

Embrapa

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

ISSN 1516-8840

Outubro, 2002

Documentos89

Rotação de Culturas em Áreas de Várzea e Plantio Direto de Arroz

*Algenor da S. Gomes
Marilda Pereira Porto
José Maria Barbat Parfitt
Cláudio Alberto Souza da Silva
Rogério O. de Souza
Eloy Antônio Pauletto*

Pelotas, RS
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403
Fone: (53) 275 8199
Fax: (53) 275 8219 - 275 8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Mário Franklin da Cunha Gastal
Secretário-Executivo: Maria Eneida Tombezi
Membros: Ariano Martins Magalhães Junior, Flávio Luiz Carpena Carvalho,
Darcy Bitencourt, Cláudio José da Silva Freire, Vera Allgayer Osório
Suplentes: Carlos Alberto Barbosa Medeiros e Eva Choer

Supervisor editorial: Maria Devanir Freitas Rodrigues
Revisoras de texto: Maria Devanir Freitas Rodrigues/Ana Luiza Barragana Viegas
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica e capa: Sérgio Ilmar Vergara dos Santos

1ª edição

1ª impressão (2002): 200

Todos os direitos reservados.

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

Rotação de culturas em área de várzea e plantio direto de arroz / Algenor da Silva Gomes ... [et al]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002.
65 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 89)

ISSN 1516-8840

1. Solo - Várzea - Rotação de cultura - Drenagem - Descompactação - Fertilidade.
2. Arroz irrigado- Plantio direto . I GOMES, Algenor da Silva. II Série

CDD 633.18

© Embrapa 2002

Autores

Algenor da Silva Gomes

Pesquisador, M. Sc.
Manejo do Solo/ Física do solo
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: algenor@cpact,embrapa.br

Marilda Pereira Porto

Pesquisador, M. Sc.
Melhoramento de Plantas - Milho
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403.
96001-970 Pelotas, RS.
E-mail: marilda@cpact.embrapa.br

José Maria Barbat Parfitt

Pesquisador, M. Sc.
Irrigação e Drenagem
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: parfitt@cpact,embrapa.br

Claudio Alberto Souza da Silva

Pesquisador, M. Sc.
Irrigação e Drenagem
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: claudio@cpact,embrapa.br

Rogério Oliveira de Sousa

Professor, Dr.
Fertilidade do Solo
Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel"- UFPel
Caixa Postal 354
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: rsousa@ufpel.tche.br

Eloy Antonio Pauletto

Professor, Dr.
Física do Solo
Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel"- UFPel
Caixa Postal 354
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: pauletto@ufpel.tche.br

Apresentação

Os solos de várzea desenvolvidos no Rio Grande do Sul ocupam uma área de aproximadamente 5,4 milhões de hectares, o que corresponde a 20% da área do Estado. São solos com relevo plano a suave ondulado, desenvolvidos, em condições variadas de deficiência de drenagem (hidromorfismo). Neste ecossistema, desenvolveu-se o sistema produtivo pecuária de corte extensiva e arroz irrigado, utilizado com sucesso por muitas décadas.

A partir da constatação, por parte dos produtores e técnicos, de que o atual sistema de produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, por suas características peculiares, tem contribuído para onerar os custos de produção, disseminar nas lavouras sementes de plantas daninhas e degradar, ainda mais, o estado físico dos solos de várzea, surgiu o interesse pela utilização de novas alternativas que fossem, ao mesmo tempo, eficientes no controle do arroz vermelho, economicamente viáveis e capazes de manter ou mesmo recuperar a qualidade do solo.

A Embrapa Clima Temperado, atenta às demandas do setor produtivo, com especial atenção ao setor orizícola, tem desenvolvido esforços, por meio de seus pesquisadores e com a colaboração de professores da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), na busca de novas tecnologias que viabilizem a adoção da rotação de culturas e dos sistemas plantio direto e cultivo mínimo do arroz irrigado, em áreas de várzea.

Este documento, que nos orgulhamos em disponibilizar, apresenta resultados que demonstram a viabilidade técnica do uso dos sistemas plantio direto e cultivo mínimo do arroz irrigado, além do cultivo de espécies de sequeiro em áreas de várzea, bem como os benefícios advindos da adoção destes sistemas, tais como, a maior produtividade e a melhoria da qualidade do solo.

Arione da Silva Pereira
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Rotação de culturas em áreas de várzea e indicadores de qualidade do solo	9
1. Características gerais dos solos de várzea do Rio Grande do Sul.....	9
2. Problemas associados ao sistema produtivo predominante.....	12
3. Problemas associados ao sistema de cultivo de arroz.....	14
4. Alternativas ao sistema convencional de cultivo do arroz.....	15
5. Rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea.....	15
6. Requisitos à implantação de culturas de sequeiro em áreas de várzea...	16
6.1 Redução da sensibilidade das culturas ao excesso de água no solo..	17
6.2 Melhoria da Qualidade do solo.....	19
6.2.1 Drenagem dos solos de várzea.....	20
6.2.2 Descompactação do solo.....	21
6.2.3 Aumentar a estabilidade de agregados e reduzir o Encrostamento superficial.....	24
6.2.4 Melhorar a fertilidade dos solos.....	25
7. Irrigação.....	26
8. Potencialidade das culturas de sequeiro em áreas de várzea.....	27
9. Benefícios da rotação para o arroz irrigado.....	30
10 Rotação de culturas em áreas de várzea e o sistema plantio direto.....	33
11 Considerações finais.....	36
12 Referências bibliográficas consultadas.....	36

Plantio direto e cultivo mínimo em solos de várzea, com ênfase ao arroz irrigado.....	42
1. Introdução.....	42
2. Os sistemas PD e CM: conceitos e requisitos.....	43
3. Adoção dos sistemas PD e CM em arroz irrigado.....	43
4. Os sistemas PD e CM em solos altos e em áreas de arroz irrigado.....	44
5. A implantação dos sistemas PD e CM em arroz irrigado.....	45
5.1 Preparo do solo.....	45
5.2 Formação da cobertura vegetal.....	46
5.2.1 Formação de ácidos orgânicos.....	47
5.2.2 Dessecação da cobertura vegetal.....	48
5.3 Drenagem e irrigação do solo.....	49
5.4 Adubação do arroz irrigado.....	50
5.5 Semeadura da cultura do arroz irrigado.....	51
5.6 Controle de plantas daninhas.....	52
6. Rendimento de grãos de arroz nos sistemas PD e CM.....	54
7. Influência do PD e CM sobre atributos físicos de solos de várzea.....	55
8. O PD e CM em culturas alternativas ao arroz irrigado.....	57
9. Sustentabilidade dos sistemas PD e CM.....	59
10. Vantagens do PD e CM para o arroz irrigado.....	61
11. Limitações à expansão dos PD e CM em arroz irrigado.....	62
12. Considerações finais.....	62
13. Referências Bibliográficas consultadas.....	62

Rotação de culturas em áreas de várzea e indicadores de qualidade do solo

Algenor da S. Gomes

Marilda Pereira Porto

José Maria Barbat Parfitt

Claudio Alberto Souza da Silva

Introdução

1. Características gerais dos solos de várzea do Rio Grande do Sul

Os solos de várzea, encontrados nas planícies de rios e lagoas do Rio Grande do Sul, apresentam como característica comum a formação, em condições variadas, de deficiência de drenagem (hidromorfismo). Ocupam extensas áreas, com relevo variando de plano a suave ondulado, abrangendo aproximadamente 5,4 milhões de hectares, o que representa 20% da área total do do Estado.

São áreas mais ou menos contínuas, mecanizáveis e facilmente irrigadas, sendo encontradas principalmente nas regiões Litoral, Encosta do Sudeste, Depressão Central, Campanha e Campanha/Missões (Figura 1).

Associados aos aspectos de má drenagem, os solos de várzea ou hidromórficos apresentam ainda, em sua maioria, densidade e relação micro/macroporos naturalmente elevadas, além de baixa capacidade de armazenamento de água na camada superficial, principalmente os que apresentam horizonte superficial A raso, de textura predominantemente franco-arenosa. Essas características, em alguns casos combinadas a uma fertilidade natural de média a baixa, dificultam a utilização de uma agricultura diversificada. Assim, em tais condições, desenvolveu-se o sistema produtivo pecuária de corte extensiva e arroz irrigado.



Fig. 1. Áreas de ocorrência dos solos de várzea no Rio Grande do Sul.
Fonte: Pinto et al. (1999). Dados adaptados de IBGE, 1986.

Os solos de várzea, em função da heterogeneidade do material de origem e dos diferentes graus de hidromorfismo, apresentam grande variação nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, o que leva a serem agrupados em diferentes classes, com diferentes limitações e aptidões de uso. As principais classes em que estão incluídos os solos de várzea do RS, segundo a nova nomenclatura, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Principais classes de solos de várzea do Rio Grande do Sul e suas áreas absolutas e relativas.

Classe	Área (ha)	Estado %	Várzea %
Planossolo Hidromórfico	1.683.500	6,23	31,19
	Vacacaí		
	Pelotas e Pelotas/Formiga*, Pelotas/ Lagoa e Pelotas/Guaíba, Mangueira (parte)	3,40	17,00
Planossolo Háptico	237.500	0,88	4,40
	São Gabriel e São Gabriel/Alto das Canas	0,68	3,40
	Bagé	0,98	4,88
Gleissolo Háptico	263.500	0,43	2,17
	Banhado	1,00	4,99
Gleissolo Melânico	117.400	0,51	2,53
	Colégio, Itapeva, Taim, Taim/ Mangueira	0,88	4,41
Chernossolo Ebânico	269.500	0,84	4,19
	Uruguaiana	0,19	0,94
Chernossolo Argilúvico	136.500	0,09	0,46
	Formiga e Formiga/Banhado	0,91	4,56
	Ponche Verde		
	Vila		
Chernossolo Háptico	226.000		
	Escobar		
Vertissolo Ebânico	51.000		
	Durasnal		
Plintossolo Argilúvico	25.000		
	Parte Virgínia (Luvissole Crômico)		
Neossolo Quartzarênico	246.000		
	Parte Tuia (Argissolo Vermelho-Amarelo)		
Hidromórfico	179.500	0,66	3,33
	Lagoa e Lagoa/Taim/Mangueira	0,58	2,89
Neossolo	156.000	0,68	3,39
	Curumim e Curumim/Itapeva	0,52	2,59
Quartzarênico Órtico	183.000	0,18	0,90
	Osório		
Neossolo Flúvico	140.000	0,36	1,78
	Ibicuí		
	Guaíba		
Total	5.398.400	20,00	100,00

Fonte: Dados adaptados por Pinto et al. (1999)

Unidades de mapeamento unidas por " / " significam associações.

2. Problemas associados ao sistema produtivo predominante

A baixa rentabilidade do sistema produtivo pecuária de corte extensiva e arroz irrigado, desenvolvido, preferencialmente, nos solos de várzea do RS, pode estar relacionada aos baixos índices de produtividade do primeiro componente do sistema e aos elevados custos de produção do outro componente, o arroz irrigado.

Os baixos índices de produtividade da pecuária de corte são causados, em grande parte (80 %), pelas deficiências quantitativa e qualitativa da alimentação, verificadas, principalmente, no outono e inverno. Associados ao problema alimentar, podem ser citados outros, como o uso de técnicas pouco racionais de manejo, o baixo nível de genética e aspectos sanitários.

Nas regiões do RS onde predominam os solos de várzea, a pecuária é conduzida, principalmente, sobre pastagens naturais, restevas de culturas ou sobre flora de sucessão, todas, normalmente, de baixa qualidade. Os índices de produtividade obtidos nestas áreas assemelham-se àqueles verificados nas demais áreas do Estado. No inverno, as perdas de peso vivo em bovinos de corte, podem atingir 20% do peso ganho no período primavera-verão. Altos índices de mortalidade, baixo índice de reprodução e uma taxa de desfrute de apenas 12% são reflexos dos problemas alimentares ocorridos, notadamente no outono-inverno. Na Tabela 2, são enumerados os índices médios, obtidos atualmente na pecuária de corte no RS, e aqueles possíveis de serem alcançados sem dispêndios mais significativos.

Tabela 2. Índices médios atuais e possíveis de serem alcançados na pecuária de corte do RS.

DESCRITORES	ÍNDICES ATUAIS	METAS A ALCANÇAR
Lotação média	0,7 cabeça ha ⁻¹ ano ⁻¹	1,2 cabeça ha ⁻¹ ano ⁻¹
Natalidade	50%	75 %
Mortalidade do rebanho	6 %	2 %
Mortalidade terneiro até o desmame	14,2 %	4 %
Idade da 1ª parição	4 anos	3 anos
Idade de abate	4 a 5 anos	2 a 3 anos
Desfrute médio	12 %	20%
Produtiv. – terminação	100 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ – peso vivo	300 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ – peso vivo
Produtiv. – ciclo completo	80 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ – peso vivo	160 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ – peso vivo

Fonte: Informações verbais fornecidas pelo pesquisador do CPACT, Dr. José Carlos Reis (1999).

Com relação à lavoura de arroz irrigado no RS, a baixa rentabilidade está associada a diferentes fatores, destacando-se os elevados custos de produção e o uso inadequado de práticas de manejo da cultura. A dependência de crédito para o custeio da lavoura, cada vez mais escasso e seletivo, com produtores utilizando recursos próprios ou de terceiros, a juros de mercado, leva à descapitalização destes. O alto custo de arrendamento (60% dos produtores gaúchos são arrendatários, pagando, em média, 15% da produção bruta) e repetidas intervenções governamentais no mercado, são algumas das ações com reflexos diretos no custo de produção. As práticas de manejo utilizadas de forma inadequada acarretam perdas na produção e, em alguns casos, podem inviabilizar áreas de cultivo, em decorrência da alta infestação com arroz daninho (*Oryza sativa*).

Na Figura 2, observa-se estabelecer uma relação entre o número de sacos de arroz que devem ser produzidos por hectare para que seja atingido o custo de produção da lavoura de arroz do RS (ponto de equilíbrio), e a produtividade obtida nos últimos dez anos. Constata-se que a produtividade, com exceção da safra 99/00, na qual foi nitidamente superior à correspondente ao ponto de equilíbrio, esteve muito próxima ou abaixo desta, indicando prejuízos ou margens de lucro muito estreitas.

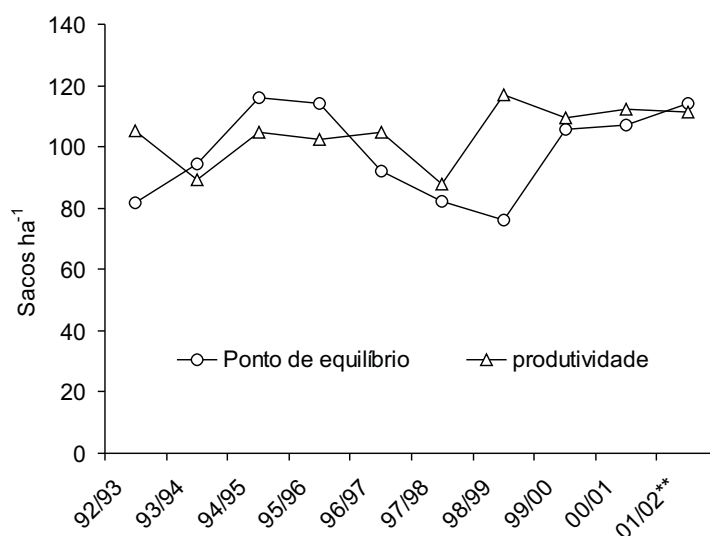


Fig. 2. Relação entre o ponto de equilíbrio (sacos ha⁻¹) e a produtividade de arroz no RS, nos últimos 10 anos.

Fonte: IRGA - Departamento Comercial e Industrial- Equipe de Política Setorial (2002).

Elaboração: Isabel H. V. Azambuja.

3. Problemas associados ao sistema de cultivo de arroz

A utilização cada vez mais intensa dos solos de várzea do Estado, com o cultivo do arroz no sistema convencional, associado à monocultura, tem aumentado a pressão de invasoras nas áreas utilizadas com a cultura. A pressão evidencia-se em termos quantitativos e qualitativos, pois espécies como angiquinho (*Aeschynomene sp.*) e ciperáceas (*Cyperus sp.*), que há pouco tempo eram consideradas plantas daninhas de importância secundária, principalmente em relação ao arroz-vermelho e ao capim-arroz (*Echinochloa sp.*), atualmente já são problemas em determinadas áreas do Rio Grande do Sul.

Os arroz daninho (vermelho e preto), por suas características, e pela prática do monocultivo e do uso de sementes de arroz de baixa pureza física, é uma das plantas daninhas que mais tem concorrido para a redução da produtividade do arroz irrigado no RS, podendo reduzir em até 20% a produção total do Estado, contribuindo, assim, de forma decisiva para a redução dos lucros dos orizicultores. Em decorrência da infestação com plantas daninhas, os solos de várzea, cultivados com arroz irrigado no RS, são utilizados com arroz um ano, no máximo dois em seqüência, e após ficam em pousio, por períodos de três ou mais anos. Durante este intervalo de tempo, os solos são explorados com pecuária de corte extensiva, a qual apresenta, como visto anteriormente, índices de produtividade muito baixos. Esses solos poderiam ser mais bem utilizados, se fossem introduzidas no sistema produtivo culturas alternativas ao arroz irrigado, como milho, soja, sorgo e trigo, além da utilização de pastagens cultivadas.

