SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

A integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arrozeira

Felipe de Campos Carmona, Luiz Gustavo de Oliveira Denardin, Amanda Posselt Martins, Ibanor Anghinoni e Paulo César de Faccio Carvalho (Editores)

SISTEMAS INTEGRADOS
DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA
EM TERRAS BAIXAS

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

EDITORES

Felipe de Campos Carmona
Luiz Gustavo de Oliveira Denardin
Amanda Posselt Martins
Ibanor Anghinoni
Paulo César de Faccio Carvalho

Porto Alegre – Rio Grande do Sul
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Faculdade de Agronomia
Departamento de Solos
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Av. Bento Gonçalves, 7712
Bairro Agronomia
CEP 91540-000
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Correio eletrônico: contato@aliancasipa.org

Tiragem: 1.500
Capa: Amanda Posselt Martins
Fotos: Alex Silva, Amanda Posselt Martins, Armindo Barth Neto, Felipe de Campos Carmona, Fernanda Gomes Moojen, Filipe Selau Carlos, Luiz Gustavo de Oliveira Denardin, Paulo Marsiaj Oliveira Neto, Wagner Semensatto
Revisão do texto: Felipe de Campos Carmona, Ibanor Anghinoni e Luiz Gustavo de Oliveira Denardin
Montagem: Amanda Posselt Martins
Revisão final: Amanda Posselt Martins e Luiz Gustavo de Oliveira Denardin
Diagramação e impressão: Gráfica e Editora RJR Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Morgana Marcon, CRB-10/1024)

S623 SISTEMAS integrados de produção agropecuária em terras baixas : a integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arrozeira. / Felipe de Campos Carmona e outros. -- Porto Alegre : edição dos autores, 2018.
160 p. il.

ISBN: 978-85-67302-72-0

1. Produção agrícola : sistemas integrados. 2. Agropecuária. 3. Arroz : produção. I. Carmona, Felipe de Campos. II. Denardin, Luiz Gustavo de Oliveira. III. Martins, Amanda Posselt. IV. Anghinoni, Ibanor. V. Carvalho, Paulo César de Faccio. VI. Título.

CDU: 631.153 : 636

Todos os direitos reservados.
Permitida reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.

APRESENTAÇÃO

A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, das lavouras irrigadas nas terras baixas do Rio Grande do Sul (RS), onde são cultivados anualmente mais de um milhão de hectares desse cereal (**Figura 1**). No contexto estadual, a cadeia produtiva do arroz tem significativo impacto socioeconômico, já que emprega, direta e indiretamente, mais de 200 mil pessoas. A produção total tem sido, na média dos últimos anos, de aproximadamente 8 milhões de toneladas (**Figura 1**), o que faz do cultivo do arroz uma das principais atividades agrícolas do RS.

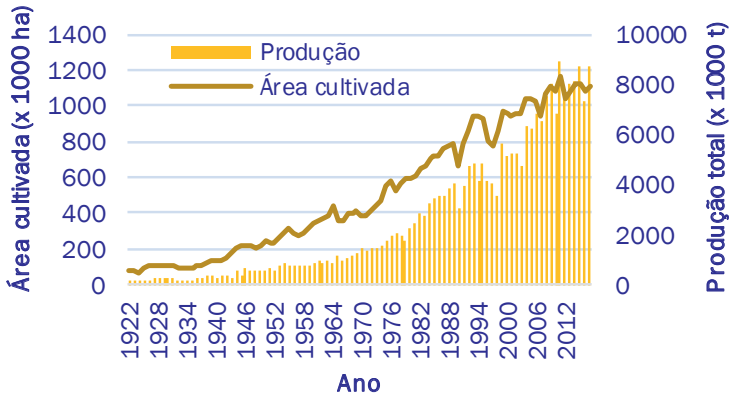

Figura 1 – Evolução da área cultivada e da produção total de arroz no Rio Grande do Sul (1922 a 2017). Fonte: IRGA.

Entretanto, nos últimos anos, tem havido uma crescente descapitalização dos produtores de arroz no RS. O esgotamento das fontes de financiamento a juros baixos, para produção, comercialização e investimentos, bem como o processo de globalização e liberação das economias, que

submeteram o setor às condições de livre mercado, principalmente no Mercosul, não mais permitem que se alcancem as margens de ganhos obtidas no passado, mesmo com os atuais níveis de produtividade, que se equiparam aos de países como Estados Unidos, Austrália e Japão. Um exemplo desse cenário desfavorável foi verificado na safra 2016/2017, quando foi alcançada a marca de 8,7 milhões de toneladas produzidas, inferior apenas à safra recorde de 8,9 milhões de toneladas, em 2010/2011 (**Figura 1**). Em ambas as safras, o preço pago ao produtor despencou a patamares insustentáveis, tanto pelo excedente nacional, quanto pelo alto volume importado de países vizinhos do Mercosul, como Paraguai, Uruguai e Argentina.

A prática da monocultura do arroz constitui-se em agravante nesse contexto, especialmente após o advento da tecnologia Clearfield®. Esta tecnologia permitiu que os arrozeiros utilizassem áreas antes consideradas condenadas ao cultivo, pelo excesso de arroz vermelho. O mal manejo dessa ferramenta, entretanto, gerou inúmeros casos de resistência de arroz vermelho e capim arroz ao herbicida empregado para o seu controle, o que tem ocasionado sistemática redução na produtividade de grãos pela crescente infestação e competição com essas invasoras em extensas áreas do RS.

Os fatores elencados acima tornaram a atividade orizícola insustentável para uma grande parcela de produtores de arroz no RS e em Santa Catarina (SC), gerando um nefasto impacto social sobre comunidades excessivamente dependentes da cadeia produtiva do arroz. Uma das alternativas para reversão desse quadro é o estímulo à adoção de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), comumente também conhecidos como integração lavoura-pecuária (ILP) em terras baixas, com vistas à diminuição de riscos

e maior retorno econômico. Entretanto, são escassos os trabalhos científicos que fomentem a diversificação nesse ambiente tanto no RS, quanto em SC, o que dificulta a massificação na transferência de tecnologia, muito embora haja produtores adotando a rotação de culturas e ILP em terras baixas com sucesso.

Diante do exposto, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), a Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária e o Serviço de Inteligência em Agronegócios (SIA) têm coordenado um protocolo experimental na Fazenda Corticeiras (**Figura 2**), no município de Cristal (RS), com o intuito principal de aportar à lavoura orizícola do RS oportunidades de formatação de sistemas de produção integrada com pecuária para fins de sustentabilidade ambiental, produtiva e econômica.

O presente livro aborda sobre o atual cenário de produção das terras baixas e da lavoura arrozeira, compila os principais resultados deste experimento (**Figura 2**), que foi iniciado em 2013, e traz também experiências de produtores que têm alcançado resultados expressivos com a adoção da integração lavoura-pecuária em terras baixas.

Figura 2 – Placa de identificação com as instituições e empresas que coordenam e lideram a responsabilidade técnica do experimento Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas (SIPAtb), cujos principais resultados serão abordados no presente livro.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. José Luiz D'Agostini, proprietário da Fazenda Corticeiras, por ser um dos grandes motivadores desse empreendimento público-privado, provendo hospitalidade e todas as condições para a plena execução dos trabalhos.

Aos funcionários da Fazenda Corticeiras, em particular ao Srs. Luiz Alberto, Genoci, Homero, Bruno e Patrick, pelo importante apoio local, sem o qual não seria possível realizar o experimento.

Aos pesquisadores Danilo Menezes Sant'Anna e Jamir Luís Silva da Silva, da Embrapa Pecuária Sul e Embrapa Clima Temperado, respectivamente, pelo apoio e auxílio desde o início do experimento.

Ao professor Aníbal de Moraes, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo apoio na realização dos trabalhos e na orientação de alunos.

Ao funcionário da UFRGS, amigo e parceiro de todos, Adão Luís Ramos dos Santos, pelo tempo que dispendeu em coletas a campo e auxílio em laboratório para que fosse possível a apresentação de todos os resultados.

Aos inúmeros estagiários, bolsistas de iniciação científica e alunos de pós-graduação que ajudaram, a campo e em laboratório, para a construção de toda a riqueza de informações aqui apresentadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e às pró-reitorias de pesquisa (PROPESQ) e extensão (PROREXT) da UFRGS, pelas bolsas de extensão, iniciação científica, mestrado, doutorado e produtividade em pesquisa, que deram suporte aos recursos humanos envolvidos neste trabalho.

À FAPERGS, ao CNPq, à Fundação Agrisus, à Rede de Fomento iLPF e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pelos recursos providos para a execução dos projetos de pesquisa e atividades correlatas.

Às empresas Ricetec, Timac, Trutest e Yara, pelo apoio logístico e financeiro, fundamental para a continuidade e bom andamento dos ciclos hibernais e estivais das culturas.

A todos que já estiveram presentes em nossos Dias de Campo e contribuíram com a difusão da filosofia e da tecnologia dos sistemas integrados de produção agropecuária, buscando a intensificação sustentável da produção agrícola e pecuária das terras baixas.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao parceiro de todas as horas.

Assim podemos definir a relação estabelecida com a **Fundação Agrisus** desde a concepção do protocolo experimental "Sistemas Integrados de Produção Agropecuária Terras Baixas", em 2013, até o lançamento deste Livro. Sempre que requisitada, a Agrisus atendeu aos nossos pedidos, fosse na forma de apoio financeiro aos Dias de Campo, fosse na forma de fomento à pesquisa. Uma entidade que realmente faz jus à extensão de seu nome – "Agricultura Sustentável", e que apoia pesquisadores de todo o Brasil em ações voltadas à conservação do solo, o bem mais precioso de um país com inequívoca vocação agropecuária.

FUNDAÇÃO agrisus

Obrigado, Agrisus. Obrigado por acreditar e efetivamente apoiar o crescimento da integração lavoura-pecuária no Rio Grande do Sul!

LISTA DE COLABORADORES

Amanda Posselt Martins (amanda.posselt@ufrgs.br)
Departamento de Solos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

André da Rosa Ulguim (andre.ulguim@ufsm.br)
Departamento de Defesa de Fitossanitária
Universidade Federal de Santa Maria

Armindo Barth Neto (armindo.barth@siabrasil.com.br)
SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios

Bernardo Fagundes (estanciaquatrofolhas@gmail.com)
Estância Quatro Folhas

Camila de Lara (camiladelara@hotmail.com)
Estância do Chalé

Carolina Bremm (carolina-bremm@seapi.rs.gov.br)
Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI)

Davi Teixeira dos Santos (davi.teixeira@siabrasil.com.br)
SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios

Dionata Filippi (dionatafilippi7@hotmail.com)
Departamento de Solos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Felipe de Campos Carmona (felipecarmona@integrarcampo.com.br)
Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária

Fernanda Gomes Moojen (femoojen@hotmail.com)
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Filipe Selau Carlos (filipe-carlos@irga.rs.gov.br)
IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz

Helen Estima Lazzari (hel_estima@hotmail.com)
SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios

Ibanor Anghinoni (ibanghi@ufrgs.br)
Departamento de Solos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

José Bernardo Moraes Borin (jbborin@gmail.com)
Departamento de Solos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

José Fagundes (estanciaquatrofolhas@gmail.com)
Estância Quatro Folhas

Luiz Gustavo de Oliveira Denardin (luizgdenardin@gmail.com)
Departamento de Solos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Maurício Zanovello Schuster (mauricioschus@gmail.com)
Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo
Universidade Federal do Paraná

Paulo Cardozo Vieira (paulo.vieira@siabrasil.com.br)
SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios

Paulo César de Faccio Carvalho (paulocfc@ufrgs.br)
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Paulo Marsiaj Oliveira Neto (marsiajneto@gmail.com)
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ricardo de Lara (ricardo@estanciadochale.com.br)
Estância do Chalé

Rúbia Luciane Dominschek Lima (rubiadominschek@gmail.com)
Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo
Universidade Federal do Paraná

Thiago Barros (thiagopoabr@hotmail.com)
Granja Maria

Wagner Semensatto (wagner@integrarcampo.com.br)
Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária

SUMÁRIO

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

Pág.

Capítulo 1. Reconectando a natureza com a produção agrícola: a via da intensificação sustentável 17

Capítulo 2. O cenário para a diversificação 25

Capítulo 3. O plantio direto como alicerce 31

Capítulo 4. Geração do conhecimento 39
4.1. Descrição do protocolo experimental 40
4.2. Principais resultados obtidos 51

Capítulo 5. Difusão do conhecimento 101
5.1. Transferência de tecnologia 102
5.2. Publicações e recursos humanos 104

Capítulo 6. Aplicação do conhecimento 113

Capítulo 7. Novos desafios 153

1 RECONECTANDO A NATUREZA COM A PRODUÇÃO AGRÍCOLA: A VIA DA INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL

Paulo César de Faccio Carvalho

O CONTEXTO TEMÁTICO

A produção agrícola ocupa atualmente uma grande porção da superfície terrestre, de 38% da área total do planeta. Considerando apenas a produção de grãos, isso representa algo como 1,53 bilhões de hectares (ha), sendo 62% da área voltada à nutrição humana, 35% à nutrição animal, e 3% à produção de biocombustíveis (**Figura 1.1**). Entre os anos 2000 e 2010, a produção global de grãos cresceu a uma taxa de 2% ao ano, enquanto a expansão anual das áreas colhidas foi de 0,8%. Isso decorre em grande parte das produtividades dos cultivos de grãos, que aumentaram significativamente nos últimos anos. Em contrapartida, observa-se também que as taxas de ganhos de produtividade na produção de grãos, aparentemente, vêm caindo, bem como a expansão das áreas agrícolas. Por outro lado, tem-se o crescimento populacional do planeta, com consequente demanda pela produção de mais alimentos.

A análise destes fatos, em conjunto, tem gerado diversos questionamentos, acerca de como será possível alimentar 9,7 bilhões de pessoas, projetadas para habitarem o nosso planeta em 2050. Neste sentido, a ONU elevou a responsabilidade do setor agrícola, ao estabelecer que ele deva **não somente produzir alimentos**, mas também **nutrir pessoas**. A complexidade desta questão, logo, passa a estar não somente no montante de alimento necessário em 2050, estimado na duplicação da produção de carne e aumento de

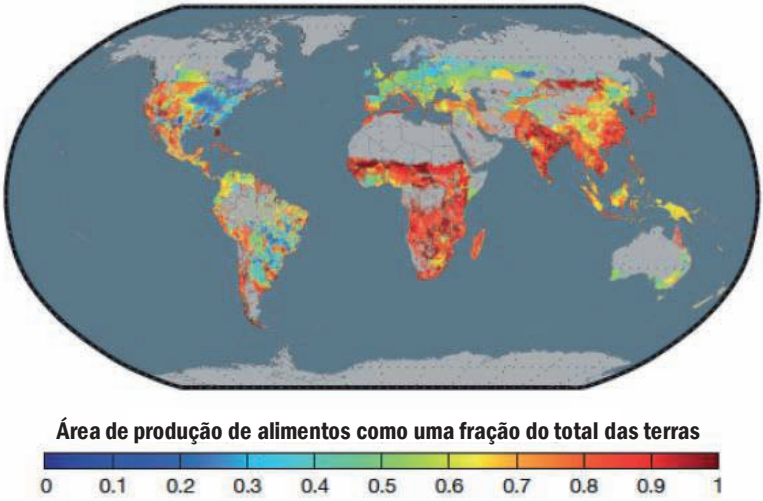

Figura 1.1 – Fração, do total de terras, destinada para a produção de alimentos. Fonte: Foley, J.A. et al. 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature, v. 478, DOI:10.1038/nature10452.

70% na produção de grãos, mas também na sua forma de produção (sistemas de produção sustentáveis) e suas consequências sobre a saúde coletiva (alimentos diversos e saudáveis).

O Ministério da Agricultura do Brasil projetou um acréscimo de 51 milhões de toneladas de grãos para os próximos 10 anos, quando deverá aumentar a produção atual de 237 milhões para 288 milhões de toneladas. No contexto da pecuária o incremento projetado é ainda maior, de 7,5 milhões de toneladas de carne, sendo 28% maior que a da safra 2016/2017. O setor pecuário é reconhecido como "tampão de crises financeiras" no Brasil e demonstra ser capaz de atender parte da necessidade global de incremento na produção de alimentos. Há projeções que estimam que o nosso país vá responder por 1/3 deste incremento, o que coloca a

agricultura brasileira em notável posição de destaque. Mas destaque para quem?

Infelizmente, o setor agrícola não tem seu merecido reconhecimento. Contrariamente, hoje em dia vivemos momentos únicos, onde a sociedade depende desse setor para sua persistência, ao mesmo tempo em que vem se distanciando dele e o condenando. Além disso, também deve-se reconhecer o fato de que os impactos ambientais dos modelos de produção agrícola atuais estão em evidência e a sociedade exige alteração das rotas unicamente produtivistas e de alta pegada ambiental. Vale ressaltar que chegamos a esse ponto principalmente em decorrência da **extrema especialização**, a partir da criação de sistemas de produção onde o compromisso de controlar pragas e doenças, por exemplo, passou a ser de nossa inteira responsabilidade e as espécies de plantas comerciais vão perdendo suas capacidades de persistência em ambientes não controlados. E assim, os sistemas agrícolas vão se desconectando da natureza... e das pessoas.

OS ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS SE DESCONECTANDO DOS ECOSSISTEMAS NATURAIS

A produção agrícola nos primórdios era intimamente conectada à natureza. O uso dos dejetos de animais para fins de fertilização e as rotações de cultivos eram “tecnologias” que, ainda que rudimentares, eram **fundamentadas em processos**. Na medida em que os sistemas agrícolas foram se desenvolvendo, em particular a partir da revolução verde, o processo de intensificação, associado à especialização a fez se distanciar dos processos naturais. A agricultura moderna vem se modificando para uso predominante de tecnologias

de insumos, importantes para estabelecer novos patamares de produção primária e secundária, mas cada vez menos pautadas nos processos naturais e em serviços ecossistêmicos (Figura 1.2).

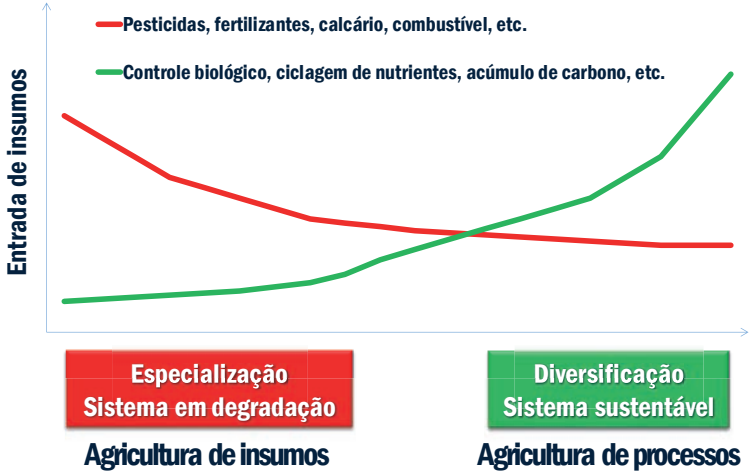

Figura 1.2 – Sistemas sustentáveis de produção de alimentos são conceituados como aqueles em que a dependência de entrada de insumos materiais (em vermelho) são menores, havendo a preponderância da utilização de insumos de manejo (em verde). Fonte: Stinner, B.R. & House, G.J. 1988. Role of ecology in lower-input, sustainable agriculture: An introduction. American Journal of Alternative Agriculture, v. 2, DOI:10.1017/S0889189300009243.

O processo de intensificação agrícola, aliada à especialização, trouxe fortes impactos negativos sobre o ambiente, dentre eles a contaminação do lençol freático, a emissão de gases de efeito estufa, a erosão e disfunção do solo, a perda de biodiversidade, dentre outros. Desse modo, na medida em que surge a necessidade de aumentar rapidamente a produção de alimentos, também se espera que se siga

aumentando, na mesma proporção, o impacto sobre o ambiente.

Usando o tópico do aquecimento global para explorar o assunto do impacto ambiental, por exemplo, sabe-se que a média da intensidade de emissão (emissão por unidade de alimento produzido) dos sistemas agrícolas em escala global é de 0,16 t CO_2-eq./Mkcal. Considerando cultivos como o do arroz, cuja emissão representa 48% das emissões totais das áreas cultivadas, mesmo a contribuição dessas áreas de produção representando somente 4,5% de todas emissões antrópicas, os valores chegam a atingir 0,58 Mg CO_2-eq./Mkcal. Dessa maneira, quais são as opções para se continuar na busca de incrementos na produção de alimentos, sem que se disponha de mais área e com minimização do impacto ambiental? Muito embora haja importante debate sobre opções em nível global, uma das principais vias para **reconexão com a natureza** é por meio do uso dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA).

COMO RECONECTAR ENTÃO A NATUREZA E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA NA PERSPECTIVA DA FUTURA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS?

A reconexão da produção agrícola com a natureza reúne o princípio da sua proteção contra os impactos da agricultura, aliado à obtenção de **sinergismos com a produção de alimentos**, onde um possa se beneficiar do outro, visto que os serviços que a natureza oferece podem beneficiar a agricultura e vice-versa. Essa reconexão é embasada nos pilares da agricultura conservativa, da diversificação e da agroecologia, e fundamentada quase que na totalidade em processos biológicos, os quais podem favorecer a redução dos

custos econômicos e ambientais do sistema. Portanto, a reconciliação da agricultura com os processos naturais tem grande relevância. Então, como avançar nesse conceito? Acreditamos que os **SIPA** sejam o exemplo mais consolidado desta possibilidade.

Os SIPA têm sido apresentados como possível solução que concilia a produção intensiva com diminuição dos impactos ambientais. Eles se aproximam dos ecossistemas naturais e ainda conseguem atingir elevados níveis de produção, ao mesmo tempo em que apresentam diversas melhorias no que diz respeito à qualidade do solo e à capacidade do sistema em se autorregular. A ciclagem de nutrientes é uma das características mais reconhecidas desses sistemas, assim como a sua diversidade.

Aprofundando no contexto do arroz irrigado, nos últimos anos se tem buscado alternativas para uma produção mais sustentável. Sabe-se que algumas alterações, como no sistema de cultivo (e.g. cultivo mínimo e semeadura direta) e no manejo da lavoura podem contribuir decisivamente, mas acabam se restringindo especificamente ao cultivo do arroz. Já o arroz em rotação com outras culturas, no entanto, incluindo pastagens em sistemas integrados, proporciona a diminuição do impacto ambiental ao nível do sistema agrícola.

A expansão da soja nas áreas orizícolas, fenômeno crescente no Sul do Brasil, é um bom exemplo de diversificação de um sistema que percorreu todo o histórico da intensificação com especialização, e que agora procura por alternativas. Nos primórdios dos sistemas de produção de arroz, a pecuária era componente constante e foi se perdendo ao longo do tempo em função da trajetória de especialização. A rotação com pastagens e o efeito do pastejo aportam **novas rotas e taxas de fluxos de nutrientes** nos sistemas de

produção, que se perdem com a especialização. A eficiência de uso de nutrientes, como o N, P e K, aumenta nos sistemas de produção de arroz integrados com pecuária, assim como os próprios rendimentos do arroz, diminuindo a incidência de plantas indesejáveis e melhorando os atributos biológicos do solo.

Portanto, a lavoura orizícola que integra rotações com soja (diversidade funcional) e pastagens (diversidade funcional com herbivoria e novas rotas de ciclagem de nutrientes) é um bom exemplo de sistema de produção que recupera, ainda que minimamente, os princípios de funcionamento dos ecossistemas naturais, sem prejuízo a metas de elevados níveis de produção primária (grãos) (**Figura 1.3**).

Figura 1.3 – Cenário hibernal típico das terras baixas do RS (à esquerda) e novo cenário proposto e que deve ser buscado para a intensificação sustentável da lavoura arrozeira, com os sistemas integrados de produção agropecuária (à direita) alicerçados na adoção do plantio direto e na inserção de forrageiras de inverno com o pastejo de animais.

CONSIDERAÇÕES

Os SIPA são apresentados como possível via de reconexão da agricultura com a natureza, pois os sistemas integrados têm, na sua origem, o pilar da mimetização da natureza (solo-plantas herbáceas-componente arbóreo-herbívoro). Sistemas agrícolas com elevado cunho ambiental têm muito a ganhar em produção diversificada, resiliência e imagem pública com essa reconexão. Porém, há que se reconhecer que os sistemas de produção se tornam mais complexos, com diminuição do controle atual que exercemos via insumos, pois, de fato, a natureza é complexa. **A complexidade gera incompreensão e insegurança**, cuja reação é a simplificação e o controle (agricultura contemporânea). Estaríamos preparados para inverter o sentido de nossas intervenções e voltar a conviver com o complexo?

Possivelmente não. A menos que façamos isso de maneira gradativa, com inteligência e estratégia, reconectando a agricultura moderna e os processos naturais, sem prejuízo de produção e produtividade, conciliando geração de riqueza e sustentabilidade num mesmo modelo de produção e negócio. Em se tratando disso, nunca é demais pontuar que os SIPA também representam a possibilidade de maior retorno econômico das operações agrícolas. Eis, então, um **caminho viável para o futuro da produção de alimentos**.

2 O CENÁRIO PARA A DIVERSIFICAÇÃO

Ibanor Anghinoni e Filipe Selau Carlos

CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

O arroz, no RS, é cultivado em ambiente de terras baixas, majoritariamente no Bioma Pampa (**Figura 2.1A**), em seis Regiões Arrozeiras, conforme denominação do IRGA (**Figura 2.1B**). Agronomicamente, as terras baixas são caracterizadas pela altitude até 50 m e declividade até 5%. Elas ocupam uma área de 60.650 km² (22,6% do território estadual) e englobam solos de várias classes: Planossolos (56%), Gleissolos (7%), Chernossolos (16%), Neossolos (12%), Plintossolos (7%) e Vertissolos (1,4%) no RS. Os solos de terras baixas, tipicamente de várzea, são os Planossolos, Gleissolos, Neossolos (quartzarênicos), Plintossolos e Espodossolos, totalizando 26.076 km² (9,7% do território do RS) (**Figura 3.1C**).

Figura 2.1 – Ocorrência de terras baixas no Bioma Pampa (A), regiões arrozeiras (B) e solos arrozeiros (C) no Rio Grande do Sul.

Apesar do grande número de classes, esses solos têm como caraterísticas comuns: baixa capacidade de drenagem, textura arenosa, presença de horizonte B textural e presença de camada subsuperficial compactada. Em relação aos atributos de fertilidade para o arroz irrigado, segundo recente

levantamento realizado pelo IRGA, cerca de 80% dos solos apesentam pH abaixo do requerido (<5,5), 70% com matéria orgânica (MO) baixa (<2,5%), 50% com deficiência em fósforo (P) e 55% e com deficiência de potássio (K). Em relação à soja, mais exigente em fertilidade do solo do que o arroz irrigado, cerca de 95% apresentam pH abaixo do requerido (<6,0), 90% com deficiência de P e 55% com deficiência de K.

Destacam-se no ambiente de terras baixas, anomalias climáticas extremas relacionadas com as fases quente e fria do *El Niño* Oscilação do Sul (ENOS), caracterizados por excesso de precipitação pluvial (*El Niño*) e estiagem (*La Niña*) na primavera e início de verão. Assim, precipitações pluviais acima da média climatológica prejudicam, ao passo que precipitações abaixo da média são benéficas ao arroz. Os eventos *El Niño* são desfavoráveis para a cultura do arroz irrigado em 53% dos casos e os eventos *La Niña* são favoráveis em 60% dos casos. A soja, apesar de ser sensível tanto ao excesso como o déficit de água, somente tem sido afetada em situações extremas do fenômeno ENOS nas terras baixas do RS. Esse comportamento é semelhante em outros cultivos de sequeiro e demonstram parte das limitações que esse ambiente apresenta, principalmente em função da diversificação de culturas, sejam elas destinadas à produção agrícola ou animal.

CENÁRIOS DA LAVOURA ARROZEIRA

A lavoura arrozeira, desde os primórdios de implementação e condução do cultivo do arroz, sempre foi embasada em um sistema tradicional de monocultivo, com baixa eficiência do uso da terra. Nesse sistema predominantemente houve

não (má) utilização ou subutilização do solo no período de inverno e verão, somente com utilização de pecuária de forma extensiva.

Um dos aspectos mais marcantes que particularizam o cenário da lavoura arrozeira é a questão cultural presente nesse ambiente. A maior parte das unidades produtivas de arroz irrigado no RS (mais de 60%) são arrendadas, bem como a água utilizada para irrigação (mais de 40%). Essa condição domina não só no RS, mas nos demais países produtores de arroz do Mercosul (**Figura 2.2**) e, na maioria das ocasiões, gera um domínio sazonal da área de produção, fazendo com que haja limitações quanto à flexibilidade de diversificação e de adoção de novos arranjos produtivos nesses ambientes. Assim, esse fato, que poderia ser visto e utilizado como um potencial sinergismo do sistema, como por exemplo na facilitação da utilização de máquinas e implementos ou aplicação de práticas e insumos agrícolas, é tido como um agente agravante da diversificação, com relações de "proprietário *vs.* arrendatário" onde cada parte somente enxerga os benefícios próprios, sem pensar no sistema como um todo.

Atualmente, a alternância de cultivo de arroz e soja, no período estival (*sistema ping pong*), com ou sem cobertura de azevém, pastejado ou não, está sendo cada vem mais comum, tanto em pequenas, como em médias e grandes propriedades em todas as regiões arrozeiras. Neste caso, a soja é inserida no sistema principalmente para o controle do arroz daninho, mas também para agregar qualidade ao solo e retorno econômico. O pastejo no azevém, além do ganho animal, serve como planta de cobertura no inverno e fornecedor de resíduo pós pastejo.

