

MISOSUL

REUNIAO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA
DE PESQUISA DE MILHO E SORGO



**INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E SORGO NA REGIAO
SUBTROPICAL DO BRASIL: SAFRAS 2023/24 E 2024/25**

**CONHECIMENTO | EXPERIÊNCIA | PESQUISA | TECNOLOGIA
APLICAÇÃO | EXTENSÃO | ENSINO**

MISOSUL

Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo

Informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2023/24 e 2024/25

*Eberson Diedrich Eicholz
Alencar Rugeri
Ana Paula Schneid Afonso da Rosa
Christian Bredemeier
Felipe Bermudez Pereira
Fernando Machado dos Santos
Giovani Theisen
Jane Rodrigues de Assis Machado
Marcos Carrafa*

Editores Técnicos

Associação Brasileira de Milho e Sorgo
Sete Lagoas – MG
2024

9. ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS

Revisores técnicos: Paulo Regis Ferreira da Silva
Marcos Caraffa
Cléia dos Santos Moraes
Giovani Theisen

A complexidade dos processos e manejos gerados e demandados em um sistema de exploração agrícola exige de quem nele opera visão sistêmica sobre as interações de um agroecossistema, sendo que, conforme Garcia Filho (1999), nele ocorre interação entre subsistemas que compõem o sistema maior.

No âmbito de uma unidade de produção agropecuária o sistema de produção agrícola pode ser definido como a combinação, no espaço e no tempo, dos recursos disponíveis e das próprias produções vegetais e animais (DUFUMIER, 2010), sendo estes compostos por alguns subsistemas também passíveis de análise enquanto interativos internamente e com os demais elementos do sistema.

Conforme o exposto, pode se considerar subsistema de um sistema de produção o subsistema social, composto pelas pessoas envolvidas na produção agropecuária, família, gestores e trabalhadores rurais (GARCIA FILHO, 1999), o subsistema de cultivo, representado pelo conjunto de espécies cultivadas em diferentes glebas ou grupos de glebas com homogênea forma de trabalho (conforme os itinerários técnicos e sucessão ou rotação cultural), o subsistema de criação, representado pelas espécies animais manejadas na unidade de produção agropecuária em rebanhos ou em parte deles, e, por fim, o sistema de transformação, abrangendo desde o beneficiamento até o processamento de matérias primas produzidas na unidade de produção agropecuária (DUFUMIER, 2010).

Assim sendo, qualquer análise de um sistema de cultivo requer profunda compreensão das diferentes combinações, entre os componentes do sistema, desencadeadas nas glebas, a fim de que se compreenda as diferentes interações ocorrentes no espaço-tempo, as quais precisam ser geridas pelos agricultores.

O sistema de cultivo compreende também o complexo de técnicas adotadas para manejo de cada cultura nas suas interações com outras culturas (rotação e sucessão cultural), com resíduos culturais e com preparo de solo. É considerado o componente mais complexo na determinação do rendimento de grãos, sendo seus efeitos visíveis somente algum tempo após a adoção do sistema escolhido. Além disso, é o principal determinante para obtenção de elevado rendimento de grãos e não deve ser alterado de ano para ano, pois tem efeito cumulativo nos benefícios às culturas.

Enquanto a sucessão de culturas compreende, no subsistema de cultivo, a sequência de espécies cultivadas dentro de um mesmo ano agrícola, a rotação de cultura refere-se à intercalação de espécies vegetais quando comparados os cultivos de dois iguais períodos (ex: verão-verão) em pelo menos dois anos agrícolas.

A rotação de culturas, pela diversificação de cultivos por ela gerada tende, como amplamente difundido, a desencadear melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas dos solos, permitir melhor manejo integrado de insetos-praga, doenças e plantas concorrentes, possibilitar diversificação de fonte de renda às unidades de produção agropecuárias além de maximizar a utilização de mão-de-obra, máquinas e equipamentos agrícolas, o que remete à demanda de ser praticada de maneira inalienável ao sistema de semeadura direta.

O sistema inicialmente adotado no Rio Grande do Sul foi aquele em que o milho era cultivado em consórcio com outras culturas (mandioca, soja e feijão, principalmente), com preparo de solo à tração animal e com época de semeadura diferenciada para cada cultura. O mais elevado rendimento de grãos não ultrapassava 3 t ha^{-1} .

Com a introdução da mecanização na agricultura, os sistemas consorciados, especialmente utilizados em pequenas áreas de cultivo, deixaram de ser usados, mas o preparo do solo continuou sendo do tipo convencional (aração mais gradagens), com

incorporação de resíduos culturais e controle mecanizado de plantas daninhas. As lavouras produziam, no máximo, 6 t ha^{-1} , devido à falta de rotação e sucessão de culturas e ao inadequado manejo da cultura. Este rendimento era conseguido com maior uso de adubos químicos e com cultivares mais produtivas. O sistema propiciava adequado controle de fungos necrotróficos, mas a limitação dos fatores edáficos tornava ineficiente a adoção de outras técnicas, como alta densidade de plantas, pela baixa capacidade de resposta do sistema empregado.

O atual sistema de cultivo, iniciado ao final da década de 70, mas plenamente adotado no início da década de 90, está baseado na semeadura direta na palha, sem revolvimento de solo e na adoção de sistemas de rotação e de sucessão cultural adequados. Houve redução drástica de perdas de solo, água e nutrientes, como resultado da diminuição da erosão, além da progressiva melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Com isto, foi possível adotar de forma mais efetiva outras técnicas de cultivo que resultaram em aumento do rendimento de grãos, como, por exemplo, o uso de cultivares com maior potencial de rendimento, maiores níveis de aplicação de fertilizantes e uso de densidade de plantas mais elevada e de reduzido espaçamento entrelinhas.

A rotação e a sucessão cultural são pontos fundamentais no sistema de produção de milho em semeadura direta na palha. A adoção de um adequado sistema, conjugando equilibradamente, culturas em rotação e sucessão contribuiu para a elevação do rendimento de grãos que, pela primeira vez, ultrapassou 10 t ha^{-1} , em lavouras de diferentes regiões produtoras do Rio Grande do Sul.

Os efeitos de uma cultura sobre a outra não eram visualizados de forma clara, quando havia revolvimento de solo. Já no sistema semeadura direta, há forte reflexo de uma cultura sobre a outra. Os benefícios decorrentes da adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas são devidos à contribuição das culturas anteriores na estruturação e na fertilidade de solo, na ciclagem de nutrientes da resteva e do solo, na rapidez com que a resteva se degrada e aos seus efeitos no desenvolvimento da planta de milho cultivado em rotação/sucessão, de forma ainda não bem esclarecida.