As ações de manejo do solo, com vistas ao processo de semeadura da cultura do arroz, são concentradas em uma estreita faixa de tempo, o que exige uma elevada capacidade instalada de HPs por hectare, predominando máquinas grandes e pesadas (Figura 3), o que contribui para o encarecimento do processo produtivo. Além disso, o sistema convencional de cultivo caracteriza-se por intensas atividades de mecanização agrícola para o preparo do solo (Figura 3), que associadas às operações de colheita, concorrem para a degradação deste.



Fig. 3. Trator e grade utilizados no manejo do solo para o cultivo do arroz (a) e perdas de solo em função do intenso preparo (b).

Fotos: A. da S. Gomes.

4. Alternativas ao sistema convencional de cultivo do arroz

A partir da constatação, por parte de produtores e técnicos, de que o atual sistema de produção de arroz irrigado no RS, por suas características peculiares, tem contribuído para onerar os custos de produção, disseminar nas lavouras sementes de plantas daninhas e degradar, ainda mais, o estado físico dos solos de várzea, surgiu o interesse pela utilização de novas alternativas que fossem, ao mesmo tempo, mais eficientes no controle do arroz vermelho, economicamente mais viáveis e capazes de manter, ou mesmo, recuperar a qualidade do solo. Dentre estas alternativas, destacam-se o plantio direto (PD), o cultivo mínimo (CM) e a rotação de culturas (Figura 4).



Fig. 4. Alternativas de sistemas de cultivo em solos de várzea: plantio direto (a) e rotação de culturas associada ao plantio direto (b).

Fotos: A. da S. Gomes.

5. Rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea

A rotação de culturas pode ser definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas num espaço de tempo, na mesma lavoura, obedecendo a finalidades definidas, sendo que uma espécie vegetal não é repetida no mesmo lugar com intervalo menor do que dois anos e, se possível, três ou mais. Já a sucessão de culturas é conceituada como a seqüência preestabelecida de culturas dentro do mesmo ano agrícola.

As culturas de sequeiro mais utilizadas em rotação ou em sucessão com o arroz irrigado são o milho, a soja e o sorgo (Figura 5), além de algumas espécies de pastagens cultivadas. A utilização dessas culturas em solos de várzea, cultivados com arroz irrigado, visa a diminuir os níveis de infestação de plantas daninhas nas lavouras de arroz, principalmente do arroz-vermelho, melhorar o uso do solo e sua qualidade, otimizar o uso das máquinas e da mão-de-obra, diversificar a renda, quebrar ciclos de doenças e pragas e aumentar a rentabilidade da área.

Embora, comprovadamente, a rotação apresente grandes benefícios, a sua utilização em solos hidromórficos, no RS, ainda está limitada a poucas propriedades. Os problemas referentes à alta sensibilidade da maioria das espécies cultivadas ao excesso de água no solo, às condições físicas e químicas do solo desfavoráveis (solo com baixa qualidade), a problemas culturais e, em alguns casos, a dificuldades de comercialização, têm impedido a expansão de culturas de sequeiro nos solos de várzea, cultivados com arroz irrigado.



Fig. 5. Cultivo de milho (a) e soja (c) em solos de várzea no RS.
Fotos: (a e b) - J. M. B. Parfitt.

6. Requisitos à implantação de culturas de sequeiro em áreas de várzea

O sucesso da rotação de culturas em solos de várzea dependerá, além da identificação e do desenvolvimento de genótipos de plantas mais tolerantes ao excesso de água no solo (de médio a longo prazo), da adoção de práticas de manejo que possibilitem minimizar as limitações decorrentes da qualidade inadequada destes solos (curto prazo), reflexo de suas condições físicas, químicas e biológicas, normalmente desfavoráveis às espécies mesófitas.

O manejo dos solos de várzea pode parecer simples, quando analisado sob o ponto de vista topográfico e de facilidades de irrigação e de mecanização. Entretanto, quando se pretende utilizá-los com outras espécies produtoras de grãos, em rotação com o arroz irrigado, o manejo pode ser de extrema complexidade, devido às suas peculiares, principalmente aqueles relacionados ao seu estado físico e à condição de relevo plano, o que dificulta a drenagem destes solos.

Na introdução e implementação de sistemas de rotação com culturas de sequeiro, em áreas de várzea, deve-se levar em conta três fatores principais: correção das desuniformidades do microrrelevo, por meio da adequação da superfície do terreno, sistematização ou aplainamento, rompimento de camadas compactadas e correção da fertilidade e acidez.

6.1 Redução da sensibilidade das culturas ao excesso de água no solo

O excesso de água no solo reduz o nível de O_2 e, conseqüentemente, a taxa de difusão (TDO), afetando dessa forma o crescimento e o desenvolvimento das espécies de sequeiro. O comportamento destas espécies é variável em relação à TDO no solo. Todavia, o crescimento das raízes das maioria das plantas é limitado quando a taxa de difusão de O_2 no solo for menor que $0,2 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, ou quando o espaço poroso do solo, ocupado com ar, for menor que 10%.

A extensão de danos decorrentes do encharcamento do solo depende de vários fatores, incluindo a duração do período de saturação, o estágio de desenvolvimento da planta, a espécie e as condições ambientais. Entre os sintomas, os mais comuns são a clorose, senescência e abscisão das folhas mais velhas, formação de raízes adventícias na parte mais baixa do colmo, e de lenticelas, além do declínio na taxa de crescimento relativo.

A Figura 6 mostra o grau de sensibilidade das culturas de milho e de soja, ao excesso de água no solo. Normalmente, o milho se mostra mais sensível em relação à soja, e esta em relação ao sorgo. Os períodos mais críticos quanto ao encharcamento do solo para as três culturas, de modo geral, correspondem às fases iniciais de desenvolvimento (estabelecimento das plantas) e à floração. No caso da soja, o período de enchimento de grãos também se mostra crítico.



Fig.6. Aspectos relacionados à sensibilidade ao excesso de água no solo, do milho envolvendo dois genótipos (a), e da soja (b).

Fotos: (a) M. P. Porto; (b) M. F. C. Gastal

A Embrapa Clima Temperado vem desenvolvendo ações no sentido de viabilizar o cultivo de espécies de sequeiro em áreas de várzea, cultivadas com arroz irrigado. Consta-se a necessidade de adaptação das culturas ao excesso

de água (hidromorfismo) do solo, aspecto predominante, principalmente por meio do melhoramento genético, bem como de adequação do manejo dos recursos solo e água, para obtenção de altos rendimentos, mediante a melhoria de sua qualidade.

Dentro do sistema de produção de culturas de sequeiro, destaca-se a adaptação de genótipos para as condições específicas dos solos de várzea. Tem sido demonstrada a existência de características de adaptação, em cultivares de soja, ao excesso de água no solo. Trabalhos realizados pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS) e pela Embrapa Clima Temperado, nos últimos anos agrícolas, concluíram que as cultivares indicadas para semeadura no Rio Grande do Sul apresentam variabilidade genética para tolerância a condições de excesso de água no solo, podendo ser identificadas as mais adaptadas, evitando-se reduções drásticas de rendimento nessas condições. Devido à importância da incidência de doenças na soja, nos últimos anos, e sendo o uso de cultivares resistentes a melhor forma de controle, a escolha da cultivar depende do conhecimento sobre a interação cultivar x doença e do histórico das doenças ocorrentes na área a ser cultivada. Como novas cultivares são lançadas no mercado anualmente, é necessário adquirir conhecimento atualizado.

A escolha de cultivares para semeadura constitui-se num dos fatores de grande importância para o sucesso da lavoura de sorgo granífero. Cultivares desenvolvidas por entidades oficiais e empresas particulares são testadas no RS, desde 1976, com o objetivo de avaliar o rendimento de grãos, através de uma rede de ensaios que inclui áreas de várzeas do Litoral e da Campanha. De modo geral, os híbridos de melhor potencial produtivo no Estado são também os de melhor desempenho em várzea.

Para avaliar o desempenho produtivo de híbridos comerciais de milho, em áreas de arroz irrigado, a Embrapa Clima Temperado conduz, desde 1986/87, testes de cultivares em diferentes municípios do RS, cujos resultados médios de rendimento de grãos se encontram na Figura 7. O trabalho, em conjunto com outras observações, possibilitou a elaboração de uma relação das cultivares preferenciais de milho para várzeas, levando-se em conta a estabilidade de produção, características favoráveis e a sua presença no Registro Nacional de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Esta relação não exclui, de forma alguma, as recomendações feitas pelos obtentores dos materiais genéticos, nem serve como instrumento oficial de financiamento e/ou seguro agrícola. Apenas fornece aos produtores uma síntese das cultivares avaliadas em uma condição peculiar de cultivo, no caso, os solos hidromórficos do Rio Grande do Sul.

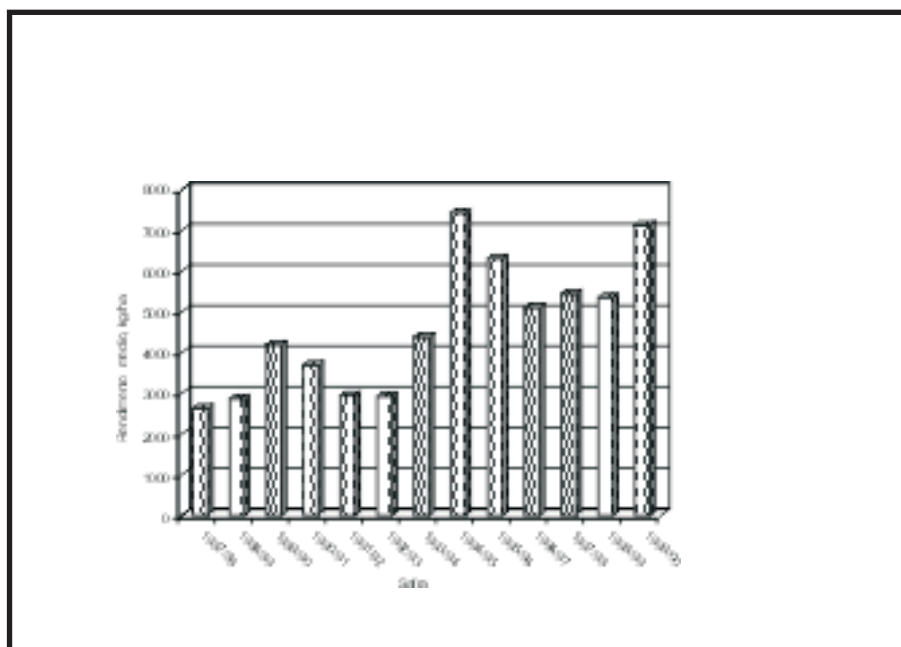


Fig. 7. Rendimento médio de grãos obtido nos ensaios de competição de cultivares de milho, em áreas de rotação com arroz irrigado, nos municípios de Jaguarão, Santa Vitória do Palmar e Bagé, RS, em 13 safras agrícolas.

6.2 Melhoria da Qualidade do solo

O entendimento do que seja um solo com qualidade depende das prioridades previamente estabelecidas. Todavia, deve-se considerar a funcionalidade múltipla do solo para não comprometer, no futuro, o desempenho de algumas de suas funções. Portanto, um determinado tipo de solo pode ser considerado com qualidade, em *lato sensu*, quando apresentar a capacidade, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de manter a produtividade vegetal e animal, melhorar a qualidade do ar e da água e possibilitar a saúde humana e a habitação. Normalmente a qualidade do solo, assim como a humana, é avaliada por um conjunto de indicadores.

Os indicadores da qualidade incluem, além de indicadores visuais, atributos e processos físicos, químicos e biológicos, cujas alterações podem ser medidas e monitoradas no solo. Em áreas de várzea, para que se possa, na atualidade, cultivar com sucesso espécies de sequeiro, como o milho e a soja, entre outras, é fundamental que se procure identificar qual ou quais indicadores de qualidade se mostram mais sensíveis. Via de regra, a drenagem (Figura 8), em decorrência da baixa porosidade total, da alta relação micro/macroporos, da baixa condutividade hidráulica e do relevo predominantemente plano dos solos

de várzea, mostra-se como o fator mais limitante, embora outros aspectos, como a presença de camadas compactadas próximas à superfície, a tendência de ocorrência de encrostamento ou selamento superficial e a deficiência hídrica, também possam ser limitantes ao cultivo de espécies de sequeiro nestes solos.

6.2.1 Drenagem dos solos de várzea

As condições de drenagem apresentadas pelos solos de várzea do RS são variadas, predominando áreas com drenagem deficiente (Figura 8). Quanto a este aspecto, a região da Depressão Central é a que tem maior quantidade de área, com riscos de inundações temporárias, sendo consideradas inaptas ao cultivo de espécies de sequeiro; a Planície Costeira apresenta solos com bom potencial produtivo, desde que seja instalado um eficiente sistema de drenagem e; nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste estão localizadas as áreas com maior aptidão para as culturas alternativas ao arroz irrigado.

Em qualquer das situações, o sistema de drenagem a ser implantado deve basear-se em um estudo prévio das condições do terreno que varia de local para local. Algumas práticas são recomendadas a grande parte dos casos: aplainamento do solo deve ser realizado com plainas que tenham capacidade de corrigir o microrrelevo de forma a diminuir ao máximo as depressões e elevações do terreno; sistematização do terreno a sistematização com declive melhora o escoamento superficial da água e, conseqüentemente, a drenagem do solo; cultivo em camalhões (Figuras 8 e 9) o plantio em camalhões em terrenos sistematizados com declive, além de manter o solo bem drenado, permite a irrigação por sulcos. Este sistema é bastante utilizado para pastagem cultivada na Holanda e com milho, algodão e soja nos Estados Unidos da América. O sistema de camalhões também pode ser implantado em áreas não sistematizadas desde que seja feito um estudo prévio da topografia do terreno, de modo que sua implantação não impeça o escoamento natural das águas; descompactação do solo o rompimento de camadas compactadas do solo com o uso de escarificador permite que o mesmo absorva mais rapidamente a água das chuvas, melhorando a drenagem interna, como também proporciona condição para um melhor estabelecimento da cultura; valetamento (Figura 10) é o componente principal do sistema de drenagem interna da lavoura. Por meio de pequenos drenos consegue-se encaminhar os excessos de água até os drenos coletores externos que compõem a macrodrenagem (Figura 10). A locação e o número de drenos devem ser estabelecidos em um cuidadoso estudo prévio da topografia do terreno e do levantamento das áreas com problemas mais graves de drenagem. Na maioria das vezes, poucos drenos locados de maneira correta são mais eficientes para retirar o excesso de água do que um número grande de drenos locados aleatoriamente.



Fig. 8. Caracterização de drenagem deficiente em solos de várzea do RS (a), e sistema de drenagem em camalhões (b).

Fotos: (a) - J. M. B. Parfitt; (b) A. da S Gomes

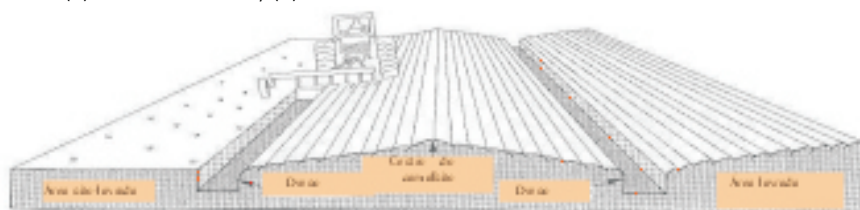


Figure 20.3. Development of a bedding system (after Reuschamp 1952)

801

Fig. 9. Desenho esquemático de camalhão utilizado em áreas de várzea na Holanda.

Fonte: Sevenhuijsen (1994). Dados adaptados.



Fig. 10. Sistema de drenagem de valetamento e valetadeira (a) e canal coletor ou dreno principal (b).

Fotos: (a) - A Andres; (b) - J. M. B. Parfitt.

6.2.2 Descompactação do solo

O desempenho de uma cultura está associado, entre outros fatores, ao estado físico do solo. Para que ela possa expressar seu potencial de produtividade, é indispensável que o solo apresente condições favoráveis de estrutura. Em tais circunstâncias, deve haver uma distribuição de espaço poroso que otimize a disponibilidade de água e as trocas gasosas, bem como permita o crescimento radicular sem impedimento mecânico.

A compactação do solo pode ser definida como sendo a redução do volume de solo por compressão, causando um rearranjo mais denso das partículas do solo e, conseqüentemente, redução da porosidade. Pode ser identificada, a campo, por meio de sinais apresentados pelo próprio solo, tais como: formação de crostas superficiais, trincas nos sulcos de rotação dos tratores, camadas subsuperficiais ou regiões endurecidas, empoçamento prolongado de água, erosão pluvial excessiva, necessidade de maior potência nas máquinas de cultivo e presença de restos de cultura parcialmente decompostos, mesmo meses após a incorporação.