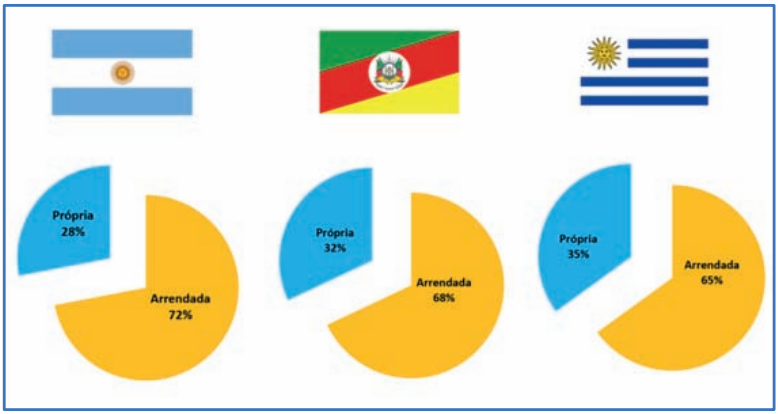

Figura 2.2 – Arrendamento das áreas de cultivo de arroz na Argentina, Rio Grande do Sul e Uruguai. Fonte: Dia do Arroz – Expointer 2014.

Embora possam haver perspectivas favoráveis para a introdução de milho em áreas de arroz irrigado, ainda há muitos entraves técnicos e econômicos que têm que ser equacionados. O principal desafio é do ponto de vista econômico, pela grande oscilação dos preços e seu maior custo de produção.

Alternativas de cultivo, mais ou menos intensas e diversas, tanto de culturas comerciais no verão (arroz, soja, milho, sorgo, etc.) como de espécies forrageiras, de verão (capim sudão, milheto, etc.), como de inverno (azevém, aveia preta, trevos, cornichão, etc.) podem ser utilizadas em pastejo, mais ou menos intenso e prolongado, com o arroz retornando após três ou mais anos. Sistemas envolvendo esses diversos arranjos estão sendo utilizados, em maior ou menor grau, nas médias e grandes propriedades da Campanha, Fronteira Oeste e Zona Sul.

DIVERSIFICAÇÃO DO USO DAS TERRAS BAIXAS

A diversificação de renda, quer seja pela rotação com culturas comerciais quer seja pela inserção do animal no sistema de produção nas terras baixas do RS, além dos benefícios na qualidade estrutural e funcional do solo, é uma condição fundamental para a sustentabilidade do agronegócio. Entretanto, esse ambiente apresenta limitações em graus variados, tanto para a introdução de cultivos de sequeiro como na produção animal, em função de sua localização geográfica, posição e declividade do terreno, bem como nas condições físicas e de fertilidade do solo.

Embora a importância dessas questões, a primeira etapa para a inserção na produção integrada (SIPA) é a mudança de atitude na gestão do negócio arroz para um sistema de produção mais complexo e diversificado. Não se trata apenas do pensamento e atitude do gestor, proprietário ou responsável, mas de toda a cadeia de pessoas envolvidas no processo. Há que se entender a importância em investir contínua e sistematicamente no planejamento, capacitação e motivação para a mudança. Em SIPA, tanto as atividades de lavoura como de pecuária devem ter a mesma prioridade e isso exige domínio do funcionamento dos sistemas para decisões rápidas e sensatas. Um problema sério de gestão das propriedades que cultivam, por exemplo, arroz e soja na mesma safra, é compatibilizar as atividades operacionais de ambas as lavouras.

Após atendidas essas precondições, atenção deve ser dada ao excesso de água, comum em terras baixas, e fator restritivo aos cultivos de sequeiro, como soja e milho, no verão e forrageiras sob pastejo no inverno. A sua magnitude depende da posição do relevo, do tipo de solo, do grau de

deterioração de sua estrutura e das condições de superfície (complexidade) e subsuperfície (camada compactada). A drenagem deve ter a eficiência de retirar toda a água do talhão o mais rápido possível, sendo recomendável em até 24 horas e, com isto, reduzir os períodos de estresse por deficiência de oxigênio, assegurando o potencial produtivo dos cultivos.

Após resolvidos os problemas de drenagem e de eliminação da camada compactada em subsuperfície, quando presente em condições extremas, basta seguir com as práticas de manejo recomendadas nos boletins técnicos de cada cultura; algumas sendo diretamente responsáveis pela construção da produtividade (adequação da área, escolha das cultivares, época de semeadura, manejo da fertilidade do solo e irrigação) e outras por sua manutenção (manejo das plantas daninhas, pragas e doenças) dessa produtividade. Todas as práticas devem ser manejadas de forma integrada ao longo do desenvolvimento de cada cultura.

3 O PLANTIO DIRETO COMO ALICERCE

Felipe de Campos Carmona e Filipe Selau Carlos

No cultivo de arroz irrigado, os diferentes métodos de preparo do solo têm objetivos diversos como melhorar as condições físicas para facilitar a germinação, a expansão radicular e o estabelecimento da cultura, além de minimizar a competição com plantas daninhas. No entanto, sistemas de manejo do solo que envolvem arações e/ou gradagens (**Figura 3.1**) não são benéficos do ponto de vista de construção de fertilidade do solo, mesmo com altos aportes de fertilizantes minerais ano após ano, especialmente nos solos mais arenosos das Planícies Costeiras, da Região Central e da Zona Sul do RS. A intensidade da mobilização do solo interfere, em maior ou menor escala, não apenas em atributos físicos, mas também químicos e biológicos.

Figura 3.1 – À esquerda, solo degradado decorrente do intensivo preparo de solo para cultura do arroz irrigado, com ausência quase absoluta de vegetação de cobertura, em Camaquã/RS. À direita, preparo convencional de áreas para a implantação de lavoura de arroz irrigado, em Cachoeirinha/RS.

Nesse contexto, surge a necessidade de discussão mais aprofundada sobre o plantio direto na várzea, como alicerce para um novo conceito de produção de arroz no RS, mais

sustentável do ponto de vista ambiental e econômico. A semeadura direta em ambientes de terras baixas é um sistema de manejo conservacionista que possibilita a melhoria da qualidade do solo e propicia redução de custos em mão de obra, óleo diesel e depreciação de máquinas e implementos agrícolas. Além disso, possibilita a semeadura de maior percentual das lavouras dentro da época preferencial, um dos principais alicerces de produtividade de arroz no RS. Ademais, a manutenção da palha de arroz sobre o solo, no médio e longo prazo, promove o aumento dos teores de matéria orgânica e, consequentemente, de nitrogênio. Por esses motivos, o plantio direto pode se constituir em uma das principais estratégias para aumentar o potencial produtivo de solos com históricos de baixa produtividade de arroz.

Em cultivos de sequeiro, a adoção de sistemas conservacionistas resulta no aumento dos estoques de carbono do solo, especialmente nas camadas superficiais, pelo aporte sistemático de resíduos vegetais. O mesmo pode ocorrer em solos de várzea, o que contribui para o acúmulo de matéria orgânica (MO). No RS, de modo geral, as lavouras cultivadas com arroz irrigado ficam pelo menos 50 dias sob alagamento, ou seja, sob anaerobiose. A ausência de oxigênio por um período do ano é mais um fator que contribui para o acúmulo de carbono ao solo, pois torna a decomposição de materiais orgânicos mais lenta e ineficiente, em comparação a solos aeróbios, o que resulta em acumulação líquida de MO em solos de várzea com alto aporte de resíduos orgânicos.

A deposição da palha sobre o terreno, e sua não retirada (pela incorporação ao solo ou na formação de fardos de “feno de arroz”) terá reflexos importantes no médio a longo prazo. No subtrópico brasileiro, estima-se que a quantidade anual de biomassa seca necessária para incrementar os índices de

matéria orgânica do solo seja da ordem de 8 a 12 t/ha. Ou seja, mesmo em uma área com monocultivo de arroz, em que as produtividades sejam superiores a 8 t/ha, já haverá potencial para a formação de matéria orgânica no solo, o que trará uma série de benefícios ao longo do tempo, resultando em aumento do potencial produtivo da lavoura (**Figura 3.2**). Atualmente, o rendimento médio da lavoura de arroz no RS tem se aproximado desse patamar, o que indica que grande parte das lavouras já apresentaria, em tese, aporte de resíduos suficientes para acúmulo de MO, caso fosse adotado o sistema de plantio direto.

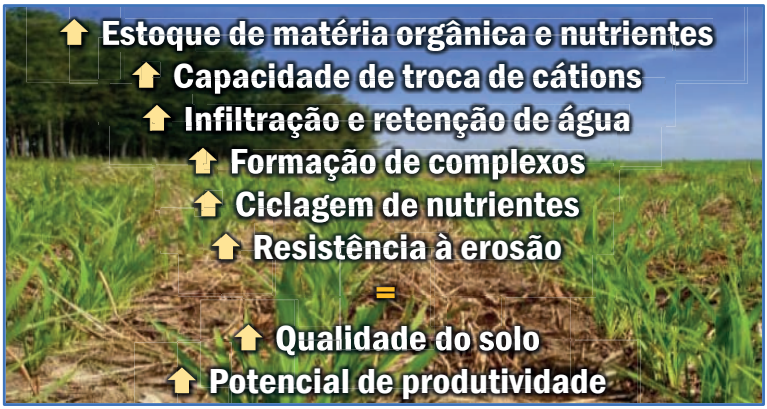

Figura 3.2 – Benefícios, ao solo e ao sistema de produção, resultantes da adoção do plantio direto.

No RS, há pelo menos três ensaios de longo prazo comparando sistemas de cultivo em condução atualmente (Embrapa CPACT e IRGA). E os resultados em termos de acúmulo de matéria orgânica são semelhantes. Em Cachoeirinha, um ensaio iniciado na safra 1994/1995 vem comparando o desempenho do arroz nos sistemas de preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). No ano de 2011, foram feitas análises de solo ao longo do perfil. A **Figura 3.3** ilustra alguns

resultados obtidos na camada de 0-5 cm, onde se concentra o maior percentual de raízes do arroz.

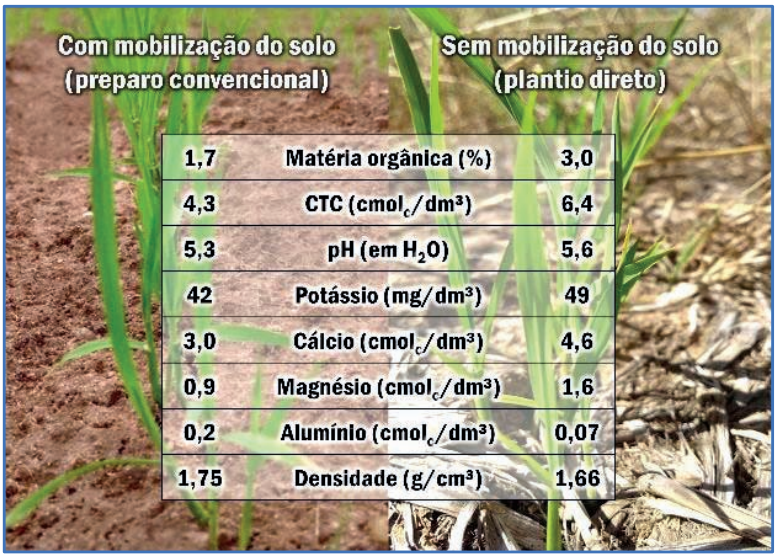

Figura 3.3 – Resultados de alguns atributos de solo em experimento de longo prazo, comparando os sistemas de preparo convencional e plantio direto. Cachoeirinha/RS, 2011.

Nesse estudo, a MO no plantio direto foi 76% superior em relação ao convencional, e teve importante influência sobre os demais atributos de solo avaliados. Sistemas que incluem o cultivo de espécies de cobertura entre safras, ou que permitem a manutenção dos resíduos vegetais da safra anterior (com emergência de plantas espontâneas na entressafra), promovem a reciclagem de nutrientes, o que, somado à alta adição de resíduos vegetais, favorece o aumento da capacidade de troca de cátions do solo, como percebido no experimento (aumento de 49% em relação ao convencional) (**Figura 3.3**).

Naturalmente, por serem importantes componentes da CTC do solo, houve também incremento dos teores de Ca (53% em relação ao convencional), de Mg (78% em relação ao convencional) e de potássio (17% em relação ao convencional) (**Figura 3.3**). Ao promover o aumento da CTC, a matéria orgânica beneficia a sorção de cátions trocáveis, como o cálcio, o magnésio e potássio, aumentando a saturação por bases do solo.

Além de proporcionar a melhoria da fertilidade do solo, o plantio direto destacou-se por apresentar menor concentração de alumínio trocável, elemento tóxico às plantas, com teor 3 vezes inferior ao convencional. Isso também pode ser atribuído ao incremento da matéria orgânica no plantio direto, assim como ao maior pH (6% superior, em relação ao convencional) (**Figura 3.3**).

Dentre os parâmetros físicos, a densidade do solo é um dos mais relevantes por refletir as características do sistema poroso. Ações sucessivas de preparo ao longo dos anos podem trazer sérios problemas de drenagem, assim como promover a compactação subsuperficial, dificultando a movimentação da água e a aeração nesses solos. Em solos não-expansivos, como o desse estudo, os principais atributos que afetam a densidade do solo são a textura, o grau de compactação e o conteúdo de MO. Nesse trabalho, nota-se que a densidade de solo foi levemente inferior no sistema plantio direto (5%) (**Figura 3.3**), o que contribui para o melhor estabelecimento das plantas e melhor desempenho das culturas sob déficit hídrico, pela maior capacidade de retenção de água pelo solo.

Entretanto, devido a uma série de dificuldades operacionais, e também (ou principalmente) a alguns paradigmas, atualmente, a área semeada em plantio direto “verdadeiro”,

ou seja, sem nenhum revolvimento de solo, é inferior a 5% do total semeado com arroz no RS. Evidentemente, esse percentual se explica pela dificuldade de adoção do plantio direto na várzea, tarefa muito mais complexa se comparada ao mesmo sistema em terras altas, pela dificuldade em se colher o arroz com solo seco.

Um dos principais gargalos está relacionado ao tráfego de máquinas em condições de solo com alta umidade durante a colheita, o que acarreta na formação de grande quantidade de rastros, que resultam na obrigatoriedade de operações de preparo de solo.

Esse problema pode ser contornado pela realização da colheita com adequada drenagem e umidade do solo (**Figura 3.4**). Nesse sentido, dados de pesquisa têm demonstrado que nas regiões orizícolas da Zona Sul, das Planícies e a Região Central a supressão de irrigação pode ser feita até três semanas antes da colheita, que não são prejudiciais a produtividade e a qualidade de grãos, principalmente em relação ao rendimento de grãos inteiros. Já na Fronteira Oeste e Campanha do RS, recomenda-se a supressão da irrigação duas semanas previamente a colheita, pois nessas regiões as temperaturas são mais altas, os solos de maneira geral possuem maior taxa de infiltração de água e a topografia favorece uma drenagem mais rápida.

Obtendo-se êxito na meta de “colher no seco”, passa-se ao novo desafio, que é o manejo da palha de arroz. Esta etapa está intimamente relacionada à qualidade da distribuição da palha no momento da colheita. Lavouras de arroz de altas produtividades produzem grandes quantidades de resíduos vegetais, com alto teor de lignina e alta relação C:N. Isto, associado as condições de baixa temperatura e alta re-

Figura 3.4 – Momento adequado para a supressão da irrigação da lavoura de arroz: "dobrando a panícula"

dução da mineralização da resteva de arroz. Isto pode dificultar a implantação das culturas de verão no ano agrícola subsequente, seja arroz ou soja. Nesse sentido, a melhor distribuição superficial, pela presença de espalhador de palha na colheitadeira, (Figura 3.5) e fragmentação dos resíduos (picador de palha) na superfície aumentarão o contato com o solo e a decomposição da resteva.

Figura 3.5 – Colheita de arroz sem espalhador de palha (esquerda) e com espalhador de palha (direita).

A própria utilização de uma alta densidade de bovinos, durante cerca de duas semanas é uma outra prática que pode ser utilizada pelos orizicultores, no sentido de diminuir

a quantidade de palha sobre o solo. Em alguns casos, como em áreas sistematizadas, a simples dessecação da resteva e utilização de um rolo compactador alguns dias após a aplicação do herbicida também resultam em excelentes resultados (**Figura 3.6**).

Figura 3.6 – Aspecto de áreas de arroz colhidas com solo seco, com posterior dessecação e rolagem da resteva com rolo compactador em área sistematizada.

Em tempos de discussão dos custos da lavoura arrozeira, a adoção do plantio direto deve ser encarada como uma possibilidade real de redução de custos e ganho ambiental. Entretanto, quando decidir implantar o plantio direto, o agricultor deve ter em mente que cada tipo de terreno e região tem suas particularidades, que podem facilitar a adoção do sistema, ou demandar maior esforço e investigação. De qualquer forma, os bons exemplos podem ser encontrados em todas as regiões orizícolas do RS. Ademais a expressão dos benefícios gerados pelo sistema leva um tempo para iniciarem e se consolidarem. Os primeiros anos são de aprendizado e "investimento" no solo. De qualquer modo, a simples economia de óleo diesel pela diminuição radical do número de operações, assim como a preservação do bem mais importante de qualquer propriedade rural, o solo, já justificam, pelo menos, as primeiras tentativas!

4 GERAÇÃO DO CONHECIMENTO

Luiz G. de O. Denardin, Amanda P. Martins, Filipe S. Carlos, Ibanor Anghinoni, Fernanda G. Moojen, José B. M. Borin, Thiago Barros, Carolina Bremm, Paulo Marsiaj O. Neto, Rúbia Dominschek, Maurício Schuster, André Ulguim e Paulo C. F. Carvalho

O experimento base e referência para a abordagem da temática em foco (integração lavoura-pecuária em ambiente de terras baixas) teve origem a partir de uma parceria público-privada, entre a Corticeiras Agropecuária, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), representada pelo Departamentos de Solos e pelo Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), representada pelo Centro de Pesquisa em Pecuária Sul (CPPSUL) e pelo Centro de Pesquisa em Agricultura de Clima Temperado (CPACT), o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), e as empresas Integrar - Gestão e Integração Agropecuária e SIA (Serviço de Inteligência em Agronegócios).

A principal meta desta plataforma experimental é avançar no conhecimento científico do funcionamento dos SIPA em terras baixas da Metade Sul do RS, bem como obter recomendações para o adequado manejo desses sistemas em manejos conservacionistas (plantio direto), com vistas ao aumento da rentabilidade e da sustentabilidade agrícola pela exploração da atividade da pecuária de corte em rotação com culturas comerciais (*commodities*). O caráter multidisciplinar do protocolo experimental apresenta amplas possibilidades de exploração de numerosas temáticas e por longo

prazo. Trata-se de um ambiente de estudo que atrai pesquisadores, técnicos e estudantes não apenas do RS, mas também de outras regiões do Brasil e do Mercosul, permitindo a formação de recursos humanos de nível de pós-graduação, graduação e técnico.

Os resultados dos quatro primeiros anos a partir da instalação da área experimental são apresentados a seguir, que somados aos de outras frentes de pesquisa e extensão liderados pelos grupos de pesquisa engajados nessa temática, resultará em um conjunto de tecnologias inovadoras para a transferência aos produtores rurais, lavoureiros e pecuaristas, que desenvolvem suas atividades produtivas nas terras baixas do RS.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL

HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento teve início em abril de 2013, em uma área de aproximadamente 18 hectares pertencente à Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal, RS, Brasil, na Região Arrozeira da Planície Costeira Interna (30º97'26"S latitude, 51º95'04"O longitude). A altitude do local é de 28 metros e o clima caracteriza-se como subtropical úmido e quente (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 18,3 °C e precipitação média anual de 1.522 mm. O solo é classificado como Planossolo Háplico, com relevo plano a suavemente ondulado e declividade máxima de 4%, e apresenta má drenagem e textura franca com 24, 23 e 53% de argila, silte e areia, respectivamente.

Previamente à implantação do experimento, a área se encontrava em pousio por três anos desde o último cultivo com arroz irrigado. Em março de 2013, amostras de solo para caracterização química foram coletadas (**Tabela 4.1**). Em abril, realizou-se o preparo convencional do solo de toda a área experimental com o uso de arado e duas operações com grade niveladora. No intervalo entre as gradagens, foi realizada a calagem e a posterior semeadura das pastagens hibernais, descritas a seguir.

Tabela 4.1 – Atributos químicos em diferentes camadas do solo antes da implantação do experimento (março de 2013)

Atributo químico do solo	Camada de solo (cm)		
	0 a 10	10 a 20	20 a 40
pH	5,5	5,3	5,1
Mat. orgânica (%)	1,8	1,2	0,9
P (mg/dm³)	10	5	3
K (mg/dm³)	76	36	26
Ca ($cmol_c/dm^3$)	3,5	2,9	1,7
Mg ($cmol_c/dm^3$)	2,3	2,2	1,3
Al ($cmol_c/dm^3$)	0,2	0,7	1,5
$CTC_{pH7,0}$ ($cmol_c/dm^3$)	10,6	12,2	12,1
Sat. por bases (%)	56	43	26
Sat. por Al (%)	3	12	35

Analisado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). pH em água (relação 1:1); Fósforo (P) e potássio (K) disponíveis extraídos com solução Mehlich 1; Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis extraídos com KCl 1 mol/L.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO TESTADOS

O protocolo experimental inclui cinco sistemas de produção agropecuária (tratamentos) envolvendo a lavoura de arroz irrigado, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições (**Figura 4.1**).

Figura 4.1 – Vista aérea da área experimental e distribuição dos sistemas de produção – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Os tratamentos utilizados consistem de sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas do RS, que consideram: 1) diversidade espaço-temporal de culturas; 2) intensidade temporal dos cultivos comerciais; e 3) manejo espaço-temporal do solo. Essas variáveis são arranjadas de modo a representarem modelos de produção para os diferentes cenários no RS, tendo o arroz como a cultura de referência. O arranjo espaço-temporal está apresentado na **Tabela 4.2** e as características de cada sistema são descritas na sequência.

Tabela 4.2 – Descrição e distribuição espaço-temporal dos sistemas de produção envolvendo a lavoura de arroz irrigado em terras baixas – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS

Época / Ação de manejo	Sistemas de produção agropecuária				
	1	2	3	4	5
Preparo do solo	Com	Sem	Sem	Sem	Sem
Pastejo de forrageiras	Sem	Com	Com	Com	Com
Outono-Inverno de 2013	Pousio	Azevém	Azevém	Azevém + trevo branco	Azevém + trevo branco + cornichão
Primavera-Verão de 2013/2014	Arroz	Arroz	Soja	Capim sudão	Campo nativo de sucessão
Outono-Inverno de 2014	Pousio	Azevém	Azevém	Azevém + trevo branco	Azevém + trevo branco + cornichão
Primavera-Verão de 2014/2015	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Campo nativo de sucessão
Outono- Inverno de 2015	Pousio	Azevém	Azevém	Azevém + trevo branco	Azevém + trevo branco + cornichão
Primavera-Verão de 2015/2016	Arroz	Arroz	Soja	Milho	Campo nativo de sucessão
Outono-Inverno de 2016	Pousio	Azevém	Azevém	Azevém + trevo branco	Azevém + trevo branco + cornichão
Primavera-Verão de 2016/2017	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz
Diversidade espaço-temporal de culturas	-	+	+ +	+ + + (1)	+ + + + (1)
Intensidade temporal do cultivo do arroz	+ + +	+ + +	+ +	+	+
Mobilização espaço-temporal do solo	+ + + +	+ +	+ +	+ +	+

(1) **Embora o Sistema 4 apresente maior diversidade de culturas comerciais, o Sistema 5 é o que possui maior diversidade de espécies no campo de sucessão.**

Sistema 1: Pousio (vegetação espontânea) – arroz

Este Sistema é tido como Testemunha, com muito baixa diversidade de culturas, constituída unicamente do cultivo continuado do arroz, com mobilização anual do solo. É o

sistema dominante na maioria das lavouras arrozeiras no RS, denominado Sistema Tradicional, e serve de referência para aos demais sistemas, caracterizando-se como monocultivo. O manejo do solo consiste no cultivo mínimo, com operações de preparo antecipado de solo (gradagem), logo após a colheita (março/abril) e, por isto, muito antes da semeadura do arroz, que ocorre predominantemente em outubro. Neste sistema não ocorre pastejo animal.

Sistema 2: Azevém pastejado – arroz

É tido como um sistema com baixa diversidade de culturas, alta intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. Este modelo enseja o perfil das pequenas e médias propriedades na Regiões Arrozeiras Central e Planícies Costeiras Interna e Externa, com cultivo anual de arroz irrigado. A implantação de azevém (*Lolium multiflorum*) no inverno possibilita o pastejo e, por consequência, uma melhor utilização da terra no período normalmente ocioso.

Sistema 3: Azevém pastejado – soja – azevém pastejado– arroz

É tido como um sistema com moderada diversidade de culturas, moderada intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. Este modelo está sendo implementado nas seis Regiões Arrozeiras do Estado, tanto em pequenas, quanto em médias e grandes propriedades. Neste caso, a soja (*Glycine max*) entra no sistema para agregar qualidade ao solo, pela deposição de N, servindo também como ferramenta de controle de invasoras, especialmente o arroz daninho (vermelho e preto). O cultivo de azevém no inverno permite maior retorno econômico pela produção de carne nesse período.

Sistema 4: Azevém + trevo branco pastejados – capim sudão pastejado – azevém + trevo branco pastejados – soja – azevém + trevo branco pastejados – milho – azevém + trevo branco pastejados – arroz.

É tido como um sistema com alta diversidade de culturas comerciais, baixa intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. Este cenário visa atender as demandas das médias e grandes propriedades das Regiões Arrozeiras da Campanha, Fronteira Oeste e Zona Sul. Busca otimizar um sistema de rotação que prevê o cultivo de arroz a cada quatro anos, com grande diversificação de espécies, introdução de forrageira leguminosa de inverno (trevo branco – *Trifolium repens*) e gramíneas de verão, para produção de forragem (capim sudão - *Sorghum sudanense*) e grãos (milho – *Zea mays*), com consequente diminuição de risco pelo acréscimo de outras variáveis de renda que, no longo prazo, determinam maior sustentabilidade do sistema.

Sistema 5: Azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – arroz.

É tido como um sistema com alta diversidade de espécies forrageiras, com baixa intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. Este cenário também engloba as médias e grandes propriedades das Regiões Arrozeiras da Campanha, Fronteira Oeste e Zona Sul. Representa um sistema amplamente utilizado nessas regiões, mas com carência de dados de pesquisa regionalizados e transferência de tecnologia. O cultivo hibernal é muito diverso, com a inserção

do cornichão (*Lotus corniculatus*) e, no verão, o campo de sucessão é composto pelo prolongamento das pastagens hibernais e estabelecimento natural de espécies nativas. As pastagens hibernais e estivais são pastejadas e o arroz irrigado é cultivado a cada quatro anos.

Com exceção do Sistema 1, todos os demais sistemas são conduzidos em sistemas conservacionistas de manejo do solo (semeadura/plantio direto), visando a rotação e culturas, a constante cobertura do solo e o mínimo de revolvimento do solo (**Tabela 4.2**). O único evento de mobilização do solo nos Sistemas 2, 3, 4 e 5 ocorre na restauração das taipas antes do cultivo do arroz e no sulco de semeadura nas demais culturas de verão. Na **Figura 4.2**, é possível observar a grande diferença entre os dois distintos grupos de sistemas por ocasião do outono-inverno.

Figura 4.2 – Vista do experimento durante o período de outono-inverno, com mobilização e ausência de cobertura do solo apenas nas áreas do Sistema 1 – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

CALAGEM E ADUBAÇÃO

Em abril de 2013, durante as operações de preparo do solo descritas anteriormente, foi aplicado calcário dolomítico para correção da acidez da camada de 0 a 20 cm, visando aumento do pH até 6,0, constando de uma aplicação de 4,5 t/ha (PRNT 70%). A adubação nos diferentes sistemas, desde a implantação do experimento, está apresentada na **Tabela 4.3**, com as doses determinadas a partir da análise do solo visando atingir o máximo potencial produtivo das culturas comerciais e espécies forrageiras.

Tabela 4.3 – Histórico das adubações realizadas nos cultivos agrícolas e nas pastagens dos sistemas de produção agropecuária testados no experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS

Estação/Safra	Sistemas de produção agropecuária				
	1	2	3	4	5
	Doses de N-P_2O_5-K_2O (kg/ha)				
Outono-Inverno de 2013	0-0-0	110-110-110	110-110-110	110-130-130	110-130-130
Primavera-Verão de 2013/2014	150-70-120	150-70-120	20-110-120	130-80-120	130-80-120
Outono-Inverno de 2014	0-0-0	130-130-130	130-130-130	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão de 2014/2015	160-70-115	160-70-115	160-70-115	30-140-150	130-90-90
Outono- Inverno de 2015	0-0-0	130-130-130	130-130-130	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão de 2015/2016	150-70-120	150-70-120	0-105-80	130-70-120	130-70-40
Outono-Inverno de 2016	0-0-0	130-130-130	130-130-130	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão de 2016/2017	150-70-120	150-70-120	150-70-120	150-70-120	150-70-120

Sistemas: 1. Pousio - arroz; 2. Azevém pastejado - arroz; 3. Azevém pastejado – soja - azevém pastejado - arroz; 4. Azevém + trevo branco pastejado-capim sudão pastejado – azevém + trevo branco pastejado – soja – azevém + travo branco pastejado – milho – azevém + trevo-branco pastejado-arroz; 5. Azevém + trevo branco + cornichão - campo de sucessão (7 períodos pastejados) - arroz.

