

DESAFIOS E HORIZONTES DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM ÁREAS CULTIVADAS COM ARROZ IRRIGADO

Davi Teixeira dos Santos – Serviço de Inteligência em Agronegócios (SIA)

Paulo César de Faccio Carvalho – Deptº de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia (UFRGS)

Ibanor Anghinoni – Deptº de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Felipe de Campos Carmona – Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA)

Danilo Menezes Sant’Anna – Embrapa Pecuária Sul (EMBRAPA)

INTRODUÇÃO

A lavoura de arroz representa importante setor do agronegócio do Rio Grande do Sul (RS). Conforme dados do Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA), a orizicultura envolve 18,5 mil produtores, gera mais de 230 mil empregos e um valor bruto estimado em R\$ 5,0 bilhões, além de uma arrecadação anual em ICMS de R\$ 500 milhões (cerca de 3% do PIB gaúcho). Traz consigo, ainda, inegáveis traços culturais relacionados ao convívio entre o agricultor, a terra e a água. Existem evidentes sinalizações de que esta vocação regional, sobretudo na metade sul do RS, compreende relações há muito estabelecidas e consolidadas quanto à forma de pensar e agir dos produtores rurais. A despeito deste panorama aparentemente positivo do ponto de vista sócio-econômico, em uma análise mais crítica pode-se elencar pontos de “co-evolução” e, outros, de “co-involução” no que tange à aplicação do conhecimento em favor da produção sustentável de alimentos no modelo atual de produção de arroz no RS.

Segundo a FAO (2010), os modelos de produção atuais não estão alinhados aos desafios da futura produção de alimentos, obrigatoriamente segura e sustentável. Portanto, novos paradigmas são necessários para o avanço da agricultura, pois há que se mudar a forma de produzir alimentos pelo uso de tecnologias mais equilibradas e em sintonia com os novos requerimentos de comprometimento ambiental. É neste cenário que os sistemas integrados vêm retomando interesse (Carvalho et al., 2010), pois eles são comprovadamente mais sustentáveis e mais resilientes, em relação aos sistemas agrícolas modernos (Russelle et al., 2007).

Os sistemas integrados de produção agrícola e pecuária são caracterizados por serem planejados para explorar sinergismos e propriedades emergentes, frutos de interações nos compartimentos solo-planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária (Moraes et al., 2012). Constituem-se numa das mais importantes formas de uso da terra, atingindo 25 milhões de km² em todo o mundo (Bell e Moore, 2012), e estão retomando novamente seu *status*, pois seus atributos de sustentabilidade são únicos e se impõem na nova lógica de *intensificação sustentável* (Freidrich, 2010), exigida para o futuro da produção mundial de alimentos.

A integração lavoura-pecuária (ILP), como tem sido chamados os sistemas de produção integrada que envolvem o cultivo de grãos e sua interface com a produção animal, tem sido proposta há algumas décadas pela esfera científica como alternativa de uso sustentável da terra. Em terras baixas no RS, chegou a ser mais amplamente difundida e mesmo adotada na década de 80, com pastagens de azevém-trevos-cornichão em áreas de pousio de arroz. Entretanto, na década de 90 e início dos anos 2000, após o advento da tecnologia Clearfield, a lavoura arrozeira tomou rumos de cultivo extreme, focada em aumento da produção e produtividade.

Chegamos então à década de 10, a segunda do século XXI, e nos deparamos com uma legítima “conspiração global” em alerta aos desequilíbrios ambientais e à necessidade imperativa de que exercitemos nossa capacidade de otimizar o uso de recursos naturais escassos. E que saibamos gerenciar melhor o processo produtivo como um todo, sob pena de nossas gerações vindouras não terem a mesma sorte no que se refere a “ter o pão na mesa”. Com este espírito, e motivados por outras questões de conjuntura econômica que se

apresentam frequentemente aos produtores rurais de terras baixas, estamos novamente convocados a contribuir com a discussão acerca da adequação espaço-temporal de agricultura e pecuária em áreas de cultivo com arroz irrigado no RS. Como objetivos desta proposta, destacamos:

- 1) Apontar à lavoura orizícola do Rio Grande do Sul oportunidades de formatação de sistemas de produção integrada com pecuária para fins de sustentabilidade ambiental, produtiva e econômica.
- 2) Discutir alternativas de estabilização da viabilidade do setor com base na diversificação da produção, diminuição de riscos e uso eficiente da terra.
- 3) Despertar para o entendimento de que o 'negócio arroz' é parte integrante de um sistema de produção mais amplo e que deve ser sustentável no espaço e no tempo.
- 4) Contribuir para a construção conjunta do conhecimento e implementação de sistemas de integração lavoura-pecuária em áreas de arroz irrigado.

ENTENDENDO A RELAÇÃO ENTRE LAVOURA E PECUÁRIA PARA PROPOR A INTEGRAÇÃO

À luz do conhecimento científico, e mesmo da aplicação prática em sistemas de produção, existem evidências de os princípios da produção integrada contribuem sobremaneira para a agricultura e para a pecuária. Então, poderíamos nos perguntar por que ambas atividades historicamente “convivem separadas”? De fato, a efetivação do processo de integração vai muito além do que simplesmente princípios técnico-científico-operacionais. Atinge contextos sócio-econômicos, e isso muitas vezes acaba se sobrepondo como fatores primeiros na configuração de arranjos produtivos e tomadas de decisão. Tentemos entender melhor a questão.

O binômio arroz-pastagem era caracterizado, ainda nas décadas de 1980 e 1990, por um desequilíbrio tecnológico, em que se considerava a lavoura de arroz como altamente tecnificada, em contraste com a pecuária (ANGHINONI et al., 2013). De um lado, agricultores querendo terra para cultivar arroz, motivados pela aceleração da agricultura brasileira. De outro lado, pecuaristas descapitalizados e gestores de sistemas de produção com baixíssimo grau de incentivo a investimentos, tanto pela pífia remuneração de seus produtos finais como pela quase inexistência de crédito específico ao setor pecuário. Ora, gradativamente, o brilho pelas “rendas de terra e água” tornava-se naturalmente mais atrativo. Uma consequência igualmente natural disso era a prática de uma atividade pecuária cada vez mais marginal dentro dos limites de cada propriedade.