As plantas também podem apresentar sintomas visuais que podem ser correlacionados com a compactação do solo. Entre eles, os que ocorrem com mais freqüência são o baixo índice de emergência das plântulas, a grande variação no tamanho destas, folhas amareladas e sistema radicular pouco profundo, com raízes mal formadas. Estes sintomas, assim como aqueles relacionados ao solo, permitem estimar a compactação, de uma maneira prática, rápida e fácil, porém, é importante que esta seja avaliada quantitativamente.

A compactação do solo pode ser quantificada por meio de medida de atributos do solo, que sofrem alterações em decorrência deste fenômeno, tais como: a densidade do solo, a porosidade total e a distribuição do tamanho de poros, entre outros. Também pode ser quantificada, a partir da avaliação de processos como: condutividade hidráulica, difusão dos gases no solo e resistência mecânica do solo à penetração.

Embora diferentes parâmetros possam ser utilizados para caracterizar o grau de compactação do solo, os mais usados, na prática, são a densidade do solo e a resistência mecânica à penetração. O primeiro é obtido em análises de laboratório, enquanto que o último é um método empregado para determinação no local onde se quer avaliar a ocorrência da compactação, ou seja, é um procedimento conhecido como de campo, embora, atualmente, já possa ser realizado também em laboratório.

Na atualidade, a exigência da prática de uma agricultura cada vez mais intensiva e mecanizada, com um acentuado aumento do tráfego de máquinas e implementos agrícolas e do peso e da potência dos tratores utilizados, têm concorrido para que se processem alterações na estrutura do solo, desfavoráveis ao crescimento das raízes das culturas, como a formação de camadas compactadas, notadamente nos solos de várzea cultivados com arroz irrigado (Figura 11). Valores superiores a 2,5 MPa começam a ser restritivos ao crescimento das raízes das plantas.

A análise dos dados relacionados à resistência mecânica do solo à penetração (Figura 11), obtidos pela técnica de tomografia computadorizada, após sete anos de cultivo, indica que os tratamentos que sofreram maior ação antrópica (T2, T3 e T5) são os que apresentam maior resistência mecânica do solo à penetração, principalmente na camada compreendida entre 10 e 20 cm de profundidade. A resistência mecânica à penetração do solo, proporcionada pelo cultivo do arroz em plantio direto (T4) foi a que mais se aproximou da correspondente à testemunha (T6), na camada já mencionada.

A compactação do solo pode ser considerada como um dos principais fatores de ordem física, responsável pelo insucesso da agricultura, seja por impedir o desenvolvimento radicular das culturas e suas conseqüências, ou por concorrer para a redução da infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial, um dos principais fatores responsáveis pela erosão superficial do solo. Nas áreas de várzea cultivadas com arroz irrigado, para a adoção da rotação de culturas, prática indispensável na atualidade no RS, é de fundamental importância que a camada compactada seja eliminada, quando presente, para o que devem ser utilizados escarificadores (Figura 12), ou mesmo subsoladores.

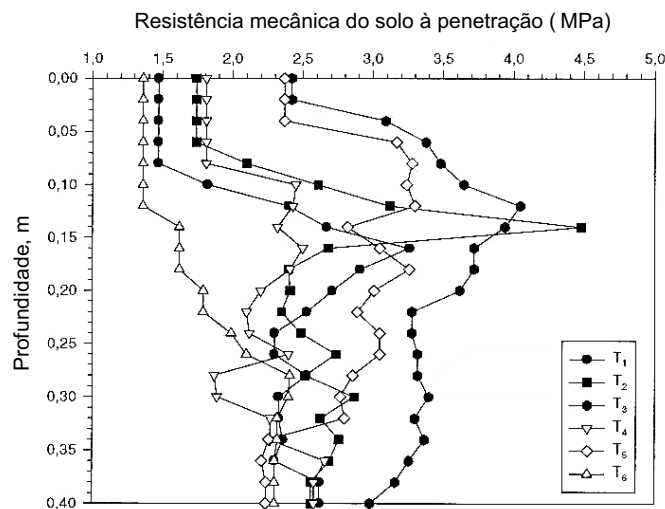


Fig. 11. Resistência mecânica à penetração (MPa) ao longo do perfil de um solo de várzea do RS, cultivado com arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo.

Legenda: T₁ Sistema tradicional de cultivo de arroz; T₂ Sistema de cultivo contínuo de arroz; T₃ Sistema tradicional de cultivo de arroz x rotação de culturas; T₄ Sucessão de culturas: azevém (inverno) arroz em plantio direto (verão); T₅ Sucessão de culturas: soja (sistema convencional) arroz (plantio direto); T₆ Testemunha (solo sem cultivo).

Fonte: Pedrotti et al. (2001)



Fig.12. Escarificador (a) e subsolador (b) empregados para eliminar camadas compactadas presentes em perfis de solo.

Fotos: A. da S. Gomes.

6.2.3 Aumentar a estabilidade de agregados e reduzir o encrostamento superficial

O arranjo das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas ou agregados resulta na estrutura do solo, a qual está associada à sua qualidade. Solos bem estruturados dependem de ações e/ou de substâncias que promovam a formação e a estabilidade de agregados, como argilas, compostos orgânicos, carbonato de cálcio, óxidos de ferro e alumínio e, principalmente, da atividade microbológica e do teor de matéria orgânica no solo. Os solos de várzea do RS, além de apresentarem baixas percentagens de macroagregados (diâmetro $> 0,25$ mm), em relação aos solos de áreas altas, apresentam agregados de baixa estabilidade, em decorrência, entre outras aspectos, dos baixos teores de matéria orgânica, o que concorre para que estes apresentem estrutura desfavorável às culturas de sequeiro.

Agregados com baixa estabilidade em água se desagregam rapidamente em função do impacto das gotas de chuva, provocando a obstrução dos poros próximos à superfície do solo e o encrostamento desta (Figura 13), aumentando o escoamento superficial ou dificultando a emergência das plântulas (Figura 13). O uso de cobertura vegetal sobre a superfície do solo (PD), ou de adubação verde, concorre para reduzir esses efeitos negativos (Figura 14).



Fig. 13. Encrostamento superficial do solo (a) e resistência à emergência em função do encrostamento (b).

Fotos: (a e b) M. F. Gastal.

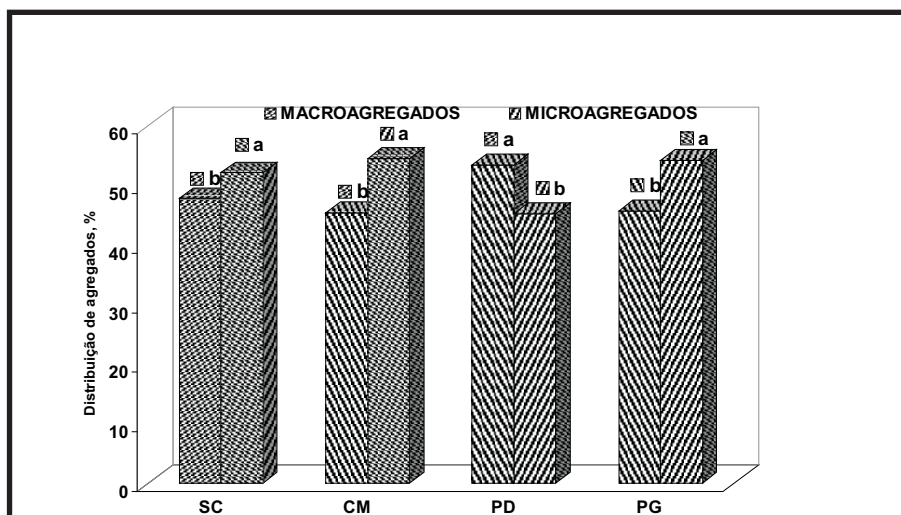


Fig. 14. Aumento da porcentagem de macroagregados do solo em função do uso de plantio direto.

Fonte: Lima (2001). Dados adaptados.

6.2.4 Melhorar a fertilidade dos solos

Os solos de várzea ou hidromórficos do RS apresentam fertilidade natural de baixa a moderada, sendo comum a baixa disponibilidade de fósforo e, na maior parte da área, a presença de níveis insuficientes de matéria orgânica, que se pressupõem estarem diretamente relacionados à disponibilidade de nitrogênio, e a baixos valores de pH. Este nível de fertilidade requer, normalmente, a aplicação de fertilizantes para que as culturas de arroz irrigado e de sequeiro apresentem aumentos significativos de produtividade.

Normalmente, a cultura do arroz irrigado responde menos à adubação do que as culturas de sequeiro, mesmo em solos com teores semelhantes de nutrientes, indicados pela análise de solo. Na Tabela 3 é mostrado um exemplo, baseado nas recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) para o RS e Santa Catarina, para um solo com teores de NPK na faixa mais baixa de disponibilidade. Nesta situação, pode ser observado que as recomendações de P e K para o arroz são em torno da metade daquelas recomendadas para as culturas de sequeiro. A recomendação de N também é menor para o arroz, embora a diferença em relação às culturas de sequeiro não seja tão grande.

Quando um solo é alagado, verifica-se o processo de redução provocado pelos microrganismos anaeróbios, que utilizam o oxigênio de substâncias oxidadas

para o seu metabolismo, o que provoca uma série de alterações químicas no solo. Estas transformações, decorrentes do alagamento, favorecem a disponibilidade dos nutrientes no solo, tanto os naturais, quanto os contidos nos adubos, principalmente o fósforo, o potássio, o cálcio e o molibdênio. Também concorrem para a elevação do pH dos solos ácidos para valores entre 6,0 e 6,5, e para a eliminação do alumínio trocável. Isto explica por que, de modo geral, o arroz irrigado sob inundação apresenta respostas menores do que as culturas de sequeiro à calagem e às adubações fosfatadas e potássicas, especialmente. Assim, é importante que no cultivo de espécies de sequeiro, em áreas de várzea seja dada a devida atenção à adubação do solo.

Tabela 3. Recomendações de nitrogênio, fósforo e potássio para o arroz irrigado e algumas culturas de sequeiro para solos com teores de P e K na classe limitante e matéria orgânica menor que 20 g L⁻¹, conforme indicado pelo NRS da SBCS.

Cultura	Nitrogênio (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio (K ₂ O)
	-----kg ha ¹ -----		
Arroz irrigado	90*	60	60
Milho	130	110**	130
Soja	-	120**	120
Azevém	160	130**	130

*Cultivar de porte baixo.

**Considerando classe textural 3.

Fonte: Vahl (1999).

7. Irrigação

Nas regiões de ocorrência dos solos de várzea no RS, verifica-se normalmente, deficiência hídrica no solo, no período de dezembro a fevereiro, em função da precipitação pluviométrica, ocorrida neste período, ser inferior à demanda evaporativa da atmosfera. Este déficit faz com que as necessidades hídricas das culturas do milho, soja e sorgo não sejam supridas em nível que viabilize a obtenção de produtividades economicamente viáveis. Assim, faz-se necessário, embora não em todas as safras, a utilização da irrigação suplementar para que estas culturas possam expressar todo seu potencial produtivo.

A irrigação pode ser realizada por sulcos, procedimento que se adapta bem a muitos solos de várzea. Todavia, o sucesso da utilização deste método está associado à regularização do declive e do microrelevo do terreno, através da sistematização da área. Tanto em áreas sistematizadas em declive, como em nível, a irrigação por sulco pode ser combinada com o sistema de cultivo em camalhões, o que beneficia a drenagem. Todavia, a irrigação por inundação

intermitente, ou por banhos (Figura 15), por dispensar investimentos iniciais, pois utiliza a estrutura já instalada para a irrigação do arroz, tanto em áreas sistematizadas, ou não, parece ser o método mais prático e aconselhável para ser utilizado na irrigação de culturas de sequeiro em áreas de várzea, quando necessário.



Fig. 15. Irrigação por banhos em milho (a) e o cultivo de soja em área com taipas (b).

Fotos: (a) J.M.B. Parfitt; (b) C. A. da Silva.

8. Potencialidade das culturas de sequeiro em áreas de várzea

A sustentabilidade da agricultura envolve, entre outros fatores, a prática da rotação de culturas, pois, muitas vezes, apenas a utilização de insumos modernos não permite que a exploração agrícola se viabilize (no caso, o monocultivo do arroz irrigado), não só economicamente, mas também em termos de sustentabilidade ambiental. Destaca-se, por exemplo, a necessidade de minimizar o controle de pragas, doenças e plantas daninhas da cultura do arroz irrigado com produtos químicos, pois além desse procedimento elevar os custos, há o risco de contaminação do ambiente, comprometendo o ecossistema de várzea.

Cerca de dois terços do arroz produzido nos Estados Unidos, atualmente, é cultivado na região baixa do Delta do Mississippi, que compreende áreas dos Estados de Arkansas, Mississippi e Louisiana. Em Arkansas, historicamente, as culturas de soja e milho têm sido produzidas em rotações de 1:1 e 1:2 com arroz irrigado, resultando em benefícios a curto e longo prazo, aos produtores e aos recursos naturais. As áreas colhidas e as produtividades de arroz irrigado, soja, trigo, milho e sorgo granífero, em um período de trinta e dois anos, tiveram crescimentos significativos. Nesse período, o arroz foi a cultura que teve o maior incremento de área de cultivo, passando de 193100 ha para 554700 ha. Em termos de produtividade de grãos o milho foi a cultura que apresentou o maior incremento (226,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹), enquanto que o arroz obteve ganhos médios de 44,74 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Esses ganhos têm sido atribuídos, além da genética, do uso de insumos (pesticidas e fertilizantes) e da irrigação e drenagem, à rotação de culturas.

Tabela 4. Área colhida e produtividade média das culturas de grãos, em Arkansas (EUA), em dois períodos agrícolas.

Ano/Cultura	1966		1997	
	Área (ha)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Área (ha)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Arroz	193100	4928	554700	6328
Soja	1509000	1200	1437000	2050
Trigo	148600	2150	332000	3226
Milho	30770	2050	70850	8400
Sorgo graníf.	2105	2822	60730	4973

Fonte: Adaptado de Scott & Norman, 2000.

Nas condições do RS, a possibilidade de uso mais intensivo e racional dos solos de várzea está diretamente relacionada à implantação de um sistema de rotação de culturas, associada a uma cobertura permanente da superfície do solo e ao manejo eficiente da água superficial (drenagem e irrigação).

Na Figura 16 está representado o rendimento de grãos de híbridos de milho, em uma área irrigada por banhos, no município de Bagé, e em três outros municípios, áreas não-irrigadas, mostrando o acréscimo produtivo dos genótipos em quase 100%, quando utilizada a irrigação suplementar, aliada as condições ambientais mais favoráveis. Os resultados também evidenciam as diferenças em termos de drenagem do solo, tendo em vista na safra 2000/01, nos locais não irrigados, foi instalado um sistema de drenagem superficial mais eficiente que em 1999/00, obtendo-se produtividades próximas da média de 6 t ha⁻¹. Embora o milho seja uma das culturas mais sensíveis ao excesso de água no solo, é a que manifesta maior resposta, em rendimento de grãos, quando são melhoradas as condições dos solos de várzea.

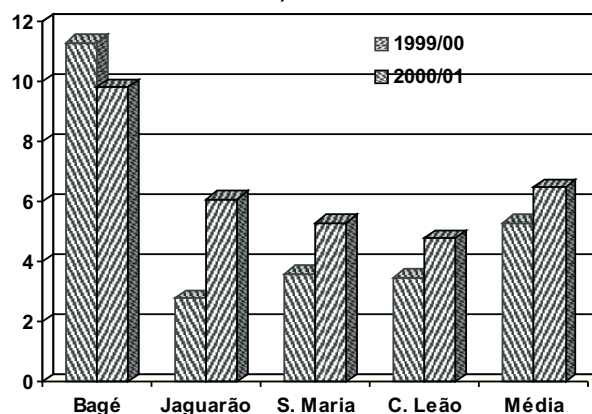


Fig. 16. Produtividade de grãos de milho, em áreas de várzea, em quatro municípios do RS e média do Estado das duas safras.

Rendimentos de grãos de cultivares de soja, obtidos em área de várzea, no município de Bagé, com irrigação suplementar, na safra 99/00, comparados com os observados em mesmo tipo de ensaio, conduzido em área de várzea em Capão do Leão (solo com menor potencial produtivo), mostram o desempenho da cultura e a possibilidade de diversificação das áreas de arroz irrigado com uma leguminosa, quando o manejo do solo e da água é adequado (Figura 17).

Uma boa alternativa de produção de grãos, em áreas de várzea, é a cultura do sorgo granífero, que se mostra menos sensível ao excesso de água no solo, do que a do milho e a da soja, depois de um bom estabelecimento do estande inicial de plantas na área. O potencial produtivo dos híbridos de sorgo que têm sido testados em áreas de várzea (Figura 18) é menor que o do milho, mesmo com o uso da irrigação suplementar. Por outro lado, em situações de estiagem, a cultura mostra-se também mais tolerante à deficiência de umidade no solo.