No inverno, houve a ausência de adubação no Sistema 1 e a adubação do azevém solteiro nos Sistemas 2 e 3 e do azevém consorciado com leguminosas nos Sistemas 4 e 5. No verão, houve a adubação do arroz irrigado (Sistemas 1, 2, 3, 4 e 5), da soja (Sistemas 3 e 4), do capim sudão (Sistema 4), do milho (Sistema 4) e do campo de sucessão (Sistema 5). A adubação nitrogenada foi dividida de duas a três aplicações, tanto nas pastagens como nas lavouras e, a adubação fosfatada e potássica, foi aplicada em um único momento próximo do período de semeadura/implantação.

MANEJO DOS SISTEMAS

As culturas dos diferentes sistemas são manejadas (inoculação e/ou tratamento de sementes, adubação, herbicidas, inseticidas e fungicidas) de acordo com as recomendações técnicas oficiais de pesquisa.

O pastejo nos Sistemas 2, 3, 4 e 5 é realizado pelo método contínuo com lotação variável, composto por três animais-teste (*testers*) por unidade experimental e por animais reguladores que entram e saem da pastagem conforme a necessidade de ajuste da altura. Para isso, são utilizados animais jovens recém-desmamados com 10 meses de idade média, machos castrados contendo cerca de 200 kg de peso vivo (PV). O início do pastejo ocorre no momento em que a altura do pasto atinge aproximadamente 20 cm (em torno de 1.500 kg/ha de matéria seca), mantendo-se essa altura ao longo do ciclo do pastejo, que se estende até meados de outubro-novembro, dependendo da espécie em sucessão. O acompanhamento da altura do pasto é realizado a cada 15 dias, por meio de um bastão graduado (*sward stick*), cujo marcador corre por uma "régua" até tocar a primeira lâmina

foliar (Figura 4.3), procedendo-se então à leitura da altura. Em cada parcela, realiza-se cerca de 150 leituras (pontos), em caminhamento aleatório, a fim de definir a altura média do pasto (altura entre o primeiro toque da lâmina móvel nas folhas e o solo). A entrada dos animais é feita após pesagem, acompanhada de jejum prévio de 15 horas, com posterior vermifugação e identificação com brincos. No ciclo estival de pastejo, são utilizados animais machos castrados, com cerca de 15 meses de idade e 300 kg de peso vivo, aproximadamente.

Figura 4.3 – Equipamento (*sward stick*) utilizado para fazer as medições de altura da pastagem durante o inverno e, a partir da média de aproximadamente 150 leituras, realizar o manejo de retirada ou entrada de animais.

A semeadura das pastagens hibernais nos Sistemas 2, 3, 4 e 5, é realizada com uma densidade média de 30, 3 e 6 kg/ha de semente de azevém, trevo branco e cornichão, respectivamente. A dessecação da pastagem nos diferentes sistemas é realizada com glifosato. O arroz e o capim sudão são semeados em outubro, com espaçamento entrelinhas de 17

cm e uma densidade de 80 e 30 kg/ha, respectivamente. Os cultivos de soja são iniciados em novembro, com espaçamento de 45 cm entrelinhas e densidade variável, conforme a cultivar. Na **Tabela 4.4** consta o detalhadamente das datas de semeadura, colheita, início e final dos ciclos de pastejo ao longo dos quatro primeiros anos do experimento (2013 a 2017).

Tabela 4.4 – Datas de semeadura, início e final do período de pastejo e colheita das culturas dos sistemas de produção agropecuária testados no experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS

Ciclo de cultivo	Atividade	Sist. de Produção Agropecuária				
		1	2	3	4	5
Ciclo hibernal	Semeadura	-	09/04	09/04	09/04	09/04
2013	Início do pastejo	-	02/07	02/07	02/07	02/07
	Final do pastejo	-	02/10	5/11	5/11	1811
Ciclo estival	Semeadura	18/10	18/10	26/11	27/11	-
2013/2014	Início do pastejo	-	-	-	06/01	-
	Final do pastejo	-	-	-	30/04	-
	Colheita		28/03	28/03	-	-
Ciclo hibernal	Semeadura	-	10/06	20/04	20/04	20/04
2014	Início do pastejo	-	23/08	12/06	24/06	24/06
	Final do pastejo	-	03/10	03/10	11/11	11/11
Ciclo estival	Semeadura	15/11	15/11	15/11	24/11	-
2014/2015	Início do pastejo	-	-	-	-	11/11
	Final do pastejo	-	-	-	-	12/05
	Colheita		04/04	04/04	21/04	-
Ciclo hibernal	Semeadura	-	02/04	02/04	02/04	02/04
2015	Início do pastejo	-	14/08	24/06	17/06	24/06
	Final do pastejo	-	06/10	12/09	24/10	25/11
Ciclo estival	Semeadura	23/11	23/11	24/11	30/11	-
2015/2016	Início do pastejo	-	-	-	-	26/11
	Final do pastejo	-	-	-	-	22/03
	Colheita	04/04	04/04	20/04	10/05	-
Ciclo hibernal	Semeadura	-	19/04	22/04	-	23/03
2016	Início do pastejo	-	04/07	04/07	-	16/06
	Final do pastejo	-	29/09	29/09	29/09	28/09
Ciclo estival	Semeadura	31/10	31/10	31/10	31/10	31/10
2016/2017	Início do pastejo	-	-	-	-	-
	Final do pastejo	-	-	-	-	-
	Colheita	27/03	27/03	27/03	27/03	27/03

No ciclo das pastagens têm sido efetuadas avaliações periódicas do crescimento do pasto e sua qualidade, bem como do ganho de peso dos animais e a quantificação do resíduo após pastejo. Nas lavouras, além da massa vegetal e do rendimento de grãos, tem sido determinada a quantidade dos resíduos remanescentes. No solo, amostras têm sido retiradas periodicamente para avaliação de atributos físicos, químicos e biológicos. Além das amostragens periódicas, alguns estudos pontuais também foram desenvolvidos ao longo desses primeiros quatro anos, conforme detalhamento a seguir.

4.2 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

FASE PECUÁRIA

Os diferentes arranjos de sistemas estudados no protocolo experimental apresentam uma janela de oportunidades para inserção do componente animal neste contexto. Entretanto, deve-se ressaltar que este protocolo não foi construído com o objetivo de estudar o efeito de diferentes manejos da estrutura do pasto. O manejo do pasto é decorrente dos sistemas aplicados no protocolo experimental, explicitados anteriormente. Em teoria, os desempenhos individuais obtidos no inverno poderiam vir a ser muito semelhantes entre os sistemas estudados, uma vez que em todos os sistemas foi ajustada a carga animal para a manutenção de uma altura média de 15 cm: altura que maximiza o desempenho de bovinos em pastagem de azevém anual. O importante aqui é entender a lógica e o potencial da inserção da produção animal a pasto em cada um dos quatro sistemas, e não

comparar o desempenho animal apenas na fase pastagem. Portanto, não necessariamente a maior produção de forragem ou de peso vivo será o mais indicado. É preciso sempre olhar o sistema como um todo (produção dos demais cultivos, custo e rentabilidade por hectare de cada sistema, risco financeiro, etc.).

No **Sistema 1, monocultivo de arroz,** não há compartilhamento da terra com a produção animal, o que descaracteriza um sistema integrado de produção agropecuária.

No **Sistema 2, o cultivo do arroz no verão é intercalado com a produção animal durante o inverno** (**Figura 4.4**), o que preenche uma janela de uso do solo que normalmente fica em pousio em sistemas de produção de arroz. Neste sistema a produção de bovinos de corte é realizada em uma pastagem de azevém anual. Neste e nos demais sistemas onde foi utilizado o componente animal, o critério de manejo da pastagem foi a manutenção de altura média de 15 cm.

Figura 4.4 – Animais pastejando azevém entre cultivos de arroz no experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Neste sistema, foram encontrados os menores períodos de pastejo (**Tabela 4.4**), tanto em função do lento estabelecimento da pastagem, quanto pela necessidade de encerramento prévio do pastejo devido à data de semeadura do arroz. Assim, o **período médio de pastejo na área foi de 70 dias** (**Figura 4.5**), cuja implicação na produção por hectare é diretamente relacionada.

Em relação ao **lento estabelecimento da pastagem nesse sistema**, encontra-se o desafio do manejo do resíduo do arroz que permanece na lavoura após a colheita dos grãos. A palha de arroz possui alta relação C/N, o que leva a uma maior imobilização de nutrientes para sua degradação. Além disso, as produtividades da cultura do arroz são altas (acima de 9 t/ha) e possuem relação direta com a produção total de matéria seca (MS) de resíduo (palha), o que, além da imobilização, gera uma barreira física à germinação do azevém. Frente a esses desafios, é preciso para a necessidade de uma boa distribuição da palhada na área, da primeira dose de adubação nitrogenada no estádio vegetativo V3 (3 folhas completamente expandidas) da pastagem e a cuidados para uma eficiente drenagem da área antes ou logo após a colheita do arroz.

Soma-se a isso o fato de o protocolo estar inserido em um contexto maior, de uma propriedade de mais de 2.000 ha. Naturalmente, alguns manejos não puderam ser realizados nos momentos mais apropriados em determinadas ocasiões, o que impactou principalmente no estabelecimento do azevém e no tempo médio de pastejo, especialmente deste sistema (Sistema 2). Nesse sentido, os desempenhos individuais ficaram abaixo do potencial esperado (considerando que eram animais em crescimento manejados em uma altu-

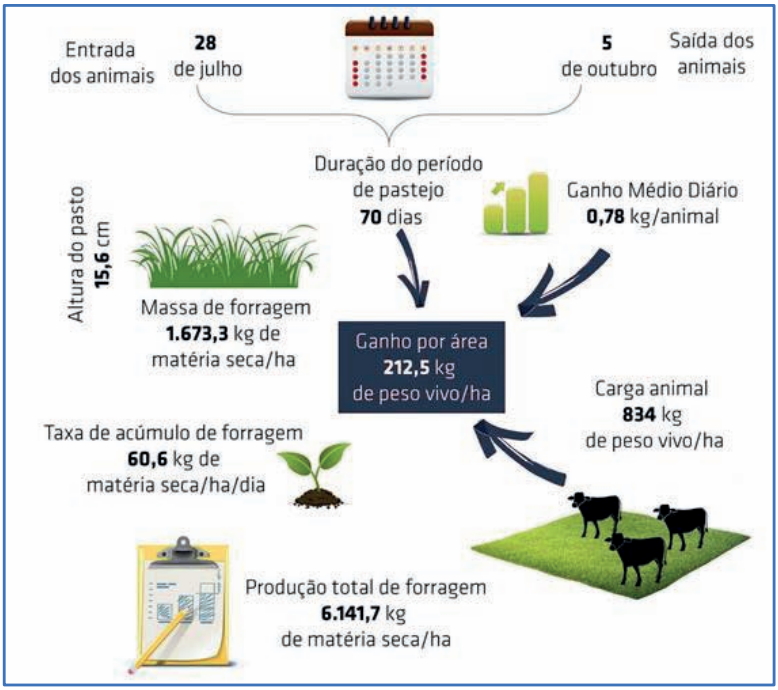

Figura 4.5 – Resultados médios de produção animal e vegetal durante o período hibernal no Sistema 2, nos primeiros quatro anos do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

ra de pastejo dentro do preconizado), sendo os ganhos médios diários de **780 g PV/animal**. Este desempenho, aliado a **uma carga média de 834 kg PV/ha** (aproximadamente 3,5 animais/ha) e um período de pastejo curto, levou a um **ganho por área de 212 kg PV/ha** (**Figura 4.5**). Exemplificando a importância da duração do período de pastejo: se, em média, tivermos 3 animais por hectare ganhando 1 kg por dia durante 70 dias, a produção será de 210 kg PV/ha. Apenas aumentado 1 mês no período de pastejo, portanto, passando

para 100 dias, a produção será de 300 kg PV/ha – um aumento de 42%.

Com a inserção da pastagem no sistema produtivo é possível assegurar a produção de resíduos necessária para um balanço positivo de carbono no solo. Para tanto, é preciso manejar a pastagem de forma a evitar o sobre-pastoreio e proporcionar resíduos adequados para a lavoura em sucessão.

No Sistema 2, ao longo do período total de pastejo, a pastagem apresentou uma massa de forragem em torno de 1,67 t MS/ha, o que equivaleu a 15,6 cm de altura média. Nestas condições de manejo do pasto, o azevém acumulou, diariamente, cerca de 60 kg MS/ha que, somados à massa de forragem inicial (acumulada antes do início do pastejo), totalizou uma produção total de forragem de 6,14 t MS/ha (**Figura 4.5**).

No **Sistema 3, com rotação de soja-arroz no verão e produção animal no inverno** (**Figura 4.6**), tem-se um importante passo em direção ao aumento da sustentabilidade do sistema, que é justamente a rotação de gramíneas e leguminosas produtoras de grãos. Com a rotação, os ciclos de patologias, pragas e plantas indesejáveis relacionadas à cultura são interrompidos. Além disso, com esta diversificação de culturas, há maior segurança econômica.

Uma das implicações da rotação soja/arroz em áreas não sistematizadas é a construção e desmanche de taipas utilizadas para o cultivo do arroz irrigado. Ocorre que, após o cultivo da soja, quando há necessidade de **reconstrução de taipas, há impactos negativos no desenvolvimento da pasta-**

Figura 4.6 – Animais pastejando azevém entre cultivos de soja e arroz no experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

gem. A execução dessas atividades durante o período de pastejo implica na redução do percentual de área útil e consequentemente na capacidade de suporte da área. Por outro lado, a construção das taipas no final do período de pastejo pode fazer com que a massa de forragem, a ser incorporada ao solo, possa causar uma instabilidade nas taipas (chamadas "taipas verdes") que leva a dificuldade no manejo da irrigação neste sistema. Nesse sentido, o correto seria o **desmanche ou confecção das taipas antes da semeadura do azevém**.

Por outro lado, neste sistema, os cultivos de arroz e soja em rotação, oportunizam uma combinação de datas de início e final do pastejo muitas vezes diferentes, o que pode ajudar no planejamento forrageiro anual para os animais.

Com relação aos resultados médios apurados nesse sistema, o **Sistema 3 apresentou um ganho animal por área ainda 15,2% superior ao sistema do arroz em monocultura**

(Sistema 2). Isso se deve, principalmente, à maior duração do período de pastejo (39 dias superior no Sistema 3 em relação ao Sistema 2), proporcionada pela rotação com a cultura da soja. Em relação à estrutura da pastagem, assim como no Sistema 2, o manejo foi eficiente em manter uma média de altura próxima a 15 cm. Esta altura correspondeu a uma massa de forragem média de 1,63 t/ha (**Figura 4.7**).

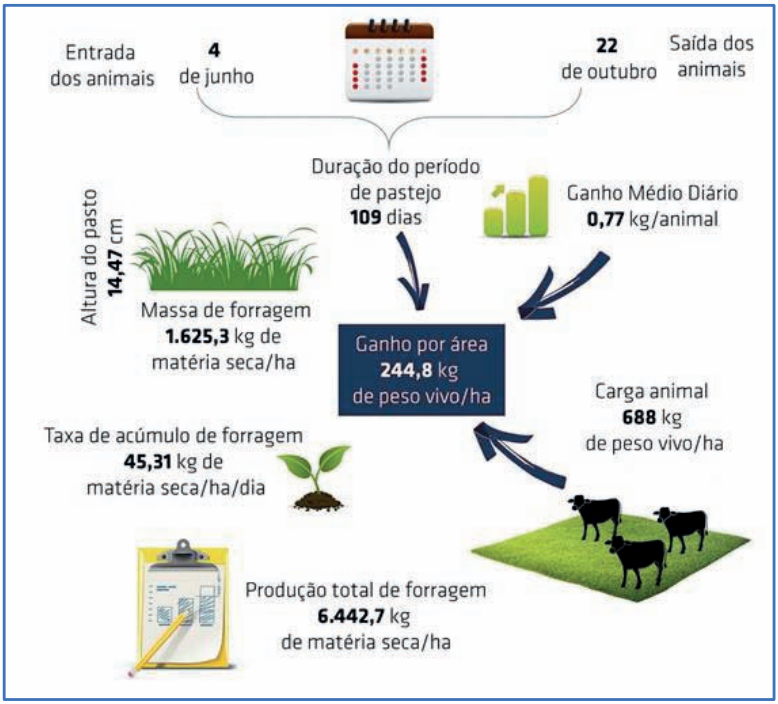

Figura 4.7 – Resultados médios de produção animal e vegetal durante o período hibernal no Sistema 3, nos primeiros quatro anos do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Uma boa disponibilidade de massa de forragem durante o período de pastejo é importante para garantir uma alta taxa de ingestão e, após a saída dos animais, é um atributo

importante para a cobertura do solo. É importante ressaltar que a massa média não é a produção total, ela representa apenas uma série de "fotografias tiradas" durante o período de pastejo. O crescimento da pastagem que gera a produção total não é "visualizado" pela simples medição da massa de forragem. Para essa conta é preciso somar-se a massa acumulada até a entrada dos animais com as seguintes taxas de crescimento (neste caso, medidas com o auxílio de gaiolas de exclusão em função do método de pastoreio ser contínuo e não rotativo).

No **Sistema 4, o componente animal aparece a cada 3 anos no verão** (**Figura 4.8**) **e em todos os períodos de outono-inverno**. Neste sistema, há o consórcio de trevo e azevém no inverno, com vistas a obter-se as vantagens da introdução de leguminosa pela fixação biológica de nitrogênio (N), melhoria da qualidade nutricional da pastagem (principalmente com maior disponibilidade de energia e proteína), entre outras.

Figura 4.8 – Animais pastejando capim sudão em rotação com soja, arroz e milho no experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Os desempenhos neste sistema variaram consideravelmente entre os anos, sendo encontradas produções acima de 350 kg PV/ha em anos onde a altura média da pastagem durante o ciclo de pastejo foi próxima à meta de manejo (15 cm) e o período de pastejo foi maior. Considerando-se todos os anos, o sistema apresentou um ganho médio de 272 kg de PV/ha, em um período médio de pastejo de 122 dias (**Figura 4.9**). Em se tratando da altura da forragem, ratifica-se a forte correlação com a massa de forragem, sobretudo identificada nos dados do experimento, onde se observou uma **relação de 84 kg de MS/ha por cm de altura** neste protocolo experimental.

No verão de 2013/2014, o pastoreio utilizando o capim sudão (**Figura 4.8**) proporcionou a utilização de uma carga animal 2,5 vezes superior à utilizada durante o período hibernal, de aproximadamente 1.835 kg PV/ha. Embora o critério de manejo fosse manter a altura da pastagem com uma média de 50 cm, por dificuldades de condução a altura média mantida foi se 27 cm durante o período de pastejo. Aliado a isso, devido a um longo período de estiagem após a semeadura, o estabelecimento da pastagem foi desuniforme, dando espaço ao estabelecimento de capim-papuã (*Urochloa plantaginea*) e resultando em uma pastagem mista das duas gramíneas. Apesar disso, se obteve um ganho médio diário de 0,5 kg de PV/animal e um ganho por área de 312 kg de PV/ha.

É importante notar-se que, neste sistema, o capim sudão entra na rotação de verão como uma importante estratégia a fim de se promover o acúmulo de carbono no solo (como será visto a seguir), gerando uma produção de total média de MS

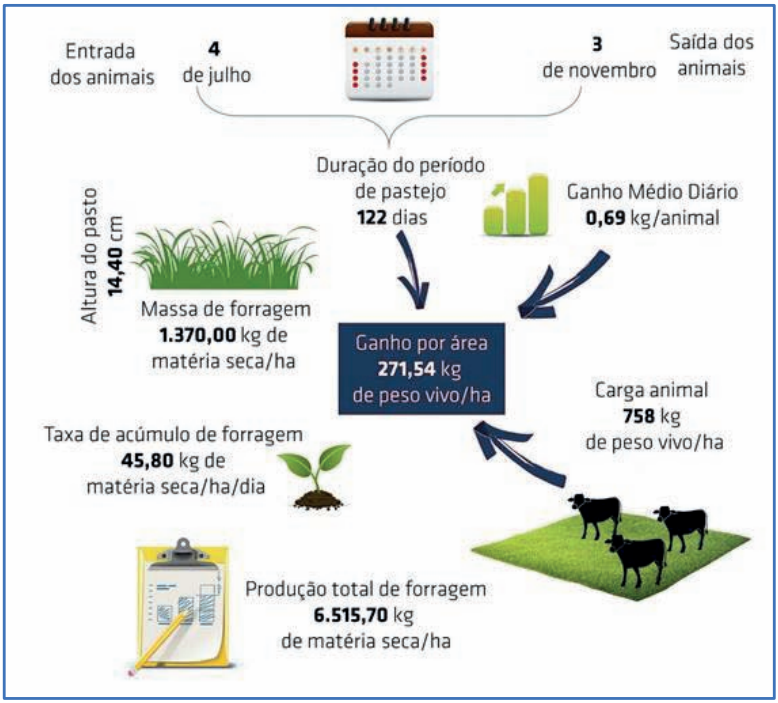

Figura 4.9 – Resultados médios de produção animal e vegetal durante o período hibernal no Sistema 4, nos primeiros quatro anos do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

de 6,9 t/ha, aliado à rotação com leguminosas e à diversificação para a construção de planejamentos forrageiros em harmonia com a integração.

No **Sistema 5, durante 3,5 anos a área é utilizada apenas com pastejo para então retornar o arroz** (**Figura 4.10**). Neste sistema os períodos de pastejo podem ser prolongados, o que em sistemas de produção comerciais ajuda na composição do planejamento forrageiro, principalmente no que diz respeito a evitar-se vazios forrageiros. Em relação à composição de espécies, neste sistema temos uma diversifi-

Figura 4.10 – Animais pastejando em campo de sucessão com introdução de gramíneas e leguminosas – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

cação de pastos cultivados maior: incluindo azevém, trevo (inicialmente foi utilizado o trevo branco e após o trevo persa por sua maior adaptação a ambientes alagados) e cornichão, bem como a pastagem de sucessão composta por espécies de manejo, foram realizadas roçadas químicas (para o controle do capim annoni, principalmente) e roçadas físicas (para o controle da estrutura da pastagem). Neste sistema não houve dessecação da área durante 3 anos.

Os dados relativos ao período de inverno/primavera, onde há uma predominância das espécies introduzidas, mostram os **desempenhos mais expressivos quando comparado aos demais sistemas** e ao período de utilização de verão/outono. Esse sistema apresentou o maior ganho por área, de 322 kg/ha (**Figura 4.11**), em decorrência dos maiores períodos de pastejo (em média, 125 dias) e das maiores cargas animais (828 kg de PV/ha).

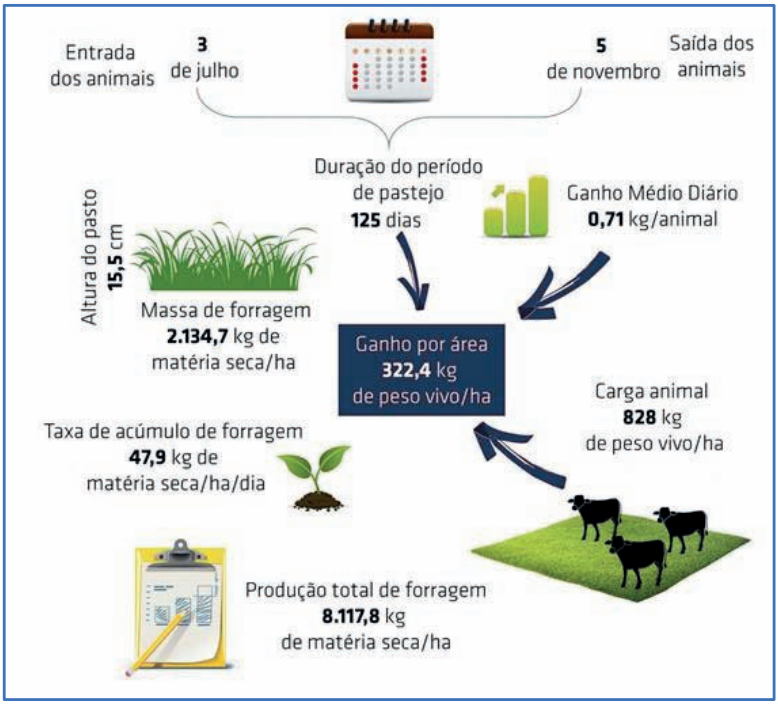

Figura 4.11 – Resultados médios de produção animal e vegetal durante o período hibernal no Sistema 5, nos primeiros quatro anos do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Já os dados relativos ao período de utilização verão/outono dos anos de 2014/15 e 2015/16, mantendo-se a altura do pasto com média de 16 cm, demonstram índices produtivos inferiores. Embora esse período tenha suportado cargas animais semelhantes ao de inverno/primavera, de 739 kg PV/ha, os ganhos por área foram 60% inferiores, produzindo um total de 126 kg PV/ha, na média dos dois períodos avaliados. Durante o verão/outono há o crescimento e participação na forragem ofertada de espécies presentes no banco de sementes que, majoritariamente, têm seu crescimento

nestas estações. Neste sistema houve uma predominância de capim annoni (*Eragrostis plana nees*) e de grama paulistinha (*Cynodon dactylon*), espécies de baixo valor forrageiro em função do alto conteúdo de fibra e baixa relação folha/colmo.

A partir do exporto, se torna evidente os distintos resultados encontrados na produção animal em ambientes de terras baixas, quando comparado às terras altas. Cabe ressaltar que, embora haja alguns entraves para perfeita adoção e condução de sistemas forrageiros nesses ambientes, seu requerimento é imprescindível, sobretudo quando se busca sistemas mais diversificados e complexos. Os diferentes sistemas avaliados possibilitam a sua aplicação em distintos arranjos, que podem prover menores ou maiores índices de produção animal em função da sua adoção/condução. Assim, cabe ao principal usufruidor de todas informações geradas (produtores rurais, técnicos e consultores) identificar qual o sistema mais aplicável à sua realidade e que trará os maiores benefícios ao sistema. No entanto, a sua escolha, como todo o pensamento por trás da complexa condução de um SIPA, deve-se levar em consideração o sistema em questão como um todo, ponderando-se igualmente todas as atividades existentes e, aí sim, podendo-se usufruir de todos os benefícios proporcionados.

FASE LAVOURA

Um dos principais apelos à adoção de SIPA em terras baixas é a obtenção da sustentabilidade da lavoura arrozeira. Há muito tempo, o arroz tem sido a principal e/ou única cultura com rendimento econômico presente nesses ambientes, gerando fortes limitações ao seu cultivo, decorrentes

sobretudo do monocultivo. Dessa forma, a presente seção apresenta como os diferentes arranjos de SIPA, com distintos manejos do solo e rotações de culturas, afetam a biomassa vegetal, o banco de sementes e a presença de plantas indesejáveis, o desenvolvimento e a produtividade de culturas comerciais (arroz, soja e milho), bem como a resposta dessas culturas à adubação nos diferentes sistemas de produção.

Produção de biomassa e produtividade das culturas comerciais

Desde a implantação do protocolo experimental (2013), o resíduo de parte aérea dos cultivos estivais foi sempre superior nos Sistemas 1 e 2 (**Figura 4.12**). Isto se deve à grande produção de matéria seca pela cultura do arroz, demandada para suportar a alta produtividade de grãos. A soja cultivada na safra 2013/2014 no Sistema 3 e na safra 2015/2016 no Sistema 4 produziu biomassa de parte aérea semelhante, em torno de 4,1 t/ha. Os cultivos de forrageiras do inverno foram bastante superiores em 2013 em relação aos demais anos, principalmente pelas condições de clima e drenagem do solo, que foram desfavoráveis ao seu estabelecimento. O resíduo de forragem deixado dos períodos hibernais nos anos de 2013 a 2016 foi, em média, de 1,6 t/ha de matéria seca nos Sistemas 2 a 5. Esse valor é 3,5 vezes o do resíduo deixado no inverno no Sistema 1, o qual permanece em pousio nesse período.

O aporte de resíduo (**Figura 4.12**), como resultado do aporte da biomassa, é, por consequência, também maior nos Sistemas 1 e 2, pela maior frequência do cultivo do arroz. No entanto, o Sistema 3, com a presença da soja em alternância ao arroz, merece destaque também pelo alto aporte anual de

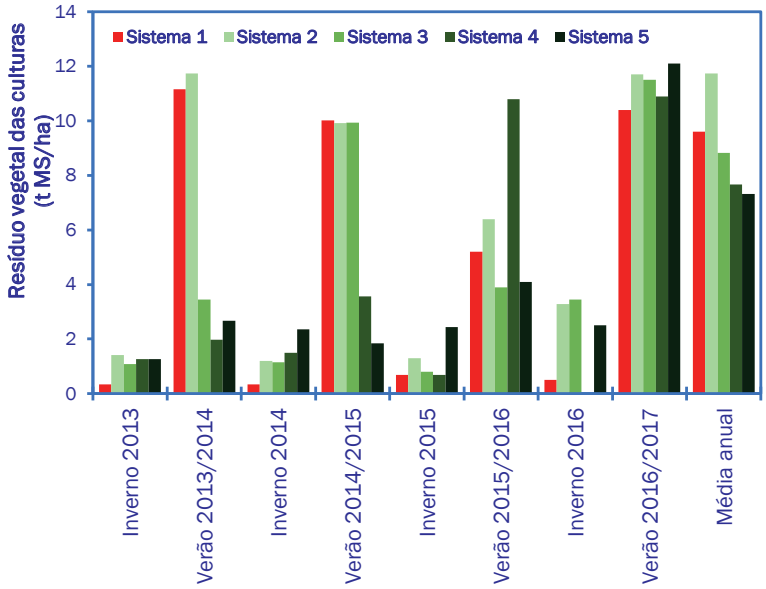

Figura 4.12 – Resíduo vegetal (em matéria seca – MS) da parte aérea das culturas nos períodos de inverno e verão de 2013 a 2016 e taxa de produção anual de resíduo dos diferentes sistemas de produção do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

matéria seca (8,8 t/ha/ano), constituindo um resíduo de melhor qualidade, menor teor de lignina e baixa relação C/N, características dos resíduos de leguminosas. Por servirem de fonte de energia para os microrganismos, que exercem importantes funções da cadeia trófica, a qualidade desses resíduos é de extrema importância, considerando a facilidade com que são degradados, aumentando a ciclagem e o aproveitamento dos nutrientes neles contidos.