A produção de grãos no atual sistema de cultivo é muito dinâmica e intensiva, pois implica no cultivo de duas espécies por ano (inverno e verão). A adequação de ciclo de culturas e de cultivares é fundamental para atender à sua melhor época de semeadura. O uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas, além da proteção do solo com palhada para controle da erosão, é importante para manter relativo controle da população de microorganismos, especialmente os necrotróficos, que também podem atacar a planta de milho e outras espécies usadas no sistema.

Atualmente, os sistemas predominantes em terras altas incluem as culturas de soja, principalmente, e milho no verão, e de aveia preta como cobertura de solo e/ou para pastejo, predominantemente, e de cereais e oleaginosas de estação fria no outono-inverno. A sequência, a periodicidade de uso e a adequação dessas culturas variam de produtor a produtor e entre as regiões produtoras.

Para sustentabilidade do sistema semeadura direta é fundamental sua associação a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de palha na superfície do solo. Sua utilização objetiva não apenas a mudança de espécies, mas sim a escolha de uma sequência apropriada de culturas e de práticas culturais, em que sejam atendidas suas necessidades e características nos aspectos edafoclimáticos e controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Dentre as vantagens da utilização de sistemas apropriados de rotação e sucessão de culturas destacam-se a estabilidade de rendimento de grãos, pela quebra do ciclo de pragas e doenças e pela diminuição da infestação de plantas daninhas, a alternância no padrão de extração e ciclagem de nutrientes, com uso de espécies com diferentes sistemas radiculares, e a manutenção ou melhoria das características de solo. Considera-se que a condição ideal é aquela em que o solo tenha sempre uma espécie de planta se desenvolvendo,

determinando elevados fluxos de carbono e energia no sistema solo-planta-atmosfera, o que é benéfico à qualidade física, química e biológica do solo.

Há várias espécies de cobertura de solo no outono-inverno com potencial para participar de sistemas de sucessão com a cultura de milho no sistema semeadura direta. Dentre os atributos sugeridos para as espécies de cobertura de solo no inverno destacam-se: alto rendimento de massa seca, alta taxa de crescimento, tolerância à temperatura baixa, não se transformar em planta daninha, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, apresentar elevada capacidade de ciclar nutrientes e produzir sementes com facilidade.

9.1 Vantagens e limitações de uso de espécies de cobertura de solo em cultivos isolados como culturas antecessoras ao milho

Para benefício do sistema plantio direto, as espécies de cobertura de solo no outono-inverno devem proteger o solo e melhorar suas características físicas, químicas e biológicas para a cultura subsequente. Além disto, devem incrementar o suprimento de nitrogênio (N) e o rendimento de grãos. A aveia preta é a espécie mais cultivada como cobertura de outono-inverno no Sul do Brasil, antecedendo as culturas de milho e soja, em sistema semeadura direta. Geralmente, quantidade indicada de semeadura é de 100 kg ha⁻¹ de sementes. Entre as causas determinantes do uso da aveia preta destacam-se: alto rendimento de massa seca, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura e ciclo adequado. Dentre os benefícios da aveia preta para o sistema semeadura direta, podem ser citados: melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e eficiente proteção do solo proporcionada por seus resíduos culturais. Além da aveia preta, também têm sido utilizadas aveias brancas e amarelas em antecedência ao cultivo do milho, sobretudo de materiais genéticos com aptidão a cobertura do solo. Cabe salientar que a aveia preta apresenta vantagem em relação às demais, sobretudo pela sua rusticidade, principalmente em termos de maior tolerância às doenças foliares e radiculares.

No entanto, em milho cultivado em sucessão às aveias, geralmente ocorre redução na absorção de N e no rendimento de grãos, devida à alta relação carbono:nitrogênio (C/N) de seus resíduos, especialmente se a época de dessecação da aveia for próxima da semeadura do milho. A adição de quantidades elevadas de resíduos com alta relação C/N faz com que os organismos quimiorganotróficos que atuam na decomposição da matéria orgânica, se multipliquem gradativamente, produzindo CO₂ em grande quantidade. Como consequência, o nitrato e o amônio presentes no solo ficam imobilizados. Além disto, a velocidade de liberação de N de resíduos de aveias é lenta. Apenas 38% do N contido na planta de aveia é disponibilizado nas primeiras quatro semanas após seu manejo. Isto promove assincronia entre a disponibilidade desse nutriente no solo e as necessidades para o desenvolvimento inicial da planta de milho. Para reduzir os efeitos prejudiciais da palha de aveia no desenvolvimento do milho cultivado em sucessão existem algumas estratégias de manejo que serão discutidas posteriormente.

As espécies de cobertura de solo no outono-inverno da família das fabáceas têm capacidade de fixar N atmosférico pela simbiose com bactérias específicas. Isto eleva a disponibilidade desse nutriente no solo, tornando as plantas de espécies dessa família adequadas para anteceder a cultura do milho. Estimativas indicam que 46 kg de N são acumulados por tonelada de massa seca de parte aérea de ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e que a contribuição média de N dessa espécie é de 120 kg ha⁻¹, variando de 50 a 200 kg ha⁻¹. No entanto, devido à baixa relação C/N, a velocidade de liberação de N de resíduos de leguminosas é muito rápida, quando comparada a espécies da família das poáceas. Isto se deve ao fato de que 60% do N da fitomassa da ervilhaca é liberado durante os primeiros 30 dias após seu manejo. Em decorrência disto, recomenda-se que a semeadura de milho ocorra num período de tempo não superior a uma semana após o manejo dessa espécie. Outra vantagem do uso de espécies fabáceas como cobertura de solo é a liberação mais

lenta do N em relação aos adubos nitrogenados químicos, representando menor risco de poluição ao ambiente. A quantidade de semente indicada para cultivo da ervilhaca comum é de 90 kg ha⁻¹, aproximadamente. Outra espécie dessa família, interessante para uso em antecedência ao milho, é a ervilha forrageira (*Pisum sativum* ssp. *arvense*), a qual, embora apresentando as mesmas vantagens e os mesmos defeitos gerados com o cultivo da ervilhaca nessa situação, permite custo inferior na operação de manejo antecedendo a semeadura do milho em virtude a maior suscetibilidade à ação de herbicidas dessecantes.



Figura 9.1 Milho semeado em sucessão à ervilha BRS Forrageira logo após a operação de manejo, na Escola-Fazenda SETREM, safra 2003/2004.