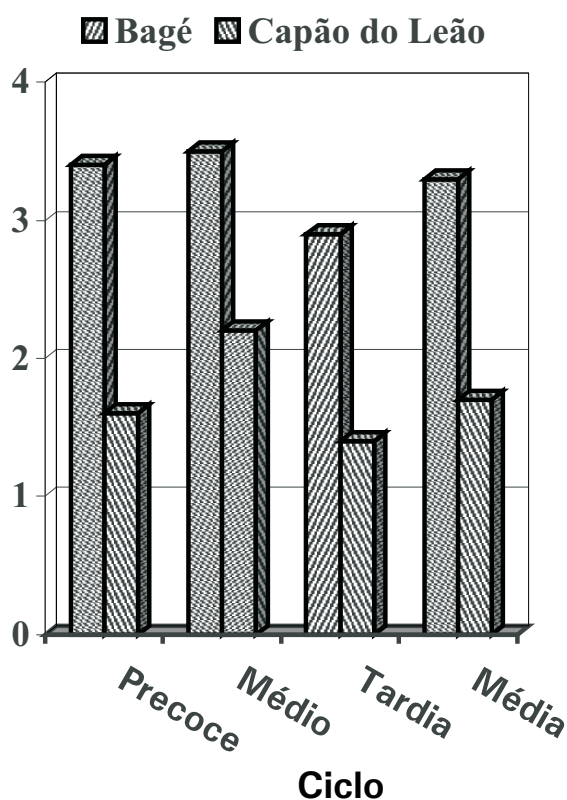


Fig. 17. Produtividade de grãos de soja de cultivares com diferentes ciclos, em Bagé (irrigada) e Capão do Leão, na safra 99/00.

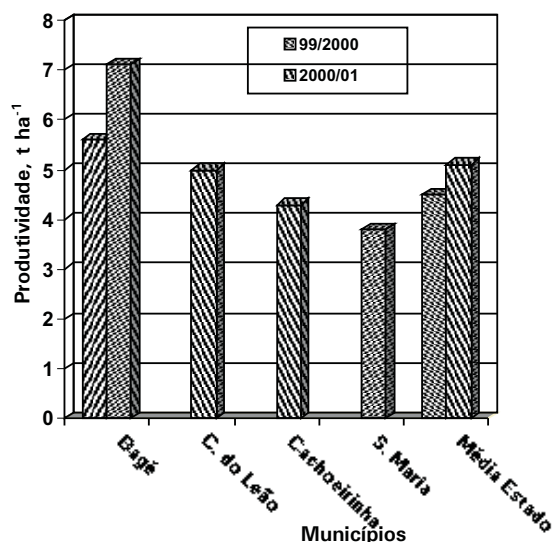


Fig. 18. Produtividade de grãos de sorgo granífero, em áreas de várzea, em quatro municípios do RS, sendo de duas safras em Bagé, comparados com a média do Estado.

9. Benefícios da rotação para o arroz irrigado

Em levantamento realizado por pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, em nível de lavoura (de 120 a 180 ha), foram observados incrementos na produtividade do arroz, de 2,67 t ha⁻¹ e 2,16 t ha⁻¹, com um e dois anos de rotação com milho, respectivamente, entre as safras de 1993/94 e 1996/97 (Figura 19).

O incremento na produtividade do arroz, em termos gerais, situa-se em torno de 20% a 25%, quando em rotação com a lavoura de milho, seja por um, dois ou três anos, dependendo do nível de desinfestação do solo. As vantagens dessa rotação, mais citadas pelos produtores, são: o aumento de produtividade área⁻¹; a visível redução de infestação com arroz daninho no arroz comercial subsequente; o decréscimo de inóculo de fungos de solo; a redução da necessidade de adubação do arroz; a facilidade de adoção do plantio direto, para ambas as culturas, e a consequente diminuição dos custos de preparo do solo.

Em experimento que vem sendo conduzido há longo tempo na Embrapa Clima Temperado, envolvendo sistemas de preparo do solo e rotação de culturas, verificou-se, uma redução de plantas daninhas m⁻² de 37,3, nas parcelas com

cultivo de arroz contínuo, e 29,8, nas parcelas de arroz no sistema tradicional (1 ano arroz e 2 anos pousio), para 8 plantas daninhas m^{-2} , nas parcelas onde o arroz vem sendo cultivado em rotação com soja e milho. Os níveis de fósforo e potássio no solo e a incidência de patógenos também sofreram alterações. A rotação de verão arroz x soja x milho apresentou níveis de 33 e 102 $mg\ dm^{-3}$, em contraste com níveis de 11 e 53 $mg\ dm^{-3}$, no sistema tradicional de cultivo de arroz, para fósforo e potássio, respectivamente, após o sétimo ano de cultivo. Também proporcionou redução do número de esclerócios dos fungos *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotium oryzae*, em 100 g de solo, de 34% e 13%, respectivamente, em relação ao sistema tradicional de cultivo.

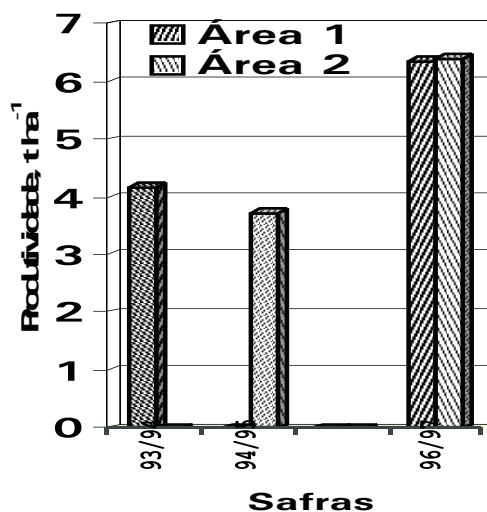


Fig. 19. Produtividade de grãos de arroz, antes e depois de um e dois anos de rotação com milho. Dados de lavoura das safras de 93/94 a 96/97. Fonte: Porto et al. (1998).

Pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, visando a avaliar o efeito da rotação de culturas sobre controle do arroz-vermelho (A V), em áreas de lavoura, implantaram, no município de Santa Vitória do Palmar, a partir de 1996, uma série de alternativas de rotação de culturas, envolvendo as espécies de milho, soja, sorgo granífero, sorgo forrageiro e arroz irrigado. Os resultados contidos na Tabela 5 indicam que, embora se tenha partido de uma área altamente infestada (P1), com 1247 sementes viáveis de A V m^{-2} , na profundidade de 0-15 cm do solo, pode-se zerar o banco de sementes de A V, após três safras de sorgo. Também demonstram, entre outros aspectos, que houve um aumento da produtividade de grãos de arroz, após duas safras de culturas sequeiro, uma de milho e outra de soja (P3), de 2020 $kg\ ha^{-1}$, na safra 95/96, para 6370 $kg\ ha^{-1}$, na safra 97/98.

Tabela 5. Evolução do banco de sementes de arroz-vermelho (n.º de sementes viáveis) e produtividade de arroz, em função da rotação de culturas em áreas de várzea, cultivadas com arroz irrigado, e produtividade de arroz.

Áreas	Safrá									
	Arroz (kg ha ⁻¹)	Sementes (A.V. m ⁻²)	Cultura	Sementes (A.V. m ⁻²)	Sementes (A.V. m ⁻²)	1996 Cultura	Sementes (A.V. m ⁻²)	96/97 Cultura	Arroz (kg ha ⁻¹)	Sementes (A.V. m ⁻²)
P1	2020	1247	Sorgo ¹ gran.	52	12	Sorgo gran. Arroz M ²	12	Sorgo gran. Arroz M ²	-	0
P2	2020	790	Sorgo forrag.	64	25	Soja Milho	25	Arroz CM Arroz CM	4670*	255 166
P3	2020	1230	Milho	75	51	Soja Sorgo gran.	25	Arroz CM Arroz SC	6370 5930	42 138
P4	2020	790	Milho	64	25	Milho	25	Arroz SC	5500	255
TESTE	4250	419	Arroz PD	1138	484	Pousio	484	Arroz PD	3300	780

¹ As culturas de sequeiro foram cultivadas no SC.

² CM = cultivo mínimo; SC = sistema convencional e PD = plantio direto.

* Redução da produtividade em função de vendaval antes da colheita.

Fonte: Petri et al. (1999). Dados adaptados.

10. Rotação de culturas em áreas de várzea e o sistema plantio direto

A adoção dos sistemas plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM) na cultura do arroz irrigado, pelas suas maiores exigências em termos de manejo do solo, e pelas inúmeras vantagens, comprovadas ao longo do tempo pelos orizicultores gaúchos, vem viabilizando o emprego destes sistemas em culturas de sequeiro, cultivadas em rotação com o arroz irrigado. Pesquisadores da Embrapa Clima Temperado vêm realizando pesquisas há algum tempo, procurando comprovar a viabilidade do uso do plantio direto em áreas de várzea, com culturas mesófitas.

Em um experimento, envolvendo o cultivo com milho e soja por cinco anos sucessivos, em uma mesma área de várzea, foram comparados o sistema PD, sob diferentes coberturas do solo, e o sistema convencional (SC). O PD, independentemente da espécie utilizada como cobertura do solo (gramíneas, leguminosas, nabo forrageiro ou consorciação), proporcionou rendimentos médios de grãos de milho e de soja superiores ao do sistema convencional (Figura 20), destacando-se a produtividade média de milho observada no PD sob leguminosas. Na soja, as produtividades médias obtidas em PD sob gramíneas, consorciação e nabo forrageiro foram semelhantes e superiores às observadas no PD sob leguminosas e no SC.

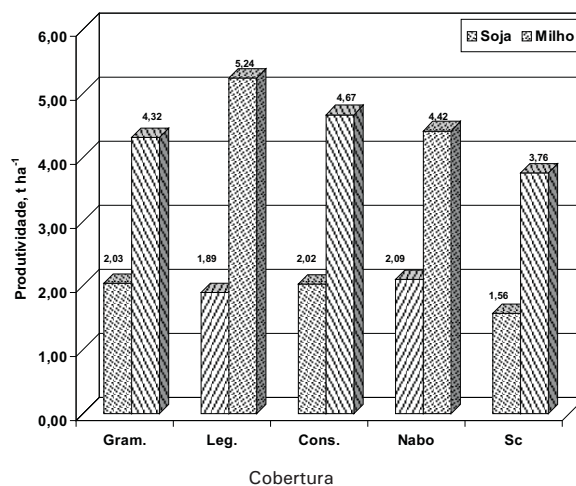


Fig. 20. Rendimentos médios de grãos de milho e soja, cultivados por cinco anos sucessivos, em um solo de várzea, no sistema plantio direto, sob diferentes coberturas do solo, e no sistema convencional.

Fonte: Verneti et al. Dados não publicados.

No experimento anterior, considerando-se apenas três tratamentos: PD sob gramíneas (PDG), PD sob leguminosas (PDL) e sistema convencional, foram realizadas avaliações da qualidade do solo, após os cinco anos de condução deste. Na Figura 21 encontram-se os teores de matéria orgânica e de fósforo extraível, na camada de 0 a 20 cm, do solo de várzea onde foi conduzido o ensaio. A avaliação dos teores de M.O. demonstra que houve um expressivo acúmulo desta no solo, na camada de 0 - 2,5 cm, no sistema PD, cujos teores observados no PD sob gramíneas e no PD sob leguminosas foram, respectivamente, 66 e 48% superiores, em relação ao teor médio verificado no SC. Por outro lado, abaixo de 2,5 cm, não se verificaram diferenças entre os teores de M.O. observados no PD e no SC. Resultados relativos ao maior acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais no PD, em relação ao SC, são comumente mencionados na literatura. As variações dos teores de P no solo, observadas na camada de 0 - 2,5 cm, também foram expressivas (Figura 21). O PD proveu um incremento de 54,7 e 48,3 mg dm⁻³ de P no solo, em relação ao SC, quando foram utilizadas como cobertura do solo leguminosas e gramíneas, respectivamente. Resultados obtidos por vários pesquisadores têm comprovado esse comportamento.

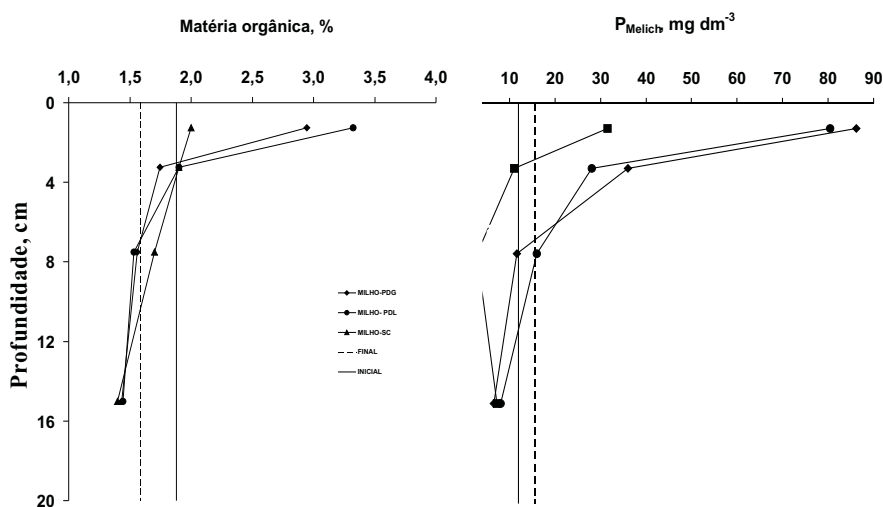


Fig. 21. Porcentagem de matéria orgânica e fósforo extraível, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, de um solo de várzea submetido ao cultivo de milho por cinco anos sucessivos, nos sistemas plantio direto e convencional. Fonte: Gomes et al. (2002).

Em trabalho realizado também na Embrapa Clima Temperado, envolvendo PD de milho em áreas de várzea e fontes de fósforo (Fosfatos naturais reativos e Superfosfato triplo), por quatros anos consecutivos, constatou-se que houve um incremento na produção de milho, ocasionado pela adubação fosfatada até o terceiro ano. O comportamento dos efeitos imediato e residual (Figura 22), das fontes e doses de P_2O_5 (X) sobre a produtividade de grãos de milho (Y), foram semelhantes, sendo a resposta quadrática para os fosfatos naturais e linear para o SFT. As doses de máxima eficiência técnica (MET), estimadas para os fosfatos naturais reativos, foram de 277,6 e 282,2 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente, para os efeitos imediato e residual, correspondendo os rendimentos de grãos para estas doses, a 4,4 e 4,9 $t\ ha^{-1}$. O comportamento linear apresentado pelo SFT, no intervalo de doses estudado, pode ser explicado pela maior concentração que deve ser mantida em solução pelos fosfatos de alta solubilidade, em relação aos fosfatos naturais. Como consequência, a dose de máxima eficiência técnica para os fosfatos naturais é menor, mesmo se adicionados em grandes quantidades.

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade do uso de fosfatos naturais reativos como fonte de fósforo para o milho cultivado no sistema plantio direto, em solos de várzea. Outras pesquisas realizadas em solos de regiões altas destacam a possibilidade do uso destes fosfatos como fonte de fósforo para as culturas, associado ao plantio direto. A economicidade dos fosfatos naturais reativos, em relação aos fosfatos solúveis, é outro aspecto que deve ser ressaltado.

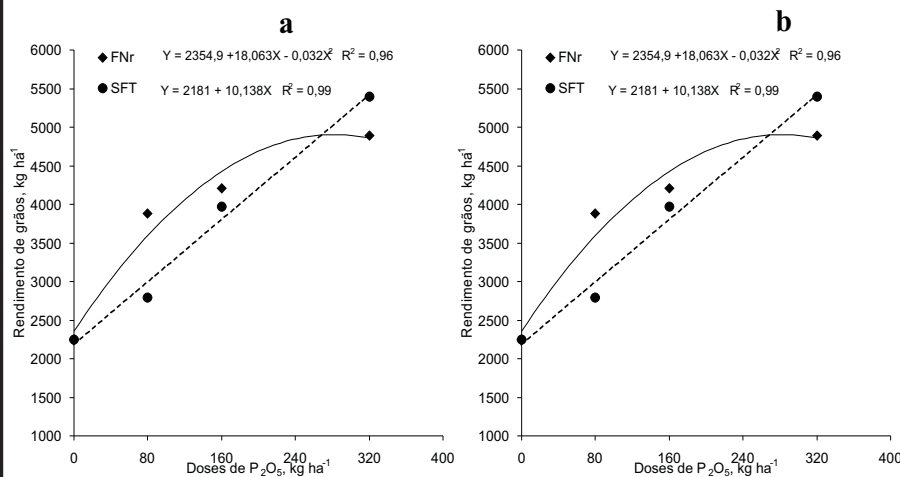


Fig. 21. Rendimento médio de grãos de milho cultivado em solos de várzea no sistema plantio direto, em função de fontes e doses de P_2O_5 aplicadas em superfície. Efeitos imediato (a) e residual média de três anos (b).