A importância da adoção de sistemas conservacionistas tem como importantes pilares, o alto aporte de resíduo e o não revolvimento do solo (semeadura direta). Neste sentido, a falta de cobertura vegetal leva à desestruturação do solo

pelo revolvimento (Sistema 1), principalmente no inverno, que concentra as maiores precipitações, o que aumenta o risco de erosão e potencializa as perdas de solo e de nutrientes. Desta forma, os Sistemas 2 a 5 se mostram superiores ao sistema tradicional de cultivo do arroz do RS, o qual apresenta somente uma fonte importante de resíduo, do arroz irrigado, sabidamente de "menor qualidade", pelos teores mais altos de lignina e maior relação C/N. Embora somente os Sistemas 1 e 2 (**Figura 4.12**) tenham alcançado produções de biomassa da parte aérea superiores a 10 t/ha (requeridas como base para os sistemas conservacionistas) o pastejo, estimulando o crescimento radicular de espécies forrageiras (**Figura 4.13**), resulta em altas adições de resíduo, bem superiores aos da parte aérea. Daí a importância e a necessidade, cada vez maiores, de alocar esforços na avaliação das raízes, a despeito das dificultadas inerentes, por serem fonte de energia mais facilmente disponível aos microrganismos e menos suscetíveis a "perdas" do sistema.

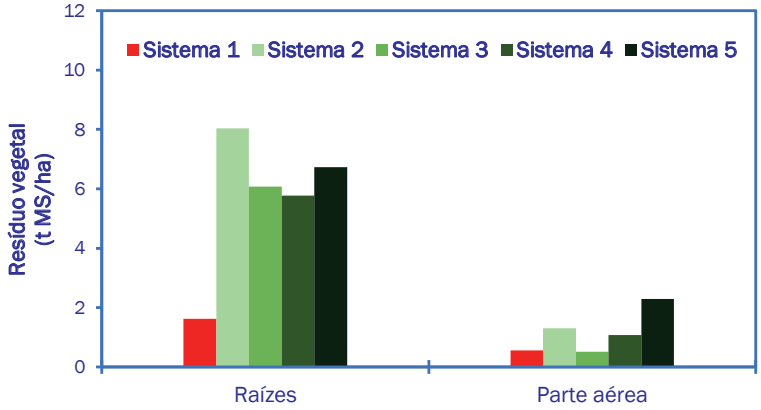

Figura 4.13 – Produção de resíduo vegetal oriundo das raízes, na camada de 0 a 10 cm, e da parte aérea das pastagens de inverno de 2014 nos diferentes sistemas de produção do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

A produtividades de grãos dos cultivos comerciais seguem o mesmo padrão das produções de biomassa (**Figuras 4.12 e 4.14**). As produtividades do arroz foram, de forma sistemática, maiores no Sistema 2 (azevém pastejado-arroz), quando comparado ao Sistema 1 (pousio-arroz). As diferenças de produtividade entre os sistemas variaram de 0,40 a 1,50 t/ha (**Figura 4.14**). Como os tratos culturais foram os mesmos em todos os sistemas, os ganhos em produtividade se devem exclusivamente ao manejo dos sistemas, que envolvem o manejo do solo, a inserção do animal e a adubação da pastagem no inverno. A produtividade do arroz no Sistema 3 na safra 2014/2015, que inclui a soja, evidencia o benefício da adoção de práticas como a rotação de culturas. Esta prática é considerada um dos pilares do sistema plantio di-

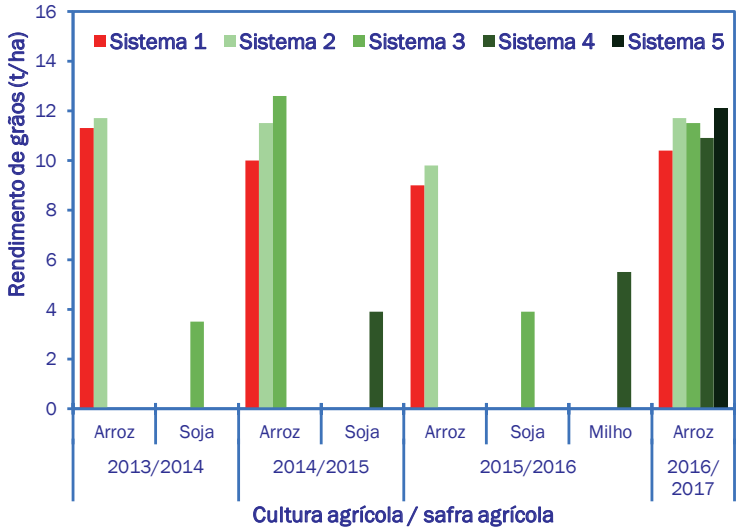

Figura 4.14 – Produtividades das culturas comerciais de verão dos diferentes sistemas de produção do experimento ao longo do tempo – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

reto (SPD) e retrata a sua importância também no ambiente arrozeiro, onde proporcionou ganhos de 2,60 t/ha de arroz quando comparado ao Sistema 1.

No Sistema 3, também é possível se observar altas produtividades de soja, em ambiente que era tido como inadequado para essa cultura. As produtividades foram de 3,5 e 3,9 t/ha nas safras 2013/2014 e 2015/2016, respectivamente (**Figura 4.14**), demonstrando, além dos altos rendimentos obtidos em rotação com arroz, o ganho que se pode ter com o tempo a partir da construção da fertilidade do solo. Essas produtividades também ratificam a importância de se controlar os principais fatores restritivos à cultura nesse ambiente, como o excesso hídrico, a acidez do solo e a deficiência em nutrientes, especialmente de fósforo.

Ao se completar o primeiro ciclo, verifica-se efetivamente a vantagem e o benefício da adoção de sistemas mais conservacionistas frente ao sistema tradicional de cultivo do arroz no RS (**Figura 4.14**). Na última safra (2016/2017), todos os sistemas integrados (2 a 5) propiciaram uma produtividade de arroz irrigado superior ao seu cultivo em monocultura (Sistema 1), com ganhos variando de 0,5 a 1,7 t/ha. Esses ganhos são inerentes aos manejos adotados e demonstram a importância da obtenção de sistemas mais diversificados e que se sustentem ao longo do tempo. A esses ganhos devem ser somados os ganhos de produção animal, o que confere uma maior rentabilidade e segurança ao sistema produtivo nos ambientes de terras baixas.

Resposta das culturas à adubação

Com o intuito de avaliar a eficiência de uso dos nutrientes nos diferentes arranjos de SIPA do experimento, as

culturas do arroz e da soja foram submetidas a doses crescentes de fertilizantes, em diferentes sistemas de produção. Isto, porque desde o início do experimento o arroz tem apresentado produtividade superior nos sistemas mais diversificados (Sistemas 2 e 3) (**Figura 4.14**). Assim, na safra 2015/2016 foi destinada uma pequena fração de área (experimento paralelo) nos sistemas que receberam o cultivo de arroz (Sistema 1 e Sistema 2) e de soja (Sistema 3), onde foram utilizados cinco níveis de adubação. Para o arroz, os níveis corresponderam a doses para diferentes expectativas de resposta da cultura à adubação: Baixa, Média, Alta e Muito alta. Para a soja, o critério de adubação foi para diferentes expectativas de produtividade: 2, 3, 4 e 5 t/ha de soja, além de uma testemunha, sem adubação, em cada sistema.

As produtividades de arroz obtidas evidentemente demonstram a superioridade do arroz alicerçada no sistema integrado, quando comparado ao Sistema 1, principalmente na Testemunha, sem adubação (**Figura 4.15**). Neste caso, o sistema integrado (Sistema 2) produziu cerca de 1,5 t/ha a mais de grãos comparado ao Sistema 1. Enquanto a resposta à adubação no sistema tradicional ocorreu até a dose mais alta (expectativa resposta Muito alta) com produtividade de 9,6 t/ha, no Sistema 2 ela ocorreu somente até a dose para a Média expectativa de resposta, com produtividade similar. Isto indica menor necessidade de adubação no sistema integrado, pois se consegue a mesma produtividade com menor necessidade de adubação: 90-30-35 no Sistema 2 *vs.* 150-50-65 de N-P_2O_5-K_2O, respectivamente, no Sistema 1. Este fato demonstra a vantagem na utilização de sistemas integrados, na maior estabilidade do sistema e menor dependência de insumos externos na cultura.

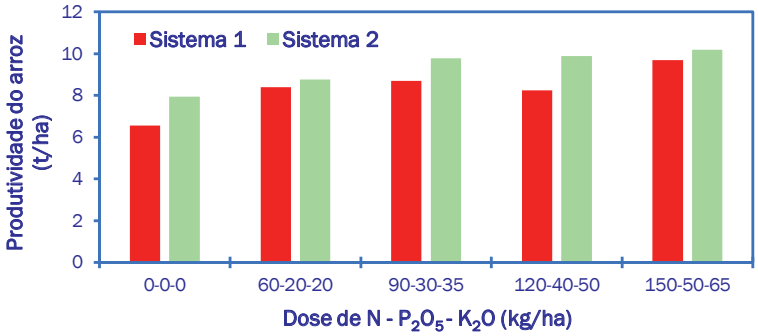

Figura 4.15 – Produtividade do arroz irrigado, nos Sistemas 1 e 2, submetido a diferentes doses de adubação para diferentes expectativas de resposta no experimento (safra 2015/2016) – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

O ensaio realizado no Sistema 3, com soja, também demonstra o benefício da utilização de SIPA em terras baixas (**Figura 4.16**). Neste sistema, as diferentes doses de adubo não influenciaram a produtividade da soja, a qual ficou com média de 4,60 t/ha de grãos. Como nenhum nível de adubação diferiu da testemunha, verifica-se o benefício da adoção desse sistema (soja-azevém pastejado-arroz), onde há uma eficiente ciclagem de nutrientes no período do inverno, disponibilizando-os para a soja em sucessão.

A soja apresenta comportamento diferenciado do arroz na resposta a níveis de adubação, em função da menor dependência de N, por realizar a fixação biológica do N. A dinâmica desse nutriente é bastante diferenciada dos demais macronutrientes (principalmente P e K), sendo a biomassa residual e a MO do solo muito importantes na liberação de nutrientes, especialmente de N para as espécies não fixadoras desse nutriente. Por isso, os solos arrozeiros, por apresentarem predominantemente (78%) baixo teor de MO, a cultura do arroz é bastante responsiva à adubação nitrogenada. A cultura da soja, no entanto, por ter quase que a totalidade

do N advindo da FBN, não apresenta resposta à adubação, tendo o suprimento dos demais nutrientes (P e K) oriundo das diferentes fontes do sistema (solo e resíduo animal e vegetal).

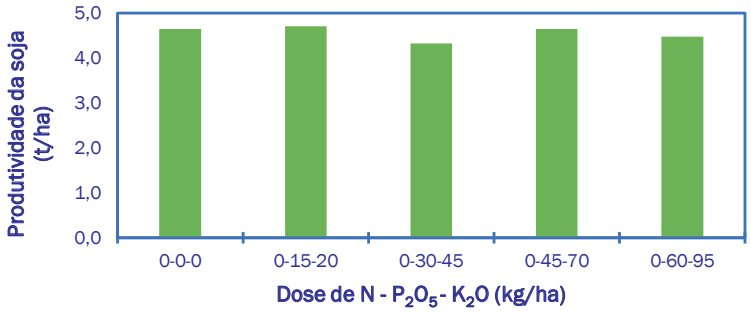

Figura 4.16 – Produtividade da soja, no Sistema 3, submetida a diferentes doses de adubação para diferentes expectativas de resposta no experimento (safra 2015/2016) – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Banco de sementes e presença de plantas indesejáveis

Em solos agrícolas, o banco de sementes representa o montante de sementes viáveis de espécies de plantas daninhas ao longo do perfil. Ele está relacionado com o potencial de infestação da área, já que diversas espécies de plantas daninhas permanecem viáveis no solo por longo período. Por isto, um aspecto importante no manejo de plantas infestantes consiste na adoção de estratégias que reduzam o banco de sementes ao longo do tempo.

Assim, os resultados da coleta de solo, realizada antes da entrada de arroz (safra 2016/2017), demonstram que, de fato, os solos agrícolas de terras baixas apresentam uma população muito numerosa de sementes de plantas infestantes (**Figura 4.17**). O Sistema 1, que conta com intenso

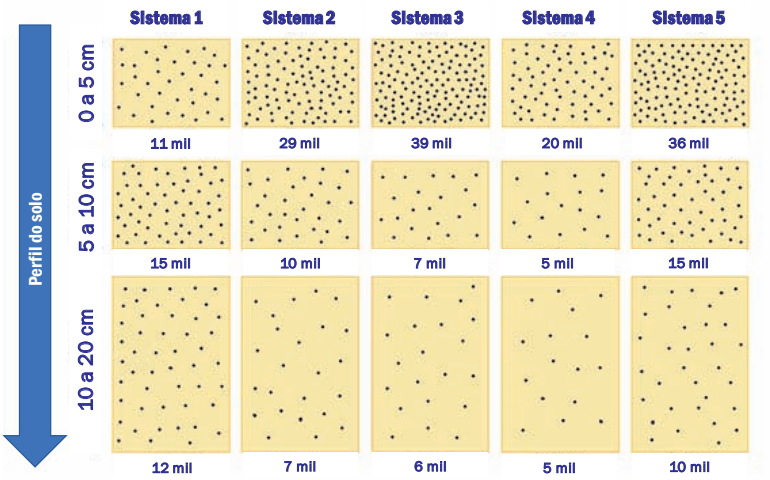

Figura 4.17 – Número de sementes de infestantes por metro quadrado (sementes/m²) em diferentes camadas de solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

revolvimento, promove a inversão das camadas de solo e acarreta a incorporação das sementes no perfil. Desta forma, conforme observado na Figura 4.17, as três camadas avaliadas apresentam quantidades similares de sementes de infestantes. Entretanto, o mínimo revolvimento do solo utilizado nos Sistemas 2, 3, 4 e 5, proporciona maior concentração de sementes na camada superficial, com 60 a 75% delas presentes na camada de 0 a 5 cm do solo. A presença de sementes em camadas mais superficiais pode favorecer o decréscimo do banco de sementes mais rapidamente, devido à exposição das sementes às condições biológicas (como a predação) e climáticas, já que ocorre maior variação de temperatura e umidade na superfície. Em termos de quantidades totais, o banco de sementes do Sistema 5 foi mais numeroso e se deve, basicamente, à ausência de controle

químico, principalmente por não ter havido cultivo de grãos até o momento da coleta.

O Sistema 4, o mais intenso e diversificado, se destacou por apresentar menor quantidade de sementes infestantes no solo, favorecido pelo arranjo de rotação de culturas. Mesmo ainda tendo um número expressivo de sementes, verifica-se nos Sistemas 3 e 4, maior presença (63%) de espécies mais facilmente controladas pelo controle químico, como o pastinho-de-inverno (*Poa annua*) e o papuã ou capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*).

De forma oposta, o monocultivo de arroz (Sistema 1) propicia a maior presença de espécies daninhas adaptadas, como o arroz daninho (vermelho e preto), as ciperáceas (*Cyperus iria*) e o capim-arroz (*Echinocloa* sp.), mesmo em lavouras com tecnologia Clearfield® (**Figura 4.18**). Esse sistema apresentou, em média, 651 sementes de arroz vermelho/m² de solo, distribuídas de forma semelhante nas três camadas avaliadas. Em comparação, o Sistema 2 apresentou uma menor infestação de arroz vermelho (370 sementes/m²), com predomínio (271 sementes/m²) na camada 0-5 cm, pouca presença de sementes na camada de 5 a 10 cm e ausência de sementes na camada de 10 a 20 cm (**Figura 4.17**). Nos sistemas que incluem rotações de culturas no verão (Sistemas 3 e 4) não foi observada a presença de sementes de arroz vermelho e preto no banco de sementes em nenhuma das camadas avaliadas (**Figura 4.18**). Tal resultado evidencia o benefício das práticas de plantio direto, da inserção do animal no sistema em pastagens no inverno e sobretudo da rotação de culturas.

Fica muito claro, pelos dados observados, de que o revolvimento do solo favorece a presença do arroz vermelho,

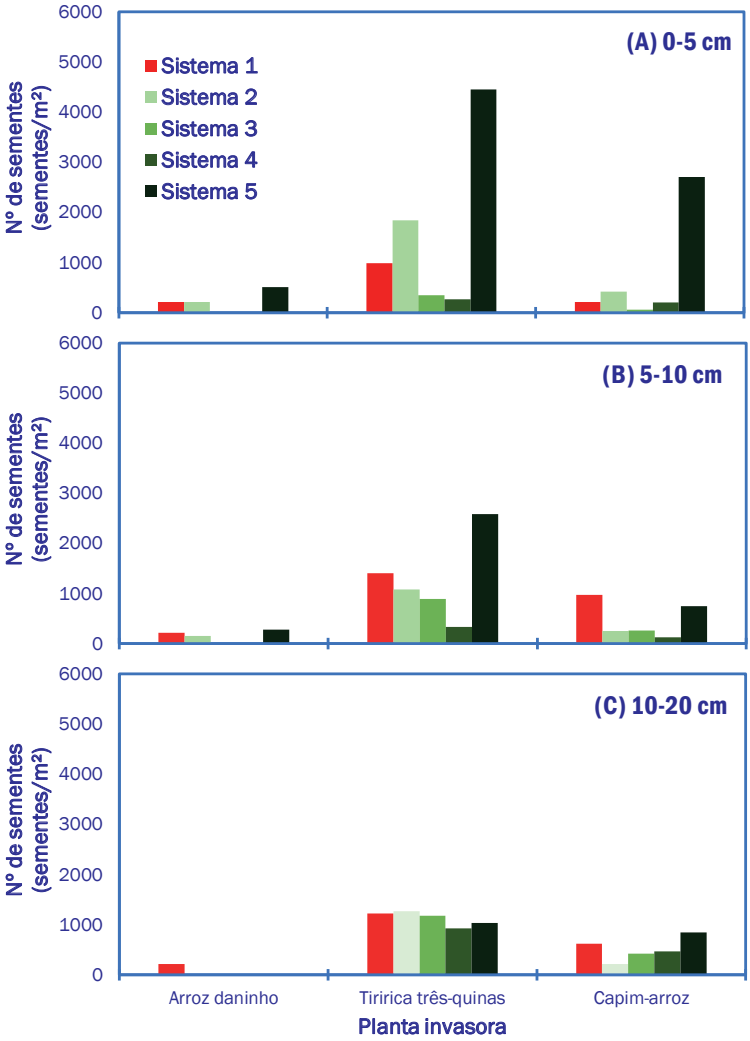

Figura 4.18 – Número de sementes de arroz daninho, tiririca três-quinas e capim-arroz por metro quadrado (sementes/m²) em diferentes camadas de solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

pois foi o Sistema 1 foi o único a apresentar um banco considerável de sementes dessa daninha na camada de 10 a 20 cm. Isso se deve ao fato de que o intenso revolvimento do solo alimenta o banco de sementes em subsuperfície, dificultando o controle dessas espécies, podendo potencializar o aparecimento de espécies resistentes a herbicidas. O comportamento de espécies como o capim-arroz, que oferece grande risco à cultura do arroz, é bastante semelhante ao do arroz daninho (**Figura 4.18**). A maior presença dessa espécie ocorre nos Sistemas 1 e 5. No Sistema 1, pelos mesmos motivos que levaram a uma maior infestação por arroz daninho, e no Sistema 5 pela ausência de controle químico ao longo dos três primeiros anos da implantação desse sistema. Como o capim-arroz é uma espécie bastante consumida pelos animais, a utilização com campo de sucessão em pastejo nesse sistema pode favorecer um aumento do banco de sementes dessa espécie, principalmente em superfície.

Os dados obtidos no levantamento fitossociológico demonstram o efeito do manejo do solo e, principalmente, dos diferentes arranjos de SIPA na infestação por plantas daninhas durante o cultivo do arroz. A respeito do arroz daninho, as maiores infestações são encontradas justamente nos Sistemas 1 e 2, onde há o frequente cultivo do arroz no período estival, com ausência de rotação de culturas. No entanto, ao se incorporar culturas de sequeiro em rotação, como a soja (Sistema 3), o milho e pastagens de verão (Sistema 4), a infestação por arroz daninho reduz drasticamente, principalmente em função do controle mais efetivo devido à rotação de ingredientes ativos dos produtos químicos utilizados nessas culturas, como demonstrado nos dados da presença dessas espécies no banco de sementes (**Figura 4.18**). A utilização do período estival como um campo de sucessão, com a

manutenção do animal em pastejo contínuo (Sistema 5), também apresenta eficiência no controle das principais daninhas da cultura do arroz, principalmente por apresentarem alto potencial nutritivo e serem facilmente consumidas pelos animais. Essa eficiência no controle é mantida mesmo não havendo tanta frequência de aplicações de herbicidas como nos demais sistemas, reforçando a importância de se manter um bom manejo da pastagem, com cargas adequadas de animais.

A infestação por capim-arroz apresentou comportamento semelhante à do arroz daninho, com exceção do Sistema 1, em que houve menor infestação por essa daninha (**Figura 4.19**). Este resultado possivelmente se deve ao intenso revolvimento do solo neste sistema, o qual acaba alocando sementes em profundidade no perfil do solo suficiente para inviabilizar sua germinação. Neste contexto, em todos os anos, até o momento da avaliação não se tinha feito o uso de herbicidas com maior eficiência de controle (nas safras 2013/2014 e 2014/2015, se utilizaram as cultivares IRGA 424 e IRGA 430). A tecnologia Clearfield passou a ser usada a partir da safra 2015/2016, apenas (IRGA 424 RI). Neste sentido, o Sistema 2 acabou apresentando a maior infestação, que decorre da possível maior concentração de sementes na superfície do solo, em função da ausência de revolvimento. No entanto, cabe ressaltar que, mesmo o revolvimento do solo apresentando certa eficiência no curto prazo, no médio e longo prazo acaba sendo deletério, pois traz essas sementes de invasoras novamente à superfície, contribuindo ainda mais para o aumento da infestação. Aliado a isso, o efeito negativo da constante mobilização do solo no Sistema 1 é demonstrado ainda na **Figura 4.19**, onde há maior infestação por Tiririca três-quinas, explicado, principalmente,

pela forma de propagação dessa daninha, por rizomas, em que a mobilização provoca o aumento da população.

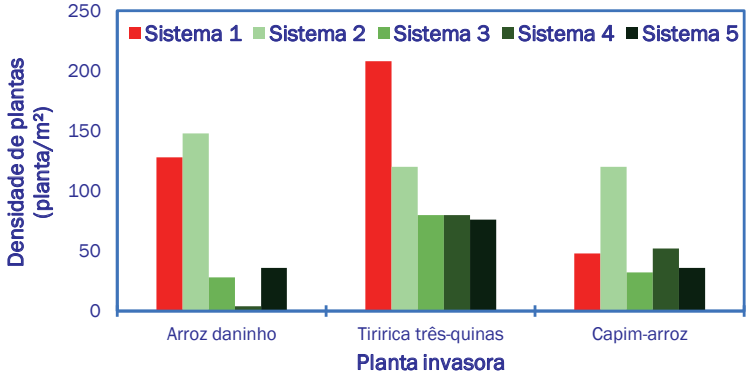

Figura 4.19 – Densidade de arroz daninho, tiririca três-quinas e capim-arroz nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

INDICADORES DE SOLO

Atributos químicos e sua variabilidade espaço-temporal

A variabilidade de atributos e propriedades encontrada no solo é resultado de processos naturais de sua formação e variações no relevo, bem como do manejo adotado. Dentre essas práticas de manejo, sabe-se que a inserção da pecuária em sistemas puramente agrícolas aumenta o grau de diversificação, podendo resultar em sistemas mais complexos. A partir disso, é importante se conhecer o efeito da adoção desses SIPA no que diz respeito ao grau de variabilidade do solo. O conhecimento dessa variabilidade é imprescindível, principalmente em áreas cujo solo está submetido a diferentes práticas culturais, para a avaliação de sua fertilidade, desenvolvimento de esquemas de amostragens mais

adequados e planejamento experimental e de lavoura como um todo.

Os **atributos químicos** do solo demonstram uma ampla e visível variabilidade espacial nos **teores de MO** e nos valores de **pH do solo**, no início e após dois anos e sete meses da implantação do experimento (**Figura 4.20**). Em função da correção da acidez do solo realizada na implantação do experimento, o Al trocável apresentou valores baixos no ano de 2015, com as maiores médias sendo encontradas nos Sistemas 4 e 5, atingindo valores de 0,07 e 0,10 $cmol_c/dm^3$, respectivamente, com quantidades inferiores a 0,02 $cmol_c/dm^3$ nos demais sistemas.

A variabilidade dos teores de MO do solo aumentou ao longo do tempo e esse aumento foi mais acentuado nos Sistemas 4 e 5 (**Figura 4.20**). Estes sistemas, por serem os que apresentam maior diversidade do componente vegetal e maior frequência do animal no sistema, representam os arranjos com maior potencial de indução à variabilidade. Com base nisto, a importância da variabilidade desses componentes no sistema é reconhecida, sendo pontos-chave para se obter diversos benefícios oriundos das interações e sinergismos presentes nesses ambientes. A principal causa da variação decorre da presença dos animais, principalmente por seus dejetos (fezes e urina), que são depositados de forma inconstante e desuniforme na superfície do solo, influenciando a concentração de nutrientes e a comunidade microbiana no solo.

Além de ser o principal promotor da variabilidade do solo, o animal também atua como um importante agente acidificante. Em decorrência disso, os sistemas contemplados com a maior frequência do animal (Sistema 4, com dois ciclos de pastejo de inverno e um ciclo no verão, e Sistema 5,

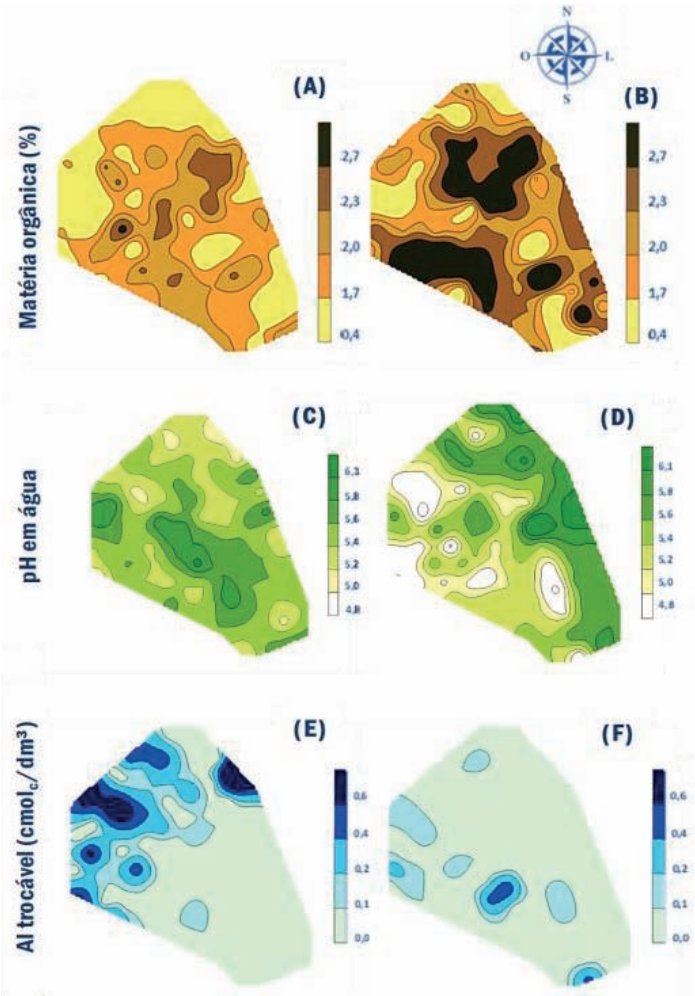

Figura 4.20 – Teores de matéria orgânica (MO), pH e Al trocável no início do experimento, em maio de 2013 (A, C e E, respectivamente), e dos mesmos atributos 30 meses após a implantação, em outubro de 2015 (B, D e F, respectivamente), dispostos em mapas por interpolação de dados por krigagem, na área experimental – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

com ciclos contínuos de pastejo no período hibernal e estival), apresentaram menor pH em relação aos demais sistemas após 30 meses (**Figura 4.20**). Apesar dessa redução, o aumento dos teores de Al trocável e de seus efeitos prejudiciais não são identificados nas plantas, provavelmente pelo efeito benéfico da sua complexação pela MO, conforme demonstram diversos trabalhos.

Avaliando-se a evolução temporal de alguns atributos do solo como o **teor de MO**, por exemplo, identifica-se, na média de todos os sistemas, um teor de 1,8% em 2013 passando para 2,9% em 2017. Este aumento ocorreu em diferentes proporções conforme os distintos sistemas avaliados. Com exceção do Sistema 1, que diminuiu de 1,9% para 1,7%, todos os demais sistemas apresentaram aumento nesse atributo, mais diferenciado nos Sistemas 2 e 5 (**Figura 4.21**).