Note-se que, ainda hoje, 65% da lavoura arrozeira gaúcha é cultivada em áreas arrendadas, grande parte em áreas cujos proprietários desenvolvem ou desenvolviam atividade pecuária. Pois na maioria das situações, os arrendamentos são de “ano fechado” em favor da agricultura, sem o compartilhamento de áreas para pastagens de inverno, vistos com maior frequência nos sistemas soja-pecuária, em terras altas. Fica evidente que os interesses de conexão, de qualquer uma das partes, foram sempre os mais diversos (Figura 1) e raramente motivados por aquele que talvez corresponda ao objetivo maior deste texto, qual seja a “percepção de que um sistema de integração lavoura-pecuária bem concebido e bem gerenciado pode constituir a opção mais rentável e sustentável para ambas atividades”.

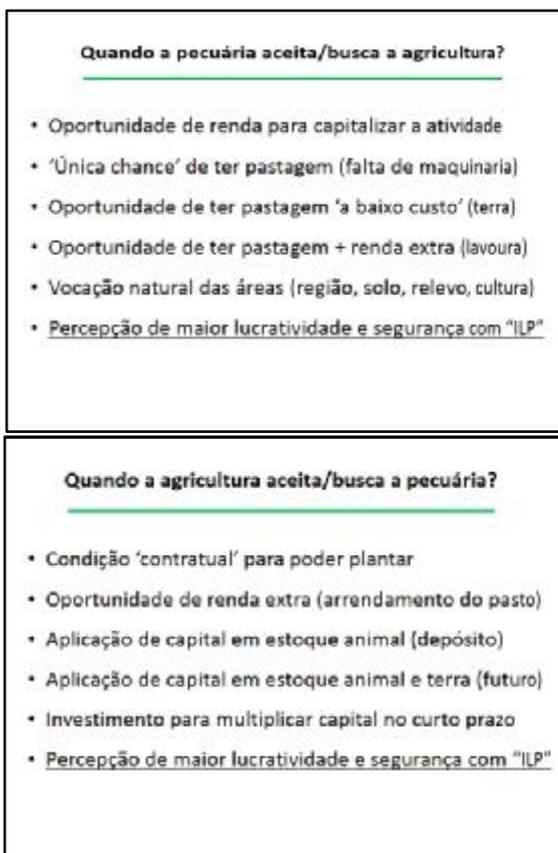


Figura 1. Resumo comparativo de possíveis razões motivadoras para sistemas genuinamente pecuários buscarem a inserção da atividade agrícola e vice-versa.

Ainda na década de 80 os sistemas de rotação/sucessão de culturas foram propostos como alternativas de uso das várzeas no RS. Em 1984 foi realizado o 1º Simpósio sobre alternativas ao sistema tradicional de uso das várzeas no Rio Grande do Sul, iniciativa do Programa Nacional para Aproveitamento das Várzeas. Na ocasião o prof. Carlos Nabinger (UFRGS) sugeriu arranjos de rotações e sucessões de arroz com soja, sorgo e pastagens de inverno. Estas opções tiveram certa força de difusão e adoção por produtores rurais na época mas, a partir do final da década de 90 e início dos anos 2000, gradativamente sucumbiram frente à proposta de atenção total à lavoura orizícola e a maximização de suas produtividades. O próprio milho, que também compunha este leque de alternativas para diversificação, chegou a ser cultivado em mais de 50 mil hectares de várzea em 2000.

O IRGA, de respeitável força de difusão e fomento junto aos produtores, norteou a gestão tecnológica da lavoura de arroz na última década, sobretudo a partir da implantação de um projeto de ensaios experimentais e difusão de tecnologias denominado "**Projeto 10**". Teve início na safra 2001/02, a partir de uma área piloto localizada na região da Campanha do RS, e posteriormente realizou-se a expansão do projeto para as seis regiões arrozeiras do RS. Na safra 2003/04, houve o envolvimento de 294 projetos, em uma área de 9.248 hectares, ampliando-se com o passar do tempo para 447 projetos em 37 grupos, em

uma área de 65.111 hectares na safra 2010/11, com as maiores produtividade acima de 11,0 t/ha.

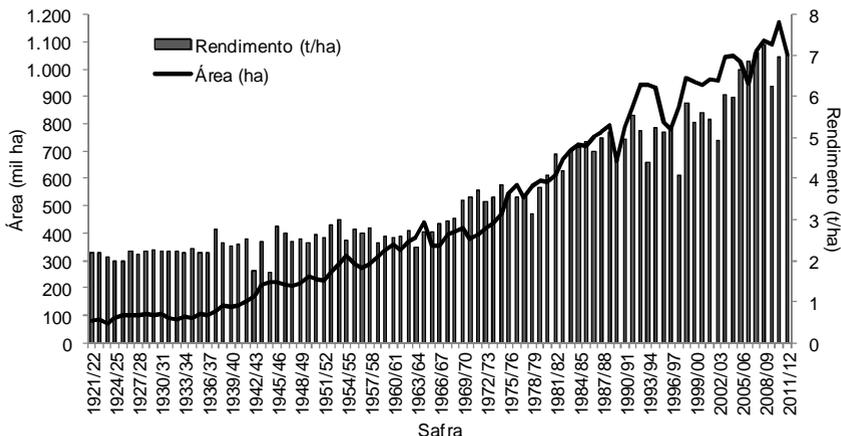


Figura 2. Evolução da área e rendimento a partir da safra 1921/22 até 2011/12. Fonte: IRGA.

Do ponto de vista da produção e da produtividade, é inegável a contribuição do Projeto 10 ao setor arrozeiro (Figura 2). Atualmente, 95% das áreas plantadas estão produzindo acima de 7,0 t/ha, com 52% da área com produtividade entre 8,0 e 9,0 t/ha e, em mais de 15% da área, a produtividade é superior a 9,0 t/ha. Por outro lado, surgiram problemas na esfera mercadológica que ameaçaram (e ainda ameaçam!) a sustentabilidade econômica de curto prazo.