Apesar dessas vantagens, a intensidade de uso de fabáceas como espécies antecessoras a milho no Estado do Rio Grande do Sul é pequena, por apresentarem maior custo de implantação em relação às poáceas, por terem menor rendimento de massa seca, lento desenvolvimento inicial e, principalmente, pela rápida decomposição de seus resíduos. Além do lento crescimento inicial, o máximo acúmulo de massa seca nas condições do Sul do Brasil ocorre entre final de setembro e início de outubro. A semeadura de milho nessa época, especialmente em regiões produtoras em que ocorre deficiência hídrica durante o período mais crítico (duas semanas antes a duas semanas após pendoamento) é de alto risco. A rápida decomposição de seus resíduos faz com que o solo fique desprotegido logo no início do desenvolvimento das plantas de milho, especialmente na fase inicial de implantação do sistema semeadura direta. Outra consequência dessa rápida decomposição é a menor eficiência de controle cultural de plantas daninhas quando se utiliza esse tipo de cobertura. Portanto, o desenvolvimento de práticas culturais que possibilitem maior tempo de permanência de resíduos de fabáceas na superfície do solo, é importante para viabilizar seu uso como cobertura de solo no outono-inverno. O atraso da época de dessecção para logo após a semeadura do milho é uma alternativa promissora.

Existem ainda outras opções para cobertura de solo, como as espécies da família das brassicáceas, especialmente o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Estas espécies não possuem a capacidade de fixar N como as fabáceas, mas apresentam elevada capacidade de reciclar nutrientes de camadas mais profundas do solo. Outras vantagens de sua utilização são o desenvolvimento inicial muito rápido, alto rendimento de massa seca e ciclo curto, o que viabiliza a semeadura precoce de milho em sucessão (agosto a meados de setembro), nas regiões mais quentes do RS. A possibilidade de semeadura precoce de

milho é importante em regiões ecolimáticas em que há grande probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica em dezembro e janeiro, coincidindo com o período mais crítico da cultura. Altos rendimentos de massa seca da parte aérea de nabo (variando de 4,7 a 5,4 t ha⁻¹) têm sido obtidos na região ecolimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, em pesquisas de campo com uso dessa espécie como cultura antecessora ao milho. No entanto, assim como ocorre com as fabáceas, uma de suas limitações é a baixa relação C/N de seus resíduos, determinando rápida taxa de decomposição da palha. Além disto, se mal manejado, o nabo pode se transformar em planta daninha importante para as culturas em sequência. Deve-se utilizar espaçamento entre linhas de semeadura de 34 centímetros e ao redor de 20 a 30 kg ha⁻¹ de sementes de nabo em seu cultivo para cobertura de solo antecedendo a cultura do milho para que, além de gerar rápida cobertura, propicie alta densidade de raízes finas e profundas, o que auxilia na estruturação do solo (dificultando sua compactação) e capacidade de infiltração de água no mesmo.

Além dos aspectos já relatados sobre o uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno, recentemente elas também têm recebido atenção especial em função da possível lixiviação de compostos orgânicos hidrossolúveis de seus resíduos e de extratos aquosos de aveia preta e nabo forrageiro, que podem reduzir a acidez da camada superficial do solo e melhorar o ambiente para desenvolvimento inicial das plantas da cultura em sucessão.

Mesmo com todos os benefícios advindos da utilização de espécies de cobertura de solo no outono-inverno, seja em cultivo solteiro ou consorciado, seu uso representa um investimento cujo retorno econômico ocorre apenas nas culturas subsequentes de milho ou de soja no verão. Assim, também é importante a busca de sistemas de produção que envolvam espécies de inverno de duplo propósito, que produzam palha para o sistema plantio direto e também grãos e/ou sementes para gerar renda. Desta forma, estará se agregando valor às culturas de outono-inverno e, conseqüentemente, aumentando a rentabilidade da atividade, com retorno mais rápido do investimento realizado. Dentre os sistemas envolvendo culturas de outono-inverno com duplo propósito passíveis de utilização, destacam-se o cultivo de aveia branca, cevada, trigo e triticale para produção de forragens e grãos. Porém, a adoção desse sistema de sucessão resulta desvantagem pelo deslocamento da época de semeadura de milho para final de outubro ou início de novembro. Em regiões com deficiência hídrica, sem disponibilidade de irrigação, esta época de semeadura poderá limitar muito o rendimento de grãos de milho. Além disto, alguns destes sistemas de produção envolvem a sucessão de duas espécies da mesma família das poáceas que apresenta algumas desvantagens do ponto de vista agrônomo.



Figura 9.2 Milho semeado em sucessão à poácea manejada por dessecação, na Escola-Fazenda SETREM, safra 2004/2005. Fonte: Marcos Caraffa (2004).

9.2 Sistemas consorciados de espécies de cobertura de solo no outono-inverno antecedendo o cultivo de milho

Cada espécie cultivada como cobertura de solo no inverno apresenta vantagens e desvantagens para a cultura de milho em sucessão e para o sistema de semeadura direta quando cultivada isoladamente, tornando difícil a indicação de uma única espécie que reúna somente aspectos desejáveis. O uso de sistemas consorciados de culturas pode propiciar formação de coberturas de solo mais próximas do ideal, podendo resultar em aumento do rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão e em benefícios ao sistema semeadura direta. Os sistemas consorciados podem propiciar eficiente cobertura vegetal no solo e maior ciclagem de nutrientes, principalmente de N, no caso de espécies leguminosas e brassicáceas.

O uso de consórcio entre espécies poáceas (aveia preta, branca ou amarela) e leguminosas (ervilhaca comum) diminui a necessidade de adubação nitrogenada em milho em sucessão e não reduz o rendimento de massa seca da cobertura de solo em relação ao cultivo isolado de aveia. As vantagens da ervilhaca comum como cobertura de solo para fornecer N não se manifestam com a aplicação de elevadas doses de N na cultura de milho cultivado em sucessão ao consórcio aveia preta, aveia branca ou aveia amarela e ervilhaca. Com relação à proporção de sementes das espécies, trabalhos de pesquisa têm evidenciado que, à medida que aumenta a proporção de sementes de ervilhaca no consórcio com aveia preta, aumenta a quantidade de N acumulada na planta e o rendimento de grãos de milho, especialmente quando este é cultivado sob baixas doses de N. A grande limitação do uso deste sistema de consórcio é que o rendimento de massa seca da ervilhaca é potencializado nas regiões mais quentes do Rio Grande do Sul somente em setembro a meados de outubro, o que inviabiliza a semeadura precoce (agosto) de milho em sucessão, que é vantajosa em determinadas regiões do Estado. A quantidade de sementes indicada para o consórcio aveia preta, branca ou amarela e ervilhaca comum por ocasião da semeadura é de 50% de aveia (50 kg ha⁻¹ de sementes) e 50% de ervilhaca (45 kg ha⁻¹ de sementes).