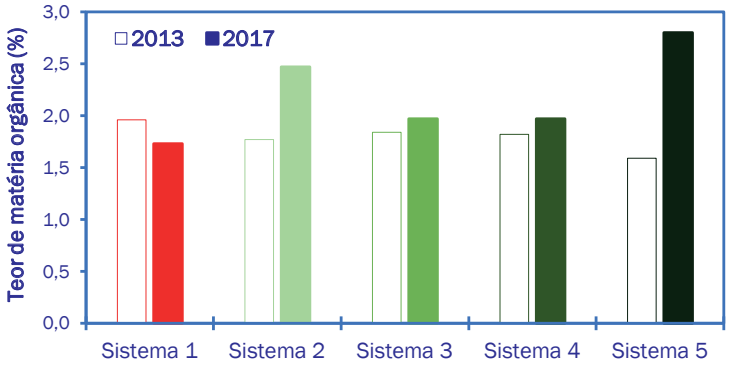

Figura 4.21 – Teor de matéria orgânica do solo, na camada de 0-10 cm, na fase inicial do protocolo experimental (2013) e após o encerramento da primeira fase (2017), nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

O Sistema 5 apresentou maior aumento no teor de MO (de 1,5 para 2,7%) (**Figura 4.21**), que pode ser explicado pelo

maior tempo de permanência do animal no sistema, representando um período maior de pastagens e espécies nativas, as quais possuem um grande potencial de aporte de resíduos. Aliado a isso, no mesmo sistema ainda existe um fator de grande importância e forte impacto nesse atributo, em que é o único sistema em que inexiste qualquer tipo de mobilização do solo. Até a reentrada do arroz, na safra 2016/2017 (única safra de mobilização do solo), o sistema foi manejado apenas com espécies forrageiras no período hibernal (azevém, trevo branco e cornichão), seguidas por um campo de sucessão no período estival, sempre contando com a presença do animal no pastejo.

O segundo maior aumento ocorreu no Sistema 2 que, além da ausência de revolvimento do solo, é constituído de duas culturas (arroz e azevém), que possuem alto potencial de aportar resíduos. Isso fez com que, nesse período, esse sistema apresentasse um aumento anual de aproximadamente 0,2% de MO (**Figura 4.21**). Os Sistemas 3 e 4 apresentaram aumentos intermediários, de 0,13 e 0,15%, respectivamente (**Figura 4.21**). Isso se deve principalmente à presença da soja em rotação no Sistema 3, que é uma cultura que gera pouco resíduo para o sistema e se decompõe rapidamente e, no Sistema 4, que além da presença da soja, houve baixa produtividade do milho na safra 2015/2016 e ausência de pastejo no inverno de 2016, por dificuldade no estabelecimento da forragem.

Os teores de **P disponível** no solo, nos anos de 2013 e 2017, também apresentaram diferentes aumentos em função dos diferentes sistemas. Contrariamente ao Sistema 1, o qual, assim como verificado no teor de MO, apresentou uma pequena diminuição no seu teor ao longo do tempo, os

demais sistemas apresentaram aumentos diferenciados na disponibilidade desse nutriente (**Figura 4.22**).

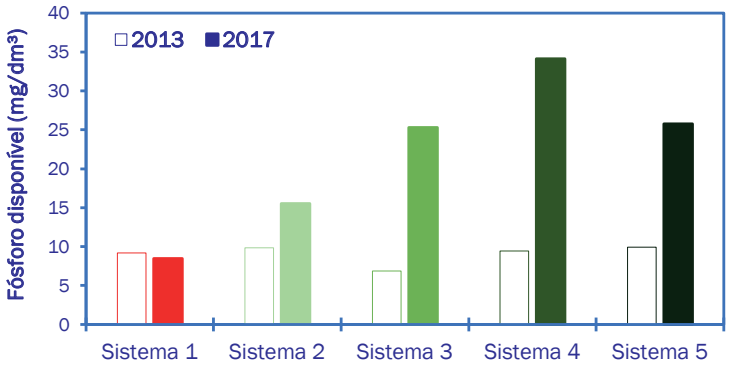

Figura 4.22 – Teor de fósforo disponível (Mehlich 1), na camada de 0-10 cm, na fase inicial do protocolo experimental (2013) e após o encerramento da primeira fase (2017), nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Neste contexto, é importante salientar que a adubação para alta expectativa de resposta da cultura do arroz (70 kg/ha de P_2O_5) no Sistema 1 (pousio-arroz) propiciou uma alta produtividade do arroz (média de 10,2 t/ha) ao longo de quatro anos. Entretanto, isto também indica que a quantidade exportada de fósforo foi superior à quantidade adicionada pela adubação, o que alerta que a adubação única ao monocultivo do arroz, mesmo em condições de alagamento, a médio-longo prazo pode gerar deficiência desse nutriente. Os demais sistemas, que receberam adubação tanto nas culturas de verão como nas pastagens de inverno, apresentaram aumentos de 5,7; 15,8; 18,4 e 24,7 mg de P/dm³ de solo, para os Sistemas 2, 5, 3 e 4, respectivamente (**Figura 4.22**). Tais aumentos são de extrema importância para se visualizar a capacidade dos sistemas em construírem a

fertilidade do solo e, assim, suportarem maior diversificação do sistema produtivo.

Os incrementos nos teores de **K disponível** no solo, a exemplo de P, ocorreram ao longo do tempo para os sistemas 3, 4 e 5, e foram de 41; 46 e 37 mg de K/dm³ de solo, respectivamente (**Figura 4.22**). Os aumentos nesses teores estão diretamente relacionados com as quantidades adicionadas desse nutriente e as exportadas pelos grãos, nos respectivos sistemas. Mesmo que a soja exporte grande quantidade desse nutriente (20 kg de K_2O/tonelada de grãos), os altos teores presentes nos Sistemas 3, 4 e 5 demonstram a eficiência do animal em pastejo no período hibernal em realizar a ciclagem desse nutriente. Mesmo que o K apresente mobilidade expressiva no solo, o bom manejo da pastagem, mantendo-se uma altura de pasto ideal, possibilita máxima eficiência desse processo, retornando aproximadamente 80% do K via fezes e urina e aumentando seu potencial de uso na produção forrageira e agrícola.

Além da identificação e compreensão das mudanças, no tempo e no espaço, na disponibilidade dos nutrientes na fase sólida do solo, verificou-se também alterações no teor dos nutrientes na solução do solo, de onde as plantas os absorvem. A adubação da pastagem em adição à adubação para o arroz irrigado provocou aumento nos teores de N, P e K na solução do solo determinados ao longo do cultivo do arroz nos diferentes sistemas de produção (**Figura 4.23**).

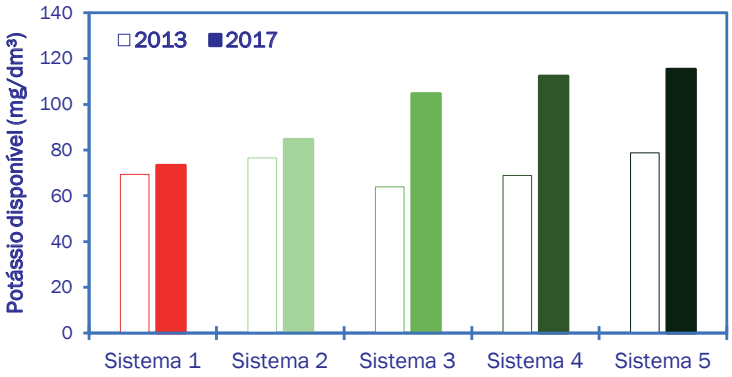

Figura 4.22 – Teor de potássio disponível (Mehlich 1), na camada de 0-10 cm, na fase inicial do protocolo experimental (2013) e após o encerramento da primeira fase (2017), nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Além daqueles decorrentes da adubação nitrogenada, os aumentos diferenciados de N entre os sistemas de produção (**Figura 4.23A, B e C**) são decorrentes da decomposição/mineralização da palhada de azevém e também provenientes da MO do solo, que é maior no solo em pastejo do que de lavouras mantidas em pousio no inverno. Observa-se maiores teores de N na solução do solo até cerca de 30 dias após o alagamento. Com a estimativa de que o solo alagado possua cerca de 1.000.000 litros, na camada de 0 a 20 cm, uma diferença de 20 mg/L de N-amônio nos SIPA em relação ao sistema tradicional de cultivo (Sistema 1) pode representar cerca de 20 kg/ha a mais de N, sendo aproximadamente 44 kg/ha de ureia prontamente disponível no solo. Para o P e K (**Figura 4.23D, E, F, G, H e I**) o cálculo é similar: 20 mg/L de K dos sistemas que possuem pastejo no período de inverno (Sistemas 3, 4 e 5), significa liberação prontamente disponível de cerca de 24 kg/ha de K_2O ou 40 kg/ha de cloreto de potássio a mais do que no Sistema 1.

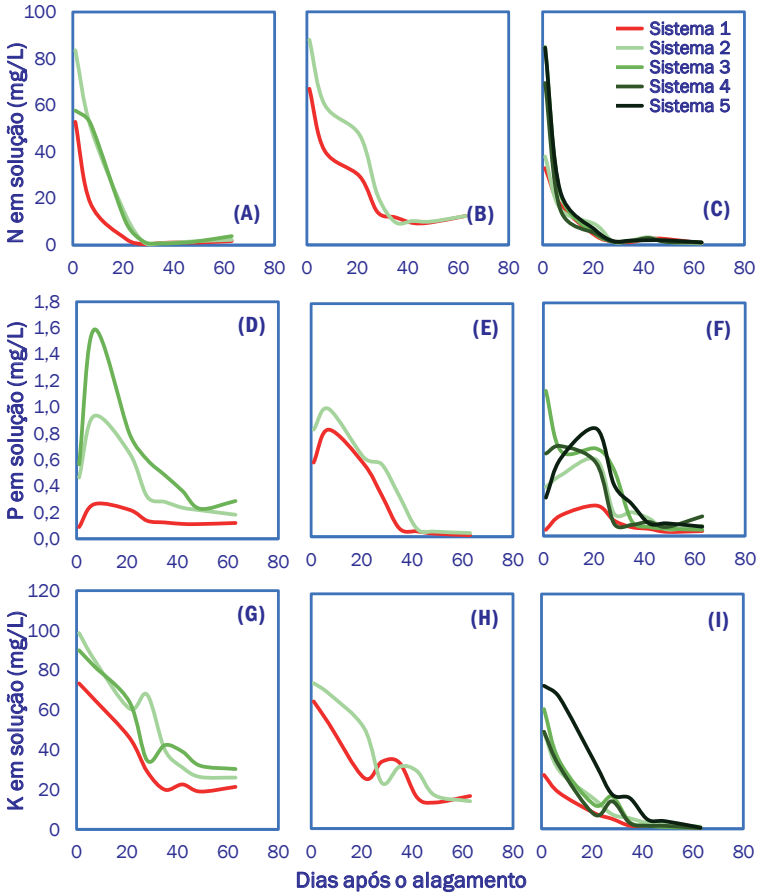

Figura 4.23 – Teores de nitrogênio (A, B, C), fósforo (D, E, F) e potássio (G, H, I) na solução do solo ao longo do cultivo de arroz irrigado nas safras de 2014/2015 (A, D, G), 2015/2016 (B, E, H) e 2016/2017 (C, F, I) nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Atributos físicos

A agregação é um dos atributos altamente correlacionados com a qualidade do solo, pois é resultado da interação de fatores químicos, físicos e biológicos. Os agregados são caracterizados pela união das partículas menores e definem a estrutura do solo, importante para a sua conservação. O Sistema 5 destacou-se dos demais sistemas pela maior formação de agregados grandes, avaliado pelo diâmetro médio ponderado (DMP) (**Figura 4.24A**). Este fato se deve, principalmente, à perenidade das plantas e ausência de intervenção mecânica nesse sistema, em que foi somente destinado à produção animal. As raízes têm um papel fundamental na agregação, por favorecerem, as ligações entre partículas minerais e microagregados, contribuindo também para a sua estabilidade.

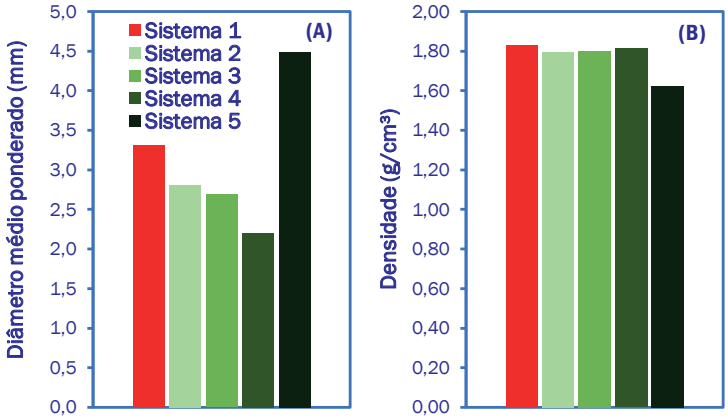

Figura 4.24 – Diâmetro médio ponderado (A) e densidade do solo (B) nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

O maior DMP do Sistema 1, em relação aos Sistemas 2 a 4, resulta da ação mecânica das operações de preparo do solo, aliada à característica de plasticidade da argila presente no ambiente, não representando diretamente uma melhoria do solo.

As raízes também beneficiam o solo por diminuírem a densidade, fato este evidenciado na **Figura 4.24B**, onde se observa menor densidade do Sistema 5, quando comparado aos demais sistemas, garantindo-lhe maior espaço poroso para o desenvolvimento de culturas de sequeiro. Apesar disso, os sistemas não apresentaram diferença entre si na porosidade total, com média de 0,60 cm^3/cm^3 (**Figura 25**). A porosidade do solo, sobretudo a macroporosidade, está intimamente relacionada ao espaço aéreo do solo. Em função disso, o aumento dessa característica é desejável em ambientes de terras baixas, sobretudo a fim de se viabilizar um melhor desenvolvimento de culturas de sequeiro.

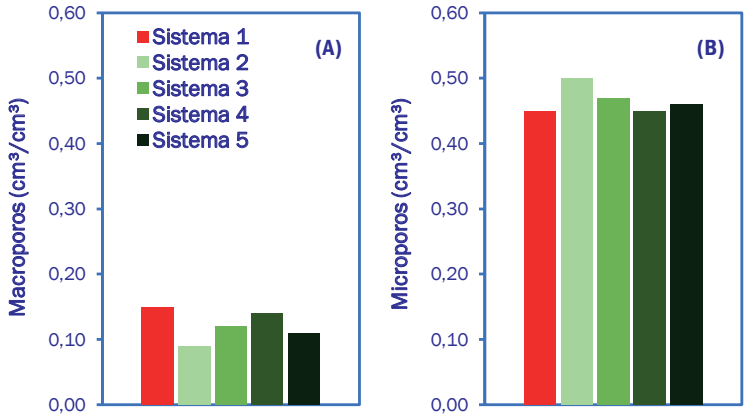

Figura 4.25 – Macroporos (A) e microporos (B) do solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

A maior macroporosidade do Sistema 1, quando comparado aos demais sistemas (**Figura 4.25A**), esse comportamento se deve, principalmente, ao fato da coleta do solo ter sido realizada após o preparo com revolvimento do solo para o cultivo do arroz no período hibernal. De fato, as intervenções mecânicas não são capazes de melhorar a estrutura do solo, promovendo apenas um efeito temporário no aumento da macroporosidade, gerado apenas pela desestruturação do solo.

Os sistemas com semeadura direta e diversificação de culturas (Sistemas 2, 3 e 4) não foram eficientes na melhoria do estado de agregação do solo, considerando os atributos avaliados. Além disto, o Sistema 4, o mais diversificado em cultivos comerciais, apresentou menor DMP do solo (**Figura 4.24A**), provavelmente devido ao mau estabelecimento do azevém no inverno precedente à amostragem, demonstrando a sensibilidade do sistema. Por outro lado, o Sistema 5, que apresentou maior diversidade e frequência de plantas de cobertura pastejadas, com mínima ação antrópica no solo, foi o que mais se diferenciou dos demais, apresentando as melhores características físicas avaliadas.

Além de melhorar a qualidade do solo, o Sistema 5 também não apresentou limitações no que se refere à resistência à penetração (**Figura 4.26**), não havendo impedimento ao desenvolvimento radicular das culturas, mesmo sendo continuamente pastejado. De fato, somente o Sistema 3 apresentou resistência à penetração superior a 2.000 kPa na camada de 15 a 30 cm, o que pode acarretar limitação ao crescimento radicular das culturas agrícolas utilizadas. Isto pode ser decorrente da maior frequência do cultivo da soja nesse sistema, que possui sistema radicular pouco agressivo e em menor profundidade no perfil do solo. A menor resistência à

penetração ao longo do perfil do solo ocorreu no Sistema 2 (azevém pastejado-arroz), continuamente cultivado por espécies gramíneas, que possuem sistema radicular agressivo e bem desenvolvido.

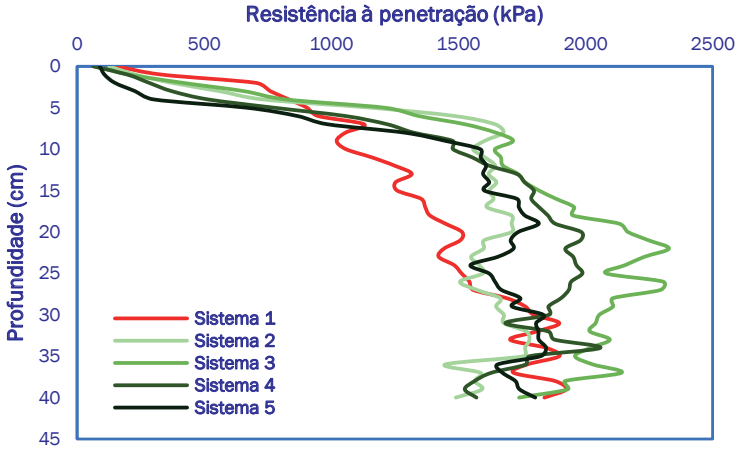

Figura 4.26 – Resistência à penetração do solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Atributos biológicos

A atividade da microbiota do solo é o reflexo de todas as mudanças de fluxos de energia e nutrientes desencadeadas do pastejo, do sistema de semeadura e da rotação de culturas. A contribuição do alto aporte de resíduos vegetais associada à alta densidade de raízes e a deposição de excretas animais contribuem para o aumento da biomassa microbiana e da atividade de enzimática do solo sob SIPA. Além desses fatores, o aumento das formas lábeis de carbono contribui para o aumento da atividade microbiológica do solo. A inserção do animal no sistema, a adoção da semeadura direta

e da rotação de culturas impactaram positivamente na atividade da FDA, β-glucosidase e urease (**Figura 4.27**).

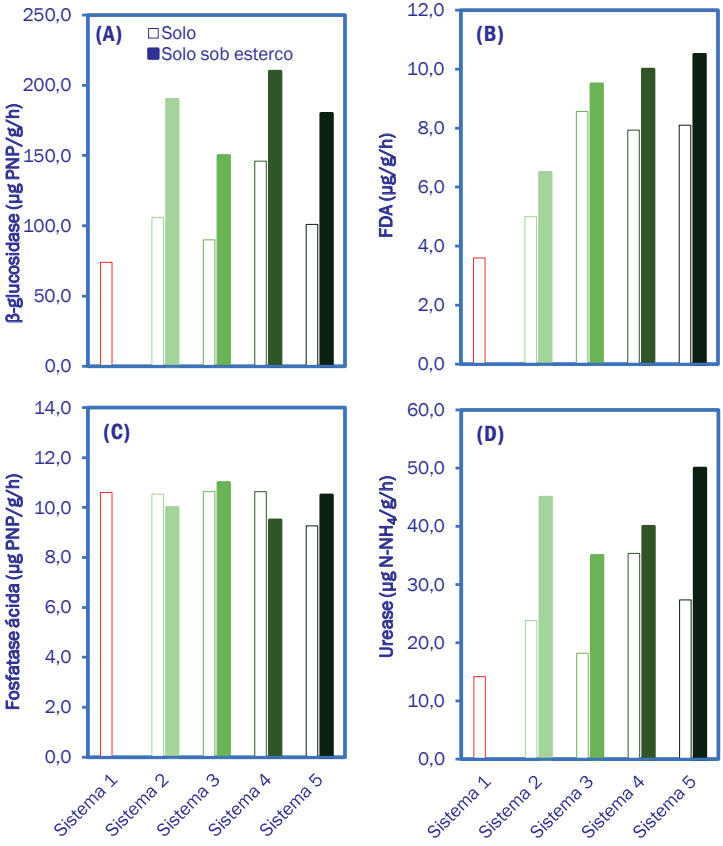

Figura 4.27 – Atividade da β-glucosidase (A), fluoresceína diacetato (B), fosfatase ácida (C) e urease (d) do solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

As condições sob placas de esterco ratificam a importância e o benefício da inserção do animal no sistema onde, com exceção da fosfatase ácida, todas as demais enzimas

apresentaram atividade superior em relação ao solo sob condição natural (**Figura 4.27**). Sabe-se que a deposição de esterco contribui significativamente para o aporte de fontes lábeis de carbono e de nutrientes prontamente disponíveis no solo. Essas duas condições, associadas a condições ambientais favoráveis, aceleram o metabolismo microbiano e a atividade de enzimas extracelulares no solo. Isso acarreta em aumento da disponibilidade de nutrientes e da atividade microbiana do solo, podendo refletir-se em condições mais propícias ao desenvolvimento de plantas.

Acúmulo de matéria orgânica

A matéria orgânica do solo (MOS) (total e suas frações) tem sido considerada como atributo chave para avaliar a qualidade do solo em diferentes manejos e rotações de culturas. Os resultados (**Figura 4.28**) indicam que todos os sistemas promoveram um contínuo aumento do carbono orgânico total (COT), porém diferenciado entre os sistemas em função dos cultivos de cada sistema. O Sistema 5 teve o maior aumento (de 8,0 par 14,0 g/kg em apenas 18 meses e para 15,5 g/kg após 30 meses). O segundo maior aumento até os 18 meses ocorreu no Sistema 1 (pousio-arroz), provavelmente devido à incorporação dos resíduos pela mobilização do solo, que estava em pousio por três anos. Após esse período, o teor de COT diminuiu sensivelmente, devido à menor produção de resíduos, praticamente dependente de um único cultivo (arroz) por ano, que tem sua decomposição acelerada pelo revolvimento do solo (**Figura 4.28**).

O **índice de manejo de carbono (IMC)** também tem sido utilizado para expressar de maneira sinérgica a quantidade

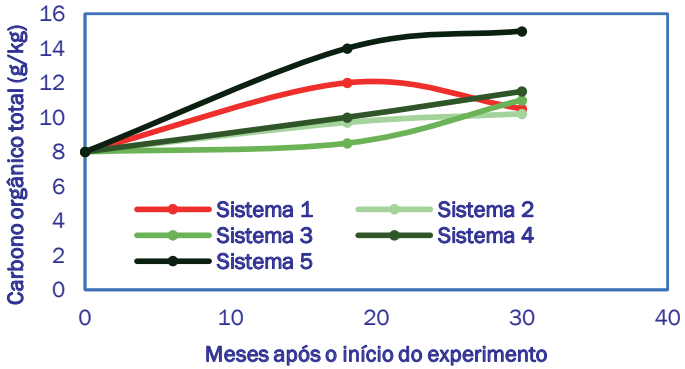

Figura 4.28 – Teor de carbono orgânico total do solo na camada 0 a 20 cm do solo nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

e a qualidade da MOS como resultado da adoção de diferentes sistemas de manejo do solo. Utilizando-se como referência o Sistema 1, no ano de 2014, após 18 meses de implantação do experimento, nenhum dos sistemas havia se diferenciado (**Figura 4.29**). Entretanto, na segunda avaliação, em 2015, após 30 meses, todos os sistemas se diferenciaram do monocultivo de arroz com revolvimento do solo (Sistema 1), porém em magnitudes diferentes. Assim, em média, o IMC dos Sistemas 2, 3 e 4 foi em torno de 49% maior do que o Sistema 1 e o Sistema 5 apresentou o maior IMC, sendo 93% superior ao da referência.

Os estoques de N no solo, tanto total como o particulado (forma mais disponível à ação dos microrganismos e liberação para as plantas) evidenciaram aumento em todos os sistemas com animais em pastejo (2, 3, 4 e 5), enquanto no sistema convencional (Sistema 1), houve redução aos 30 meses quando comparado com a avaliação após 18 meses (**Tabela 4.5**). Esta redução nessa fração equivale a

aproximadamente 120 kg/ha. Isso reitera que o manejo tradicional de cultivo do arroz do RS não só limita o acúmulo de C e de N no solo, como também acaba utilizando grande parte da MO, provocando sua redução. Em contrapartida, todos os demais sistemas aumentaram essa forma de N mais disponível no solo, com os acúmulos variando de 10 a 90 kg N/ha (**Tabela 4.5**).

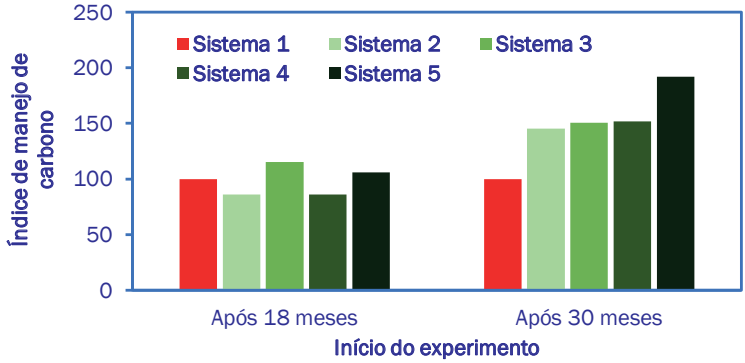

Figura 4.29 – Índice de manejo de carbono do solo na camada 0 a 20 cm, tendo o Sistema 1 como referência, nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

Tabela 4.5 – Estoque de nitrogênio do solo na camada 0 a 20 cm nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS

Sistema de produção	Nitrogênio total (t/ha)		Nitrogênio particulado (kg/ha)	
	Após 18 meses	Após 30 meses	Após 18 meses	Após 30 meses
Sistema 1	3,4	3,3	330	210
Sistema 2	2,5	3,5	270	290
Sistema 3	2,4	3,4	320	330
Sistema 4	2,8	3,5	230	320
Sistema 5	3,2	4,5	390	400

Ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes é um dos processos que mais justifica e demonstra a importância da adoção dos SIPA, proporcionando ganhos via retorno dos nutrientes advindos dos resíduos culturais e da excreta animal deixados no solo. Eles são retornados ao sistema tanto pelo ciclo da pastagem (reciclagem), quanto de uma cultura para outra. Isto vai, pela construção da fertilidade do solo ao longo do tempo, acarretar na diminuição das quantidades de fertilizantes a serem utilizadas. Os nutrientes contidos na parte aérea nos resíduos são liberados a partir da sua deposição ao solo e posterior decomposição pelos microrganismos, processos esses totalmente influenciados pelo manejo, clima e quantidade e composição dos resíduos (vegetal e animal). Assim, resíduos com menor relação C/N e menores quantidades de lignina, apresentam maior velocidade de decomposição.

As quantidades de nutrientes exportadas nas colheitas devem ser repostas pela adubação (reposição) ao que devem ser adicionadas as perdas no sistema (adubação de manutenção). Entretanto, um sistema ideal de recomendação de adubação deveria se considerar ainda as quantidades de nutrientes liberados pela decomposição dos resíduos das culturas e dos animais. No caso do presente experimento, foram calculadas (estimadas) as quantidades de nutrientes que potencialmente podem ser exportados pelas culturas e animais e os que podem ser ciclados dos respectivos resíduos, a partir da respectiva produtividade e teor de nutrientes (**Figura 4.30**).

A decomposição dos resíduos dos cultivos de verão – safra 2014/2015 (**Figura 4.31**) foi diferenciada entre as culturas e os sistemas de produção. A taxa de decomposição da palhada do arroz é menor do que a da soja e, nesta, é maior

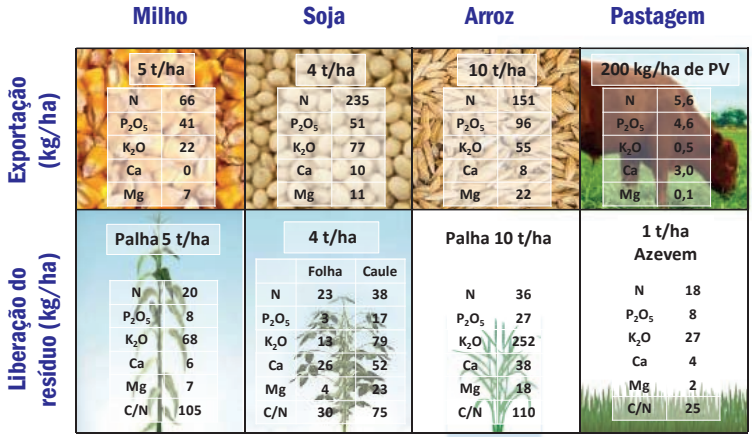

Figura 4.30 – Quantidade de nutrientes exportados pela colheita e retornados ao solo pelos resíduos da parte aérea para as respectivas produtividades nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS. Para o cálculo da exportação via produção animal, foram considerados 2,0; 1,0; 0,2; 1,5 e 0,004 kg, respectivamente, de N, P, K, Ca e Mg por 100 kg de PV animal.

nas folhas do que nos caules, sendo determinada pela respectivas relações C/N (**Figura 4.30**). É importante que se ressalte que a decomposição da palhada do arroz se diferencia entre os sistemas de produção: é menos rapidamente decomposta no Sistema 1, devido ao revolvimento do solo, em relação aos Sistemas 2 e 3, que são mais similares, onde o solo não é revolvido e tem a presença do animal em pastejo no período de inverno. Assim, aos 60 dias do início da decomposição, 80% do resíduo não foi decomposto no Sistema 1, enquanto nos Sistemas 2 e 3 restavam para decompor 75 e 72%, respectivamente (**Figura 4.31**). Isso pode ser explicado pela maior atividade biológica e enzimática (**Figura 4.27**), nos respectivos sistemas. Mesmo aos 200 dias de decomposição no campo, uma fração considerável dos resíduos ainda

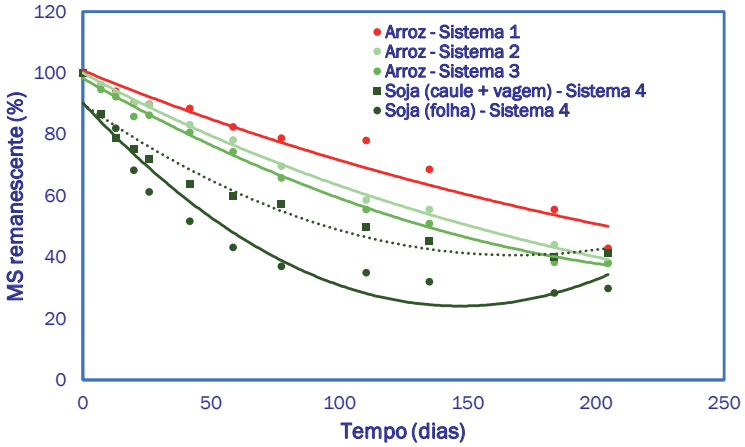

Figura 4.31 – Decomposição dos resíduos dos cultivos de verão (2014/2015) na pastagem hibernal (outono 2015) nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

permanecia no solo: 55% do arroz no Sistema 1, 45% no Sistema 2, 40% no Sistema 3 e em torno de 35% da soja (30% de folha e 40% de caule + vagem) no Sistema 4 (**Figura 4.31**).