De 2004 a 2008 se conseguiu, com o aumento expressivo da produtividade, a redução do custo de produção por unidade de produto, um dos objetivos do Projeto 10 (Figura 3). A partir daí, lavouras com alto nível de utilização de insumos se depararam com uma crise de mercado, em parte gerada pela própria oferta elevada, sem um caminho sólido que possibilitasse recuar nos investimentos sem grandes prejuízos da produção. Na safra 2010/11 o arroz chegou a ser comercializado a R\$ 18,00/saca, com preço médio ao redor de R\$ 24,00/saca, ainda inferior ao custo de produção para grande parte das lavouras. Algumas iniciativas buscaram a venda do arroz ao governo federal por R\$ 30,00/saca, minimizando o prejuízo. Entretanto, problemas de capacidade de armazenagem comprometem a comercialização em momentos melhores, a formação e regulação de preço. Assim como em outros setores que não apenas a lavoura de arroz, inúmeros fatores relacionados à infraestrutura (e.g. armazenagem), logística (e.g. transporte) são limitantes potenciais do crescimento do agronegócio brasileiro.

Recentemente, iniciativas visando o aumento das exportações têm obtido relativo sucesso, o que pode vir a melhorar a relação oferta-demanda e a regulação de preços. Entretanto, é importante salientar que esta é uma ação de mercado, e que os problemas na gestão técnica das lavouras ainda precisa evoluir para que o arroz adquira *status* de produto viabilizado por meio de processos de produção agropecuária sustentável.

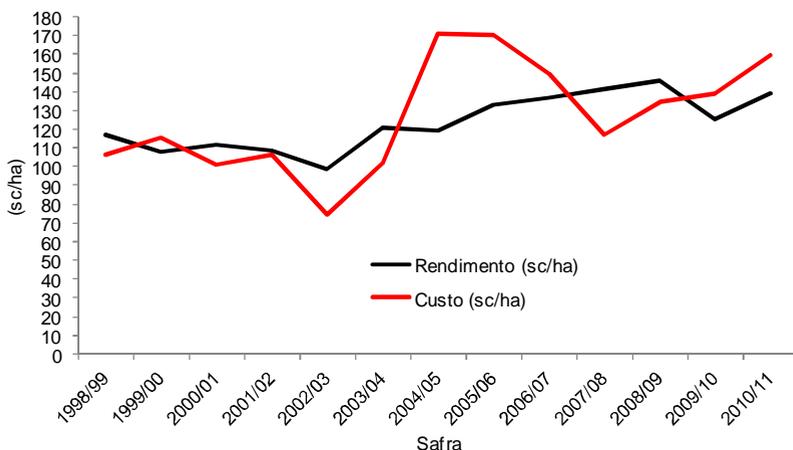


Figura 3. Evolução do custo de produção e rendimento a partir da safra 1997/98 até 2010/11. Fonte: IRGA.

Paralelamente a esses acontecimentos, a lavoura de soja em rotação com o arroz passou a constituir uma alternativa, tanto de renda, frente à grande oscilação dos preços do arroz, como de controle das plantas daninhas, pelo fato de utilizar outros princípios ativos. Programas de melhoramento e de manejo da soja em terras baixas vêm sendo desenvolvidos pelo próprio IRGA e muitas áreas de arroz passaram a ser cultivadas com soja, atingindo 180 mil ha na safra 2011/12 (Vedelagoet al., 2012) e passou para 280 mil ha em 2012/13. As perspectivas são de aumentos sucessivos de área, pela disponibilização de cultivares mais tolerantes ao excesso hídrico e pelo uso de micro-camalhões (para drenagem, no estabelecimento, e para irrigação por sulco, em situações de déficit hídrico), sendo estimulados pelos preços favoráveis da soja no mercado internacional. Projeta-se em torno de 400 mil ha de soja na várzea em 2013/14.

A pecuária, por sua vez, também experimentou mudanças expressivas na última década. De uma atividade caída em descrédito e desvalorizada, fortaleceu-se com a estabilização da economia brasileira, quando o preço do kg do boi saltou dos históricos 50-70 centavos de dólar para 1,50-1,70 dólares, e após a crise mundial de 2008 a relação insumo/produto favoreceu os investimentos no setor. Linhas de crédito específicas para a atividade foram incorporadas, o Brasil se tornou o maior produtor e maior exportador mundial de carne, e as análises de viabilidade econômica passaram a fazer frente aos cultivos agrícolas, quando cotejadas em patamares de igualdade de investimentos e nível tecnológico.

O cultivo da soja na várzea, no contexto atual, deverá se constituir no principal agente de mudança e a porta de entrada para a adoção de sistemas integrados de produção, já que o agricultor mostra maior aceitação inicial a um segundo cultivo de grãos, arte em que já possui certa “expertise”, em relação a inserção de uma atividade aparentemente mais complexa de gerenciar, como a “lavoura de carne ou leite”. O estabelecimento de forrageiras de inverno na várzea é geralmente facilitado em áreas pós-soja, na comparação com áreas pós arroz. Este fator pode constituir outro facilitador para a adoção da integração lavoura-pecuária nas propriedades. Ainda assim, existirá resistência para a construção de sistemas de produção integrada, de uma ou outra parte, até que os conceitos de “sistema” sejam bem assimilados. Para muitos, isso pode demorar um pouco. Vejamos algumas possíveis razões para tal:

- Existe necessidade de ampliação do conhecimento;
- Existe necessidade de adequações de infra-estrutura;
- Existe necessidade de capacitação da mão-de-obra disponível;
- Existe necessidade de alterações na rotina dos sistemas vigentes;
- Existe necessidade de sair de determinada “zona de conforto”.

TECNOLOGIAS UTILIZADAS E SEUS REFLEXOS SOBRE A DIVERSIFICAÇÃO

A tecnologia Clearfield® representou uma ferramenta importante para controle eficiente de arroz-vermelho e de outras espécies de plantas daninhas. Contudo, o uso inadequado desta tecnologia em muitas lavouras do estado do RS, como o cultivo por mais de duas safras e, principalmente, o não controle de escapes de plantas de arroz-vermelho (não controladas pelo herbicida), além do uso continuado d o mesmo mecanismo de ação, ocasionou a seleção de indivíduos resistentes na população. Da mesma forma, a presença de cultivares de arroz resistentes próximas a biótipos de arroz-vermelho cria a oportunidade para a ocorrência de fluxo gênico e, em decorrência, o surgimento de resistência.

Atualmente já é comprovada a existência de populações resistentes de arroz-vermelho a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (IMIs) em lavouras de arroz irrigado conduzidas sob o Sistema Clearfield®. Estas populações podem ser agrupadas em baixo e alto nível de resistência. O fenômeno da resistência do arroz-vermelho está distribuído por todas as regiões orizícolas do Estado.