Fonte: Gomes et al. (2002)

11. Considerações finais

A utilização dos solos de várzea, com sistemas agrícolas alternativos ao sistema tradicional arroz irrigado e pecuária de corte, pode ser viabilizada, considerando os aspectos já relatados, relacionados às culturas, ao manejo da água e ao manejo do solo. Portanto, é fundamental que se estabeleça, no solo, um adequado condicionamento superficial, de modo que seja viabilizada uma melhor relação água:ar em seu perfil (camada arável) e um nível de fertilidade conforme as exigências de cada cultura.

Em síntese, as culturas em rotação ao arroz irrigado, nas várzeas do Sul do Brasil, requerem tecnologia apropriada. Quando a tecnologia é bem aplicada, o retorno é assegurado. A tomada de decisão em relação ao uso mais racional e intensivo do solo é uma das mais importantes dentro do processo produtivo, pois envolve o planejamento e definições que contribuirão decisivamente para a obtenção de rendimentos e retornos econômicos mais satisfatórios.

12. Referências bibliográficas consultadas

BARNI, N.A.; COSTA, J.A. Efeitos de períodos de inundação sobre o rendimento de grãos de soja *Glycine max* (L.) Merrill. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.11, n.2, p. 207-222, 1975.

GASTAL, M.F. da C.; BRANCÃO, N.; VERNETTI, F. de J. Indicação de cultivares de soja para terras baixas. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v.1, n.1, p.95-99. 1998.

GOMES, A. da S.; CUNHA, N.G. da; PAULETTO, E. A.; SILVEIRA, R.J.C. da; TURATTI, A. L. Solos de várzeas - uso e manejo: problemas físicos e perspectivas de ação. In: UFRGS (Porto Alegre, R). **Solos e irrigação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS/FEDERACITE, 1992. P.64-79.

GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A. Caracterização da compactação do solo através do uso do penetrômetro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.426, p.18-20, 1996.

GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A.; GOMES D. N. Influência de diferentes sistemas de cultivo sobre alguns atributos físicos de um solo de várzea. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. P.137-142.

GOMES A. da S.; PAULETTO, E. A. Compactação de solos de várzea. In: GOMES A. da S.; PAULETTO, E. A., (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. P.88-118.

GOMES, A da S.; AZAMBUJA, I. H.; ANDRES, A. Manejo de solos de várzea , com ênfase à rotação de culturas. Parte I - Manejo de solos de várzea: problemas físicos e perspectivas de solução. In: FAGUNDES, P.; MAGALHÃES Jr., A. M., (Coord.). **Aspectos tecnológicos da produção agropecuária em áreas de arroz irrigado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.20-30 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 65).

GOMES, A. da S.; VERNETTI Jr., F. J. **Fosfatos naturais como fonte supridora de fósforo à cultura do milho no sistema plantio direto, em solos de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 3p. (Embrapa Clima Temperado. Recomendação Técnica, 4).

GOMES A. da S.; PAULETTO, E. A. **A descompactação de solos de várzea como uma técnica de manejo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 3p. (Embrapa Clima Temperado. Recomendação Técnica, 28).

GOMES A. da S.; SOUSA, R. O.; PAULETTO, E. A. Plantio direto e cultivo mínimo em solos de várzea, com ênfase ao arroz irrigado. In: **ARROZ IRRIGADO: uso intensivo e sustentável de várzeas, 2002**, Santa Maria. **Resumos de palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002.p.19-41.

GOMES, A. da S.; VERNETTI Jr., F. J.; FERREIRA, L. H. G.; MARTINS, E.; CAPILHEIRA, A. Comportamento da fertilidade de um Planossolo cultivado com milho em sucessão a diferentes coberturas de inverno, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais**. SBCS, 2002. CD-ROM.

IRGA. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Porto Alegre, 2001. 128 p.

KRIZEK, D.T. Plant response to atmospheric stress caused by waterlogging. In: CHRISTIANSEN, M.N.; LEWIS, C.F. **Breeding plants for less favorable environments**. Maryland: J. Wiley & Sons, 1982. p. 293-334.

LIMA, C. L. **Influência de diferentes sistemas de manejo sobre atributos físicos de um Planossolo**. 2001. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas, 2001.

MARCHEZAN, E. Rotação de culturas em áreas de arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1995. P.15-16.

PARFITT, J.M.B; SILVA, C.A.S. da; PORTO, M.P.; GASTAL, M.F.C.; DECKER, A.P.; JACOBENSEN, F.L.; LIMA, J.R. Validação de sistema de drenagem e de irrigação em lavouras de milho e soja, em rotação com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 699-701.

PARFITT, J.M.B; SILVA, C.A.S. da; RAUPP, A.A.A. PORTO, M.P.; SCIVITTARO, W.B.; ÁVILA, S.V. de. Utilização da cultura do sorgo granífero, irrigado por inundação, em rotação com arroz no município de Alegrete. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz, 2001. p. 833-834.

PAULETTO, E. A.; TURATTI, A. L.; GOMES, A. da S. Produtividade do arroz irrigado em sistema de cultivo contínuo e em rotação com soja e milho - 1991. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camburiú. **Anais**. Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 125-129.

PAULETTO, E. A.; VAHL, L.C.; TURATTI, A. L.; GOMES, A.S. Produtividade do arroz irrigado num Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo durante sete anos. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 132-134..

PAULETTO, E. A.; PEDROTTI, A. ; CRESTANA, S. A avaliação da compactação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo através da tomografia computadorizada e do penetrômetro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo; EMBRAPA-CNPT, 1997, p. 143-46.

PAULETTO, E. A.; GOMES A. da S.; SOUSA, R. O.; PETRINI, J. A. Manejo de solos de várzea. In: GOMES A. da S, PAULETTO, E. A., eds., **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. P.61-87.

PAULETTO, E. A.; GOMES A. da S. Física de solos de várzea cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr., A. M. de, eds. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. p.167-192. No prelo.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; DIAS, M. S. JR.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. S. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.3, p.521-529, 2001.

PEÑA, Y. A.; GOMES, A. da S.; SOUZA, R. O. Influência de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.3, p.517-523, 1996.

PETRINI, J.A.; VERNETTI Jr., F. de J.; RAUPP, A.A.A.; FRANCO, D. F.; AZAMBUJA, I.H.V.; SILVA, C.A.S. da; REIS, J.C.L.; PARFITT, J.M.B.; GASTAL, M.F. da C.; SILVA, G.F. dos S. Manejo do sistema produtivo de solos de várzea no controle do arroz daninho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 299-301.

PINTO, L. F. S.; PAULETTO, E. A.; GOMES A. da S.; SOUSA, R. O. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES A. da S, PAULETTO, E. A., eds. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. P.11-36.

PORTO, M.P. Alternativas de várzeas. In: FEDERARROZ. **Rice Show: A lavoura em movimento**, 1998, Bagé. Porto Alegre, 1999. p. 7-13.

PORTO, M.P. Cultivares de milho. In: PARFITT, J.M.B., coord. **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 45-55 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

PORTO, M.P.; PARFITT, J.M.B.; REIS, J.C.L.; GASTAL, M.F. da C.; RAUPP, A.A.A. Culturas alternativas para áreas de várzeas no Sul do Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. v.2. p. 64-83 (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 96).

PORTO, M. P. Diversificação das áreas de várzea do Rio Grande do Sul com as culturas de milho, sorgo e soja. In: **ARROZ IRRIGADO: uso intensivo e sustentável de várzeas**, 2002, Santa Maria. **Resumos de palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002. P.101-113.

RAUPP, A.A.A.. Manejo da cultura do sorgo. In: PARFITT, J.M.B., coord. **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 57-59 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

RIBEIRO, A.S.; BRANCÃO, N.; GOMES, A.S.; PAULETTO, E. A.; FERREIRA, E.; DESSBESELL, M.C. Acompanhamento da ocorrência de fungos disseminados pelo solo em experimento de rotação de culturas. In: REUNIÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA EM TERRAS BAIXAS, 3., 1990, Pelotas. **Anais**. Pelotas: CPATB, 1990. p. 59 (EMBRAPA-CPATB. Documentos, 30).

SCOTT, H. D.; NORMAN, R. J. Rice cropping systems of the Southern Mississippi Delta Region of the United States. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Palestras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 149-154. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

SCHILD, L.N. **Comportamento do milho (*Zea mays* L.) em Planossolo sob condições de excesso hídrico**. 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.

SEVENHUIJSEN, R. J. Surface drainage systems. In: RITZEMA, H. P. (Ed.). **Drainage principles and applications**. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1994. p. 799-826.

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B. Drenagem e irrigação para milho e sorgo cultivados em rotação com arroz irrigado. In: PARFITT, J.M.B., (Coord.). **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 61-72. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; PORTO, M.P. **Manejo da água para as culturas do milho, sorgo e soja em solos hidromórficos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 46p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 26).

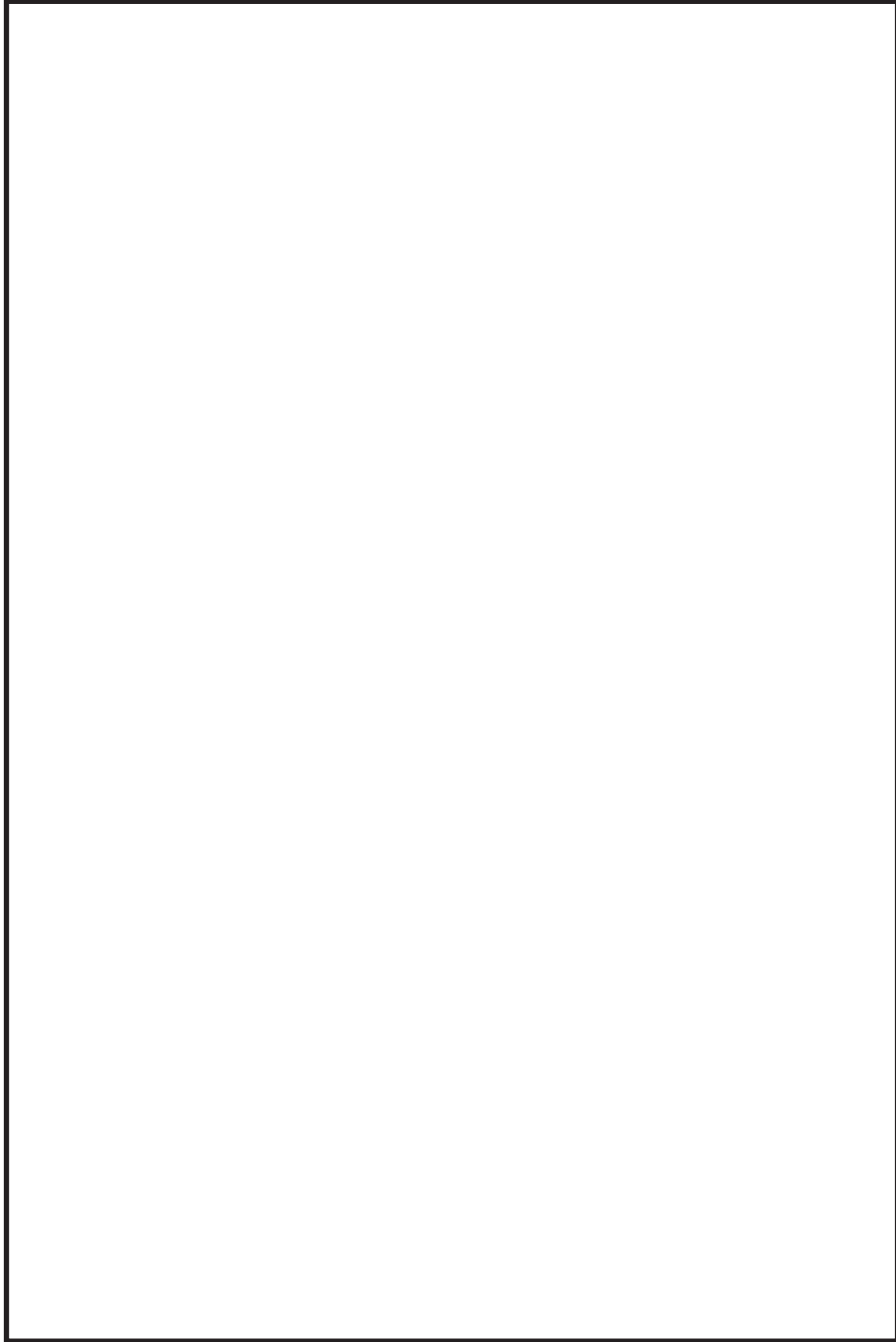
THOMAS, A. L.; PIRES, J.L.F.; MENEZES, V.G. Rendimento de grãos de cultivares de soja em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.107-112, 2000.

VAHL, L. C. Fertilidade dos solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A., (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. P.119-161.

VERNETTI Jr; F. de J.; GOMES A. da S. Sistemas de cultivo de milho em várzea plantio direto. In: PARFITT, J. M. B., (Coord.). **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p.27-38. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

VERNETTI Jr., F. de J.; GOMES, A. da S. **Plantio Direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 69 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 58).

VERNETTI Jr; F. de J.; GOMES A. da S. Plantio direto em várzea em seqüência a diferentes coberturas mortas. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v.4, n.2, p.279-301. 2001.



Plantio direto e cultivo mínimo em solos de várzea, com ênfase ao arroz irrigado

*Algenor da S. Gomes
Rogério O. De Souza
Eloy Antônio Pauletto*

1. Introdução

O sistema tradicional de utilização dos solos de várzea, formado pela integração da cultura do arroz e da pecuária de corte, que tem sido utilizado com sucesso por muitas décadas, apresenta, atualmente, rentabilidade que não mais satisfaz aos produtores. O arroz, apesar do alto rendimento, tem elevados custos de produção e, normalmente, não pode ser cultivado todos os anos na mesma área, principalmente devido ao aumento da infestação por arroz vermelho. A pecuária de corte apresenta baixos índices de produtividade, devido, principalmente, à alimentação deficiente em períodos críticos. Além desses aspectos, salienta-se que o cultivo contínuo do arroz irrigado intensifica o uso de máquinas e implementos agrícolas pesados, utilizados para o preparo convencional do solo, agravando ainda mais os problemas físicos naturalmente existentes nos solos de várzea.

A partir da constatação, por parte dos produtores e técnicos, de que o atual sistema de produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, por suas características peculiares, tem contribuído para onerar os custos de produção, disseminar nas lavouras sementes de plantas daninhas e degradar, ainda mais, o estado físico dos solos de várzea, surgiu o interesse pela utilização de novas alternativas que fossem, ao mesmo tempo, mais eficientes no controle do arroz vermelho, economicamente mais viáveis e capazes de manter ou mesmo recuperar o estado físico do solo. Dentre estas alternativas destacam-se o plantio direto (PD), o cultivo mínimo (CM) e a rotação de culturas.

2. Os sistemas PD e CM: conceitos e requisitos

A adoção dos métodos convencionais de preparo do solo nas regiões tropicais e subtropicais, onde os agentes climáticos atuam com maior intensidade sobre a superfície dos solos cultivados, comparativamente às regiões temperadas, associada à maior taxa de decomposição do que à adição de restos orgânicos daquelas regiões, tem sido um fator determinante da degradação dos solos. O uso intensivo dos solos, manejados inadequadamente, assim como a monocultura, também têm contribuído para degradação destes.

Diante destes fatos, preocupantes já em 1950, surgiram os chamados sistemas conservacionistas, onde estão incluídos os sistemas PD e CM. Com o passar do tempo, o sistema PD evoluiu, incluindo a combinação de outras práticas agrícolas, assumindo uma visão sistêmica. Passou, a partir de então, a ser conceituado como um sistema produtivo que envolve, normalmente, a diversificação de espécies, via rotação de culturas, e cujo processo de semeadura ocorre com um mínimo de movimentação de solo (20 a 30%) e sob a resteva de uma cultura anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecadas com herbicida de ação total ou manejadas mecanicamente.

Neste contexto, os sistemas agrícolas conservacionistas, desenvolvidos para as condições das regiões tropicais e subtropicais, devem atender os seguintes requisitos: proporcionar cobertura do solo durante todo o ano, por plantas ou seus resíduos; proporcionar aporte contínuo e abundante de resíduos vegetais, de forma a contrabalançar a rápida decomposição da matéria orgânica do solo; incluir culturas capazes de manterem ou melhorarem a estrutura do solo e o balanço de N pela fixação biológica; estabelecer um ciclo de culturas que seja favorável em termos fitossanitários; e movimentar o mínimo possível o solo, de forma a manter quantidades máximas de resíduos na superfície e reduzir a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo.

A partir da identificação dos principais requisitos a serem atendidos pelos sistemas agrícolas conservacionistas em regiões quentes, passa-se a entender que a cobertura vegetal morta do solo é um dos principais fundamentos para a implantação e manutenção dos sistemas PD e CM, associada à rotação de culturas. Tais aspectos, dentro do possível, devem também ser considerados no plantio direto do arroz irrigado.