Outro sistema de consórcio com potencial de utilização durante o inverno é o que mescla uma espécie poácea (aveia preta, branca ou amarela) e uma brassicácea (nabo forrageiro) como culturas antecessoras ao milho. Este sistema tem como vantagem a possibilidade da semeadura precoce de milho (agosto), devido ao ciclo curto das duas espécies. Além disto, o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão ao consórcio aumenta em relação ao obtido em sucessão às aveias em cultivo isolado, sem reduzir a quantidade de produção de palha para o sistema semeadura direta. Devido à baixa relação C/N de resíduos de nabo forrageiro, o rendimento de grãos de milho aumenta à medida que aumenta a proporção de sementes de nabo nos consórcios com as aveias. No consórcio aveia e nabo forrageiro, o nabo é a espécie dominadora. Este fato é importante para determinar-se a proporção mais adequada de sementes das duas espécies no consórcio. Resultados experimentais evidenciam que o consórcio de ervilhaca comum ou de nabo forrageiro com aveia preta é uma das estratégias que podem ser utilizadas para minimizar o efeito prejudicial no rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. A proporção de sementes indicada para o consórcio aveia e nabo forrageiro é de 50% de aveia (50 kg ha⁻¹) e 50% de nabo (10 kg ha⁻¹).

Para escolha da espécie de cobertura de solo mais adequada para anteceder o milho, seja em cultivo solteiro ou consorciado, alguns fatores devem ser observados: adaptação da espécie às condições edafo-climáticas da região, disponibilidade de uso de irrigação, tempo de adoção do sistema semeadura direta, época de semeadura indicada para o milho, grau de convicção do produtor na adoção desse sistema e disponibilidade de capital para investimento.

9.3 Estratégias para reduzir os efeitos prejudiciais de espécies poáceas como cobertura de solo no outono-inverno no milho em sucessão

Para minimizar a redução verificada no rendimento de grãos de milho em sucessão às aveias pela deficiência de N durante o início de seu desenvolvimento, algumas alternativas de manejo vêm sendo propostas. Além do uso de sistemas de consórcio com espécies com baixa relação C/N, destacam-se o aumento da dose de N a ser aplicada na semeadura de milho, o atraso da época de semeadura de milho após manejo da aveia e o tipo de manejo da palha de aveia (mecanizado ou químico). Todas estas estratégias têm como objetivo acelerar a taxa de decomposição de resíduos de aveia e diminuir o período de imobilização de N pelos microorganismos quimiotróficos na decomposição de sua palhada.

O aumento da dose de N na semeadura de milho em semeadura direta após aveia e o atraso da semeadura do milho em 20 dias após a dessecação da aveia são alternativas eficientes para evitar a deficiência inicial desse nutriente na planta, especialmente em solos mais arenosos e com menor teor de matéria orgânica. A aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura é suficiente para suprir essa deficiência. Outra técnica que poderia afetar a taxa de decomposição da palha de aveia é o tipo de manejo da cobertura de inverno: mecanizado ou químico. A forma de manejo de resíduos da aveia (não rolada, rolada ou roçada) e o tipo de herbicida não-seletivo utilizado na dessecação, de ação sistêmica (glyphosate) ou de ação de contato (glufosinate e paraquat) não influenciam o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. No entanto, a rolagem da palha da aveia é mais eficiente como medida preventiva para estabelecimento de infestação de plantas daninhas, especialmente de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), do que sua manutenção em pé.

9.4 Estratégias para maior benefício do uso de fabáceas e brassicáceas como coberturas de solo no outono-inverno para o milho em sucessão

O atraso ou a não dessecação da cobertura de outono-inverno com herbicida não seletivo são duas práticas de manejo que podem aumentar o tempo de permanência de resíduos de fabáceas na superfície do solo, resultando em maior sincronismo entre a liberação de N de seus resíduos e o período de maior demanda deste nutriente pela planta de milho. Além disto, estes tipos de manejo podem aumentar o rendimento de massa seca da ervilhaca comum ou da ervilha forrageira, por mantê-la viva por período de tempo mais longo do que no sistema de manejo convencional (dessecação aos 15 a 20 dias antes da semeadura de milho). Assim, o atraso no manejo da ervilhaca ou ervilha forrageira permitirá maior rendimento de massa seca e, conseqüentemente, maior quantidade de N fixada e disponibilizada ao sistema. Além disto, deve-se considerar que a taxa de crescimento da planta de ervilhaca e ervilha forrageira aumenta com temperatura do ar mais elevada.

No trabalho desenvolvido em Passo Fundo, RS, na Embrapa Trigo, na década de 1980, ficou demonstrado que as leguminosas não precisam ser ceifadas e mantidas da superfície ou dessecadas para depois o milho ser semeado (SANTOS; PÖTTKER, 1990). No início desse estudo (1984 e 1985), as fabáceas foram ceifadas e mantidas na superfície das parcelas, sendo, em seguida, semeado o milho. Na segunda fase desse estudo (1986 e 1987), as fabáceas foram dessecadas e deixadas na superfície do solo (5,0 t ha⁻¹). No manejo de algumas fabáceas (ervilhaca e serradela), aplicou-se à cultura de milho somente herbicida residual ou de pós-emergência. Nesse caso, por ocasião do estabelecimento desta cultura, o milho ou sorgo foram semeados com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo (Figura 9.3), em áreas com número baixo de plantas daninhas de inverno. Sendo assim, evitaram-se gastos com aplicação de herbicida total, com inseticida e com adubação nitrogenada de cobertura. Isso, por si só, torna as leguminosas mais vantajosas do que outras espécies não leguminosas antecedendo a cultura do milho. Nesse estudo, não houve diferença de rendimento de grãos de milho ou de sorgo (mais de 8 t ha⁻¹) entre os sistemas de rotação/sucessão de culturas.



Figura 9.3 Milho semeado em sucessão à ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, na EmbrapaTrigo, década de 1980. Fonte: Santos et al. (2007).

9.5 Uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno como critério para recomendação de adubação nitrogenada no milho em sucessão

A partir de 2004, as características das espécies de cobertura de solo no inverno passaram a constituir-se, além do teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de rendimento de grãos, num novo critério para recomendação de adubação nitrogenada em milho cultivado em sucessão em semeadura direta para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS, 2016).

Na nova indicação, a contribuição das culturas de inverno antecedentes ao milho foi considerada em três situações: fabáceas e poáceas em cultivo solteiro e os consórcios de fabáceas e poáceas. Além disto, para cada uma das situações, foi considerado se o rendimento de massa seca era baixo, médio ou alto. Por sua vez, nos sistemas consorciados considerou-se três tipos de situações: com predomínio de poáceas, equilibrada ou com predomínio de fabáceas. Esta nova indicação ressalta a importância da espécie e do rendimento de fitomassa produzida pelas coberturas de solo no outono-inverno, especialmente no que se refere ao manejo de N, para cultivo de milho em sucessão.

Embora, em terras altas, o milho seja uma espécie que tem grande potencial para participar em sistema de semeadura direta, associada à rotação e à sucessão de culturas, a sua área de cultivo vem diminuindo ao longo dos últimos 20 anos, em detrimento da expansão da área cultivada com soja.