As quantidades de N e de P liberadas dos cultivos de verão (2014/2015) aos 60 dias para as culturas sucessoras foram calculados a partir da quantidade de resíduos das culturas (**Tabela 4.6**), seu teor nesses nutrientes (**Figura 4.30**) e da respectiva taxa de decomposição dos resíduos (**Figura 4.31**), considerando que esses nutrientes fazem parte da composição estrutural do tecido das culturas. Para o K, foi considerada sua liberação total, que ocorre em até duas semanas, por não fazer parte de compostos estruturais dos tecidos vegetais.

Tabela 4.6 – Decomposição de resíduos da parte aérea dos cultivos de verão (2014/2015) e liberação de nutrientes aos 60 dias para a pastagem de inverno (2015) nos diferentes sistemas de produção agropecuária do experimento – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS

Sistema de produção	Resíduo		Fração decomposta (%)	Nutrientes liberados			Cultura seguinte
	Cultura	Quant. (t/ha)		N	P_2O_5	K_2O	
Sistema 1	Arroz	10,0	20	7	6	252	Resteva
Sistema 2	Arroz	9,9	25	9	7	249	Azevém
Sistema 3	Arroz	9,9	28	10	8	249	Azevém
Sistema 4	Soja	3,6	50	14	15	83	Azevém+ trevo branco

Assim, as quantidades de N e P, assim determinadas, estão relacionadas à taxa de decomposição dos resíduos (**Figura 4.31**) e diferem entre os resíduos de arroz e entre este e os de soja. As quantidades de K liberadas dos resíduos de arroz são altas (em torno de 250 kg de K_2O/ha) e, embora não haja diferença entre os sistemas de produção, são bem maiores do que as de soja (83 kg de K_2O/ha). O destino desse nutriente após a liberação do resíduo ao solo irá depender da eficiência das cargas negativas do solo em retê-lo, podendo ficar suscetível a perdas. Como se sabe, a grande maioria dos solos agrícolas arrozeiros apresentam uma baixa CTC, ressalta-se a importância do sistema colhe-planta, diminuindo ao máximo o período de tempo entre os cultivos.

A cultura da soja, por apresentar dois tipos de resíduos dispostos no solo em períodos diferentes (as folhas senescem e caem antes das demais estruturas), exige ainda mais cautela na antecipação do estabelecimento do próximo

cultivo. A folha da soja cai em torno de trinta dias antes da colheita do grão, sendo decomposta antes e mais rapidamente do que o caule, pela sua menor relação C/N. Apesar disso, ao ser decomposta, auxilia na decomposição do caule e promove um rápido estabelecimento da cultura sucessora. Essa característica, aliada à facilidade de inserção de espécies forrageiras ao final do cultivo da soja, faz com que ela seja uma cultura de fácil encaixe no sistema produtivo, possibilitando menores janelas de "colheita-semeadura", evitando-se perdas e aumentando o período de pastejo no período hibernal, principalmente pelo rápido arranque pelo aproveitamento dos nutrientes, como observado na **Figura 4.32**.

A dinâmica de absorção do N também é diferenciada considerando a cultura da soja. Essa leguminosa obtém quase que todo o N da fixação biológica de nitrogênio (FBN), sendo pouco dependente no N do solo e da fertilização nitrogenada. A exportação pelos grãos equivale a aproximadamente 500 kg de ureia/ha, considerando uma produtividade de 4,0 t/ha. Então, ressalta-se a importância de uma eficiente prática de inoculação, bem como uma adequada drenagem do solo para que o rizóbio permaneça ativo durante todo o ciclo de cultivo.

Considerando a importância das pastagens no sistema, o processo de (re)ciclagem de nutrientes também é potencializado, fazendo com que as plantas apresentem crescimento contínuo, prolongando também a sua demanda por nutrientes e podendo, assim, contribuir com a mitigação das suas perdas (lixiviação ou escoamento superficial). Aliado a isso, o animal extrai muito pouco nutriente em relação aos

Figura 4.32 – Soja em final de ciclo, pronta para a colheita, com presença de azevém em avançado estádio de desenvolvimento, demonstrando a maior possibilidade de redução do período de tempo entre cultivos.

cultivos. O animal retorna de 70 a 95% dos nutrientes contidos no pasto ingerido ao solo, via fezes e urina, uma vez que exportam somente 5,6; 4,6 e 0,5 kg de N, P_2O_5 e K_2O a cada 200 kg de peso vivo bovino produzido (**Figura 4.30**). A liberação dos nutrientes via dejetos é ainda mais rápida e uma parte deles pode ser novamente incorporada na pastagem e ingerida pelo animal, podendo retornar ao sistema no mesmo ciclo de pastejo (reciclagem).

Dessa forma, se mostra evidente a importância do componente animal no sistema, caracterizando um SIPA, não só como potencial ganho direto, através da produção de carne,

sendo uma importante alternativa de renda, mas também como valiosa ferramenta que pode ser utilizada a fim de se prover melhorias no solo e no sistema produtivo como um todo, a partir da optimização do uso da terra e dos recursos naturais.

5 DIFUSÃO DO CONHECIMENTO

Amanda P. Martins, Luiz G. de O. Denardin e Dionata Filippi

A difusão do conhecimento consiste na complementação da sua geração, objetivando atingir o "público alvo" final das pesquisas realizadas, que consistem em produtores rurais e estudantes das Ciências Agrárias. O objetivo é atender ao indivíduo que busca informações com um propósito definido, visando encontrar algo que possibilite alterar o seu nível de conhecimento, selecionando e processando a informação.

Essas ações vêm sendo lideradas pela **Aliança SIPA** (**Figura 5.1**). A Aliança SIPA é uma iniciativa que promove a cooperação entre os setores público e privado no fomento e incentivo dos SIPA. Sua missão é desenvolver, entre os mais diversos setores da sociedade, um conceito de produção de alimentos, fibras e energia que esteja em consonância com os princípios de intensificação sustentável na agropecuária, por meio de um fundo fomentado por organizações públicas e privadas de abrangência nacional e global.

Figura 5.1 – Aliança SIPA, iniciativa que promove a cooperação entre os setores público e privado no fomento e incentivo dos SIPA.

A Aliança SIPA é liderada pelo Grupo de Pesquisa em Sistema Integrado de Produção Agropecuária (GPSIPA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pelo Núcleo de Inovação em Tecnologia Agropecuária (NITA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), reconhecidos como os mais sólidos e capilarizados grupo de trabalho em ILP no Brasil. Somam-se também, pesquisadores e gestores de instituições nacionais e internacionais, como USDA, University of California, Ohio State University, University of Queensland, INRA, INIA, Udelar, Universidade da Colômbia, CIAT e Universidade de Buenos Aires, compondo uma rede de trabalho multidisciplinar de pesquisa em sistemas integrados, consolidada ao longo das últimas duas décadas.

A Aliança SIPA prevê dois formatos de difusão de tecnologia, com vistas à massificação da adoção dos SIPA. O primeiro modelo, envolve a realização de dias de campo anuais nos protocolos experimentais. Esta já é uma prática adotada para a divulgação dos resultados científicos obtidos ao longo dos anos. O segundo modelo, visa dar maior capilaridade aos conceitos e benefícios da adoção dos SIPA. O processo de transferência consiste na identificação, por parte dos consultores técnicos das empresas parceiras, de produtores líderes para a multiplicação das tecnologias junto a outros produtores, por meio do estabelecimento de vitrines tecnológicas.

5.1 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Os resultados do experimento (**Capítulo 4**) vêm sendo apresentados anualmente em Dias de Campo, com presença de estudantes, técnicos e produtores do Rio Grande do Sul,

Santa Catarina, Paraná, Uruguai, Argentina e Paraguai. O número de participantes gira em torno de 350 por evento (**Figura 5.2**).

Figura 5.2 – Registros dos seis dias de campo já realizados no experimento.

O experimento tem sido utilizado como base experimental de trabalhos de iniciação científica, de mestrado e de doutorado para a elaboração de seus trabalhos de conclusão e publicados na forma de dissertações, teses, capítulos de

livros, artigos científicos e de resumos de trabalhos apresentados em eventos científicos. A formação de recursos humanos e a produção bibliográfica oriunda deste experimento será apresentada a seguir, no **Item 5.2**.

5.2 PUBLICAÇÕES E RECURSOS HUMANOS

ARTIGOS CIENTÍFICOS

1) MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; BORIN, J. B. M.; CARLOS, F. S.; BARROS, T.; OZÓRIO, D. V. B.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; CAMARGO, F. A. O.; CARVALHO, P. C. F. Short-term Impacts on Soil-quality Assessment in Alternative Land Uses of Traditional Paddy Fields in Southern Brazil. Land Degradation & Development, v. 28, p. 534-542, 2017.
2) CARVALHO, P. C. F. ; BARRO, R. S. ; BARTH NETO, A. ; NUNES, P. A. A. ; MORAES, A. ; ANGHINONI, I. ; BREDEMEIER, C. ; BAYER, C. ; MARTINS, A. P. ; KUNRATH, T. R. ; SANTOS, D. T. ; CARMONA, F. C. ; BARROS, T. ; SOUZA FILHO, W. ; ALMEIDA, G. M. ; CAETANO, L. A. ; CECAGNO, D. ; ARNUTI, F. ; DENARDIN, L. G. O. ; BONETTI, J. A. ; DE TONI, C. A. G. Integrating the pastoral component in agricultural systems. Revista Brasileira de Zootecnia, aceito, 2017.

TRABALHOS COMPLETOS EM ANAIS DE EVENTO

1) CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; KUNRATH, T. R.; BARRO, R. S.; CARMONA, F. C.; BARTH NETO, A.; MARTINS, A.P.; BARROS, T.; SOUZA FILHO, W. Integração do componente pastoril em sistemas agrícolas. In: 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2015, Piracicaba, SP. Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal. Piracicaba, SP: FEALQ, 2015. p. 33-56.

2) CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R.; MORAES, A.; TIECHER, T.; CARMONA, F. C.; SANTOS, D. T.; RYSCHAWY, J.; LEMAIRE, G. Reconectando a natureza com a produção agrícola: a via da intensificação sustentável. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
3) ANGHINONI, I.; CARMONA, F. C.; BORIN, J. B. M.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Sistemas integrados de produção agropecuária no contexto da lavoura arrozeira. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.

RESUMOS EM ANAIS DE EVENTO

1) MARTINS, A.P.; DENARDIN, L. G. O.; CARLOS, F. S.; ANGHINONI, I.; NUNES, L. R.; COELHO, M. L.; FILIPPI, D. Disponibilidade de nitrogênio mineral no solo para o arroz irrigado cultivado em sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto. In: X Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
2) PALMA, A. R.; MARTINS, A.P.; DENARDIN, L. G. O.; FILIPPI, D.; CARLOS, F. S.; CARMONA, F. C.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Nitrogênio mineral do solo no estabelecimento do arroz irrigado, em plantio direto, sob diferentes manejos de dessecação de azevém pastejado. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
3) BUCHAIN, M.; ROSSI, I.; CEREZA, T. V.; CARMONA, F.C.; ANGHINONI, I.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A.P.; CARLOS, F. S. Integração lavoura-pecuária em terras baixas: contribuição para o aumento dos teores de fósforo e potássio para o arroz irrigado. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado-RS. Intensificação sustentável, 2017.
4) BUCHAIN, M.; ROSSI, I.; CEREZA, T. V.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; CARLOS, F. S. Contribuição da integração lavoura-pecuária para os teores de

amônio e nitrato na solução do solo cultivado com arroz irrigado. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado-RS. Intensificação sustentável, 2017.

5) SOARES, B. P.; SCHAIDHAUER, W. S.; NUNES, L. R.; BORIN, J. B. M.; CECAGNO, D.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I. Agregação do solo em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
6) SOARES, B. P.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; BARROS, T.; MOOJEN, F. G.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Análise da adição e exportação de nutrientes em diferentes sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
7) FILIPPI, D.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; CARMONA, F. C.; CARLOS, F. S.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Nitrogênio disponível para o arroz irrigado cultivado em semeadura direta após quatro anos de pecuária, com diferentes manejos de dessecação da pastagem. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
8) NUNES, L. R.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; SCHAIDHAUER, W. S.; DEON, T. O.; JESKE, T.; LOCHMANN, S. H.; ANGHINONI, I.; CARMONA, F. C. Decomposição e Liberação de Potássio da Biomassa Residual de Culturas de Verão em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
9) DENARDIN, L. G. O.; BRAUWERS, L. P.; MARTINS, A. P.; FILIPPI, D.; CARMONA, F. C.; CARLOS, F. S.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Impacto do manejo da dessecação da pastagem hibernal na produtividade do arroz em sistemas integrados de produção agropecuária. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
10) DENARDIN, L. G. O.; CARLOS, F. S.; MARTINS, A. P.; MOOJEN, F. G.; FILIPPI, D.; BELO, A. R.; PALMA, A. R.; ANGHINONI, I. Acúmulo

de nutrientes e produtividade do arroz irrigado em um sistema integrado de produção agropecuária. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.

11) DENARDIN, L. G. O.; BRAUWERS, L. P.; MARTINS, A. P.; CARMONA, F. C.; GOMES, M. V.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Resposta do arroz irrigado à adubação em sistemas integrados de produção agropecuária. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
12) SCHAIDHAUER, W. S.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; COELHO, M. L.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I. Resposta de Duas Cultivares de Arroz Irrigado a Diferentes Níveis de Adubação Nitrogenada em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
13) FREITAS, T. S.; MOOJEN, F. G.; MACHADO, D. R.; BREMM, C.; CARVALHO, P. C. F. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária: Efeitos da diversidade no uso do solo em terras baixas na produção de pastos hibernais. In: I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, 2017, Cascavel, PR. Intensificação com Sustentabilidade, 2017.
14) MACHADO, D. R.; MOOJEN, F. G.; FREITAS, T. S.; OLIVEIRA NETO, P. M.; BREMM, C.; CARVALHO, P. C. F. Comportamento ingestivo de bovinos de corte na fase pastagem em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. In: I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, 2017, Cascavel, PR. Intensificação com Sustentabilidade, 2017.
15) SCHAIDHAUER, W. S.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; DEON, T. O.; JESKE, T.; LOCHMANN, S. H.; ANGHINONI, I. . Decomposição e Liberação de Nutrientes da Pastagem Hibernal para o Arroz em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado, RS. Intensificação Sustentável, 2017.
16) DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; CARLOS, F. S.; BORIN, J. B. M.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Matéria orgânica e CTC em

um sistema integrado de produção agropecuária em terras baixas. In: I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, 2017, Cascavel, PR. Intensificação com Sustentabilidade, 2017.

17) SCHAIDHAUER, W. S.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I. Estoques de carbono e nitrogênio em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. In: XI Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, 2016, Frederico Westphalen, RS. Qualidade do Solo & Ambiente de Produção, 2016.
18) DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C.; FILIPPI, D.; SCHMIDT, M. R.; LAZZARI, H. E.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I. Produtividade do arroz irrigado submetido a diferentes níveis de adubação em sistemas de produção agropecuária em terras baixas. In: FertBio, 2016, Goiânia, GO. Rumo aos novos desafios, 2016.
19) DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C.; SCHAIDHAUER, W. S.; GARCIA, G. F.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I. Resposta da soja à adubação nitrogenada no índice SPAD e na produtividade após estresse por hipóxia em terras baixas. In: FertBio, 2016, Goiânia, GO. Rumo aos novos desafios, 2016.
20) MARTINS, A. P.; BORIN, J. B. M.; BARROS, T.; KUNRATH, T. R.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Principal component analysis of soil quality indicators after a short-term evaluation in different no-till integrated crop-livestock systems in Brazilian lowland. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
21) MARTINS, A. P.; BORIN, J. B. M.; CARLOS, F. S.; DENARDIN, L. G. O.; AZEVEDO, M.; CAMARGO, F. A. O.; ANGHINONI, I. Soil microbial biomass stocks of short-term no-till integrated crop-livestock systems in a lowland of Southern Brazil. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.

22) DENARDIN, L. G. O.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; CARMONA, F. C.; CARLOS, F. S.; CAMARGO, F. A. O.; SILVA, J. L. S. Carbon mineralization in no-till integrated crop-livestock systems in Brazilian lowlands. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
23) DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; BORIN, J. B. M.; CARLOS, F. S.; BARROS, T.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Enzymatic activity in no-till integrated crop-livestock systems in Brazilian lowlands. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
24) LOCHMANN, S. H.; BARROS, T.; MARTINS, A. P.; CARMONA, F. C.; SANT'ANNA, D. M.; ANGHINONI, I.; MOMBELLI, J. S. Animal production in different integrated crop-livestock systems in a lowland of Southern Brazil. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
25) BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; CARMONA, F. C.; WINTER, J. C.; SCHAIDHAUER, W. S.; CARVALHO, P. C. F.; SILVA, J. L. S. Carbon indexes after a short-term evaluation in different integrated crop-livestock systems under no-till in Brazilian lowland. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
26) BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; JAEGER, I. R.; LOCHMANN, S. H.; SCHAIDHAUER, W. S.; ANGHINONI, I.; SILVA, J. L. S. Carbon and nitrogen stocks and fractions after a short-term evaluation in different no-till integrated crop-livestock systems in Brazilian lowland. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-

Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.

27) DE TONI, C. A. G.; BORIN, J. B. M.; MARTINS, A. P.; COSTA, F. A.; CARMONA, F. C.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. Short-term evaluation of soil chemical attributes in different integrated crop-livestock systems in lowland of Southern Brazil. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
28) DE TONI, C. A. G.; MARTINS, A. P.; BORIN, J. B. M.; CARMONA, F. C.; BARROS, T.; OZORIO, D. V. B.; ANGHINONI, I. Short-term evaluation of soil physical attributes and moisture in different integrated crop-livestock systems in lowland of Southern Brazil. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
29) BARROS, T.; BORIN, J. B. M.; LOCHMANN, S. H.; WINTER, J. C.; SANT'ANNA, D. M.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Implementation of different integrated crop-livestock systems in lowlands of Southern Brazil: an animal production approach. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems and III International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification, 2015.
30) SCHAIDHAUER, W. S.; CARMONA, F. C.; CECAGNO, D.; MARTINS, A. P.; MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I. Produtividade de arroz irrigado em sistema de preparo convencional e plantio direto. In: IX Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, 2015, Pelotas, RS. Ciência e Tecnologia para otimização da orizicultura, 2015.

ARTIGOS TÉCNICOS

1) CARMONA, F. C.; CARVALHO, P.C.F. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária: perspectivas de avanço em terras baixas. Informativo Integrar, Triunfo/RS, p. 1 - 4, 01 mai. 2015.

2) DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C. Plantio direto e ILP em terras baixas: o caminho para o uso eficiente de fertilizantes. Informativo Integrar, Triunfo/RS, p. 1 - 3, 01 nov. 2016.
3) CARMONA, F. C.; DENARDIN, L. G. O. Aumento da produtividade de grãos após quatro anos comprova a eficiência da Integração Lavoura-Pecuária em terras baixas. Informativo Integrar, Triunfo/RS, p. 1 - 3, 01 jul. 2017.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Doutorado

1) Thiago Barros. Pastos hibernais e pastejo animal como forma de inserir diversidade e sustentabilidade ao ambiente de terras baixas do Sul do Brasil. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS. Período: 2012-2016.
2) José Bernardo Moraes Borin. Acúmulo de carbono e ciclagem e balanço de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFRGS. Período: 2014-2018.
3) Luiz Gustavo de Oliveira Denardin. Dinâmica de nutrientes e eficiência de uso do nitrogênio em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFRGS. Período: 2017-2021.

Mestrado

1) Luiz Gustavo de Oliveira Denardin. Variabilidade espaço-temporal de atributos do solo e resposta do arroz irrigado à adubação em sistemas integrados de produção agropecuária. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFRGS. Período: 2015-2017.

2) Paulo Marsiaj de Oliveira Neto. Comportamento fisiológico e produção de azevém em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS. Período: 2017-2019.

Graduação

1) Catarine Basso – Graduação em Zootecnia – UFRGS.
2) Dânia Ozório – Graduação em Agronomia – UFRGS.
3) Débora Rubin – Graduação em Zootecnia – UFRGS.
4) Dionata Filippi – Graduação em Agronomia – UFRGS.
5) Gabriel Lutz – Graduação em Agronomia – UFRGS.
6) Gustavo Heissler – Graduação em Agronomia – UFRGS.
7) Iuri Rossi – Graduação em Agronomia – ULBRA.
8) Joana Schoreder – Graduação em Agronomia - UFRGS.
9) João Cadore – Graduação em Agronomia – UFRGS.
10) Júlia Mombelli – Graduação em Agronomia – UFRGS.
11) Leonardo Nunes – Graduação em Agronomia – UFRGS.
12) Luiz Denardin – Graduação em Agronomia – UFRGS.
13) Marina Buchain – Graduação em Agronomia – ULBRA.
14) Raíssa Basso – Graduação em Agronomia – UFRGS.
15) Sarah Lochmann – Graduação em Agronomia – UFRGS.
16) Sylvio Mendina – Graduação em Agronomia – UFRGS.
17) Thaiane Jeske – Graduação em Agronomia – UFRGS.
18) Thainá Freitas – Graduação em Zootecnia – UFRGS.
19) Thais Deon – Graduação em Agronomia – UFRGS.
20) Veridiane Quadros – Graduação em Agronomia – ULBRA.
21) Walker Schaidhauer – Graduação em Agronomia – UFRGS.

6 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Felipe Carmona, Wagner Semensatto, Filipe Selau, Davi Teixeira, Armindo Barth Neto, Paulo C. Vieira, Helen E. Lazzari, Bernardo Fagundes, José Fagundes, Ricardo de Lara e Camila de Lara

PLANTIO DIRETO EM TERRAS BAIXAS: *CASE* DE SUCESSO DA GRANJA SÃO JOÃO (JAGUARÃO/RS)

O município de Jaguarão, na fronteira do RS com o Uruguai, é um município de larga tradição no cultivo de arroz irrigado. Pertence à região orizícola "Zona Sul" e, na safra 2016/2017, teve uma produção total do cereal de cerca de 175 mil toneladas, o que representou 11% do montante total produzido naquela região.

Os solos cultivados com arroz no município se caracterizam por apresentarem pequena declividade, o que demanda uma quantidade menor de taipas para irrigação das lavouras em comparação ao cenário encontrado em outras regiões arrozeiras, como a Fronteira Oeste, por exemplo. Esta característica acaba por facilitar a adoção de uma estratégia de manejo do solo que vem voltando a ganhar representatividade: o plantio direto.

Nesse cenário, uma propriedade em especial vem evoluindo na adoção desse sistema e servindo como base para a transferência dessa tecnologia a centenas de produtores rurais. Trata-se da Granja São João (**Figura 6.1**), de propriedade do Sr. Oscar Prado, e gerência de lavoura do Eng. Agr. Luis Alberto Pantigoso. A propriedade possui 1.478 ha, onde são cultivados 756 ha de arroz e 400 ha de soja, em um sistema de rotação de culturas.

Figura 6.1 – Sede da Granja São João, em Jaguarão/RS. Foto: Luis Pantigoso.

As experiências com o plantio direto nesta propriedade tiveram início na safra 2015/2016, em uma área de apenas 2 ha. Na safra seguinte, a área avançou para 35 ha, chegando a 160 ha na safra 2017/2018. Os resultados positivos pela adoção do sistema, ano após ano, têm encorajado os proprietários a avançarem de maneira sustentada no plantio direto.

A seguir, serão descritas as etapas para a adoção do plantio direto praticado na safra 2016/2017, desde o encerramento da safra anterior, até os resultados da colheita da safra em questão:

Passo 1 – Supressão da entrada de água na lavoura na safra 2015/2016 encerrada cerca de 30 dias antes da colheita (com as panículas "dobrando");

Passo 2 – Abertura dos drenos na lavoura para escoamento da água remanescente da irrigação e de eventuais

chuvas antes da colheita, após sete dias da supressão da entrada d'água;

Passo 3 – Colheita do arroz da safra 2015/2016 realizada em solo seco, com bom espalhador de palha na colheitadeira (**Figura 6.2**), e no início de março (08/03/2016);

Figura 6.2 – A colheita de arroz em solo seco é uma premissa básica para o sucesso do plantio direto. Caso a incidência de chuvas impossibilite essa operação, alternativas menos agressivas de nivelamento do solo, como o rolo faca, podem ser uma alternativa para a correção dos rastros deixados pelo rodado da colheitadeira – Granja São João – Jaguarão/RS. Foto: Luis Pantigoso.

Passo 4 – Dessecação com herbicida de ação total (glifosato) após a colheita, aguardando-se o rebrote da soca. Esta operação foi realizada no dia 01/04/2016, com rodas de ferro (roda lentilha), facilitando a micro drenagem e a manutenção da área com pouca umidade durante a entressafra;

Passo 5 – Realização do controle químico no dia 26/08/2016, com os herbicidas glifosato + 2,4-D; antes da semeadura de arroz da safra 2016/17;

Passo 6 - Semeadura da cultivar IRGA 424 RI na densidade de 80 kg/ha, no dia 28/09/2016 (**Figura 6.3**). A adubação de base consistiu na aplicação de 200 kg/ha de MAP

Figura 6.3 – Aspecto geral da área semeada em plantio direto na safra 2016/2017 (à esquerda), quantidade de palha de arroz da safra anterior sobre o solo (ao centro) e lavoura de arroz cultivada em plantio direto logo após a entrada de água (à esquerda) – Granja São João – Jaguarão/RS. Fotos: Luis Pantigoso.

(10-48-00 kg de N-P_2O_5-K_2O) na linha de semeadura + 200 kg/ha de cloreto de potássio a lanço (pré-semeadura);

Passo 7 – Controle de invasoras em ponto de agulha, no dia 06/10/2016, e pós emergente, no dia 06/11/2016, quando as plantas de arroz se encontravam em estádio V3-V4 (**Figura 6.3**);

Passo 8 – Aplicação de ureia, na quantidade de 300 kg/ha, realizada no dia 07/11/2016, com posterior aplicação de uréia cloretada, na quantidade de 70 kg/ha, na diferenciação do primórdio floral do arroz.

Ao lado da área cultivada em plantio direto (35 ha) foi conduzida uma área sob cultivo mínimo do solo (duas gradagens, uma passada de niveladora e entaipamento – **Figura 6.4**), principalmente para efeito da comparação de resultados. As práticas de manejo no que se referem ao controle de invasoras, adubação, densidade de semeadura, tratamentos fitossanitários e irrigação foram exatamente os mesmos entre as duas áreas. A **Figura 6.5** ilustra o aspecto dos cultivos em diferentes fases de desenvolvimento, na área conduzida sob plantio direto e cultivo mínimo.

Figura 6.4 – Aspecto das áreas conduzidas sob plantio direto (acima) e sob cultivo mínimo (abaixo) – Granja São João – Jaguarão/RS. Fotos: Luis Pantigoso.

Figura 6.5 – Aspecto das lavouras conduzidas sob plantio direto e cultivo mínimo, respectivamente, durante o período vegetativo (à esquerda) e de maturação de grãos (à direita) – Granja São João – Jaguarão/RS. Fotos: Luis Pantigoso.

Os custos de preparo do solo, assim como a produtividade de grãos nas duas áreas estão expressos na **Tabela 6.1**. É possível observar que, embora a produtividade de grãos do plantio direto tenha sido 10 sacos/ha inferior em relação ao cultivo mínimo, os custos de preparo do solo inerentes a este sistema representaram quase 29 sacos/ha. Ou

seja, na prática, o plantio direto se mostrou cerca de 19 sacos/ha mais rentável em relação ao cultivo mínimo.

Tabela 6.1 – Custos operacionais de preparo do solo(1) e produtividade de grãos nos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto – Granja São João – Jaguarão/RS

Operação (custo)	Custo/Renda (sacos de arroz/ha)	
	Cultivo mínimo	Plantio direto
Desmonte de taipas	0,3	0,0
Gradagens (duas passadas)	12,0	0,0
Aplainamento (duas passadas)	8,4	0,0
Nivelamento e remonte de taipas	5,3	0,0
Salário do operador	2,8	0,0
Total	28,8	0,0
Resultado (renda)	**Cultivo mínimo**	**Plantio direto**
Produtividade total	213	203
Produtividade líquida(2)	184	203

(1) Considerando o preço de R$ 48,00 da saca de arroz. (2) Descontados os custos com preparo do solo.