3. Adoção dos sistemas PD e CM em arroz irrigado

A adoção dos sistemas PD e CM na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, ocorreu no início da década de 80, mais ou menos dez anos após a introdução dos sistemas no Brasil, em culturas de sequeiro. Teve como objetivo inicial apenas o controle do arroz-vermelho e, portanto, nem todos os princípios básicos dos sistemas eram praticados em sua plenitude. Nas variantes mais

utilizadas no arroz irrigado, tanto no PD com preparo de verão, como no CM, ocorre um revolvimento reduzido do solo, antecipado à semeadura da cultura. Do mesmo modo, a rotação de culturas é uma prática pouca adotada em solos de várzea.

Por outro lado, para que ocorra a adoção de uma determinada tecnologia por um ou mais produtores, além de sua divulgação, após gerada, ela deve preencher outras três condições básicas: ser necessária; ser factível e rentável, ou seja, o agricultor tem que sentir a necessidade de mudança. A tecnologia ofertada tem que ser exequível sob as condições do produtor e sua adoção tem que proporcionar benefícios.

No início do processo de adoção do PD e CM, na cultura do arroz irrigado, embora não fosse possível o cumprimento das três condições mencionadas, o espírito empreendedor do orizicultor gaúcho, levando-o muitas vezes a desenvolver ações de pesquisador, mecânico ou mesmo ferreiro, superou a maioria das dificuldades. Atualmente, os mencionados sistemas podem ser considerados exequíveis no cultivo do arroz, e sua utilização, além de minimizar o problema do arroz vermelho, trouxe outros benefícios à orizicultura gaúcha, cujos resultados têm contribuído para que a área cultivada com os mencionados sistemas, na safra 99/00, atingisse 44% da área total utilizada com arroz no RS, que foi aproximadamente de 952 mil hectares.

4. Os sistemas PD e CM em solos altos e em áreas de arroz irrigado

Além das diferenças relacionadas a aspectos conceituais e aos objetivos iniciais, já abordadas, deve-se ressaltar que os solos onde se realiza o cultivo do arroz irrigado apresentam características diferentes daqueles normalmente utilizados no cultivo de espécies de sequeiro em plantio direto. Entre outras diferenças, estes últimos são, comumente, bem estruturados, profundos e, conseqüentemente, bem drenados, o que viabiliza o cultivo diversificado de espécies e, por conseguinte, a própria continuidade dos sistemas.

Os solos de várzea, por apresentarem normalmente condições físicas desfavoráveis às culturas de sequeiro (baixa profundidade efetiva, drenagem deficiente, densidade e relação micro/macroporos elevadas), dificultam a introdução de espécies alternativas ao arroz, levando os orizicultores a praticarem bem mais o CM do que o PD propriamente dito. Outro aspecto a considerar é a presença de camadas compactadas, decorrentes da ação antrópica, próximo à superfície, nos dois tipos de solo. Nos solos de terras altas, estas vêm sendo rompidas quando da implantação dos sistemas conservacionistas, fato que não ocorre quando da implantação destes sistemas em arroz irrigado.

Em síntese, poderiam ser mencionadas as seguintes diferenças entre os sistemas PD e CM utilizados em arroz irrigado e em culturas de sequeiro: objetivo inicial; tipo de solo; descompactação; diversificação de espécies e continuidade do sistema.

Por outro lado, as semelhanças existentes entre os sistemas conservacionistas (PD e CM) utilizados em solos de regiões altas e em solos de várzea (arroz irrigado) estão relacionadas aos próprios requisitos básicos necessários à implantação dos mesmos, e consistem na capacitação gerencial, planejamento da lavoura, correção do microrrelevo, correção da acidez e fertilidade do solo, cobertura vegetal do solo e uso de semeadoras especiais.

5. A implantação dos sistemas PD e CM em arroz irrigado

A diversidade de condições de solo e clima em que o arroz irrigado é cultivado não permite que se tenha uma recomendação ajustada às diferentes situações. Todavia, dentro de cada variante do sistema PD (PD propriamente dito e o CM), existe uma seqüência de passos que normalmente são seguidos, independentemente da situação.

5.1 Preparo do solo

No PD, o preparo do solo é realizado em áreas de pousio nos meses de janeiro a março (preparo de verão) e, normalmente, compreende uma aração e duas gradagens, quando o solo apresenta textura arenosa ou franca, e aplainamento. Não existe a necessidade de desmanchar por completo os torrões, pois, como a semeadura do arroz é realizada após alguns meses, a tarefa é completada pelas chuvas de inverno. Em solos argilosos, dependendo das suas condições de umidade, o número de operações poderá ser maior no momento do preparo.

No CM, as operações de preparo do solo são semelhantes às realizadas no PD, diferindo apenas na época de realização, visto que estas ocorrem do final do inverno ao início da primavera, de 60 a 45 dias antes da semeadura. Em determinados casos, como, por exemplo, quando o solo apresentar textura franco-arenosa, pode ser dispensada uma operação de aração ou de gradagem. O preparo do solo antecipado, tanto no CM, como no PD, visa corrigir pequenas imperfeições de microrrelevo, preparar a superfície do solo para receber as sementes de arroz e, principalmente, estimular a germinação e emergência de sementes de plantas daninhas, como as de arroz vermelho e preto, num período em que estas não possam concorrer com a cultura do arroz.

Quando o arroz irrigado é cultivado em rotação com o milho e a soja no sistema PD, prática já utilizada em algumas áreas de várzea do RS, o preparo do solo vem sendo dispensado. Desta forma, o sistema PD utilizado em áreas de várzea se assemelha àquele praticado em solos de regiões altas.

Após o preparo do solo, é conveniente que se faça o entaipamento prévio com entaipadoras modernas, que constroem taipas de perfil suave, de base larga e menor altura do que as taipas convencionais, eliminando a presença do leiveiro onde não é produzido arroz. Este procedimento não prejudica as demais práticas culturais, pois as taipas, se bem construídas, suportam o trânsito de implementos e máquinas. Além disso, as semeadoras modernas possuem rodado articulado que permite semeaduras uniformes também sobre as taipas.

Neste tipo de taipa, o manejo de água também é facilitado, uma vez que podem ser construídas mais próximas, tornando a lâmina de água mais uniforme, e na irrigação quadro a quadro, a água pode passar por cima da taipa sem prejudicá-la, desde que de forma suave e sem turbilhão. Além disso, a colheita é facilitada uma vez que o arroz cultivado na taipa atinge o ponto de colheita junto com o arroz do quadro. Outro aspecto importante é que a infestação com plantas daninhas na taipa de base larga é muito menor do que aquela que, normalmente, ocorre na de base estreita, isso, aliado ao arroz produzido no leiveiro (cava), que proporciona maior rendimento e qualidade de grãos.

5.2 Formação da cobertura vegetal

No plantio direto, após o preparo do solo, no verão, é aconselhável a implantação de uma forrageira de inverno. No Rio Grande do Sul vem sendo cultivado preferencialmente o azevém, que tem apresentado um bom desenvolvimento em solos de várzea, embora experimentalmente outras espécies, como aveia preta, trevo persa, trevo branco, lotus El rincón, entre outras, venham apresentando desempenho promissor. Desta forma, durante o inverno, quando existe escassez de alimento para a pecuária, tem-se uma pastagem de melhor qualidade para ser utilizada pelos animais. Quando não houver interesse em explorar a pecuária, a cobertura vegetal poderá ser composta pelas plantas que se estabelecerem naturalmente após o preparo.

Em solos de regiões altas, é preconizada a utilização de 5 a 7 toneladas de matéria seca por hectare para cobertura do solo. No cultivo com arroz, dado a problemas de drenagem dos solos de várzea e à formação de ácidos orgânicos, decorrentes da decomposição anaeróbia das coberturas, estas quantidades devem ser menores, situando-se entre 2 a 3 toneladas por ha.

5.2.1 Formação de ácidos orgânicos

A manutenção de uma cobertura morta e a redução das operações de mobilização do solo determinam uma série de vantagens para a utilização agrícola dos solos de várzea, conforme já foi discutido neste trabalho. No entanto, a decomposição anaeróbia de resíduos vegetais em solos alagados produz uma série de compostos orgânicos que são tóxicos ao arroz e podem ser os causadores de problemas como baixo estande de plantas, crescimento inicial lento, menor perfilhamento e menor rendimento de grãos. Os principais compostos formados são os ácidos orgânicos acético, propiônico e butírico, que se constituem em compostos intermediários da decomposição anaeróbia do material orgânico a metano. O ácido acético, por exemplo, formado em maior quantidade, é capaz de causar redução significativa no crescimento das plantas de arroz em concentrações a partir de 150 mg L⁻¹ (2,5 mM) em solução nutritiva (Figura 1). Em experimentos realizados em casa de vegetação onde solos de várzea foram alagados na presença de resíduos de azevém na superfície, foram observadas, na solução do solo, concentrações de ácido acético bem superiores a esse valor de 150 mg L⁻¹ (Figura 2), o que é um indicativo de que concentrações em níveis tóxicos podem estar ocorrendo também em lavouras comerciais.

Ácido acético, mM
0,0 2,5 5,0 7,5 10 15

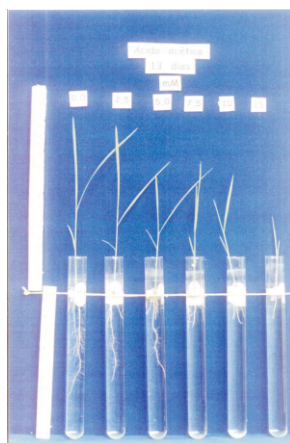


Fig. 1. Desenvolvimento de plantas de arroz, aos 13 dias em solução nutritiva, em diferentes concentrações de ácido acético.

Fonte: Sousa, não publicado.

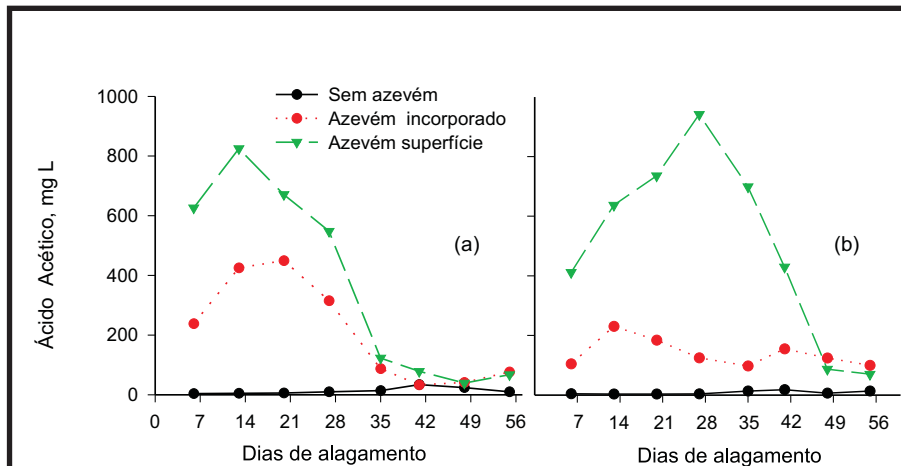


Fig. 2. Concentração de ácido acético na solução de dois solos de várzea Planossolo (a) e Plintossolo (b), obtida a 2 cm de profundidade, sob três condições de resíduos de azevém.

Fonte: Sousa (2001).

5.2.2 Dessecação da cobertura vegetal

Na dessecação da cobertura vegetal são empregados, basicamente, herbicidas sistêmicos de ação total. Os herbicidas dessecantes de contato não têm se mostrado eficientes no manejo da cobertura vegetal, pois normalmente ocorre rebrote das plantas, em decorrência do "efeito guarda-chuva", principalmente se estas já estiverem no período de perfilhamento.

Os produtos de ação sistêmica são absorvidos pelas folhas e por outras partes verdes da planta, e translocam-se até o sistema radicular, matando a planta. Por não serem seletivos, atuam em plantas anuais ou perenes, e em folhas largas e estreitas. Como não possuem atividade no solo, possibilitam, após a aplicação, a semeadura de qualquer cultura na área tratada.

Os herbicidas sistêmicos não devem ser aplicados em plantas estressadas por excesso ou por falta de água, visto que a ação destes produtos é altamente dependente da atividade fisiológica das plantas. Plantas sob condições de estresse têm a sua atividade reduzida e, em consequência, a translocação dos herbicidas é menor, dificultando sua ação.

Um outro cuidado que se deve ter na aplicação dos herbicidas dessecantes diz respeito à relação entre a parte aérea e o sistema radicular das plantas. Para que haja a absorção de uma quantidade suficiente dos produtos, essa relação deve ser de pelo menos 1:1. Por esta razão, deve-se evitar roçadas e o pastejo

na área, anteriormente à aplicação do herbicida. Caso uma destas ações ocorra, deve-se esperar um período de 15 a 20 dias para que as plantas possam recuperar-se e emitir novas folhas. Os herbicidas dessecantes de ação total mais utilizados são o glifosate e o sulfosate. Para plantas anuais são utilizadas dosagens de 2 a 4 L ha⁻¹, enquanto que para plantas perenes deve-se usar uma dose maior, entre 4 e 6 L ha⁻¹. Essas variações de doses estão relacionadas, principalmente, ao tipo de planta daninha, às condições nas quais estas se encontram e ao teor de umidade do solo. As doses de herbicida podem ser reduzidas se aplicadas em condições favoráveis.

A experiência adquirida pelos orizicultores com a adoção dos sistemas PD e CM, vem possibilitando a redução das doses de herbicidas empregadas no manejo da cobertura, em decorrência, principalmente, da associação deste com o final do ciclo da espécie utilizada.

5.3 Drenagem e irrigação do solo

Outro aspecto a considerar diz respeito à drenagem do solo, visto que mesmo para o azevém, cultura que apresenta uma boa adaptação aos solos de várzea, necessita-se de um sistema de drenagem eficiente, para que o excesso de água possa ser removido o mais rapidamente possível, garantindo, deste modo, condições adequadas de desenvolvimento às plantas. Além disso, condições de drenagem deficientes favorecem a presença de gramas boiadeiras que, após estabelecidas, são de difícil controle no PD e CM. O sistema de drenagem pode ser constituído de uma série de drenos superficiais estreitos, de 8 - 12 cm (Figura 3), que desembocam em drenos secundários maiores, os quais são ligados a drenos principais. Os drenos superficiais são construídos por valetadeiras especiais (Figura 3), os quais, dada a sua dimensão em largura, não dificultam o trânsito de máquinas, podendo, portanto, ser construídos próximos, quando necessário.

A irrigação do arroz nos sistemas PD e CM assemelha-se àquela utilizada no sistema convencional de cultivo. Todavia, determinados produtores vêm antecipando a época de início do alagamento do solo, pretendendo com isso utilizar a água como uma barreira física para o controle de plantas daninhas.



Fig. 3. Dreno superficial, em áreas cultivadas com arroz irrigado com cobertura de azevém, e valetadeira utilizada para construção.

5.4 Adubação do arroz irrigado

A adubação de base da cultura do arroz irrigado, nos sistemas PD e CM, é realizada junto à semeadura e, em decorrência do sistema de distribuição do adubo e das sementes das semeadoras de plantio direto, estes insumos são colocados no sulco de plantio, à mesma profundidade das sementes. Deste modo, sob condições de baixa umidade, pode haver uma redução no estande de plantas devido à injúria causada por adubos nitrogenados e potássicos de elevado índice salino.

Quando o plantio direto é realizado visando à integração agricultura/pecuária, sendo, portanto, utilizada uma pastagem cultivada de inverno, o produtor deve investir mais na adubação da pastagem, que apresenta resposta elevada aos nutrientes aplicados e pode deixar um efeito residual satisfatório ao arroz, principalmente no que se refere ao fósforo e potássio, visto que as modificações químicas que ocorrem no solo, após o alagamento, aumentam a disponibilidade destes e de outros nutrientes. Neste caso, a adubação para o arroz poderá ser restringida à adubação nitrogenada de cobertura, eliminando-se os problemas de redução do estande de plantas, uma vez que não seria realizada a adubação de pré-plantio.

As plantas de arroz irrigado, quando cultivadas nos sistemas PD e CM, normalmente apresentam, no início de seu desenvolvimento, deficiência de N, que é evidenciada pela coloração verde-amarelada de suas folhas, principalmente quando a semeadura ocorre sob gramíneas, como o azevém e a aveia. Todavia, experiências têm demonstrado que a ocorrência de deficiência de N, pela decomposição da cobertura morta, tende a desaparecer com a introdução da lâmina de água sobre o solo, sem causar, posteriormente, qualquer redução de produtividade da cultura. Esta constatação sugere a possibilidade de utilização, nos sistemas PD e CM, da recomendação de N adotada no sistema convencional, a qual prevê a colocação de uma pequena parcela de N em pré-plantio (10 kg ha^{-1}), concentrando-se a quantidade restante em cobertura, no início da diferenciação da panícula (IDP), quando a recomendação não for superior a 60 kg ha^{-1} de N. Acima deste valor, manter

os 10 kg ha⁻¹ de N em pré-plantio, colocando o restante, metade no início do perfilhamento e metade no IDP.