9.6 Sucessão milho-soja

Mais recentemente, nas regiões mais quentes do Estado do Rio Grande do Sul, vem se expandindo a área em que se tem praticado a sucessão milho-soja na mesma estação

de crescimento. A semeadura do milho ocorre em final de julho ou agosto, com colheita em janeiro, quando se implanta a soja em sucessão. Nesse caso, recomenda-se a utilização de um híbrido de milho de ciclo precoce ou superprecoce para viabilizar sua colheita o mais rápido possível e, com isso, antecipar em alguns dias a semeadura da soja em sucessão. Com essa semeadura do milho em época mais antecipada, o espigamento ocorre ainda no mês de outubro ou início de novembro, em que há menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nesse período mais crítico da cultura.

A prática da sucessão de cultivo milho-soja precisa, no entanto, de cautela em seu uso, sobretudo considerando a região em que será estabelecida. Esse sistema produtivo teve seu berço na região costeira do rio Uruguai, mais precisamente na Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, onde há um microclima propício ao seu uso, no qual dificilmente ocorrem geadas precoces capazes de afetar o milho semeado no terço final do inverno assim como menor perda de umidade no verão, facilitando o desenvolvimento da soja cultivada tardiamente. No entanto, ao estender esse cultivo para regiões mais afastadas dessas áreas do “Vale do Rio Uruguai”, o fator geada para o milho e a deficiência hídrica para a soja passam a ser condições capazes de afetar o resultado do sistema produtivo. Estudando semeadura de milho em três épocas (29/07, 14/08 e 05/09/2019) e soja em sucessão (com seis genótipos de ciclos diferentes) em dois municípios que caracterizam as duas situações frisadas, região costeira do Rio Uruguai (Doutor Maurício Cardoso) e local mais afastado da mesma (Independência), Caraffa et al (2023), detectaram, considerando os melhores resultados entre os arranjos testados (milho DKB 230 PRO 3 e soja DM 66i68 IPRO em primeira época de semeadura), no ano safra 2019/2020 (sem déficit hídrico acentuado), redução de rendimento de grãos e receita financeira da ordem de 33,4 % e 56,3 %, respectivamente (salientando que o milho atingiu rendimento de grãos de 11.927 kg ha⁻¹ e a soja 2.469 kg ha⁻¹). Já, no ano safra 2020/2021, com ocorrência de déficit hídrico afetando ambas as culturas, Caraffa et al (2023) em ensaio conduzido nas mesmas condições do anterior, aferiram, comparando o resultado dos melhores arranjos testados, redução de rendimento de grãos e receita financeira no local mais afastado do “Vale do Uruguai”, da ordem de 27,2 % e 12,3 %.

Cabe salientar que em boa parte das áreas onde se pratica essa sucessão, o milho tem sido irrigado, fato que viabiliza o uso de densidades de plantas mais elevadas, ao redor de 8,0 plantas por metro quadrado, e adubações mais altas, o que determina a obtenção de altos tetos produtivos. Em semeaduras mais precoces, em que as temperaturas do ar são menores, a planta de milho tem menor desenvolvimento e esse é mais lento em relação a semeaduras realizadas em épocas mais tardias. Um dos problemas decorrentes do uso dessa sucessão é o surgimento de plantas voluntárias de milho no cultivo da soja em sucessão. Caso o híbrido de milho possua a tecnologia RR, isso inviabilizará o controle dessas plantas voluntárias no cultivo da soja em sucessão com o uso do herbicida glifosato, determinando a necessidade de uso de um outro mecanismo de ação de herbicida para controle do milho voluntário na soja. Como a prática desse sistema de sucessão acaba muitas vezes não propiciando rotação de culturas, uma vez que repetido ano após ano (de julho/agosto à maio/junho), outro aspecto a ser considerado em seu uso e que vem gerando grande apreensão a respeito desse sistema de cultivo é a permanência desses milhos voluntários nos cultivos de soja, constituindo-se uma ponte verde às cigarrinhas, ocasionando alta incidência de doenças do complexo de enfraquecimentos nos milhos cultivados na safra seguinte à essa soja. Ainda, em decorrência da intensificação de estratégias de controle químico às cigarrinhas, tem se observado elevação considerável da incidência de pulgões nessas áreas, possivelmente como consequência da eliminação de seus inimigos naturais em função do uso intenso desses agroquímicos.

9.7 Sucessão canola-milho

Um processo de sucessão de culturas relativamente novo vem sendo praticado no estado do Rio Grande do Sul, com o milho sucedendo o cultivo de canola (*Brassica napus* var. oleífera).

Como há uma recomendação de se observar um período de 20 dias entre a colheita da canola e a semeadura do milho ou da soja em função de efeitos alelopáticos da primeira cultura sobre as segundas (TOMM, 2007), esse fator acabou levando muitos produtores a declinar do cultivo da brassicacea, priorizando as culturas de verão com semeadura em suas melhores épocas, uma vez que cultivos considerados prioritários. Por muitos anos, cultivos realizados em sistema de rotação de culturas na Escola-Fazenda da Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), nas condições de uma região baixa, quente e úmida quando considerado o período inverno-primavera, demonstraram que, no caso do milho, esse período não precisava ser respeitado, com sua semeadura ocorrendo logo após a colheita da canola. Essa prática propicia aproveitamento mais efetivo, pelo milho, do nitrogênio ciclado pela canola, sendo interessante, inclusive, observar menor aporte desse nutriente nessa condição (pelo menos 20 kg ha⁻¹), evitando seu excesso, gerador de expressivo desenvolvimento vegetativo em detrimento do desenvolvimento reprodutivo.

Outra questão importante de frisar em relação a esse sistema de sucessão se refere a disponibilização no mercado, há alguns anos, de genótipos de canola com ciclos mais curtos, o que, aliado às novas recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático, antecipando a época de semeadura da canola para o terceiro decêndio de março a muitos municípios gaúchos, tem permitido semeadura do milho em sua sucessão ainda em agosto ou em setembro, gerando adequado “encaixe” de cultivo desse sistema, viabilizando-o sob a ótica dos produtores rurais.



Figura 9.4 Milho semeado em sucessão à canola, na Escola-Fazenda SETREM, safra 2019/2020. Fonte: Marcos Caraffa (2019).

9.8 Potencialidades, desafios e tecnologias para cultivo de milho em terras baixas

Em áreas de solos hidromórficos, onde se cultiva arroz irrigado (terras baixas), localizadas em sua maioria na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul e no litoral catarinense, praticamente não se cultiva milho, embora uma grande parte da área tenha infraestrutura instalada para a agricultura.