A biodisponibilidade dos resíduos das IMIs/IMIs no solo traz inquietudes e transtornos para aqueles produtores que cultivaram toda a sua área no Sistema Clearfield após dois anos e, têm que retornar com cultivares convencionais (não Clearfield). Ao usuário do sistema, a recomendação oficial é de que após o segundo ano de cultivo, o agricultor faça rotação com soja ou, quando possível, deixe a área em pousio ou retorne com cultivar convencional. Porém, por razões diferentes, nem sempre esta recomendação é seguida.

Não bastasse os problemas com resistência de plantas daninhas, o elevado poder residual dos herbicidas utilizados no Sistema Clearfield prejudica o estabelecimento de culturas subsequentes, como por exemplo, as forrageiras de inverno, que poderiam ser usadas como cobertura ou para pastejo animal. Aqui reside talvez o maior problema da lavoura arroseira no RS: desde o modelo de produção, até as tecnologias empregadas, se visa tão somente a maximização da produção das áreas cultivadas, e não a maior eficiência bioeconômica e a sustentabilidade do sistema de produção como um todo.

Apesar do crescimento do cultivo mínimo na orizicultura gaúcha, as operações de preparo da terra para adequação das áreas ao cultivo de arroz ainda podem ser consideradas pouco “amigáveis”, do ponto de vista de estrutura do solo. Além disso, em muitas situações se trabalha com duas a três glebas para cada gleba em cultivo. Ou seja, enquanto se planta uma parte da área, outras estão em “preparo” ou “pousio”, muitas vezes permanecendo alguns anos sem cobertura vegetal suficiente para proteger o solo e recompor minimamente sua estrutura física, química e atividade biológica.

Por último, a integração lavoura-pecuária (ILP), importante alternativa para aportar às áreas de pousio a cobertura verde necessária, a reposição e ciclagem de nutrientes e ainda agregar renda ao sistema de produção, tem sido mal vista sob a alegação dos “efeitos negativos do pisoteio”, mesmo que a comunidade científica já tenha comprovado que pastos com bom manejo de adubação e controle da lotação são bastante benéficos às condições da lavoura.

QUANDO A ILP FAZ BEM OU FAZ MAL AO SISTEMA, NA VÁRZEA

A exemplo do que ocorre em terras altas, a proposta de integração lavoura-pecuária na metade sul do RS também sofre ressalvas. Uma das principais barreiras a sua adoção é o paradigma de que os animais causam compactação no solo (lenda do casco), a despeito de muitos trabalhos demonstrarem que pastejos moderados (bom pastejo) podem melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Carvalho et al., 2010). Além disso, o casco dos animais poderia danificar o sistema de microdrenagem do solo, provocando indesejado acúmulo de água e prejuízo tanto para espécies forrageiras pouco adaptadas, quanto à sementeira do arroz, que ocorre a partir de setembro no Estado. Isso definitivamente não é um problema em sistemas pastoris bem manejados.

A adoção, com sucesso, de sistemas integrados de produção por alguns produtores rurais em solos de várzea em todas as seis regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul, embora esparsa, sinaliza a possibilidade de massificação desse conceito de produção. Invariavelmente, os casos de sucesso trazem relatos de pastagens bem gerenciadas no que tange a estabelecimento (correção, adubação) e manejo (cobertura, lotação). Partir de boas pastagens e não de "fiapos de pasto" é o básico, e o controle da desfolha via ajuste de lotação é o divisor de águas para que animais em pastejo contribuam ou prejudiquem o ambiente de produção para cultivos posteriores. E note-se que ambas decisões, embora relacionadas à disponibilidade forrageira e consumo, não dependem dos animais e sim de quem gerencia o sistema de produção.

Em sentido contrário à apreensão dos produtores, que entendem que a pastagem em sucessão aos cultivos anuais possa comprometer o rendimento de grãos comerciais, pesquisas recentes têm mostrado efeitos positivos da presença do animal em pastejo. Moraes et al. (2012) revisaram 23 trabalhos no subtropical brasileiro, onde o rendimento de grãos (soja, milho, feijão e trigo) de áreas em rotação com cobertura pastejada foi comparado com áreas de cobertura não pastejada. Os efeitos positivos do pastejo no rendimento de grãos são notados na totalidade dos trabalhos que usaram **pastejo moderado**.

Em pastejos moderados (leia-se lotação adequada à capacidade de suporte), a massa remanescente de resíduos é suficiente para privilegiar tanto a ingestão de forragem para alto desempenho animal como adequada interceptação de luz para o desenvolvimento do pasto. Na comparação com áreas não pastejadas, propiciam acúmulo de C no solo, desde que a produção total de forragem seja elevada (Carvalho et al., 2011). Além disto, e em consequência, outras propriedades e características físicas, químicas e biológicas, podem ser melhoradas como demonstram pesquisas desenvolvidas no subtropical brasileiro, cujos resultados podem ser apreciados com detalhes em ANGHINONI, et al., 2013.

Pesquisadores do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA) do Uruguai vêm conduzindo, desde 1999, experimentos com o objetivo de validar novas tecnologias em sistemas envolvendo arroz e pecuária. Uma área experimental de 78 hectares envolve sucessões com produção de arroz, carne bovina e ovina, além de lã, e pastagens consorciadas de azevém, trevo branco e cornichão. Os resultados demonstraram o controle do arroz vermelho, menor incidência de pragas e doenças na lavoura do arroz, incremento de 15% na produção de arroz, além de produção anual média de 250 kg/ha de carne (bovina e ovina) e 13 kg/ha de lã (INIA, 2009). As análises financeiras deste trabalho sugerem uma maior segurança e incremento de renda com a diversificação das receitas ao longo dos anos, com uma atividade compensando monetariamente a outra em determinados períodos.

Um dos raros trabalhos de produção integrada de arroz e de pecuária de corte foi desenvolvido por Saibro e Silva (1999), na região da Planície Costeira Externa do RS, com avaliação por três períodos de pastagens cultivadas (cultura isolada ou consorciada) de estação fria e seus efeitos na produção de arroz. A produtividade de arroz em sequência ao azevém foi 15% superior à média do Estado naquela safra, e em sequência ao consórcio com leguminosas chegou a ser, na média, 18% superior.