Os orizicultores gaúchos, preocupados com problemas causados também pelo K à emergência de plântulas de arroz, vêm evitando a aplicação deste insumo quando da adubação de pré-plantio, preferindo utilizá-lo em cobertura, juntamente com o nitrogênio, o que, segundo os próprios produtores, apresenta reflexos positivos também no rendimento de grãos. Resultados experimentais (Machado et al., 1999) confirmam esta possibilidade, indicando que rendimentos maiores foram observados quando o K foi aplicado integralmente no IDP (0-0-60; kg ha⁻¹), seguido da aplicação de metade da dose na base e o restante no IDP (30-0-30; kg ha⁻¹).

5.5 Semeadura da cultura do arroz irrigado

A semeadura do arroz no Estado do Rio Grande do Sul pode ser realizada de 21 de setembro a 10 de dezembro, dependendo da região. Nos sistemas PD e CM, é realizada com semeadoras especiais, sob uma cobertura vegetal que pode ser constituída de uma pastagem cultivada, flora de sucessão ou resteva de cultura, previamente dessecada com um herbicida de ação total (Figura 4).

O estabelecimento de um estande adequado de plantas é importante para a obtenção de altos rendimentos (Figura 4). O produtor, preocupado com o problema, normalmente utiliza uma quantidade de sementes superior à necessária, aumentando, desta forma, os gastos com este insumo. Na realidade, as plantas de arroz, principalmente as de cultivares do tipo moderno, apresentam alta capacidade de perfilhamento, podendo compensar um menor número de plantas por área, através da emissão de um maior número de perfilhos. Por outro lado, uma alta população de plantas não garante altos rendimentos, pois nesta condição, embora o número de panículas possa ser maior, estas são constituídas por um menor número de espiguetas.



Fig. 4. Procedimento de semeadura e plantas de arroz emergidas (estande inicial) no sistema plantio direto.

Nos sistemas PD e CM, os orizicultores tendem a usar uma densidade de sementes maior do que aquela normalmente adotada no sistema convencional. Esta tendência desenvolveu-se em função do entendimento de que a presença

de cobertura morta e o não revolvimento do solo dificultariam a emergência das plântulas. Adicionada a estas dificuldades, estaria ainda a falta de um melhor desempenho das máquinas de semeadura direta para o arroz, em condições adversas de solo e a formação de ácidos orgânicos.

Trabalhos experimentais envolvendo o sistema PD de arroz irrigado, com diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas, demonstram que o comportamento do arroz em função destas variáveis é semelhante ao observado no sistema convencional de cultivo, indicando que a densidade de semeadura e o espaçamento entre linhas para o PD e CM não necessitam de maiores ajustes (Tabela 1). Além disso, existe uma série de outras variáveis que podem influir sobre a germinação das sementes, tais como clima, solo, cobertura vegetal e cultivar, o que torna difícil uma recomendação genérica em termos de densidade. Porém, aplica-se como regra geral, a necessidade de uma quantidade de 200 a 300 plantas de arroz m⁻², uniformemente distribuídas.

Espaçam. (cm)	Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)				Média
	90	130	170	210	
15,8	5651	5807	6161	5842	5865
18,8	5807	5822	5995	5890	5878
21,8	5843	5500	5791	5527	5665
24,8	5665	5686	5814	5668	5708
Média	5741	5704	5731	5731	

Fonte: Sousa et al. (1995).

5.6 Controle de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas pode ser realizado, entre outros, por métodos mecânicos (preparo do solo ou capinas), culturais (densidade, espaçamento e manejo de água), biológicos (cobertura vegetal) e químicos (herbicidas).

Nos sistemas PD e CM, a cada operação de aração ou gradagem realizada no verão (no caso do arroz), eliminam-se as plantas daninhas já estabelecidas e diminui-se o potencial de sementes no solo. A utilização da pecuária auxilia, também, no controle de plantas daninhas, pois o pastejo evita a formação de novas sementes que poderiam aumentar a infestação.

A semeadura de uma pastagem de inverno, como o azevém, também contribui para o controle de plantas daninhas, pois o solo permanece coberto, o que forma uma barreira física para o estabelecimento de outras plantas, além do provável efeito alelopático da cobertura morta na inibição da germinação de sementes. Além destes aspectos, deve-se considerar, ainda, que a semeadura do arroz nos sistemas PD e CM é realizada com um mínimo de revolvimento do

solo e, desta forma, a germinação de plantas daninhas é sensivelmente reduzida. Os dados da Tabela 2 ressaltam a ação positiva destes sistemas sobre o controle de plantas daninhas.

Tabela 2. Número de plantas daninhas m⁻², observado em diferentes tipos de cobertura e épocas de submersão do solo, na floração do arroz, em três sistemas de cultivo.

DAE*	SC	PD sobre				CM	Média
		Az.	Leg.	Av.	Az. + Leg.		
-----1990/91-----							
17	664	35	25	41	40	29	139
24	535	59	42	37	49	25	124
31	538	46	28	33	47	25	120
Média	579	47	32	37	45	26	
-----91/92-----							
17	20	4	0	0	3	0	4
24	23	1	0	0	4	0	5
31	25	1	0	0	7	0	6
Média	23	2	0	0	5	0	

*DAE - dias após a emergência; SC - sistema convencional; PD - plantio direto; CM - cultivo mínimo; Az. - azevém; Leg. - leguminosa; Av. - aveia.
Fonte: Gomes & Sousa (1993).

Em função da elevada quantidade de sementes de plantas daninhas, normalmente presentes nos solos cultivados com o arroz irrigado, torna-se necessário o emprego de herbicidas pré ou pós-emergentes ou misturas de ambos. Os pré-emergentes normalmente são utilizados misturados com o dessecante. Neste caso, o dessecante controla as plantas daninhas já estabelecidas, enquanto que o pré-emergente evita, por alguns dias, a reinfestação da lavoura. Os pós-emergentes são aplicados após a emergência das plantas daninhas e do arroz, e apresentam um excelente controle das plantas já estabelecidas, mas, no caso do uso de herbicidas que apresentem baixo poder residual, a manutenção do controle depende da inundação do solo.

A aplicação de misturas de herbicidas pré e pós-emergentes, após a emergência do arroz e plantas daninhas, é muito utilizada, visto que o herbicida pós-emergente controla as plantas já estabelecidas, enquanto que o pré-emergente protege a lavoura até a época da submersão contínua do solo.

No sistema plantio direto, existe uma tendência de redução na população das plantas daninhas anuais e um aumento das perenes, que apresentam uma dificuldade maior de controle. Um grupo de plantas perenes, denominadas

genericamente de gramas boiadeiras, tem limitado, em alguns casos, a expansão do plantio direto devido à dificuldade de controle.

As gramas boiadeiras de maior importância são as das espécies *Luziola peruviana*, *Leersia hexandra*, *Paspalum modestum*, *Paspalum acuminatum*, *Paspalum distichum* e *Panicum dichotomiflorum*, sendo as duas primeiras as que ocorrem em maior quantidade. Elas estão distribuídas em áreas úmidas, alagadas (canais e barragens) ou mal drenadas, e encontram na lavoura do arroz um ambiente ideal para o desenvolvimento. Podem alastrar-se rapidamente através da emissão de longos estolões, especialmente se o solo permanecer saturado ou com uma lâmina de água após a colheita do arroz, o que é muito comum em lavouras do RS.

Por ocasião da semeadura da nova safra de arroz, o desenvolvimento dos estolões e do sistema radicular das gramas boiadeiras pode atingir grandes dimensões. Neste caso, doses elevadas do dessecante não serão suficientes para um controle total. Assim, a infestação pode tornar a lavoura inviável, e a área deverá ser recuperada através de métodos integrados, apropriados para tal fim.

Em áreas altamente infestadas, deve-se realizar o preparo de verão de forma superficial, com a finalidade de seccionar raízes e estolões, e promover a desidratação destes através da exposição ao sol. Após o preparo, deve-se implantar uma cobertura vegetal, mantendo-se a área bem drenada durante o inverno. Em área onde a infestação é baixa, realiza-se o cultivo mínimo com preparo superficial 60 a 45 dias antes da semeadura, objetivando, em decorrência do corte dos estolões, estimular a emissão de novas folhas, aumentando a relação entre a parte aérea e o sistema radicular, o que facilita a absorção e a atuação do dessecante na planta. Os demais aspectos relacionados ao manejo do arroz irrigado, cultivado em plantio direto no RS, assemelham-se àqueles adotados no sistema convencional.

6. Rendimento de grãos de arroz nos sistemas PD e CM

A produtividade de grãos de arroz irrigado nos sistemas PD e CM vem se mostrando similar àquela obtida com o sistema convencional (SC). Trabalhos experimentais realizados em diversas safras, em áreas diferentes ou no mesmo local (Tabela 3), envolvendo o SC, o PD, com diferentes coberturas do solo, e o CM, demonstram o potencial produtivo dos sistemas conservacionistas na cultura do arroz irrigado, notadamente quando a infestação da área com arroz daninho for maior, como na safra 1992/93. A redução de produtividade de grãos de arroz, verificada na safra 97/98, foi generalizada, e pode estar mais relacionada às condições climáticas do que aos sistemas de produção.

Todavia, quando o cultivo de arroz foi realizado em uma mesma área, por três anos sucessivos, os menores rendimentos verificados na safra 97/98, comparativamente às safras 96/97 e 97/98, ocorreram nos sistemas PD e CM

Tabela 3. Rendimento de grãos de arroz de duas cultivares em três sistemas de cultivo.

Sistema	Safr					Média	
	90/91*	91/92*	92/93*	95/96**	96/97**		97/98**
	t ha ⁻¹						
S C	5,3	5,6	2,3	6,2	5,8	4,7	5,0
C M	6,4	5,6	4,1	6,0	5,7	4,1	5,6
P D	5,6	5,6	5,2	5,4	5,9	3,9	5,2

Fontes: *Dados adaptados de Gomes et al. (1995); cv. BR IRGA 414. Cultivo em áreas diferentes. ** Dados adaptados de Gomes et al. (1999a); cv. BRS 7 Taim. Cultivo sucessivo em uma mesma área.

7. Influência do PD e CM sobre atributos físicos de solos de várzea

Trabalhos experimentais realizados na Embrapa Clima Temperado, em cooperação com a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, vêm demonstrando que, com o tempo, os sistemas PD e CM podem contribuir para a melhoria dos atributos dos solos de várzea. Os dados da Tabela 4 mostram que, após três anos de condução de um experimento, na camada de 0-2,5 cm de profundidade, o sistema PD proporcionou a maior concentração de macroagregados no solo (> 0,25 mm) e, conseqüentemente, a menor concentração de microagregados (< 0,25 mm), cujos valores foram estatisticamente diferentes dos obtidos nos sistemas CM, PG e SC.

Tabela 4. Macro e microagregados de um Planossolo, considerando sistema de manejo e cultivar de arroz.

Sistema de manejo	Macroagregados, > 0,25mm			Microagregados, <0,25 mm		
	BRS Taim	IRGA 416	Média	BRS Taim	IRGA 416	Média
	Profundidade de 0 - 2,5cm					
SC	47,086	47,793	47,827b	52,140	52,208	52,174 ^{a1}
CM	46,558	44,375	45,466b	53,443	55,575	54,509a
PD	52,080	54,825	53,453a	47,920	42,675	45,297b
PG	48,835	46,730	45,783b	55,165	53,270	54,218a
Média	47,833A	48,431A		52,167A	50,932A	

^{a1}Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula no sentido das colunas e maiúsculas no sentido das linhas não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Lima (2001).

Outro efeito positivo do sistema PD sobre os atributos do solo está relacionado à menor compactação do solo, comparativamente a outros sistemas, como verificada em um experimento, onde foi utilizado o cultivo de azevém no inverno e o arroz no verão, em PD, por três anos consecutivos, em uma mesma área, como mostra a Figura 5. Registrou-se, neste experimento, valores relativamente altos de resistência mecânica do solo à penetração na superfície, atingindo 4,56 MPa no SC. Todavia, os maiores valores de resistência mecânica à penetração do solo foram verificados na camada de 10 - 18 cm, notadamente para os sistemas SC (6,30 MPa), CM (6,09 MPa) e PG (5,21 MPa). Estes valores, segundo Canarache (1990) pertencem à classe de resistência alta (5,1 - 10,0 MPa), com sérias limitações ao crescimento de raízes, considerando culturas de sequeiro.

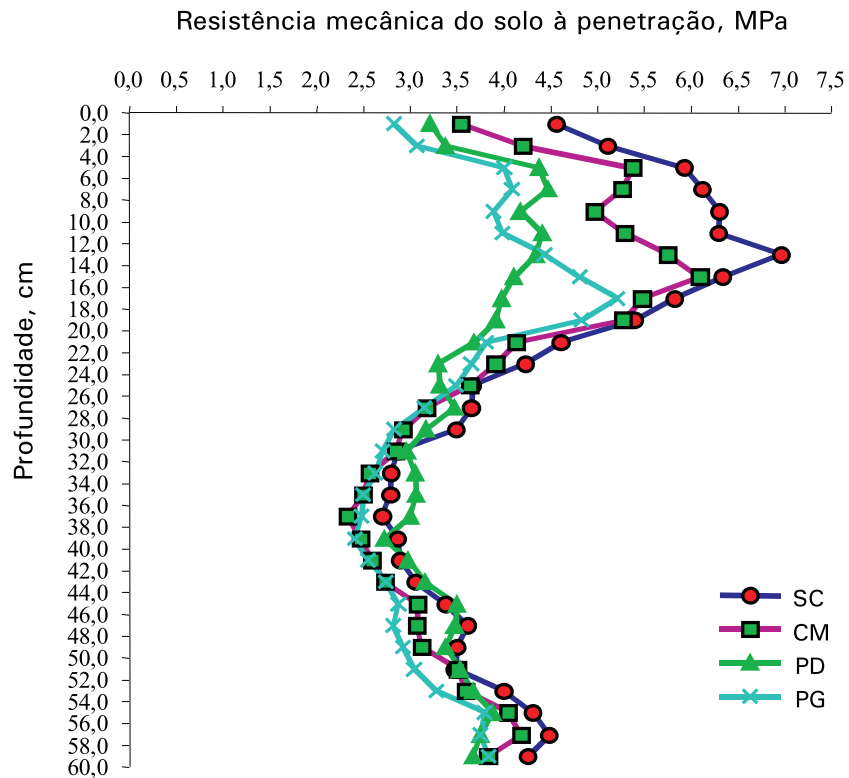


Fig. 5. valores médios de resistência mecânica a penetração de um Planossolo, considerando sistemas de manejo.

Legenda: SC = sistema convencional; CM = cultivo mínimo; PD = plantio direto; PG = pré-germinado

Fonte: Lima (2001)

Avaliações de infiltração de água no solo (I) realizadas em um Planossolo, demonstram que a proteção do solo com cobertura vegetal favoreceu, em geral, este atributo. Após um período de 64 minutos, o solo sob cobertura de azevém, consorciação e flora de sucessão, apresentou infiltração acumulada de 24,0; 19,0 e 18,7 mm, respectivamente, enquanto que no solo sem cobertura vegetal (SC) este valor foi de apenas 8,0 mm (Figura 6). Estas observações demonstram que o uso de sistemas de cultivo que envolvem a proteção da superfície e a mínima mobilização de solo, contribui para aumentar a taxa de infiltração de água. Do mesmo modo, a associação cobertura vegetal e ausência de preparo mecanizado do solo, favorece nitidamente o acúmulo de carbono nas camadas de 0-2; 2-4 e 4-6 cm, notadamente na camada de 0-2 cm (Figura 6).

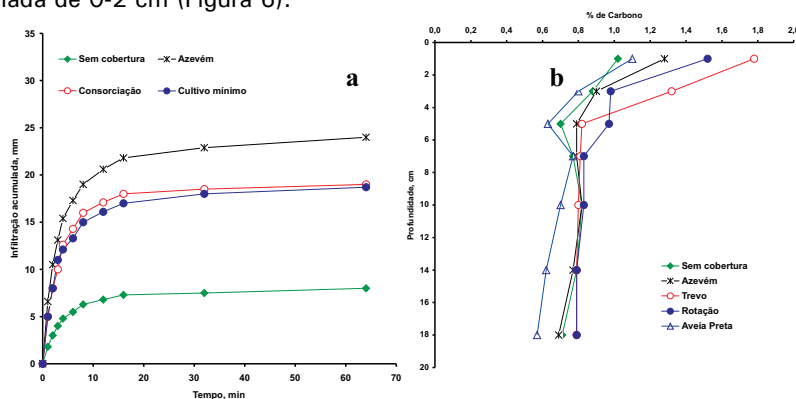


Figura 6. Infiltração acumulada de água (a) e porcentagem de carbono, em profundidade, de um Planossolo, cultivado com arroz irrigado, em diferentes tipos de cobertura.

Fonte: Gomes et al. (1997). Dados adaptados.