Do ponto de vista econômico, há uma percepção de que as áreas de terras baixas podem ser utilizadas mais intensivamente, já que se dispõe, somente no estado do RS, de cerca de 5,4 milhões de hectares. Desses, em torno de três milhões de hectares são utilizados com arroz irrigado, dos quais anualmente se cultiva pouco mais de um milhão de hectares. O restante da área tem sido historicamente utilizada com pecuária de corte extensiva. Nos últimos anos tem havido uma expansão importante no cultivo de soja em rotação com arroz irrigado, devido à atratividade comercial e benefícios da leguminosa ao sistema de produção, bem como pela geração de novas informações técnicas e a sua adoção pelos produtores. Na safra 2022/23 foram cultivados aproximadamente 500.000 hectares de soja nas terras baixas, enquanto o milho ocupou cerca de 12.000 hectares. Um aspecto econômico favorável ao cultivo de milho em rotação com arroz irrigado é a possibilidade de atração de investimentos para criação de aves e suínos na metade sul do Estado do RS, devido à produção de matéria-prima para formulação de rações para essas criações mais próximo dos locais de sua utilização. Pesquisas recentes com milho irrigado em áreas de terras baixas tem demonstrado a obtenção de altas produtividades de grãos (10-18 t/ha), tanto em condições experimentais quanto em lavouras comerciais, ressaltando o grande potencial deste ambiente produtivo (Silva et al., 2020).

Além dos benefícios técnicos já citados anteriormente para terras altas, o cultivo de milho em rotação com arroz irrigado pode constituir-se em uma importante ferramenta para manejo de uma das principais causas de redução da produtividade do arroz, que é a alta incidência de plantas daninhas, especialmente de arroz-daninho. Isso se deve à possibilidade de se utilizar, na cultura do milho, herbicidas que controlam eficientemente as principais espécies de plantas daninhas da lavoura de arroz irrigado. Com o advento do milho e soja RR (resistentes ao glifosato), tem-se observado que essa eficiência no manejo de plantas daninhas no sistema de produção -pela rotação de culturas- se consolidou; entretanto, cabe mencionar a necessidade de se tomar as precauções necessárias para não se perder os benefícios dessa tecnologia, devendo-se evitar o uso repetido dos mesmos mecanismos de ação dos herbicidas nas culturas. Além desse aspecto, é importante salientar que o controle da principal praga da cultura do milho em áreas de arroz irrigado, a lagarta-do-cartucho, ficou facilitado com o desenvolvimento de híbridos com tolerância a insetos (tecnologia Bt), que já estão sendo amplamente utilizados.

Embora todas essas perspectivas favoráveis para a introdução de milho em áreas de arroz irrigado, existem entraves técnicos e econômicos que têm que ser equacionados para viabilizar de fato o seu cultivo. O principal desafio, do ponto de vista econômico, é a grande oscilação que se verifica ao longo dos últimos anos dos preços de venda do milho, diferentemente do que ocorre com a soja, e seu maior custo de produção em relação ao da soja. Outro desafio importante para viabilizar o cultivo do milho em áreas de arroz irrigado se relaciona ao fato dos orizicultores não terem experiência com essa cultura, o que pode dificultar a adoção das tecnologias já disponíveis, bem como das tecnologias a serem geradas em futuros trabalhos de pesquisa (Silva et al., 2017).

Tecnicamente, o cultivo de milho em áreas de arroz irrigado só se viabiliza com a adequação da área para provê-la com eficientes sistemas de drenagem e de irrigação. Com isso, são equacionados dois dos principais pré-requisitos para o pleno desenvolvimento da cultura, que é muito sensível a estresses, tanto por excesso quanto por deficiência hídrica. Do ponto de vista de qualidade do solo, é também fundamental ter-se a análise deste, para efetuar a correção da acidez antecipadamente à semeadura do milho, bem como para ajustar os níveis de nutrientes à expectativa de produtividade. Já no aspecto físico, chama-

se atenção para identificar e adotar medidas de controle e/ou redução da compactação do solo, aspecto comum nas terras baixas e que prejudica substancialmente o desenvolvimento do milho neste ambiente.

No tocante ao manejo da drenagem e irrigação, algumas das principais indicações para evitar perdas por excesso de água no solo e para potencializar a produtividade de milho em sistemas de produção em terras baixas são destacados:

a. Um dos critérios iniciais a serem estabelecidos é a escolha da área para o cultivo do milho. Quando houver área disponível, deve-se implantar a cultura nos talhões menos propensos ao alagamento ou encharcamento, evitando-se o cultivo nas áreas que são inundadas muito facilmente. Estes locais são conhecidos por alagar com frequência mesmo na ocorrência de precipitações de intensidade fraca ou média e por apresentarem drenagem muito lenta, demorando a secar. Outros locais com alta probabilidade de alagar são os vales de rios e proximidades de canais, que podem elevar seu nível de água e transbordar em função da ocorrência de altos volumes de precipitação em suas cabeceiras. Em resumo, num primeiro momento deve-se dar preferência ao uso de áreas com topografia um pouco mais favorável para a drenagem, ou seja, as que não são muito planas.

b. Deve-se implantar um sistema eficiente de drenagem superficial, com base em estudo prévio do relevo da área. Na ausência de equipamentos de alta precisão, um bom momento para visualizar áreas-problema e fazer este estudo é após as chuvas, quando os locais de acúmulo de água são facilmente visualizados na lavoura. Deve-se, então, demarcar o centro das depressões e posteriormente fazer os drenos, com os canais passando na parte mais baixa das áreas previamente demarcadas. A distância entre os drenos e a profundidade dos mesmos irá variar em função do tipo de solo e declividade do talhão. Os problemas de drenagem localizados podem ser progressivamente minimizados pelo uso de plainas, chamadas de niveladoras do solo, para o posterior valetamento da área. O aplainamento do solo é realizado corrigindo-se o microrrelevo, sem alterar a topografia geral do terreno.

Atualmente existem equipamentos que coletam o plano altimétrico dos talhões com alta precisão e velocidade, cujos dados são processados em software e então incorporados na maquinaria (tratores, valetadeiras e plainas, adaptados à agricultura de precisão), que irá estabelecer a rede de drenos com grande exatidão, ou também ajustar a declividade geral da área visando a drenagem com um alto nível de precisão (informações sobre estas técnicas podem ser obtidas em [Parfitt et al., 2020](#)). Em que pese a possibilidade de se fazer um estudo simples (visual) após as chuvas para direcionar canais de drenagem, esta nova metodologia baseada em processamento digital está se consolidando e tem promovido excelentes resultados no estabelecimento de áreas para cultivo irrigado de milho nas terras baixas do RS.

c. No caso do cultivo do milho ser realizado em áreas tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado, obviamente será utilizada a estrutura pré-existente de macro drenagem da área; entretanto chama-se a atenção quanto à necessidade de limpeza criteriosa destes canais maiores, geralmente externos ao talhão, para que permitam um rápido escoamento da água das chuvas; pouco adianta estabelecer uma rede densa de canais internos se a macro-drenagem não permitir escoar rapidamente o excesso de água. Já no interior dos talhões, é relevante mencionar os cuidados quanto aos drenos internos (a rede de micro canais), pois no processo de semeadura a terra revolvida pelo maquinário pode bloquear estes drenos, retardando ou impedindo o escoamento da água. Mesmo pequenos torrões ou montículos de terra dentro dos drenos retardam o escoamento da água e podem causar perdas no milho. Após a semeadura, portanto, estes canais devem ser conferidos e refeitos e/ou desobstruídos caso necessário.