As observações da ciência denotam que a gestão do pastoreio exerce influência capital no resultado produtivo de cultivos em sucessão. E, manejar bem os pastos, sem excesso de lotação, requer antes de tudo planejamento e adubação corretos, e depois o conhecimento mínimo da ecofisiologia das espécies forrageiras e suas respostas aos fatores bióticos e abióticos que se impõem. Da mesma forma com que já se detém este conhecimento com relação, por exemplo, ao próprio arroz. Ou seja, na visão de sistema, o comportamento das espécies que venham a compor a diversificação e resiliência global devem ser igualmente estudado e conhecido pelo corpo técnico-gerencial envolvido.

Concluindo (1) – os desafios

- ◆ O caminho dos herbicidas com alto poder residual prejudica o estabelecimento de boas pastagens, comprometendo a própria sustentabilidade da lavoura e a oportunidade de maior renda/ha/ano;

- ◆ O arroz atingiu altas produtividades, mas o custo de produção ficou mais alto que a receita em grande parte das lavouras nos últimos anos;

- ◆ O prejuízo real para o sistema de produção como um todo é maior ainda, porque áreas em pousio são mal aproveitadas para produzir;

- ◆ Apesar de a cultura de soja ter surgido como alternativa para rotação com arroz, durante o inverno a maioria das áreas permanece “em preparo” ou como “resteva”;

- ◆ As principais e necessárias mudanças estão na gestão tecnológica da lavoura. A filosofia deve estar voltada para práticas que vislumbrem horizontes para a lavoura orizícola no médio-longo prazos, e não apenas no curto prazo;

- ◆ A construção de ambientes de produção sustentáveis dos pontos de vista biológico, econômico e ambiental deve suplantiar o produtivismo mais imediatista, sob pena de agravar ainda mais o problema em períodos vindouros;

- ◆ Assim como qualquer sistema de produção agropecuário e mesmo qualquer negócio empresarial, o que deve nortear as pesquisas e orientações técnicas são a maior margem do negócio (o que sobra de receitas-custos) em equilíbrio com a sustentabilidade do negócio no longo prazo.

◆O grande desafio: como inserir a pecuária em áreas de arroz de forma a favorecer o resultado da própria lavoura orizícola e da eficiência do sistema como um todo?

A hipótese: o estabelecimento de boas pastagens para produção pecuária em áreas de arroz constitui alternativa para agregar propriedades de sustentabilidade biológica e econômica, com base em princípios de produção integrada, como ciclagem de nutrientes, controle de plantas invasoras, eficiência do uso de insumos e complementariedade de renda.

CICLAGEM DE NUTRIENTES: A DINÂMICA DE UM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O principal compartimento a acolher os vários processos sinérgicos que resultam da adoção de sistemas integrados é o solo. Enquanto os diferentes componentes vegetais incorporam nutrientes e energia, e os animais funcionam como catalisadores ao introduzirem variabilidade e novas vias de fluxos de nutrientes e água, o solo é o compartimento mediador dos processos. Nesse sentido, a ciclagem de nutrientes é apresentada como o processo fundamental a caracterizar os sistemas integrados (Anghinoniet al., 2013), o que é reconhecido pelo meio científico que reporta a eficiência de

tais sistemas na ciclagem de nutrientes e energia (Entz et al., 2005), na sua sustentabilidade e resiliência (Lemaire et al., 2013).

Em um sistema ILP consolidado, a oferta de nutrientes é constante, uma vez que existem diferentes fontes em decomposição (resíduos de plantas e dejetos animais), sendo os nutrientes liberados de forma diferente entre as duas fontes. A velocidade de decomposição do material orgânico adicionado ao solo depende de suas características constitutivas. Tecidos vegetais constituídos por celulose são decompostos três vezes mais rápido em relação às partes lenhosas ricas em taninos (Larcher, 2000). Já a decomposição do esterco bovino ocorre com maior velocidade, podendo ser completamente decomposto em 2,5 anos (Hoffmann et al., 2001). A ingestão de forragem pelos animais estimula o crescimento das plantas pastejadas contribuindo para a maior extração e reciclagem dos nutrientes por meio da excreção de fezes e urina. A magnitude da interferência dos animais na reciclagem dependerá da distribuição das excreções na pastagem, da área afetada pelas excreções e do seu teor de nutrientes.

Em sistemas ILP em solos de várzea de ambiente subtropical, recomenda-se, além de gramíneas adaptadas, como o azevém (Marchezan et al., 2005), o cultivo de outras forrageiras, dentre elas, espécies leguminosas, principalmente na forma de pastagens consorciadas (Gomes et al., 1993). 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⁻¹ e ganho de 1 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Marchezan et al., 2002; Marchezan et al., 2005; Silva et al., 1997). Segundo Saibro e Silva (1999), o consórcio de azevém com espécies leguminosas, além de gerar significativo ganho animal, pode representar acréscimo de até 25% na produtividade do arroz irrigado com significativo decréscimo da adubação. Já Reis et al. (2008) afirmam que a correta adubação das pastagens consorciadas pode também dispensar a aplicação de fósforo (P) e potássio (K) no arroz irrigado em sucessão. Nos sistemas de produção sem pousio entre uma cultura e outra (sistema planta-colhe-planta), o K é absorvido e permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido da perda por erosão e lixiviação. Embora a quantidade de K absorvida seja grande, a quantidade removida pelos grãos é pequena (\pm 20%) e o restante retorna ao solo. Assim, a produção de matéria seca das culturas, pelo melhoramento da fertilidade do solo, intensifica a reciclagem de K (Santiet al., 2003).

A ciclagem de nutrientes se torna mais complexa quando da presença de animais, uma vez que estes alteram a velocidade de ciclagem através da produção de urina e dejetos implicando na disponibilidade dos nutrientes à cultura subsequente. Os herbívoros podem alterar a ciclagem de carbono e nutrientes do solo por alterar a dinâmica da decomposição. O pastejo pode acelerar ou retardar a ciclagem de nutrientes por alterar as condições bióticas e abióticas do solo para a decomposição (Shariffet al. 1994). A deposição de dejetos e urina pelos animais em pastejo exerce uma forte influência na concentração de nutrientes e nas comunidades microbianas e como resultado melhora a disponibilidade de nitrogênio e a decomposição da matéria orgânica (McNaughton, 1992).

O pastejo altera ainda o ciclo do nitrogênio por alterar a estrutura da pastagem, a composição da vegetação, o teor de nitrogênio nos tecidos das plantas e ainda pela incorporação da matéria orgânica através do efeito do pisoteio animal. Essas mudanças nas pastagens provocadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de nitrogênio inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas (Bardgett et al., 1998), pelo efeito sobre a imobilização microbiana e por alterar o fluxo de carbono das plantas em direção ao solo (Stark & Grellmann, 2002).

