arroz irrigado é de solos ácidos a muito ácidos, o que determina a necessidade de realização da calagem no milho para se atingir o pH 6,0, para aumento da disponibilidade de nutrientes.

A adubação deve ser compatível para obtenção de alta produtividade de grãos de milho ($\geq 10,0$ t/ha). O correto manejo da adubação, especialmente de nitrogênio, visa suprir a demanda da planta por nutrientes nos períodos mais críticos, maximizar sua eficiência de uso e minimizar o impacto ambiental por redução de perdas.

Uma vez mitigados os estresses anteriormente relacionados, é importante também dotar-se a área com uma logística para realizar a irrigação complementar no milho, para garantir produtividades altas e estáveis e, em consequência, tornar mais competitivo seu cultivo.

Equacionadas todas essas etapas relacionadas à adequação da área e ao seu manejo e considerando que os fatores de produção relacionados à planta sejam adequados, o cultivo de milho pode ser uma alternativa viável técnica e economicamente e contribuir para a sustentabilidade da atividade orizícola no RS.

Presidente do Instituto Rio Grandense do Arroz:
Günter Frantz.

Diretor Administrativo: João Alberto Antônio.

Diretor Técnico: Ivo Mello.

Gerente da Estação Experimental do Arroz: Flávia Miyuki Tomita.

Assessoria de Comunicação: Késia Ramires, Raquel Flores e Sérgio Pereira.

CIRCULAR TÉCNICA

Editor: Instituto Rio Grandense do Arroz - Irga.

Comitê de revisão: André Matos, Flávia Tomita, Neiva Knaack e Ricardo Kroeff, membros da

Comissão de Pesquisa do Irga. Luis Antonio de Leon Valente e Ivo Mello.

ISSN: 2674-8940.

Projeto Gráfico e Diagramação: Raquel Flores.

Periodicidade: Irregular.

Tiragem: 200 exemplares.

Estação Experimental do Arroz - EEA
Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, nº 1494,
Cachoeirinha/RS
Fone: +55 51 3470-0600
www.Irga.rs.gov.br

É permitida a reprodução da Circular Técnica, desde que citada a fonte.