d. Além de prover a área com um sistema eficiente de drenagem, uma técnica que deve ser estimulada é a utilização de camalhões, que podem ser de diversos tamanhos, em cima dos quais se faz a adubação e a semeadura do milho. Em áreas muito planas

(declive menor que 0,5%) e uniformes, pode-se utilizar a técnica de camalhões de base larga, que consiste na construção de camalhões largos e em sequência, de modo que na junção dos camalhões exista uma depressão que funciona como dreno. Os camalhões podem ser construídos com arados de aiveca, de discos ou com plainas. O sentido de construção é dado pela declividade predominante do terreno e a altura no centro dos camalhões varia de 10 a 35 cm, de acordo com o maquinário usado na confecção. Este limite propicia uma drenagem adequada do solo e, ao mesmo tempo, não é muito alto a ponto de dificultar as práticas agrícolas mecanizadas e nem acarretar preparo de solo demasiadamente pesado para o cultivo do arroz no sistema de rotação. O comprimento pode atingir até 900m, e a largura varia, normalmente entre 4 a 20 m, o suficiente para comportar a largura das semeadoras ou múltiplos destas. O custo de construção dos camalhões de base larga não difere do custo de preparo convencional da cultura do arroz irrigado, o qual envolve lavração, gradagem, rolagem e aplainamento. Um aspecto positivo do sistema de camalhões base larga é sua resiliência estrutural, permitindo a implantação de sistemas conservacionistas como o plantio direto com integração lavoura-pecuária nas terras baixas. Esta técnica propicia um sistema de drenagem que pode permanecer na área por várias safras agrícolas, o que dilui muito os custos de manejo de solo. A Figura 9.5 demonstra, sinteticamente, a confecção destes camalhões. Informações mais detalhadas podem ser obtidas junto à Embrapa Clima Temperado e em publicações específicas sobre o tema (ex.: [Silva et al., 2006](#) e [Embrapa..., 2023](#)).

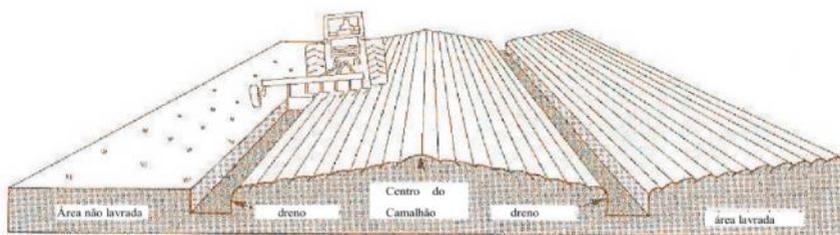


Figura 9.5 Confecção de camalhões de base larga.

e. Em áreas sistematizadas, com ou sem declive, pode também ser utilizado o sistema sulco/camalhão, o qual, além de garantir boa drenagem, possibilita a irrigação por sulcos (Figura 9.6). Estes camalhões estreitos (de uma ou duas linhas pareadas da cultura) são também denominados de microcamalhões e são construídos com máquinas específicas para essa finalidade. Uma peculiaridade para utilizar este sistema é que os camalhões e sulcos devem ser feitos no sentido da declividade do terreno, para facilitar o escoamento do excesso de água. Pode-se cultivar de uma a três linhas de milho sobre o camalhão, sendo que a formação com duas linhas é a que tem predominado no RS. O grande ganho desta tecnologia é que pode-se aproveitar esta estrutura para irrigar o milho, com “banhos” rápidos e drenagem imediata da área. Para a implantação do método em grandes áreas, coleta-se o plano altimétrico do talhão, cujos dados são processados e repassados ao maquinário, que irá ajustar a declividade do terreno de acordo à necessidade. Este sistema tem apresentado excelente custo-benefício quando comparado à irrigação por aspersão, adequa-se aos solos planos e vem, de fato, promovendo altas produtividades no cultivo de milho em áreas de terra baixas. Detalhes sobre a implantação da técnica e manejo da irrigação no sistema podem ser obtidos em publicações recentes sobre o assunto (ex.: [Parfitt et al., 2023](#)).

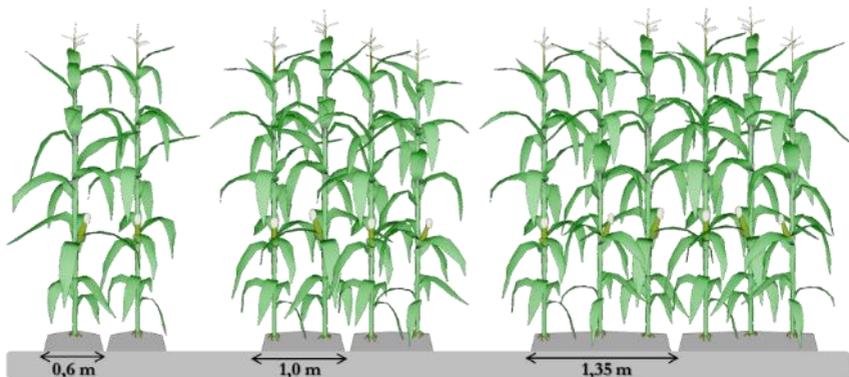


Figura 9.6 Milho em sistema sulco-camalhão com 1, 2 ou 3 linhas de cultivo por camalhão, com respectivas larguras dos camalhões em valores aproximados.

f) Outra tecnologia que pode ser empregada no cultivo de milho em terras baixas é a de irrigação por sulcos, que também aproveita a infraestrutura já existente de irrigação da cultura do arroz, mas distribui água ao cultivo do milho por meio de sulcos equidistantes feitos com valetadeiras ou outros implementos como sulcadores. Esta forma de irrigação, embora relativamente simples, pode evitar que ocorram grandes perdas na produtividade quando houver deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento do milho, principalmente no período mais crítico que é de duas semanas antes a duas semanas após o espigamento. Os planossolos, classe de solo predominante nas terras baixas do sul do RS, apresentam baixo teor de matéria orgânica, e tem em sua maioria uma textura arenosa, sendo suscetíveis à ocorrência de deficiência hídrica. Nesse sentido, a irrigação por sulcos é uma alternativa interessante, geralmente associada a menor custo e menor exigência em maquinário quando comparada ao sistema sulco-camalhão. Para a irrigação por sulcos, a declividade da área deve ser uniforme, com uma faixa de declive adequada situando-se entre 0,1% a 0,5%, sendo o valor intermediário de 0,3% o que proporciona irrigação mais uniforme. Estes são valores médios, e esta faixa pode ser menor, dependendo das condições específicas de cada talhão. A Figura 9.7 ilustra simplificada a conformação dos sulcos no cultivo de milho. Os sulcos devem ser confeccionados no sentido da inclinação do terreno, sendo o comprimento e distância entre sulcos variável de acordo como tipo de solo e declividade. Via-de-regra empregam-se -no máximo- quatro linhas de cultivo entre um sulco e outro, para que se tenha uniformidade na distribuição da água para as plantas da cultura. Em que pese esta técnica possibilitar irrigar os cultivos e atenuar perdas, chama-se a atenção que esta tecnologia não é focada em drenagem, tampouco resolve problemas associados à compactação dos solos; estes problemas são bem mais eficientemente resolvidos ou otimizados pela técnica de sulco-camalhão, anteriormente descrita.