Outro indicador importante do potencial de liberação de nutrientes em sistemas integrados é a atividade microbiana. Este parâmetro é utilizado como uma maneira de melhor entender os processos de mineralização e visualizar mais profundamente a intensidade dos fluxos de energia no solo (Nannipieri, 1984). A biomassa microbiana do solo, além de atuar como agente da transformação bioquímica dos compostos orgânicos é também um reservatório de N, P e S (Srivastava & Singh, 1991; Wardle, 1992).

O significado ecológico de biomassa, além de armazenador de nutrientes, é servir como indicador rápido de mudanças no solo, quando o material orgânico é a ele incorporado (Grisi, 1995). Medidas que relacionam a perda de carbono e que permitem avaliar se determinado manejo está provocando estresses, são importantes no processo de avaliação da sustentabilidade do solo. À medida que a atividade biológica se torna mais eficiente e menos carbono é liberado pela respiração (CO₂), uma significativa fração é incorporada no tecido microbiano. Desta forma, solos com baixo quociente metabólico (qCO_2) estariam mais próximos ao estado de equilíbrio, quando incorporam carbono na biomassa microbiana, contribuindo para a redução de carbono na atmosfera (Carvalho et al., 2011).

Assim, o declínio na atividade microbiana terá alto impacto na fertilidade do solo (Brookes et al., 1995). Em sistemas ILP, a biomassa microbiana é caracteristicamente elevada sob pastagens e representa um razoável estoque de nutrientes lábeis (Perrot & Sarathchandra, 1989). Segundo Haynes & Williams (1999), as quantidades de nitrogênio e de fósforo incorporadas na biomassa microbiana, em um sistema típico de pastagem, serão de aproximadamente 60 e 30 kg ha⁻¹, respectivamente. Em ambos os casos, esses valores representam cerca de 50% das necessidades da cultura do arroz para altas produtividades (SOSBAI, 2012). Além disso, o pastejo animal influencia no ciclo do nitrogênio, por alterar a estrutura da pastagem, a composição da vegetação e o teor de nitrogênio nos tecidos das plantas, aumentando a disponibilidade de N inorgânico (Bardgett et al., 1998) para a cultura em sucessão, além de intensificar a ciclagem.

DEFININDO UM PLANO DE PRODUÇÃO INTEGRADA (PPI)

Mesmo com as altas produtividades do arroz irrigado, esta cultura não produz resíduos suficientes para haver balanço positivo de C no solo, premissa básica para a melhoria de sua fertilidade. Para garantir a sustentabilidade do sistema produtivo de arroz, deve-se buscar a integração de uma produção agrícola diversificada (arroz, soja e milho) com uma pecuária que inclua períodos curtos (um ciclo) e longos (dois ou mais ciclos) de pastejo com uso de gramíneas e leguminosas. Somente desta forma pode-se conseguir estabilidade e rentabilidade do negócio, com menor risco e balanço positivo de C no solo, usufruindo de seus benefícios nos processos que regulam o equilíbrio no continuum solo-planta-atmosfera (sustentabilidade do sistema).

No que se refere à inserção da pecuária em sistemas ordinariamente de produção de arroz, existe a urgente necessidade de organizar as atividades agrícolas dentro das propriedades através do planejamento espaço-temporal do uso das áreas. Este, por sua vez, deve ser concebido com visão sistêmica e que considere o sinergismo das diferentes atividades praticadas em um mesmo sistema de produção. A proposição do desenvolvimento de Planos de Produção Integrada (PPI) tem caráter inovador aos conceitos até então difundidos para o uso das áreas de várzea, tanto em cultivos extensivos de lavoura de arroz como em propriedades que trabalham com atividade pecuária e/ou lavoura de soja, mas que de forma geral não aplicam e não usufruem efetivamente os princípios técnicos da produção integrada.

Se tratarmos de enxergar as áreas de cultivo como um conjunto de “janelas de oportunidade” de uso da terra (Figura 4), caberá aos gestores do sistema saber customizar a distribuição da ocupação das glebas com esta ou aquela atividade, nesta ou naquela estação do ano.



Figura 4. “Janelas de oportunidade” de uso da terra. Visualização inicial da ocupação espaço-temporal para definição de um Plano de Produção Integrada em áreas de arroz irrigado. Fonte: SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios.

As decisões deverão estar fundamentadas nos interesses produtivo-econômicos de cada setor mas, não obstante, deverão estar sincronizadas com uma política de “extração-reposição” de nutrientes que signifique a potencialização das propriedades emergentes do solo e conseqüentemente a otimização dos recursos via estoque de carbono e ciclagem de nutrientes, o que logo se reverterá novamente em resultados econômicos e ecológicos satisfatórios. Um exemplo de planejamento de ocupação destas “janelas” em sucessão no espaço e no tempo é apresentada na Figura 5.

Corte	Ano																							
	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
	Verão	Inverno																						
1	A	P	A	PI	CM	PI	CM	PI	S	PI	S	P	A	P	A	PI	CM	PI	CM	PI	S	PI	S	P
2	S	PI	S	P	A	P	A	PI	CM	PI	CM	PI	S	PI	S	P	A	P	A	PI	CM	PI	CM	PI
3	CM	PI	CM	PI	S	PI	S	P	A	P	A	PI	CM	PI	CM	PI	S	PI	S	P	A	P	A	PI

Figura 5. Plano de Produção Integrada em Sistema arroz-soja-pecuária. Três talhões de lavoura previamente organizados para permitir que todas as atividades praticadas tenham constância anual de área trabalhada, ao mesmo tempo em que a rotação e sucessão de culturas possam promover a sustentabilidade do ambiente de produção a partir dos benefícios característicos da interação entre as atividades. (A=Arroz; P=Pousio/Palhada; PI=Pastagem Inverno; CM=Campo Melhorado; S=Soja). Fonte: SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios.