Além do resultado financeiro, foram observadas outras vantagens do sistema plantio direto sobre o cultivo mínimo, que agregam uma vantagem econômica ainda maior. No sistema conservacionista, não foi preciso aplicar o herbicida pré-emergente Kifix, devido à menor incidência de invasoras no plantio direto. Além disso, a irrigação nesse sistema foi mais rápida, em função da estrutura de solo construída pelo não revolvimento do mesmo.

A Granja São João está apresentando uma estratégia interessante, de avanço planejado e cauteloso das áreas de plantio direto dentro da propriedade. Nesse sentido, novas ações têm sido estudadas pela equipe técnica da propriedade, no sentido de agregar sustentabilidade ao sistema. Um exemplo disso foi a semeadura, em alguns talhões, de espécies de inverno, tanto gramíneas (azevém), quanto leguminosas (trevo persa – **Figura 6.6**). Isto, com o intuito de potencializar a ciclagem de nutrientes no sistema produtivo, além de

acelerar o processo de acúmulo de matéria orgânica no solo ao longo do tempo.

Figura 6.6 – Aspecto do desenvolvimento do trevo persa sobre resteva de arroz no sistema de plantio direto, no inverno de 2017 – Granja São João – Jaguarão/RS.

SINERGISMO ENTRE PECUÁRIA E LAVOURA: *CASE* DE SUCESSO DA ECKERT AGRONEGÓCIOS (TAPES/RS)

O município de Tapes/RS fica a cerca de 100 km de Porto Alegre e faz parte da região orizícola denominada Planície Costeira Interna do RS. Tapes tem larga tradição no cultivo de arroz, com uma área aproximada de 16.000 ha, sendo que mais recentemente, o cultivo de soja vem ganhando cada vez mais espaço nas áreas que antes eram destinadas exclusivamente à orizicultura.

No contexto local, a empresa familiar Eckert Agronegócios (**Figura 6.7**), de propriedade de Arnaldo Schwalm Eckert, Delmar Schwalm Eckert e filhos, tem se destacado pelos

resultados obtidos nos sistemas integrados, com **altas produtividades de arroz, soja e pecuária de corte**.

Figura 6.7 – Vista aérea da unidade de beneficiamento de sementes – Eckert Agronegócios – Tapes/RS.

Atualmente, a área cultivada com arroz na propriedade é de 900 ha, de soja é de 1.900 ha e a pecuária ocupa uma área de cerca de 1.300 ha, dentre os quais, **600 ha em sistemas integrados com a lavoura**.

Na propriedade, a soja ocupa cerca de 50% da área, sendo que o mesmo talhão é cultivado por 3 anos consecutivos com a oleaginosa, e um ano de arroz. No inverno, estas áreas são cultivadas com azevém e aveia preta, sendo que a **semeadura destas forrageiras é efetuada antes da colheita da soja**, com vistas a adiantar ao máximo a entrada dos animais nas áreas. Nos últimos anos, o início do pastoreio tem se dado no mês de abril. As pastagens são, de modo geral, adubadas com 150 kg/ha de DAP e 200 kg/ha de ureia e mantidas em uma altura de manejo variando entre 15 e 20 cm, sob o método de pastejo contínuo e lotação variável (**Figura 6.8**). O

Figura 6.8 – Aspecto geral das pastagens e do manejo dos animais – Eckert Agronegócios – Tapes/RS.

período de pastejo é de aproximadamente 140 dias, sendo que os animais são retirados do pasto na metade de outubro, com imediata dessecação. A semeadura da soja ocorre cerca de 30 dias após a saída dos animais, em meados no mês de novembro. Em algumas áreas específicas, os animais são retirados no mês de setembro, para a produção de sementes de azevém.

No quarto ano, após a colheita da soja, as áreas são imediatamente entaipadas para o cultivo de arroz no verão. Esse manejo ocorre no mês de abril, sendo que, no inverno, as áreas são cultivadas com azevém por ressemeadura natural e pastejo contínuo até o mês de setembro, quando a pastagem é novamente dessecada para a semeadura do cereal, o que ocorre cerca de 30 dias após este manejo. As lavouras de arroz são destinadas à produção de sementes de IRGA 424 RI, IRGA 428, IRGA 429, Puitá INTA CL e Guri INTA CL.

Durante todo este período as áreas de terras baixas são **conduzidas sob plantio direto**, sendo que o revolvimento que ocorre é para a confecção das taipas. Após a colheita do arroz, é **colocada uma alta carga animal sobre a resteva, para o consumo do excesso de resíduos de palha** e posterior preparo, em cultivo mínimo, para o recomeço do sistema de

rotação. Os resultados de produtividade de grãos têm sido bastante satisfatórios na Eckert Agronegócios. Na safra 2016/2017, a produtividade média de arroz (**Figura 6.9**) foi de 9,8 t/ha, enquanto que a de soja foi de 3,8 t/ha.

Figura 6.9 – Aspecto das lavouras de arroz na safra 2016/2017 – Eckert Agronegócios – Tapes/RS.

Desde a safra 2015/2016, a propriedade tem participado do Projeto Soja 6000, no qual também tem se destacado positivamente. No primeiro ano, a produtividade da soja foi de 5,2 t/ha, em uma área de 25 ha, segundo lugar entre todas as lavouras participantes, enquanto que na safra 2016/2017, foi de 6,1 t/ha, em uma área de 25 ha, primeiro lugar geral no RS. Em ambos os casos, as lavouras foram antecedidas por uma pecuária de alto nível. Nos invernos de 2015 e 2016, o período de pastejo foi de cerca de 140 dias, com uma carga média de três animais/ha, e um ganho de 0,9 kg/animal/dia. Ou seja, uma produção de quase 380 kg de carne/ha. Convertendo este número em sacos de soja, os resultados ficam ainda mais expressivos, pois acrescentariam às produtividades de soja citadas acima, cerca de 1.740 kg/ha de grãos (**Figuras 6.10 e 6.11**).

Figura 6.10 – Estabelecimento da lavoura em área do Projeto Soja 6000, sobre uma resteva de azevém de cerca de 2 t/ha – Eckert Agronegócios – Tapes/RS.

Figura 6.11 – Aspecto geral das lavouras do Projeto Soja 6000 em estádio R1 (acima) e estádio R5.3 (abaixo) – Eckert Agronegócios – Tapes/RS.

Evidentemente, os resultados obtidos nos SIPA adotados na Eckert são fruto de um trabalho de longo prazo e de muito aprendizado ao longo do caminho. Muitos paradigmas foram quebrados ao longo do tempo, especialmente aqueles relacionados à compactação do solo pela presença dos animais. Além disso, a empresa já concluiu que **os animais não interferem na qualidade das taipas da lavoura de arroz**, desde que se adote uma pressão de pastejo racional, com uma categoria animal adequada à situação.

Ainda assim, tem-se buscado uma forma de minimizar os efeitos do adensamento natural que ocorre nos solos de várzea, especialmente após o cultivo de arroz, onde a irrigação por inundação causa uma reacomodação do solo e, consequentemente, uma menor capacidade de infiltração de água, o que é prejudicial aos cultivos de sequeiro (azevém, aveia-preta e soja). Uma das estratégias adotadas pela empresa é a utilização de um descompactador (escarificador) na fase pastagem (**Figura 6.12**), cerca de dois meses antes do cultivo de soja. Esse manejo não tem implicado na retirada dos animais das áreas, desde que feito em boa condição de umidade, além de melhorar a drenagem das áreas e aprofundamento das raízes das plantas.

A família Eckert entende que ainda há muito o que se evoluir nos sistemas integrados, e prevê um aumento paulatino das áreas destinadas a este fim. Os projetos futuros incluem um **aumento do período de pastejo entre as lavouras**, com **estreitamento das janelas de transição pastagem-lavoura**, assim como **inserir forrageiras leguminosas de inverno** e a introdução de pastagens economicamente viáveis após a fase lavoura de arroz nos sistemas.

Figura 6.12 – Ilustração do uso de descompactador do solo na fase pastagem, cerca de dois meses antes do cultivo de soja – Eckert Agronegócios – Tapes/RS. Foto: Wagner Semensatto.

LAVOURAS DE CARNE: *CASE* DE SUCESSO DA ESTÂNCIA QUATRO FOLHAS (URUGUAIANA/RS)

A Estância Quatro Folhas está localizada na Fronteira Oeste do RS, a 15 km da cidade de Uruguaiana. Os proprietários, Maria da Graça de Barcellos Ulrich Fagundes e José Nelson Tondo Fagundes, destinaram por muitos anos a propriedade à produção de arroz em sistema contratual de parceria agrícola. A partir de 2010, com o retorno do filho, Bernardo Fagundes, a família decidiu retomar as atividades, empreendendo na engorda de gado, sob produção forrageira no verão em campo de sucessão e inverno/primavera em resteva de lavoura de arroz e pastagem de azevém (**Tabela 6.2**).

Na propriedade, que possui área de 347 hectares, o arroz era plantado em sistema de cortes, sem repetição de área, com cultivo de 112 hectares de arroz/ano. Nesse sistema, havia épocas do ano em que 2/3 da propriedade

Tabela 6.2 – Uso do solo até o ano de 2013, previamente ao projeto de recuperação das áreas – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Talhão	Área (ha)	2006 Ver.	2006 Inv.	2007 Ver.	2007 Inv.	2008 Ver.	2008 Inv.	2009 Ver.	2009 Inv.	2010 Ver.	2010 Inv.	2011 Ver.	2011 Inv.	2012 Ver.	2012 Inv.	2013 Ver.
1	113	A	P					A	P		AI	P		A	P	
2	113	P		A	P					A	P		AI	P		A
3	113	P				A	P					A	P		AI	P

A = Lavoura de Arroz; P = Pousio; AI = Pastagem anual de inverno (azevém).

estava ocupada pela lavoura e apenas 1/3 era utilizado com pecuária, diminuindo drasticamente a capacidade de produção de carne e consequentemente a rentabilidade da empresa. Ao longo dos anos, um avançado estágio de degradação das áreas foi sendo observado, além de grande invasão por capim-annoni nas áreas durante os períodos de pousio.

A partir de 2012, visando otimizar o uso das áreas e intensificar a produção e a renda agrícola, os proprietários buscaram consultoria técnica capacitada a fim de readaptar o sistema em um arranjo mais adequado, já que a realidade retrata uma importante e complexa relação de parceria agrícola de proprietário x arrendatário, ou ainda pecuarista x agricultor. Após desacordo em busca de um consenso, os proprietários, convictos de que o **modelo vigente não era satisfatório nem sustentável**, optaram então por retirar a agricultura do sistema em um primeiro momento, estabelecendo um **plano de recuperação das áreas com base em um sistema de recria e terminação de bovinos em pastagens cultivadas de inverno e verão** (**Tabela 6.3**). O primeiro norteador da Estância Quatro Folhas foi, então, a elaboração de um projeto técnico-financeiro para acessar crédito junto ao programa ABC – Agricultura de Baixo Carbono. Com esse recurso alavancado junto ao agente financeiro, foi possível investir em correção de solo, pastagens bem adubadas, aquisição de

animais e infraestrutura como centro de manejo, balança e cercas.

Tabela 6.3 – Plano de recuperação das áreas com pastagens anuais, perenes, módulo silvipastoril e um sistema de recria e terminação de bovinos de corte – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Talhão	Área (ha)	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
		Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
1	198	AV	AI	AV	AI	AV	AI	AV	AI	AV	AI	AV	AI
2	67	AV	AI	PL									
3	21	AV	AI	AVF	AIF	AVF	AIF	AVF	AIF	AVF	AIF	AVF	AIF
4	12	CN											
5	26	AV	AI	AV	AI	AV	AI	AV	AI	PV			

AV = Anual de Verão (Capim sudão / Sorgo forrageiro); AI = Anual de Inverno (Azevém); PL = Perene com Leguminosas (Pensacola + Trevo Branco + Cornichão); AVF = Anual de Verão (Capim Sudão) e Floresta; AIF = Anual de Inverno (Azevém) e Floresta; CN = Campo Nativo; PV = Perene de Verão (Capim Aruana).

A empresa sempre acreditou na necessidade de sustentabilidade ambiental e financeira do seu sistema de produção. A adoção de SIPA na propriedade, então, foi a base mais sólida para a sustentação do projeto, tendo o plantio direto, as boas práticas de manejo, o uso eficiente de insumos e a utilização da pastagem em intensidades de pastejo moderadas como seus pilares ambientais e produtivos, assim com a profissionalização da gestão da empresa.

A mudança de perspectiva e intensificação da pecuária numa propriedade pequena para a região trouxe mais desafios que os inerentes à implantação dos conceitos SIPA. Nesse contexto, destaca-se os **embates agricultura x pecuária** como atividades econômicas "concorrentes", a **dificuldade de alinhamento do par proprietário x arrendatário**, somado à **desinformação, descrédito e desconfiança de outros proprietários da região**.

A implementação e evolução do planejamento forrageiro iniciou pela subdivisão das áreas com foco na pecuária. Esse fato possibilitou melhor manejo, tanto de implantação das

forragens quanto na adequação da carga animal para colheita do pasto, que também facilitaram o trabalho dos colaboradores (Figura 6.13).

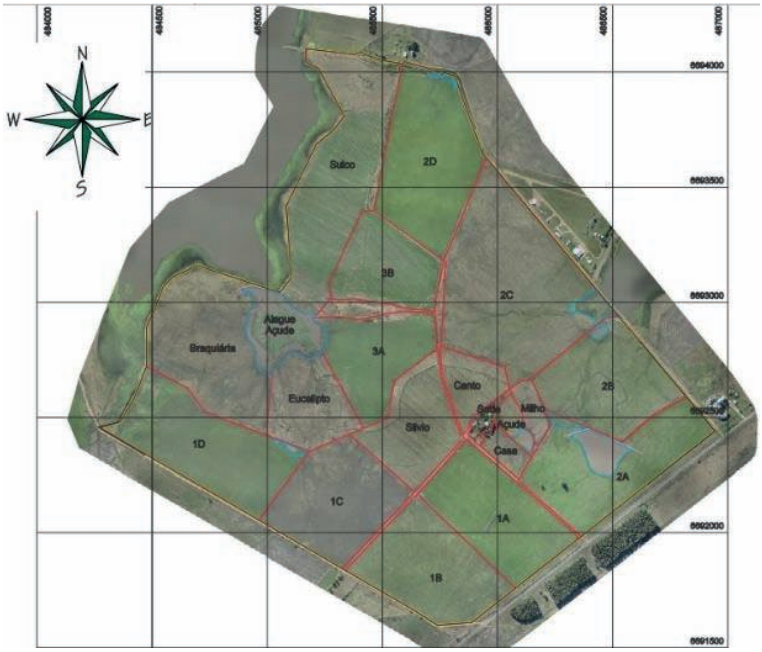

Figura 6.13 – Subdivisão das áreas para implantação de pastagens e manejo dos animais em pastejo – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS.

O treinamento dos colaboradores para adequação da carga animal nos talhões foi um dos maiores desafios interno da empresa durante a implantação do projeto. A oferta forrageira em abundância tem sido realidade, principalmente após adoção do plantio direto, das boas práticas de manejo e uso eficiente de insumos. Além disso, adoção de talhões menores, recorridas de campo diárias, anotações em dia e discussões corriqueiras adequaram os olhos da equipe para a manutenção de folhas nos pastos, favorecendo assim a

fotossíntese da planta e o rápido rebrote. Essa nova postura no manejo da oferta de forragem possibilitou a observação de resultados iniciais de produção animal bastante satisfatórios. A **Tabela 6.4** apresenta dados médios de desempenho individual dos animais (GMD = ganho de peso médio diário/animal/dia) e na **Tabela 6.5** podem ser observados os resultados de capacidade de suporte e produtividade por área e total.

Tabela 6.4 – Resultados iniciais de desempenho animal de novilhas a partir do estabelecimento de boas pastagens e ajuste da lotação – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Fase e sistema alimentar	Peso médio de entrada (kg)	Peso médio de saída (kg)	GMD (kg/dia)	Período (dias)
Recria em capim sudão sem suplementação	270	357	0,87	100
Terminação em azevém + 1% P.V. de milho quebrado	357	393	1,20	30

P.V. = Peso Vivo.

Na **Tabela 6.4**, os resultados se referem a um lote de animais em alto nível produtivo num curto espaço de tempo e em dois períodos diferentes apenas, verão e inverno. **Na Tabela 6.5**, os níveis produtivos são referentes a totalidade da exploração pecuária da propriedade. Nota-se que a produtividade de kg/ha do ano 2016/2017 foi menor, no entanto, a queda refere-se à compra de uma grande quantidade de animais antes do fechamento do ano pecuário. Se retirarmos este compra das planilhas, produziu-se 254 kg/ha.

Tabela 6.5 – Resultados iniciais de capacidade de suporte e produtividade das áreas de pastagens – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Fase e sistema alimentar	Área (ha)	Carga média do período (UA/ha)	Lote médio (animais)	Carga máxima utilizada (UA/ha)	Produtividade no período (kg/ha)	Produção total da área no período (kg)
Recria em capim sudão sem suplementação	20	4,4	120	11,1	522	10.440
Terminação em azevém + 1% P.V. de milho quebrado	20	2,6	60	3,5	108	2.160

P.V. = Peso Vivo.

O **excesso hídrico** é outro fator limitante da produção forrageira. Para resolver esse problema foi investido num levantamento planialtimétrico, identificando as bacias de acúmulo de água, assim como os principais pontos de escoamento das áreas e confecção dos drenos (**Figura 6.14**).

Figura 6.14 – Preparo de talhão para implantação dos drenos e primeiro plantio de verão (à esquerda) e talhão já em sistema de plantio direto (à direita), onde se observou ótima resposta dos drenos – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Além da notável melhoria nas condições de solo, a empresa tornou-se mais sólida também do ponto de vista financeiro, apesar de ainda ter sua base produtiva apenas em pecuária (**Figura 6.15**). A **Tabela 6.6** apresenta os resultados comparativos desses primeiros anos de retomada do negócio sob aplicação dos conceitos SIPA.

Tabela 6.6 – Benchmarking de comparação da safra 2015/2016- 2016/2017 – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS

Indicadores	2015/2016	2016/2017
Recursos humanos		
Hectare/Funcionário (ha)	84,8	122,3
Bovinos/Funcionário (cab)	142,8	171,1
Faturamento/Funcionário (R$)	-	143.962,79
Zootécnicos		
Taxa de mortalidade (%)	2,1	0,3
Pastagem de verão (% área)	70,5	48,9
Pastagem de inverno (% área)	65,2	47,2
Campo nativo (% área)	11,1	38,9
Desfrute (%)	48,3	51,8
Produtividade (kg/ha)	257,8	182,4
GMD global (kg)	-	0,357
Rebanho médio (cab)	-	684,7
Financeiros		
Custo desembolsado (R$/ha)	1.475,02	1.260,79
Custo operacional (R$/ha)	1.615,78	1.358,38
Custo total (R$/ha)	1.947,24	1.659,85
Custo/kg produzido (R$)	3,61	3,99
Margem bruta (R$)	679,08	575,67
Margem operacional (R$)	538,32	478,09
Margem líquida (R$)	206,86	176,62
Valor médio de venda (R$/kg)	6,00	6,18
Lucratividade (%)	26,3	40,6
Rentabilidade (%)	4,3	5,1
Margem/valor venda (%)	-	35,5
Desembolso/cabeça/mês (R$)	-	37,46

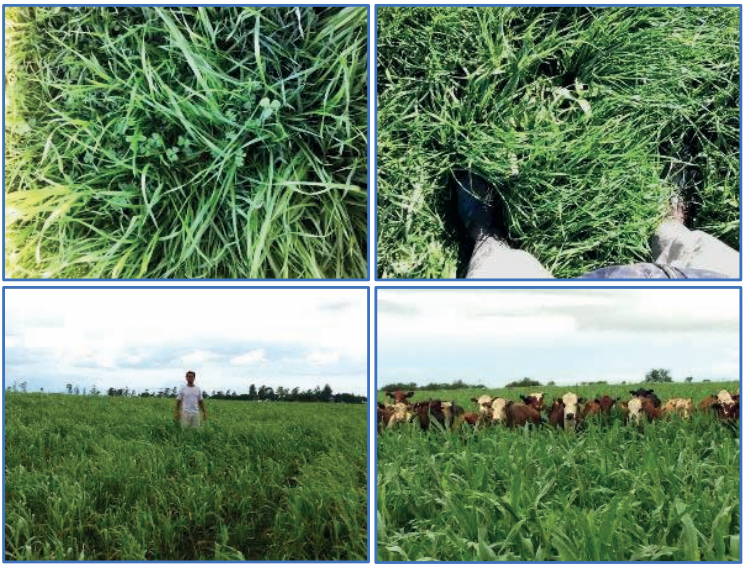

Figura 6.15 – Pastagens de inverno (acima) e verão (abaixo) – Estância Quatro Folhas – Uruguaiana/RS.

Embora a produção de arroz na área fosse altamente tecnificada, os pastos em sucessão eram de baixa qualidade, com grande quantidade de plantas invasoras, e a análise de solo das áreas indicava teores de fósforo, potássio e matéria orgânica baixos no solo, mesmo com altas adubações na lavoura de arroz. Os resultados do benchmarking realizado entre a Quatro Folhas e um grupo de propriedades da região com atividades econômicas similares apontam para uma **pecuária de corte cada vez mais competitiva** com relação aos sistemas usuais de produção animal e mesmo quando comparada à lavoura de arroz, sobretudo quando as produtividades e resultado financeiro consideram a totalidade da área agricultada e não apenas o módulo em cultiva a cada ano.

A missão de promover um **sistema de produção agropecuária sustentável**, produzindo carne bovina de qualidade

através do uso de tecnologias referenciadas pela ciência zootécnica, criando vínculos fortes e duradouros com colaboradores, fornecedores e clientes, assim com a visão de ser referência na produção pecuária nacional, aplicando ciência ao sistema produtivo e agregando pessoas que façam a diferença no agronegócio (**Figura 6.15**). Assim vem se conduzido o processo, acreditando-se estar no caminho certo e alinhado com as tendências globais de produção de alimentos e sustentabilidade do planeta.

OTIMIZAÇÃO DO USO DA TERRA: *CASE* DE SUCESSO DA ESTÂNCIA DO CHALÉ (CACHOEIRA DO SUL/RS)

A Estância do Chalé, localizada no município de Cachoeira do Sul/RS, é uma empresa familiar que atua nas atividades de agricultura e pecuária. A pecuária abrange a criação de bovinos (Angus e Brangus) e ovinos (Texel) em ciclo completo, englobando a comercialização de genética e animais para abate. Os cultivos agrícolas são representados pela cultura do arroz e da soja.

A propriedade pertence a quatro condôminos, sendo dois desses diretores. Jorge de Lara coordena a área comercial, que abrange a compra e venda de insumos e produtos. Dentro da porteira, Ricardo Eichenberg de Lara, engenheiro agrônomo, coordena a área técnica, visando aportar conhecimento para maior eficiência produtiva, rentabilidade e sustentabilidade na agricultura e na pecuária.

A Estância do Chalé foi adquirida por Armando de Lara, médico de profissão, em 29/11/1966. O primeiro lote de terra era constituído por 1.015 hectares. Sucessivas aquisições foram feitas por Armando, formando uma propriedade que, atualmente, possui 3.464 hectares. Inicialmente era

explorada com pecuária de corte, incluindo animais de raças diversas, os quais se destinavam ao abate. No ano de 1970 iniciou a cultura do arroz, formando uma integração simples entre agricultura e pecuária.

Com o propósito de definir uma raça para padronizar o gado da propriedade, em 1972, foram realizadas as primeiras aquisições de animais registrados da raça Aberdeen Angus, com a introdução da raça Brangus somente em 1996. Os ovinos Texel foram importados da Europa em 1973.

Em 1976, foi implantado na propriedade uma infraestrutura de secagem e armazenagem dos grãos, devido a problemas de má administração das cooperativas locais. Já em 1995, com a informatização, foi adquirido um programa denominado ADM RURAL, para armazenar e formar um banco de dados da propriedade, facilitando o gerenciamento e análise de custos.

Em 2003, com o objetivo de implementar pastagens de inverno para suprir a demanda forrageira dos bovinos durante o período outono/inverno, foi assinada uma parceria com um proprietário vizinho sojicultor, de acordo com a qual, este semeava a soja no verão e aveia com azevém no outono. No ano de 2007, após o falecimento de Armando de Lara, a cultura da soja foi introduzida pelos atuais diretores nas áreas de várzea, com fins de rotação com a cultura do arroz. Atualmente, a propriedade destina 1.120 ha de várzea para o plantio de arroz, sendo dividido em dois cortes, onde anualmente são plantados cerca de 550 ha da cultura com cultivar contendo tecnologia Clearfield e cerca de 40 ha com cultivar convencional.

Além disso, são destinados 100 ha para a cultura da soja, também em terras baixas, com o objetivo de beneficiar

a cultura do arroz, diminuir a presença de invasora e demais benefícios para o solo. Em 2016, a propriedade foi escolhida para participar do Projeto Soja 6000 do IRGA. Com relação às principais necessidades e dificuldades encontradas no sistema produtivo, os diretores atentaram para importância do processo de sucessão na empresa, em que a terceira geração, representada por Camila Orofino de Lara, já apresenta forte atuação na empresa.

Em 2004 (safra 2004/2005), a propriedade foi escolhida para a implementação de um projeto do IRGA, denominado "FLAR CFC IRGA", com a participação do norte-americano Edward Pulver, consultor do Fondo Latino Americano para Arroz de Riego (FLAR), com o principal objetivo de aumentar a produtividade de arroz para 10 t/ha. Na ocasião, as instruções do Projeto 10 eram muito claras: para se atingir essa produtividade, devia-se destinar a área somente para a produção de arroz, sem nenhuma, ou com a mínima, intervenção da pecuária no local. Assim, as terras baixas foram destinadas para uso quase que exclusivo do arroz. No ano de 2013, a Estância do Chalé obteve produtividade de 10 t/ha, média máxima (anteriormente a produtividade girava em torno de 6,5 t/ha). Esse expressivo aumento de produtividade, no entanto, era um tanto questionável, pois considerava apenas as áreas cultivadas com arroz em cada ano, ignorando o fato de que, para o modelo funcionar, outra grande parte da área permanecia em pousio para preparo antecipado.

Com o passar dos anos, o avanço do conhecimento sobre SIPA demonstrou a necessidade de condução de um sistema que integrasse a agricultura e a pecuária, visando otimizar os recursos da propriedade. Em dias atuais, é consenso entre os administradores que manter as áreas de

terras baixas ociosas durante todo o inverno é inadmissível. Além disso, o gasto que atualmente está inserido nas práticas de preparo antecipado do solo para o plantio do arroz é muito elevado. No entanto, hoje, o principal desafio enfrentado na adoção desses sistemas é trazer o conceito SIPA para os funcionários. Mesmo assim, engajar a equipe é de suma importância, pois são eles que irão fazer o projeto acontecer no dia a dia, operacional e os no campo e na lavoura.

Com objetivo de tornar real, de fato, os conceitos SIPA na propriedade, implementou-se inicialmente um plano piloto de integração arroz-pecuária em um talhão de 60 ha de área útil de cultivo. O projeto piloto teve como foco gerar aprendizado, amadurecimento, segurança e domínio das práticas para todos que estão envolvidos no contexto produtivo do Chalé. Foi assim que tiveram início as ações de SIPA em terras baixas, onde o primeiro passo foi a elaboração de um plano de uso do solo no tempo e no espaço. A partir desse plano de uso, o segundo passo foi a realização de uma reunião (**Figura 6.16**) entre todas as pessoas responsáveis pela gestão técnica e operacional (pecuária e agricultura) para apresentação da proposta e recolhimento de sugestões. O principal objetivo desta etapa era mostrar que o projeto deveria pertencer e comprometer a todos, por isso a importância que todos estivessem de acordo com o que fosse definido.

Como o sistema de cultivo de arroz atual da Estância do Chalé está formatado de áreas subdivididas em 2 talhões de produção, sendo um cultivado arroz e outro mantido em pousio, com preparo antecipado de verão, para o projeto Piloto foi escolhida um destas áreas. No plano de uso do solo as

Figura 6.16 – Reunião de sensibilização e alinhamento da equipe de gestão operacional de lavoura e pecuária – Estância do Chalé – Cachoeira do Sul/RS.

subdivisões foram mantidas, porém as práticas de manejo sofreram alterações. A **Figura 6.17** mostra o croqui da área, com 33 ha e 27 ha no talhão 1 e 2, respectivamente.

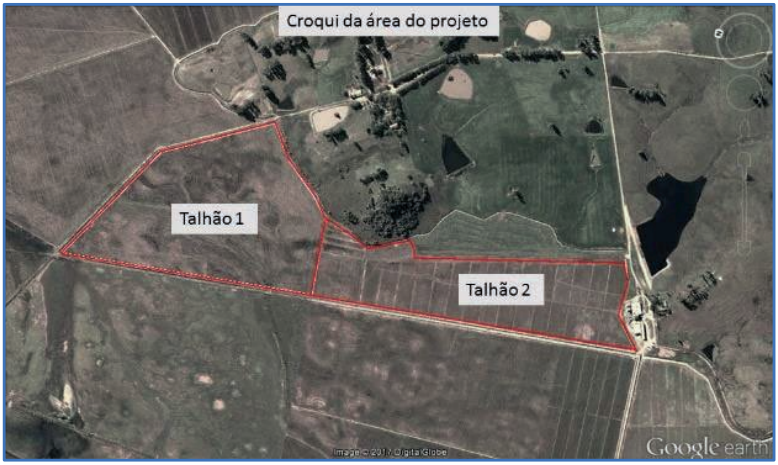

Figura 6.17 – Croqui da área disponível para o projeto piloto – Estância do Chalé – Cachoeira do Sul/RS.