8. O PD e CM em culturas alternativas ao arroz irrigado

A adoção dos sistemas PD e CM em arroz irrigado, em decorrência das exigências inerentes aos sistemas, vem contribuindo para que os mesmos comecem a ser utilizados em culturas de sequeiro, em rotação com arroz irrigado. A Embrapa Clima Temperado vem desenvolvendo, há alguns anos, trabalhos experimentais visando à implementação do PD e CM em áreas de várzea, com culturas de sequeiro. Avaliações, realizadas em experimentos, envolvendo, por exemplo, o cultivo do milho no sistema PD, pelo período de cinco anos, permitem concluir que o PD, comparativamente ao SC, embora tenha acidificado o solo, contribui para aumentar os teores médios de M.O. e de P e K disponíveis, na camada de 0-2,5 cm. Por outro lado, independentemente dos sistemas, observou-se que, com o tempo, os valores médios de pH, M.O. e de K disponível do solo, na camada de 0 - 20 cm,

manifestaram uma tendência de redução, enquanto que os de P, manifestaram uma tendência inversa (Figura 7).

O aumento nos teores de M.O. na superfície do solo, em decorrência da manutenção dos restos culturais e das plantas de cobertura dessecadas, pode ajudar no estabelecimento de culturas de sequeiro. Um dos problemas principais para o estabelecimento de culturas alternativas ao arroz é o encrostamento superficial do solo que se forma após chuvas pesadas, o que dificulta a emergência das plântulas. A presença da cobertura diminui a desagregação provocada pelo impacto da gota de chuva, além do que a matéria orgânica concorre para melhorar a estrutura do solo, o que pode reduzir a formação do encrostamento superficial.

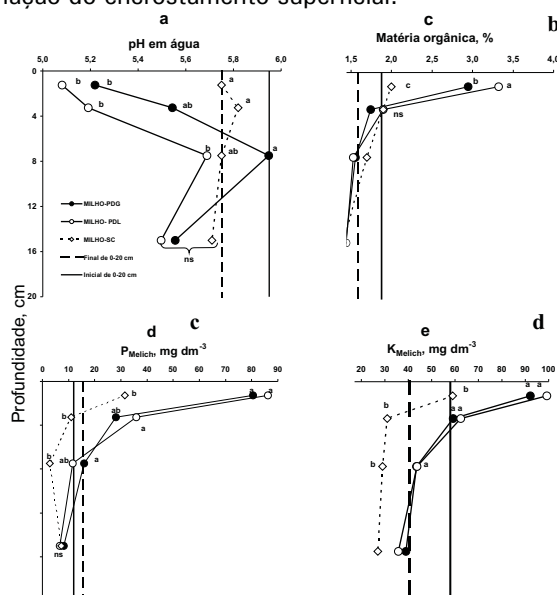


Figura 7. Valores médios de pH (a), M.O. (b) e P (c) e K (d) disponíveis, de um Planossolo, após cinco anos sucessivos sob cultivo de milho, considerando sistemas de manejo e profundidade de amostragem, e respectivos valores médios inicial e final, na camada de 0 a 20 cm.

Fonte: Gomes et al. (2002).

Legenda: Milho PDG = milho semeado em PD sob gramíneas (azevém, aveia preta, centeio, cevada e triticale); Milho PDL = milho semeado em PD sob leguminosas (ervilhaca, cornichão e trevo-vesiculoso); Milho SC = milho semeado no SC; Final de 0-20 cm = valores médios dos atributos, após o término do ensaio, na camada de solo de 0-20 cm; Inicial de 0-20 cm = valores médios dos atributos, antes da implantação do ensaio, na camada de solo de 0-20 cm.

9. Sustentabilidade dos sistemas PD e CM

A viabilidade técnica e econômica dos sistemas PD e CM em arroz irrigado tem sido comprovada inúmeras vezes, através de avaliações realizadas pelos próprios agricultores; todavia, o equilíbrio do sistema ou sua sustentabilidade não tem sido considerada.

O termo sustentabilidade é associado normalmente à expressão "produzir sem degradar", a qual pode ser enfocada de três modos distintos: conservacionista, ecológico e energético. O enfoque mais comum é o primeiro, onde são ressaltados aspectos como racionalidade, redução de perdas do solo por erosão, conservação do solo, utilização de princípios agrônômicos, entre outros. O segundo enfoque é o ecológico, onde biodiversidade, poluição e agricultura alternativa são grandes preocupações. Referências a espécies em extinção, dependência de produtos químicos e agrotóxicos são, normalmente, aspectos considerados. E, por fim, o terceiro e último enfoque refere-se ao energético, onde são considerados aspectos como entrada e saída de energia. Cada quilograma ou litro de produto colocado no solo sob a forma de insumo tem seu equivalente em calorias, isto é, em energia.

Dependendo da quantidade de energia utilizada para produzir, poderá haver uma saída maior de energia do que a colocada, resultando, assim, um balanço energético negativo. Para se entender melhor o enfoque energético, deve-se ressaltar o significado de produzir, que significa manejar-se um sistema agrícola, ou outro tipo de sistema, e dele retirar um produto para ser usado, ou consumido. Assim, se o produto remover ou incorporar parte do sistema, o que normalmente ocorre, este tenderá inevitavelmente à degradação, visto que o consumo de energia, durante o processo produtivo, reduzirá a energia disponível no sistema.

Partindo-se da premissa de que, no processo de produzir, normalmente, parte da energia envolvida, assim como da matéria utilizada, passa a ser não-disponível, entende-se que o grau de sustentabilidade de um sistema agrícola depende de sua capacidade de prover a si próprio suas necessidades químicas e biológicas, de forma que os balanços energético e econômico sejam positivos ou iguais a zero.

O PD e o CM, além de possibilitarem o uso de certas áreas, antes inviáveis, e de se mostrarem economicamente mais rentáveis que o sistema convencional, propiciam ao solo, por meio da cobertura vegetal ("mulch"), importantes retornos energéticos. A cobertura vegetal do solo exerce efeitos benéficos sobre os atributos e processos do solo e sobre o crescimento e a produtividade das culturas (Figura 8). Em termos físicos, estes efeitos positivos se expressam, notadamente sobre a sua estrutura e agregação e, em consequência, sobre a porosidade total e a microporosidade. Em termos químico e nutricional, a cobertura concorre para a adição de nutrientes, aumentando o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca de cátions do solo. Nas Tabelas 5 e 6, estão identificados, respectivamente, os teores de macronutrientes contidos na palha das principais culturas e o tempo de decomposição da palha de trigo, em decorrência da sua localização relativamente à superfície do solo.

químico e nutricional, a cobertura concorre para a adição de nutrientes, aumentando o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca de cátions do solo. Nas Tabelas 5 e 6, estão identificados, respectivamente, os teores de macronutrientes contidos na palha das principais culturas e o tempo de decomposição da palha de trigo, em decorrência da sua localização relativamente à superfície do solo.

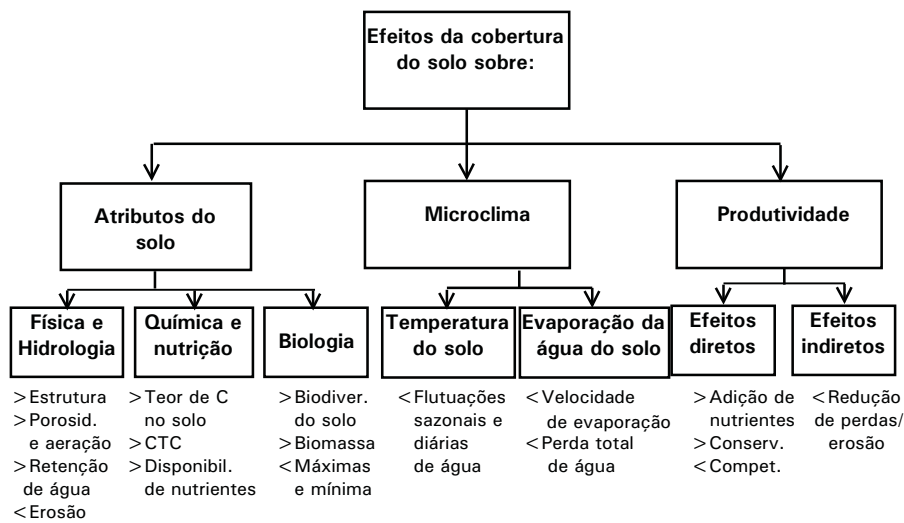


Fig. 8. Efeitos da cobertura do solo sobre seus atributos, microclima e a produtividade das culturas.

Fonte: Lal (1993).

Tabela 5. Teores de macronutrientes contidos na palha das principais culturas produtoras de grãos e no grão* de arroz com casca

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	Total
	----- kg t ⁻¹ -----					
Arroz	12(12,5)*	2(2,2)*	23(4,4)*	4(1,0)*	2(1,1)*	43(21,2)*
Milho	22	4	26	6	4	62
Soja	12	1	7	16	1	37
Trigo	13	1	4	2	39	59

Fontes: Barbosa Filho (1987); Lal (1993).

Tabela 6. Porcentagem de resteva de trigo não decomposta, em função de diferentes posições, em relação à superfície do solo.

Tempo (semanas)	Localização		
	Superfície*	Semi-incorporada*	Incorporada**
		%	
0	100,0	100,0	100,0
8	96,3	92,0	87,7
16	90,0	86,6	68,6
26	78,5	69,7	62,3
52	65,7	44,5	28,4
104	54,0	12,0	5,0

* 1,6 t ha⁻¹;

** 100g de resíduo/saco, colocados a 10 cm de profundidade.

Fonte: Nahas (1993).

10. Vantagens do PD e CM para o arroz irrigado

As vantagens dos sistemas PD e CM podem ser divididas, didaticamente, em diretas e indiretas. Entre as vantagens consideradas diretas, incluem-se o controle de plantas daninhas, semeadura em época mais adequada, favorecimento do manejo de água e melhor relação custo/benefício.

Em termos econômicos, destaca-se a melhor relação custo/benefício que os sistemas conservacionistas trazem aos produtores. A redução nos custos de produção ocorre, principalmente, em função da diluição dos custos fixos no tempo e no espaço, em decorrência da utilização de uma mesma estrutura, que engloba maquinário e mão-de-obra. O tempo de máquina necessário, por exemplo, para a execução das atividades do preparo do solo à colheita, corresponde, no sistema convencional, a 9,77 h ha⁻¹, enquanto que no plantio direto e no cultivo mínimo, a 5,16 h ha⁻¹ para trator de 100 Hp1. Análises comparativas, realizadas após seis anos de utilização do PD e SC, por docentes da FAEM/UFPEL, permitem concluir que, durante esse período, o PD proporcionou uma receita líquida, definida como renda da capacidade administrativa e de uso da terra, 77 % superior à obtida com o SC.

Entre as vantagens consideradas indiretas, que os sistemas proporcionam à lavoura de arroz irrigado gaúcha, destacam-se também as econômicas, obtidas através da melhor integração entre a agricultura e a pecuária, uma vez que a pecuária pode ser conduzida no sistema plantio direto sobre uma pastagem de melhor qualidade, durante os meses críticos do ano em termos alimentares. Ademais, a permanência dos animais por maior tempo na pastagem, resulta em maiores retornos econômicos. Segundo informações obtidas em nível de campo, as receitas oriundas da pecuária conduzida sobre o azevém podem ser três vezes superiores àquelas obtidas em flora de sucessão.

11. Limitações à expansão dos PD e CM em arroz irrigado

As limitações podem ser classificadas em principais e secundárias, compreendendo as principais: arrendamento da terra; investimento inicial elevado; dificuldades no controle de plantas daninhas (gramas perenes); dificuldades no estabelecimento de rotação de culturas; problemas de drenagem e pouco apoio da pesquisa; e as secundárias: falta de mão-de-obra especializada; colocação de adubo junto a sementes; presença de arroz vermelho (solos argilosos); estande inicial baixo; estiolamento de plantas; falta de crédito subsidiado.

Além destas limitações, que por si são explicativas, incluem-se outras, de aspecto mais genérico, como falta de uma política agrícola estável e compatível; capacitação gerencial deficiente e conhecimento insuficiente do sistema.

Em função das limitações apresentadas, são sugeridas algumas alternativas, como alterações nas relações de produção; viabilização da rotação de culturas; estabelecimento de sistemas de drenagem eficientes; terceirização ou associativismo; adaptação de semeadoras convencionais (kits especiais); integração orizicultores/pecuaristas; capacitação de técnicos, produtores e pessoal de campo, sobre o sistema.

12. Considerações finais

O sistema plantio direto de arroz irrigado, assim como ocorre com toda tecnologia, necessita ainda de alguns ajustes. Todavia, os excelentes resultados obtidos até o momento, por produtores e pesquisadores, são um indicativo de que o sistema plantio direto pode evoluir ainda mais nas várzeas gaúchas e também ultrapassar as fronteiras do Rio Grande do Sul, atingindo o mesmo sucesso em outras regiões do Brasil e até mesmo em outros países.

13. Referências Bibliográficas consultadas

BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz: (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129 p. (Potafós. Boletim técnico, 9).

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Rossdorf: TZ-Verl- Ges, 1990. 272p.

DIAS, A. D.; GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A.; SOUSA, R. O. Desempenho do arroz irrigado em plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: IRGA. 1995. p. 146-149.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/FUNDACEP-FECOTRIGO/FUNDAÇÃO ABC/Aldeia Norte, 1993. 166 p.

FANCELLI, A. L. **Plantio direto no estado de São Paulo**. São Paulo: FEALQ/ESALQ/USP, 1989. 189 p.

GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O. Coberturas vegetais e épocas de início da submersão do solo no sistema de plantio direto de arroz irrigado. In: **PLANTIO DIRETO de arroz irrigado: uma ponte entre o passado e futuro**. Porto Alegre: Monsanto, 1993. p. 18-20.

GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A. Caracterização da compactação do solo através do uso do penetrômetro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.426, p.18-20, 1996.

GOMES, A. da S. Sistema de plantio direto em arroz irrigado: limitação e alternativa. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.29, p.4-9, set./out. 1995.

GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A.; GOMES D. N. Influência de diferentes sistemas de cultivo sobre alguns atributos físicos de um solo de várzea. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.137-142.

GOMES, A. da S.; PETRINI, J. A.; VERNETTI Jr. F. de J. Sistemas de cultivo de arroz em várzeas na Região Sul do Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia, GO. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. V.2. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 96). p.213-237.

GOMES, A. da S.; VERNETTI Jr., F. J.; FERREIRA, L. H. G.; MARTINS, E.; CAPILHEIRA, A. Comportamento da fertilidade de um Planossolo cultivado com milho em sucessão a diferentes coberturas de inverno, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., Cuiabá. **Anais**. SBCS, 2002. No prelo.

IAPAR. Plantio direto no estado do Paraná. Londrina, 1981. 244p. (Circular IAPAR, 23).

LAL, R. Role of No-till farming in sustainable agriculture in the tropics. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: SEAB/IAPAR/FEBRAPDP, 1993. p. 29-62.

LIMA, C. L. **Influência de diferentes sistemas de manejo sobre atributos físicos de um Planossolo**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel, 2001. F91.

MARCOS, Z. Z. Produzir sem degradar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 23., 1993, Porto Alegre. **Conferências**. Porto Alegre: UFRGS, 1993. P.111-140.

MACHADO, M. O.; GOMES, A. da S.; FRANCO, J. C. B. Épocas de aplicação de potássio na cultura do arroz irrigado, no sistema plantio direto, em três safras sucessivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. P.379-381.

NAHAS, E. A produtividade das culturas e a preservação do ambiente pelo uso de resíduos agrícolas. In: GIANELLO, C.; VIDOR, C.; MIELNICZUK, J.; KLAMT, E. **Produzir sem degradar**. Porto Alegre, UFRGS. Departamento de Solos, 1993. p. 111-140. Conferências do XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

PAULETTO, E. A.; PEDROTTI, A. ; CRESTANA, S. A avaliação da compactação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo através da tomografia computadorizada e do penetrômetro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo; EMBRAPA-CNPT, 1997, p. 143-46.

PEÑA, Y. A.; GOMES, A. da S.; SOUZA, R. O. Influência de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.3, p.517-523, 1996.

PEREIRA, M. A. Plantio Direto no Mundo: Importância Social. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 4, 1994, Cruz Alta, Anais. Cruz Alta: FEBRAPDP/CAT-CRUZ ALTA, 1994. p. 26-43

PLANTIO direto de arroz irrigado: uma ponte entre o passado e futuro. Porto Alegre: Monsanto, 1993, 33p.

RIGATTO, P. Viabilidade econômica de sistemas de produção para regiões de várzea. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais**. EMBRAPA-CPACT, 1993. p.297-299.

STEINMETZ, S.; INFELD, J.A.; MALUF, J.R.T.; SOUSA, P.R. de; BUENO, A.C. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul: recomendações de épocas de semeadura por município**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996. 30p (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 19).

SOUZA, R. O.; GOMES A. da S.; MARTINS, J. F. da S.; PEÑA, Y. A. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n.2 p.69-74., maio-ago. 1995.

SOUSA, R. O.; PAULETTO, E. A.; GOMES A. da S. Sistema de cultivo de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/ADA, 1995. v.1, p.151-168. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 60).

SOUSA, R. O. **Oxirredução em solos alagados afetada por resíduos vegetais**. Porto Alegre, 2001. 164f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.