A implementação da produção integrada através de um sistema de rotação e sucessão de culturas em áreas até então trabalhadas sob monocultivo de arroz projeta a verificação de resultados potenciais expressivos em médio prazo. Nesta ótica, estarão sendo aplicados os princípios de aumento da matéria orgânica do solo, melhoria das condições físicas do solo com vistas a favorecer taxas de infiltração e ciclagem de nutrientes no sistema, proteção física e atividade fotossintética das fitomassas circulantes ao longo do ano em uma mesma área, fixação biológica de nitrogênio, aceleração da mineralização da matéria orgânica com a passagem das fitomassas pelo compartimento animal e retorno ao solo via fezes e urina, entre outros. A diversificação da matriz produtiva também é ponto importante de agregação aos sistemas usualmente praticados, não apenas por melhorar as condições do ambiente de produção, mas por sua capacidade de alterar a eficiência de uso das áreas e conseqüentemente aumentando a estabilidade produtiva e financeira das propriedades.

Estabelecimentos rurais usuários de arranjos produtivos planejados e diversificados são raras no universo das áreas de várzea do Rio Grande do Sul. O uso do solo no espaço e no tempo ainda tem sido conduzido sob uma ótica mais produtivista e com planejamento limitado ao curto-prazo.

Os Planos de Produção Integrada conferem aos gestores rurais uma escala espaço-temporal de visualização e organização do processo produtivo raramente observada até os dias de hoje ao setor agropecuário em nível de fazendas. E este nível de gerenciamento dos setores, aliado a gestão dos processos com capacitação especializada em produção integrada, está sincronizado justamente com o formato dos projetos técnicos do Programa ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Figura 6), com carências e prazos para pagamento condizentes com a execução construtivista em médio-longo prazos. O ABC traz como diretrizes a implantação ou melhoria de sistemas mitigadores dos impactos dos gases de efeito estufa sobre o meio ambiente, tendo como linhas principais a recuperação de pastagens, a integração lavoura-pecuária e o plantio direto. Neste contexto, a construção de Planos de Produção Integrada em áreas de várzea podem viabilizar a inserção da lavoura de arroz como item financiável, uma vez que 35 a 40% do valor financiado podem ser compostos por ações de custeio, como os cultivos anuais de grãos. Isto potencializa de forma expressiva a magnitude da implementação das soluções tecnológicas trabalhadas na pesquisa e fomento de sistemas de produção integrada nas áreas de várzea.



PROCESSO TECNOLÓGICO	COMPROMISSO (AUMENTO DE ÁREA/USO)
Recuperação de Pastagens Degradadas ¹	15 milhões ha
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ²	4 milhões ha
Sistema Plantio Direto	8 milhões ha
Fixação Biológica de Nitrogênio	5,5 milhões ha
Florestas Plantadas ³	3 milhões ha
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m ³

Figura 6. Linhas de Financiamento para projetos técnicos junto ao Programa ABC. Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília – DF.

UM NOVO REFERENCIAL DA PESQUISA CIENTÍFICA

Como suporte à elaboração de sistemas integrados em áreas com arroz irrigado, a pesquisa científica também trará importante contribuição ao setor nos próximos anos. Os principais grupos de pesquisa das áreas relacionadas estarão interligados por meio do desenvolvimento de um protocolo experimental multi-institucional de longa duração em sistemas de produção integrada na várzea, coordenado pelo IRGA, na Fazenda Corticeiras (Camaquã/Cristal-RS) conforme observado na Figura 7. Um modelo de produção de arroz em cultivo extremo será contrastado com quatro propostas de sistemas de produção integrada em com arroz, cientificamente dispostas assim:

- 1- Sistema usual commonocultivo de arroz (testemunha).
- 2- Sistema com rotação de arroz rápida e diversidade de culturas baixa.
- 3- Sistema com rotação de arroz rápida e diversidade de culturas alta.
- 4- Sistema com rotação de arroz lenta e diversidade de culturas alta.
- 5- Sistema com rotação de arroz lenta e diversidade de culturas baixa.

Sistema	Ano								
	2013		2014		2015		2016		2017
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
1	R	Ar	R	Ar	R	Ar	R	Ar	
2	Az	Ar	Az	Ar	Az	Ar	Az	Ar	
3	Az	Sj	Az	Ar	Az	Sj	Az	Ar	
4	Az+Tb	Sr	Az+Tb	Sj	Az+Tb	Mi	Az+Tb	Ar	
5	Az+Tb+Cr	Cs	Az+Tb+Cr	Cs	Az+Tb+Cr	Cs	Az+Tb+Cr	Ar	

Legenda:

R	Resteva de arroz	Az	Azevém	Az+Tb	Azevém + Trevo branco
Ar	Arroz	Sj	Soja	Sr	Sorgo forrageiro
CS	Campo sucessão	Mi	Milho	Az+Tb+Cr	Azevém + Trevo + Cornichão

Figura 7. Protocolo experimental em sistemas de produção integrada na várzea. Distribuição espaço-temporal dos tratamentos na primeira fase do projeto (2013-2017). *Fonte: IRGA*

Esta ação conjunta de IRGA, UFRGS, EMBRAPA, SIA respaldará cientificamente os resultados observados nos sistemas de produção acompanhados pelos extensionistas, e servirá como polo de difusão tecnológica aos produtores e capacitação de recursos humanos ao longo da execução do projeto.

Como metas gerais, a principal delas é o avanço no conhecimento científico do funcionamento dos sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas, bem como a obtenção de recomendações para o adequado manejo de sistemas de integração lavoura-pecuária em áreas baixas, com vistas ao aumento da rentabilidade e da sustentabilidade agrícola pela exploração da atividade da pecuária de corte.

O caráter multidisciplinar do protocolo proposto apresenta amplas possibilidades de exploração. A exemplo do que ocorre em experimentos dessa natureza, espera-se que esse protocolo experimental atraia pesquisadores e estudantes não apenas do Rio Grande do Sul, mas também de outras regiões do Brasil e do Conesul. A pesquisa ora proposta permitirá a formação de recursos humanos tanto de graduação como pós-graduação. Além disso, espera-se que este projeto gere dados suficientes para a publicação de pelo menos três artigos científicos até 2016. O projeto também tem por meta, obviamente, assegurar as condições adequadas para a manutenção das atividades deste protocolo experimental até 2017, quando se iniciará mais um ciclo de rotação, com o retorno da cultura do arroz em todos os tratamentos.

Por último, o produto dos resultados desse projeto, somado a outras frentes de pesquisa e extensão liderados pelas instituições engajadas nessa temática, formará a base para o lançamento, em 2016, de um livro que abordará os principais avanços obtidos até então. O alicerce para a difusão de tecnologias, no tocante a ILP, pelos projetos que vêm sendo conduzidos atualmente pelo IRGA e instituições parceiras nessa temática. Esses projetos incluem, além do que já foi citado, estudos de casos de produtores que já vêm adotando sistemas integrados na várzea com sucesso há vários anos.