Visando melhorar a eficiência de utilização da pastagem de inverno, optou-se por cada talhão permanecer com mais que um ano agrícola com o mesmo cultivo. Dessa forma, escolheu-se um formato de utilização com três anos seguidos de cultivo de cada cultura. Ao mesmo tempo, para gerar uma comparação in loco do novo sistema de rotação proposto e o sistema usual da propriedade, 7 ha do Talhão 2, denominado 2A, foi planejado para serem conduzidas com práticas de manejo rotineiras da propriedade (arroz do verão e pousio no inverno, com trabalho de solo antes da entrado do arroz). A **Tabela 6.7** apresenta o plano de rotação e sucessão ao longo do tempo no projeto-piloto.

Tabela 6.7 – Plano de uso do solo projetada para o projeto piloto ao logo do tempo – Estância do Chalé – Cachoeira do Sul/RS

Talhão	Área (ha)	2017		2018		2019		2020	
		Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
1	33	A	AI	CS	AI	CS	Prep.+AI	A	AI
2A	7	A	Prep.	A	Prep.	A	AI	CS	AI
2B	20	A	AI	A	AI	A	AI	CS	AI

A = Lavoura de Arroz; AI = Anual de Inverno (Azevém); CS = Campo de Sucessão; Prep. + PI = Confecção das taipas + Anual de Inverno (Azevém); Prep. = Preparo.

Após a safra de arroz de 2016/2017, foi implementado a pastagem de azevém sobre a resteva do arroz nos talhões 1 e 2B. Foram realizadas duas operações com o rolo-faca e realizada a drenagem superficial, com o objetivo de amenizar o excesso hídrico, para propiciar satisfatório estabelecimento do azevém, e iniciar o pastejo o mais breve possível (**Figura 6.18**). No talhão 2B, o pastejo estendeu-se até 19/9, quando a área foi dessecada para a semeadura direta do arroz, conforme alinhamento prévio com a equipe operacional.

Figura 6.18 – Práticas de manejo após a colheita do arroz no Projeto Piloto de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária: utilização do rolo-faca para posterior estabelecimento do azevém (acima, à esquerda); imagem da área piloto no momento da semeadura do azevém (acima, à direita); pastagem de azevém "pós-arroz" em fase de estabelecimento (abaixo, à esquerda); novilhas Angus em pastejo no azevém na área do projeto piloto (abaixo, à direita) – Estância do Chalé – Cachoeira do Sul/RS.

Como perspectivas para os próximos anos, a ideia da propriedade é cada vez mais otimizar o uso das terras baixas, inclusive com a evolução da soja. A evolução e consolidação dos sistemas integrados na Estância do Chalé será fruto do comprometimento de todas as pessoas envolvidas nesse processo. Para isso, é fundamental que se conheça e respeite o tempo necessário que essas pessoas precisarão para compreender as primeiras mudanças e alguns paradigmas que deverão ser superados.

A verdade é que os nossos recursos são finitos e a população cresce de uma forma acelerada. Nesse panorama, o Brasil se destaca cada vez mais nos números de produção

dentro da mesma quantidade de área utilizada, justamente em clara evidência da adoção de SIPA. Nos próximos ciclos, a Estância do Chalé espera expandir as áreas com esses sistemas para o maior número de hectares de terras baixas possível, buscando a lucratividade e sustentabilidade no sistema como um todo, pela busca e aplicação contínua do conhecimento gerado acerca dos SIPA (**Figura 6.19**).

Figura 6.19 – Visita dos diretores e gestores operacionais da Estância do Chalé ao experimento SIPA Terras Baixas – Fazenda Corticeiras – Cristal/RS.

INTEGRAÇÃO ARROZ-PECUÁRIA: *CASE* DE SUCESSO DA FAZENDA PAI PASSO (QUARAÍ/RS)

O município de Quaraí fica localizado a cerca de 600 km de Porto Alegre e faz parte da região orizícola denominada Fronteira Oeste. Quaraí é uma região que tem tradição na vocação de pecuária de corte e cultivo de arroz irrigado com uma área próxima de 10.000 ha. A leguminosa de maior

cultivo na região são os trevos e cornichão cultivados em consórcio com o azevém nas pastagens hibernais.

Nesse cenário, a Fazenda Pai Passo, de propriedade de Fernando Osório pecuarista que virou também orizicultor. A propriedade tem obtido rendimentos satisfatórios tanto na produção de arroz quanto na pecuária de corte, onde já fazem 26 anos que se adota esse sistema de integração de lavouras de arroz irrigado com pecuária de corte.

Figura 6.20 – Animais de categoria leve (terneiros) em pastejo, visando reduzir o dano nas taipas com vistas a não afetar o sistema de irrigação da cultura do arroz.

A propriedade conta com área total de 1200 ha, sendo desses 500 ha cultivados e 700 ha explorados com pecuária de corte, desses, **200 ha estão no sistema integrado de lavoura com pecuária**. Sendo que 100% da área explorada com pecuária de corte é própria e 40% da área cultivada com arroz irrigado é arrendada.

a pecuária ocupa 58 % da área e o arroz irrigado 42 %. O sistema de integração arroz irrigado com pecuária de corte utilizado na propriedade é típico do utilizado na Fronteira Oeste. Nessa região, a disponibilidade de água limita o maior cultivo, dessa forma são comuns o cultivo da área e o

"descanso" por dois ou três anos, quando então são estabelecidas pastagens hibernais essencialmente. Na propriedade, utiliza-se esse mesmo sistema em 4 cortes, ou seja, a área produtiva de maneira geral é dividida em 4 cortes, com 3 anos de pastejo em pastagens hibernais e no verão em campo de sucessão e no último ano, preparo e entaipamento da área, para o estabelecimento de arroz irrigado na primavera subsequente.

As pastagens, após o cultivo de arroz irrigado, são estabelecidas em março e abril (**Figura 6.21**) e recebem uma adubação de 150 kg/ha de DAP na implantação e 100 kg/ha de DAP na manutenção. A altura de pastejo varia de 20-30 cm, com lotação contínua e carga animal média de 600 kg/ha. O período de pastejo se estende desde os meses de junho a julho nas pastagens hibernais, e prosseguindo no campo de sucessão. Em algumas condições excepcionais os trevos possibilitam pastejo até próximo ao mês de janeiro. As pastagens hibernais utilizadas na área são: azevém (LE 284), trevo branco (Zapican) e cornichão (São Gabriel). A categoria de animais utilizados no sistema de integração são novilhos de 6 a 24 meses.

Após o preparo de verão e entaipamento da área o período de pastejo é menor, apenas nos meses de julho, agosto e setembro, pois ocorre a dessecação da área visando a semeadura da cultura do arroz. Nessa "janela de pastejo" são colocados animais mais leves (200 a 300 kg) para evitar danos nas taipas. Essas práticas de manejo de alto nível tecnológico contribuem para que se alcance nessa propriedade um ganho de peso animal, média anual nos últimos três anos, de cerca de 500 kg/ha, muito superior à média da pecuária de corte do RS.

Figura 6.21 – Estabelecimento de azevém após o preparo de verão e entaipamento da área para cultivo de arroz irrigado na primavera subsequente (à esquerda) e estabelecimento de trevo no período de inverno (aditivos que atenuam o timpanismo são usados nos animais) (à direita).

Na fase lavoura (arroz), preconizam-se as práticas para obtenção de altos tetos produtivos. Na fazenda Pai Passo, tem se obtido o alto nível de rendimento de grãos de arroz em decorrência do alto nível tecnológico, alta fertilidade dos solos do solo (Vertissolo Ebânico), alta disponibilidade de radiação solar (média histórica para Fronteira Oeste) associado aos benefícios da integração lavoura pecuária. Nessas áreas, é praticamente inexistente a incidência de arroz vermelho e capim arroz que são as principais plantas daninhas da cultura do arroz irrigado, observadas com grande frequência em áreas de monocultivo sucessivo. Além disso, a contribuição da ciclagem de nutrientes nesse sistema é notável, principalmente a contribuição residual da fertilização, principalmente fosfatada, e dos resíduos vegetais e animais provenientes da fase pastagem. Assim, esse cenário possibilita a obtenção média, dos últimos três anos agrícolas, de 10 t/ha de arroz irrigado na propriedade Pai Passo.

No ano agrícola 2017/2018 se utilizou o sistema de redução de preparo do solo, que consiste em eliminar as operações com grade e apenas refazer-se as taipas no verão/outono e realizar a semeadura direta de arroz na primavera subsequente (setembro/outubro de 2017). A adoção desse manejo do solo foi com o objetivo principal de redução de custos em diesel e depreciação de máquinas e implementos.

A adoção de alguns fatores tem contribuído para o sucesso dos sistemas integrados na propriedade Pai Passo. Na fase pecuária, o investimento em sementes de cultivares forrageiras de qualidade, a inserção de leguminosas e o uso de animais com genética de alta performance produtiva são alguns dos fatores importantes. Por outro lado, a cultura do arroz irrigado, já com adoção de estratégias de manejo para alta produtividade, se beneficia da rotatividade espaço-temporal com a pecuária de corte, pois praticamente elimina qualquer possibilidade de alta infestação de plantas daninhas e, dessa forma, possibilita a manutenção das altas produtividades a médio e longo prazo.

MENOR DEPENDÊNCIA DO ARROZ À ADUBAÇÃO EM SISTEMAS INTEGRADOS: UM ESTUDO DE CASO

A maior parte das curvas de resposta que deram origem às atuais recomendações foi realizada em solos com preparo antecipado de outono, sem a introdução de espécies de cobertura de inverno e no sistema de sucessão arroz-pousio-arroz. Tais recomendações, que dependem da expectativa de resposta do arroz à adubação, podem chegar a valores elevados, de 150, 70 e 135 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente, para os casos de nutrientes do solo na classe Baixo e

expectativa de resposta Muito alta à adubação. Embora esse modelo de produção abranja grande parte das lavouras do RS, não contempla os sistemas integrados de produção vigentes nas diversas regiões orizícolas, onde a adoção dos SIPA é desejável. Em muitos casos, áreas aptas ao cultivo de arroz são cultivadas por dois a seis anos consecutivos com espécies forrageiras de inverno e de verão, até serem cultivadas novamente com arroz irrigado. Nesses casos, mesmo que os resultados de análise do solo indiquem a necessidade de determinada quantidade de N-P-K, o atual sistema de recomendação de adubação para o arroz irrigado superestima a quantidade de fertilizantes a aplicar, o que leva, por exemplo, à ocorrência de acamamento e doenças no arroz, dois efeitos típicos de excesso de N da adubação, caracterizando menor eficiência de uso dos fertilizantes, com potencial impacto ambiental negativo.

Essa limitação da análise do solo como critério para a adubação do arroz pode ser devido a não identificação do potencial e da cinética de liberação dos nutrientes contidos tanto no tecido das espécies forrageiras antecessoras, quanto nos dejetos animais, ao longo do ciclo do arroz em sucessão. Neste sentido, torna-se importante a geração de informações que assegurem tomadas de decisão mais precisas, por parte dos técnicos e produtores, quanto à recomendação de adubação para o arroz irrigado, quando esta cultura estiver inserida em sistemas mais complexos, como os SIPA.

Diante do exposto, foi realizado um estudo, na safra agrícola 2012/2013, em propriedades localizadas nos municípios de Dom Pedrito (Fazenda Vista Alegre), Uruguaiana

(Estação Experimental Fepagro/IRGA), Mostardas (Fazenda Cavalhada – **Figura 6.22**) e Camaquã (Fazenda Estrela), em diferentes classes de solo e com intensidades variáveis de rotação com o arroz (**Tabela 6.8**).

Figura 6.22 – Em cada um dos locais, os produtores cederam uma pequena área para a realização do estudo. Na foto, área experimental conduzida na Fazenda Cavalhada, em Mostardas/RS. No talhão à esquerda, visualiza-se o estado original do campo sob pastejo, antes da implantação da lavoura de arroz.

As áreas experimentais vinham sendo conduzidas sob pastejo de bovinos de corte. Previamente à semeadura do arroz, os animais foram retirados das áreas e a cobertura vegetal foi dessecada. Antes da dessecação, e para fins de recomendação de adubação para a cultura do arroz, foram coletadas amostras de solo, em cada um dos quatro locais. Os resultados das análises (**Tabela 6.9**) foram utilizados para a recomendação de adubação do arroz cultivado em sucessão.

Tabela 6.8 – Localização geográfica e histórico de uso da terra nas áreas utilizadas

Local	Região Arrozeira	Classe de solo	Período sem arroz	Histórico de cultivo
Camaquã	Planície Costeira Interna	Planossolo Háplico	2 anos	Trevo branco + azevém
Dom Pedrito	Campanha	Chernossolo Argilúvico	5 anos	Trevo branco + azevém
Mostardas	Planície Costeira Externa	Planossolo Háplico	10 anos	Campo nativo
Uruguaiana	Fronteira Oeste	Neossolo Litólico	16 anos	Campo nativo

Em cada local foram aplicadas cinco doses de fertilizantes (tratamentos), referentes à adubação de base e de cobertura na cultura do arroz. Os tratamentos foram relacionados à recomendação de adubação para máxima resposta do arroz, e conforme as recomendações da pesquisa, sendo representada em frações proporcionais em relação à dose recomendada pela interpretação da análise de solo: **T1** – testemunha, sem adubação; **T2** – 25 % da dose recomendada; **T3** – 50 % da dose recomendada; **T4** – 75 % da dose recomendada e **T5** – 100 % da dose recomendada (**Tabela 6.10**). As variedades utilizadas foram IRGA 424 em Mostardas, Camaquã e Uruguaiana; e Puitá INTA CL, em Dom Pedrito.

A resposta do arroz irrigado à adubação foi diferenciada entre os locais. O incremento mais expressivo ocorreu em Camaquã (**Figura 6.23A**), justamente no local com menor tempo de rotação arroz - pecuária. Nessa área, verificou-se também a menor produtividade do tratamento sem adubação, com cerca de 7,0 t/ha, ao passo que nos outros locais as produtividades, na testemunha, sem adubação, foram superiores a 9,0 t/ha (**Figura 6.23B, C** e **D**). O destaque, nesse sentido, foi

Uruguaiana, onde a produtividade partiu de aproximadamente 12,0 t/ha (**Figura 6.23D**).

Tabela 6.9 – Teor de argila e características químicas dos solos nos diferentes locais

Local	Argila	Mat. orgânica	pH-H_2O	P	K	Ca	Mg	$CTC_{pH7,0}$
	%			mg/dm³		cmol$_c$/dm³		
Camaquã	15	1,6	5,4	7,5	35	2,8	1,1	8,9
Dom Pedrito	16	2,9	6,3	9,7	67	16	1,1	20
Mostardas	13	1,4	4,5	19	59	1,4	0,7	4,7
Uruguaiana	19	2,5	5,0	3,9	52	18	6,3	28

Tabela 6.10 – Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio aplicados e custo da adubação de acordo com a recomendação desses nutrientes(1), em diferentes locais

Local	Nutriente (kg/ha)			Custo da adubação (R$/kg)
	N	P_2O_5	K_2O	
Camaquã	150	50	105	2,61
Dom Pedrito	110	40	90	2,60
Mostardas	150	50	65	2,66
Uruguaiana	150	60	135	2,59

(1) Recomendação de adubação conforme recomendações técnicas da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2012). Referente ao Tratamento 5.

No experimento realizado em Camaquã, houve também a maior resposta à adubação, com as mais significativas Frações de Máxima Eficiência Técnica (FMET) e Econômica (FMEE) (**Tabela 6.11**). O incremento de produtividade pela FMEE (IFMEE) nesse local chegou a quase 2,2 t/ha, o que proporcionou lucro líquido (LFMEE) de mais de R$ 1.000,00 por ha, que é muito superior aos outros locais (Quadro 4). Nesses, a FMEE variou entre 41 e 55% em relação à reco-

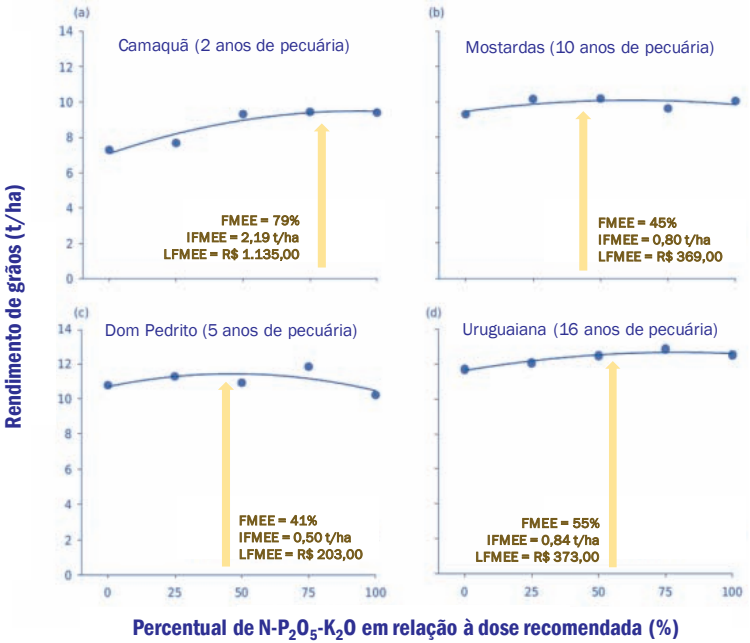

Figura 6.23 – Resposta do arroz irrigado a aplicação de frações de NPK e determinação da fração de máxima eficiência econômica, incremente de rendimento pela aplicação da FMEE (IFMEE) e lucro líquido pela aplicação da FMEE (LFMEE), em Camaquã (A), Dom Pedrito (B), Mostardas (C) e Uruguaiana (D).

mendação de adubação oficial, em função da análise dos solos (**Tabela 6.11**). Os IFMEEs em Dom Pedrito, Mostardas e Uruguaiana foram pouco expressivos em relação à Camaquã, sendo inferiores a 1,0 t/ha, com lucros líquidos menores do que R$ 400,00 nesses locais (**Tabela 6.11**).

Pastagens constituídas por azevém + trevo branco + cornichão apresentam potencial para alta produtividade animal em sistemas de rotação com pecuária de corte e arroz

irrigado, permitindo ganho de peso acima de 500 kg/ha e ganho de 1 kg/animal/ dia.

Quanto maior o tempo de cultivo das espécies forrageiras, maiores os efeitos benéficos sobre o sistema. Isto ficou bastante evidenciado neste trabalho, uma vez que as menores respostas à adubação foram verificadas em Dom Pedrito, Mostardas e Camaquã (**Figura 6.23B** e **D**; **Quadro 7.11**), locais onde o cultivo de espécies forrageiras sob pastejo foi de cinco a 16 anos (**Quadro 7.8**). Por outro lado, Camaquã, cujo solo estava há apenas dois anos sem cultivo de arroz, apresentou maior resposta (**Figura 6.23A**; **Quadro 7.11**).

Tabela 6.11 – Fração de máxima eficiência técnica (FMET) e econômica (FMEE) pela aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio em arroz irrigado; incremento de rendimento pela fração de máxima eficiência técnica (IFMET) e econômica (IFMEE) pela aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio em arroz irrigado e lucro líquido pela aplicação da fração de máxima eficiência econômica (LFMEE) nos diferentes locais

Local	FMET	FMEE	IFMET	IFMEE	LFMEE
	%		t/ha		- R$/ha -
Camaquã	85,7	78,6	2,20	2,19	1.135,00
Dom Pedrito	51,3	40,7	0,53	0,50	203,00
Mostardas	52,0	44,8	0,81	0,80	369,00
Uruguaiana	65,8	55,2	0,86	0,84	373,00

Neste sentido, é natural que a **simples análise de solo não seja suficiente para indicar a correta recomendação de adubação para o arroz**, quando esta cultura se encontra inserida em um SIPA consolidado (ou em consolidação), já que boa parte dos nutrientes não está prontamente disponível na solução do solo, mas sim, "estocada" na biomassa aérea e

de raízes das plantas, e na biomassa microbiana (**Figura 6.24** e **7.25**).

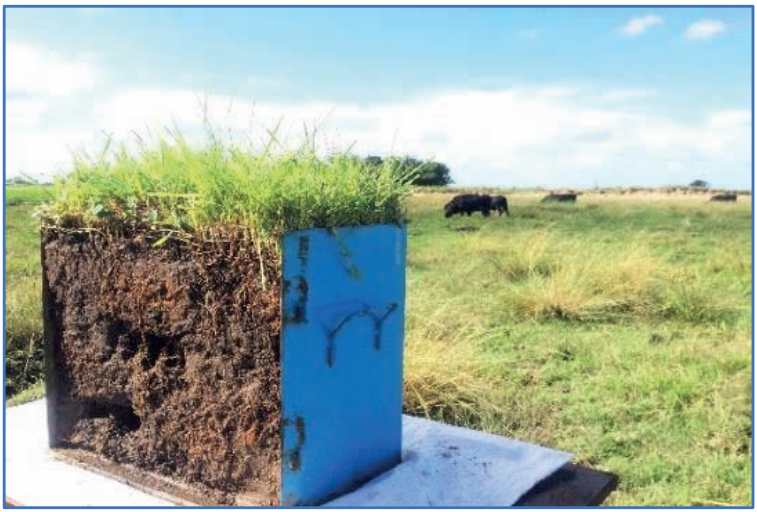

Figura 6.24 – A presença do animal nos sistemas de produção estimula a produção de raízes pelas forrageiras e a ciclagem de nutrientes, o que limita a interpretação da análise de solo como critério para a adubação da lavoura cultivada em sucessão, já que a cinética de liberação dos nutrientes contidos tanto no tecido das espécies forrageiras antecessoras, quanto nos dejetos dos animais, é subestimada.

Dessa forma, em sistemas como esses é fundamental a consideração de outros fatores intrínsecos no sistema, e não só a análise química do solo, em tomadas de decisão como a recomendação de adubação, por exemplo. Esses sistemas por si já são mais complexos e, por isso, exigem um grau de conhecimento aplicado maior mais aprofundado e diversificado, ao contraponto de que **geralmente são sistemas mais estáveis e menos sensíveis à ação antrópica**, sendo ela, por exemplo, a adubação das culturas comerciais.

Figura 6.25– Massa de raízes formada durante o ciclo hibernal de pastejo em espécies forrageiras como o azevém, o trevo branco e o cornichão, que desempenham papel fundamental na construção da fertilidade do solo.

7 NOVOS DESAFIOS

Luiz G. de O. Denardin, Amanda P. Martins e Filipe S. Carlos

A adoção e a condução de SIPA, por si só, já representam um grande desafio. Isso decorre não só em função da complexidade de seu entendimento, por levar em consideração diversos fatores, mas também pela dificuldade de enquadramento nos sistemas puramente agrícolas/pecuários atuais. Como se não bastasse a dificuldade de seu gerenciamento, a aplicabilidade desses sistemas em terras baixas representa um desafio ainda maior, sobretudo pelas características culturais e intrínsecas desses ambientes, os quais são constituídos em geral pelo monocultivo do arroz em um específico manejo do solo. Comprovadamente, esses ambientes necessitam ser reajustados em vistas à obtenção de um sistema de produção que **perdure ao longo do tempo, se mantendo viável do ponto de vista social, econômico e ambiental**. Os sistemas produtivos dos ambientes de terras baixas, sobretudo os arrozeiros, evidentemente revelam suas deficiências e fraquezas, requerendo sistemas alternativos.

Um dos principais desafios encontrados na adoção de SIPA em ambientes de terras baixas se refere a uma forte questão cultural. **A grande representatividade de produtores arrendatários inseridos nas terras baixas do RS limita a flexibilidade de diversificação e de adoção de novos arranjos produtivos nesses ambientes**. Comumente, não há uma boa relação "arrendador *vs.* arrendatário". Pelo contrário, o que existem são acordos em que cada parte somente quer enxergar os benefícios próprios, sem pensar no sistema como um todo. Como visto no presente material, a adoção de sistemas

integrados possibilita diversos benefícios, mas que só irão aflorar se, inicialmente, de fato existir a união entre ambas as partes inseridas, alcançando, assim, todos os sinergismos provenientes desses sistemas. O ponto-chave é o **alcance do senso comum**, a partir do qual todos os envolvidos serão beneficiados, o que é, de fato, o grande benefício de um SIPA bem manejado.

Como requerimento da adoção de todo e qualquer sistema conservacionista, **a semeadura direta em ambientes de terras baixas é uma prática extremamente importante e necessária**. Porém, a manutenção desse sistema de preparo do solo, em terras baixas, é bastante complexa. Isso é evidenciado a partir dos baixos percentuais da adoção desse sistema em áreas de cultivo de arroz irrigado no RS, sendo inferiores a 2%. Logo, o desafio a ser solucionado são **as condições de tráfego de máquinas pesadas em solos hidromórficos com alto teor de umidade**, que acarretam em grandes irregularidades na superfície do solo (**Figura 7.1**). Assim, práticas como essas devem ser de toda forma evitada, a fim de se tentar manter o solo com sua estrutura preservada, sem o requerimento de futuras mobilizações. **O solo é o componente centralizador de todos os processos inseridos nos SIPA, e a sua conservação é de suma importância por ser a base do sistema de produção, sendo o bem mais precioso do produtor rural.**

Considerando a necessidade de rotação de culturas para diversificação do sistema, um dos mais notáveis desafios para o estabelecimento com êxito de outros cultivos, que não o do arroz irrigado, é uma **eficiente drenagem, que possibilite a retirada imediata do excesso de água**. Nesse sentido, ainda

Figura 7.1 – Um dos maiores desafios a ser solucionado são as condições de tráfego de máquinas pesadas em solos hidromórficos com alto teor de umidade, que acarretam em grandes irregularidades na superfície do solo, como demonstrado na imagem. Se faz necessária uma eficiente drenagem, que possibilite a retirada imediata do excesso de água, para a adoção do manejo conservacionista do solo e da diversificação de culturas, imprescindíveis para o sucesso do sistema integrado.

vale ressaltar que, em áreas marginais sujeitas a enchentes, os sistemas integrados não devem ser recomendados, pois a probabilidade de insucesso é muito grande (**Figura 7.2**).

Sabe-se que a diversificação de cultivos possibilita a rotação de moléculas de herbicidas, garantindo maior eficiência e menor resistência de plantas indesejáveis. No entanto, **o uso dessa tecnologia sem cautela pode originar casos de efeito residual de moléculas herbicidas no solo**, principalmente pré-emergentes, em plantas suscetíveis. Um exemplo clássico é a toxidez por herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, aplicados na cultura do arroz com tecnologia Clearfield®

Figura 7.2 – Em áreas marginais e sujeitas a enchentes, os sistemas integrados não devem ser recomendados, pois a probabilidade de insucesso é muito grande, não sendo possível colher todos os benefícios da integração.

e seu efeito residual no azevém ou soja cultivados em sucessão. Assim como esse exemplo, a inserção do cultivo de milho pode provocar efeito residual de herbicidas, como a atrazina, em outras culturas ou em pastagens.

A **produção animal e forrageira em ambientes de terras baixas também apresenta grandes desafios em sua condução**. Comparando-se às produções obtidas em SIPA em terras altas, as produtividades e índices zootécnicos obtidos nas terras baixas ainda podem ser muito potencializados. Devem-se buscar alternativas para um estabelecimento mais precoce das pastagens, em vista de que se tem observado um estabelecimento e início de pastejo tardio. Para isso, os principais limitantes desse componente devem ser melhor compreendidos, como uma drenagem mais adequada, um diferente manejo da fertilização (proporções e momentos) e até mesmo alternativas de materiais genéticos mais precoces.

Figura 7.3 – Comparando-se às produções obtidas em SIPA em terras altas, as produtividades e índices zootécnicos obtidos nas terras baixas ainda podem ser muito potencializados.

A respeito do componente lavoura, inserido no SIPA, alguns resultados demonstram seu comportamento distinto, principalmente quando comparado a sistemas puramente agrícolas, mas pouco se conhece sobre as causas e os processos envolvidos nessa distinção. O principal desafio, nesse sentido, está relacionado ao **entendimento dos processos ocorridos na interface solo-planta, para assim poder compreender as principais variações e, consequentemente, auxiliar na tomada de decisão na prática**. Os sistemas de recomendação atualmente utilizados nas terras baixas, tanto para pecuária quanto para o cultivo de grãos, estão muito distantes da base de recomendação de sistemas conservacionistas, principalmente pela ausência de informação e aplicabilidade. Dessa forma, há muito no que se avançar na compreensão do impacto dos SIPA nesses ambientes, como na dinâmica e balanço dos principais nutrientes no solo, nas alterações fisiológicas e comportamentais dos cultivos, nas

implicações do ponto de vista ambiental e todas as diversas alterações ocorridas em função da adoção desses sistemas.

Nesse contexto, um dos nutrientes que requer atenção especial é o N, sobretudo na sua disponibilização para a cultura do arroz (**Figura 7.4**). A deposição de dejetos (fezes e urina), pelos animais em pastejo no SIPA, exerce uma forte influência na concentração de nutrientes e nas comunidades microbianas, tendo como resultado a melhoria na disponibilidade de N e na decomposição da MO. Essas alternativas podem resultar em maior qualidade do solo, a partir da mais eficiente regulação dos ciclos biogeoquímicos, contribuindo para um maior equilíbrio entre insumos e produtos utilizados. Embora os estudos em terras baixas sejam escassos, há grande potencial de exploração desses ambientes, sobretudo em busca do avanço de sistemas de produção de alimentos mais sustentáveis, com menor uso de insumos por unidade de produto.

Figura 7.4 – A disponibilidade de nitrogênio à cultura do arroz irrigado ainda é um ponto a se avançar nos sistemas integrados, sobretudo quando da utilização da adubação de sistemas, onde todo o adubo é aplicado na pastagem.

ANOTAÇÕES

“A terra é um bem que apenas tomamos emprestado d’aqueles que nos sucederão.”

FUNDAÇÃO agrisus

Nossa missão é otimizar a fertilidade sustentável e favorável ao ambiente.

www.agrisus.org.br

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-67302-72-0
9 788567 302720