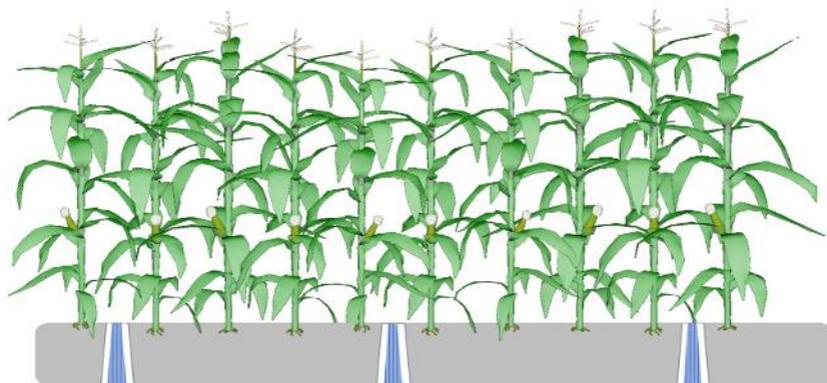


Figura 9.7. Ilustração simplificada de sulcos de irrigação implantados a cada quatro fileiras de milho.

Em síntese, no milho, o uso da irrigação é um pré-requisito essencial para que se possa alcançar altos tetos produtivos e utilizar com eficiência as práticas necessárias de manejo de alto nível, como adubação, época de semeadura, escolha de híbrido adaptado às condições de solos hidromórficos e densidade adequada de plantas. Um aspecto importante ao contexto é o arranjo de plantas, especialmente no que se relaciona à densidade por área e espaçamento entrelinhas, uma vez que esse é um dos principais fatores que define a produtividade de grãos. Nesse sentido, esforços têm que ser feitos para se ter a garantia do estabelecimento de uma lavoura uniforme e na densidade correta. A semeadura em velocidade baixa é um dos fatores mais associados à alta qualidade do plantio de milho em terras baixas (equidistância entre sementes, cobertura das sementes, uniformidade de profundidade, e distância entre a semente e o adubo), especialmente em solos com pouca cobertura vegetal e com uma presença acentuada de torrões, condições comumente encontradas nos planossolos.

Por fim, menciona-se o fato de que, atualmente, a maior parte da área de arroz irrigado é cultivada com variedades do Sistema Clearfield, em que se utilizam herbicidas do grupo das imidazolinonas. Em função das plantas de milho e de sorgo serem sensíveis ao efeito residual desses herbicidas, há que se ter cuidado com seu cultivo em rotação com arroz irrigado em áreas em que foram utilizados esses herbicidas, tendo em vista a possibilidade de fitotoxidez a estes cultivos. Assim, após o cultivo intensivo de arroz, orienta-se para que se realizem práticas como a calagem e a manutenção das áreas drenadas (secas) durante o período de inverno, o que contribui na dissipação destes herbicidas no solo; além disso, pode-se fazer no primeiro ano pós-arroz a rotação com o cultivo de soja (mais tolerante aos herbicidas), para implantação do milho ou do sorgo somente na segunda safra.

9.9 Referências

CARAFFA, Marcos; EIDELWEIN, Diego, Mychael; MOTTA, Fábio Antônio da; BALSAN, Djonata; ROBERTI, Leonardo José. **Interação ambiente com a viabilidade técnica e financeira de sistemas de sucessão cultural, RS, 2019/2020.** IN: MARTIN, T. n. et al (Org.). *Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 43. Atas e Resumos 2023.* Santa Maria: UFSM, 2023. 660 p.

CARAFFA, Marcos; FRONZA, Darlan; TURA, Guilherme Marusak; BOLES, Jonas José

Zamo; GALIOTTO, Rodrigo. **Interação ambiente com a viabilidade técnica e financeira de sistemas de sucessão cultural, RS, 2020/2021**. IN: MARTIN, T. n. et al (Org.). *Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 43. Atas e Resumos 2023*. Santa Maria: UFSM, 2023. 660 p.

DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola**. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2010. 326 p.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Catálogo de Tecnologias – 2023**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 70p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1153885/1/Catalogo-de-Tecnologias-20230519.pdf>

GARCIA FILHO, D. P. INCRA/FAO. **Guia metodológico**: diagnóstico de sistemas agrários. Brasília: INCRA/FAO - Projeto de Cooperação Técnica, 1999. 65 p.

PARFITT, J.M.B.; BUENO, M.V.; BERGMANN, H.M.; VEBER, P.M. (et al.). **Modelos para Sistematização nas Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Documentos 489, 22p., 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218872/1/DOCUMENTOS-489.pdf>.

PARFITT, J.M.B.; SCIVITTARO, W. B.; ANDRES, A.; CONCENÇO, G. (et al.). **Sistema sulco-camalhão em área suavizada para o cultivo de espécies de sequeiro em terras baixas**. Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica 245, 13p., 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1159573/1/CIRCULAR-245.pdf>.

SILVA, J.J.C.; RAUPP, A.A.; SILVA, C.A.S.; THEISEN, G. **Camalhões de base larga: uma opção para drenagem superficial de várzeas muito planas na região costeira do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica 56, 8p., 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30813/1/Circular-56.pdf>.

Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. – Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205 p.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; PAGLIARINI, N.H.F. **Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do Brasil**. Lages (SC): Graphel, 2016, 122 p.

SANTOS, H.P. dos; POTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.

SILVA, P.R.F. DA; MARCHESAN, E.; SHOENFELD, R. Rotação e sucessão de culturas. In: EMYGDIO, B.M.; ROSA, A.P.S.A.; OLIVEIRA, A.C.B. de. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa, Brasília, 2017. p.267-284.

SILVA, P.R.F.; MARCHESAN, E.; ANGHINONI, I. **Milho no contexto da lavoura arrozeira: potencialidades, desafios e avanços**. Circular Técnica do IRGA, No. 006/junho/2020. 12p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p.

TOMM, Gilberto Omar. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. 68 p.