Concluindo (2) – os horizontes

♦ A imensa maioria das experiências em sistemas de produção integrada bem conduzidos aponta para resultados mais satisfatórios do que a soma das atividades quando trabalhadas isoladamente;

♦ Por apresentar elevado custo de produção e alta demanda de ocupação de área para a realização de boas safras (pousio; preparo), a lavoura de ARROZ constitui uma das principais atividades a ser planejada e trabalhada de forma harmoniosa com outras alternativas de uso da terra, que agreguem redução do risco, otimização de uso dos recursos e geração de renda;

♦ Simulações e observações reais do resultado econômico devem ser feitas sobre os modelos de PPI para auxílio à tomada de decisão em nível de planejamento. Porém, a definição por um ou outro arranjo produtivo integrado estará mais relacionada às particularidades e objetivos agrícolas, pecuários e globais de cada sistema;

♦ Diversas alternativas de arranjos produtivos envolvendo arroz, soja, pecuária e outras atividades ganharão espaço nos próximos anos na pesquisa e no campo, como formas de ocupação das terras baixas com vistas à maior sustentabilidade sistêmica em detrimento da lavoura orizícola em monocultivo;

♦ Os modelos usuais de produção de arroz deverão acompanhar esta evolução, desenvolvendo e adaptando soluções tecnológicas em maquinaria e processos que visem menor agressão física ao compartimento solo, em favor da reconstrução da elevada capacidade produtiva das áreas de várzea;

♦ A velocidade com que atingiremos estes objetivos está fortemente ligada ao avanço do conhecimento científico, à força de difusão tecnológica e ao empreendedorismo dos produtores na customização e adoção das soluções propostas.

♦ O grande horizonte: na próxima década, cada vez mais os sistemas de produção integrada deverão ocupar áreas baixas no Rio Grande do Sul. Em sequência do Projeto 10, a lavoura de arroz ganhará novo formato e novo impulso em produtividade e redução de custos, vislumbrando um horizonte mais amplo de sustentabilidade ecológica e econômica.

LITERATURA CITADA

- ANGHINONI, I. et al., abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro. *Tópicos Ciência do Solo*, 8:221-278, 2013.
- BARDGETT, R.D.; WARDLE, D.A. & YEATES, G.W. Linking aboveground and belowground interactions: how plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. **Soil and Biology Biochemistry** v.30, p.1867–1878, 1998.
- BELL, L.W.; & MOORE, A.D. Integrated crop–livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agric. Syst.*, 111:1-12, 2012.
- BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, 19:269-279, 1995.
- CARVALHO, P.C.F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.
- CARVALHO, P.C.F. et al. Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 60 p. (Boletim Técnico).
- CONAB, 2013. Dados de safra. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_09_17_12_50_arrozseriehist.xls
- Departamento Comercial e Industrial - Seção de Política Setorial. Fonte: DATER/NATEs (na tabela 2)
- ENTZ, M.H. et al. Evolution of integrated crop-livestock production systems. In: McGilloway, D. A. (Org.). **Grassland: a global resource**. Wageningen, 2005. p.137-148.
- FREIDRICH, T. Sustainable crop production intensification and the global development of conservation agriculture: the FAO's view (intensificação da produção de lavouras sustentáveis e o desenvolvimento mundial da Agricultura de Conservação: a visão da FAO). In: *Crop World Congress & Exhibition*, Londres, 2010.
- GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v.10, p.1-22, 1995.
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS, P.H. Influence of stock camping behavior on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, p.253-258, 1999.
- HOFFMANN, I. et al. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 86, n.3, p.263-275, 2001.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (INIA). Disponível em: <http://www.inia.org.uy/online/site/1648211.php>. Acesso em 20 de março de 2013.
- INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA, Caracterização da lavoura de arroz irrigado - Safra 2004/05. Disponível: www.irga.rs.gov.br/revista.html. Acesso em 10/03/2013.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- LEMAIRE, G. et al. Integrated crop-livestock systems: a strategy to reach compromise between agriculture production and environment preservation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 2013. (Submetido)
- MARCHEZAN, E. et al. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2002.
- MARCHEZAN, E. et al. Produção animal em pastagem hibernal, sob níveis de adubação, em área de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 1, p. 67-71, 2005.
- MCNAUGHTON S.J. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. **Ecology Monography**, v. 55, p.259–295, 1992.
- MENEZES, V. G. et al. **PROJETO 10 - Estratégias de manejo para aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS: avanços e novos desafios**. Porto Alegre: IRGA, 2012. 100 p.

MORAES A. et al. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics II. In: International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems. Porto Alegre: UFRGS 2012. **CD Rom**.

NANNIPIERI, P. Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. In: KLUG, M.J.; REDDY, C.A. (eds) **Current Perspectives in Microbial Ecology**. Washington: America Society for Microbiology, 1984. p. 515-521.

PERROT, K. W. & SARATHCHANDRA, S.U. Phosphorus in the microbial biomass of new Zealand soils under established pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 32, p. 409-413, 1989.

REIS, J.C.L.; INFELD, J.A.; WALKYRIA, W.B.; SILVA, J.C; SILVA, C.A.S. Racionalização da Aplicação de calcário e fertilizantes para o aumento da sustentabilidade e rentabilidade da integração arroz pastagens. **Comunicado Técnico**, 199. EMBRAPA, 2008.

RUSSELLE, M.P.; ENTZ, M. & FRANZLUEBBERS, A.J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agron. J.*, 99:325-334, 2007.

SAIBRO, J.C.&SILVA, J.L.S. Integração sustentável do sistema arroz x pastagens utilizando misturas forrageiras de estação fria no litoral norte do Rio Grande do Sul. In: IV Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte. Canoas, 1999.Canoas, Editora da ULBRA, 1999. p.27-55.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:311-317, 1998.

SHARIFF A.R; BIONDINI M.E; GRYGIEL C.E. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal of Range Management**, 47:444-449, 1994.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. 29. ed., Itajaí:SOSBAI, 2012. 179 p.

SRIVASTAVA, S.C. & SINGH, J.S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate landuses and nutrient flux. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.23, p.117-124, 1991.

STARK, S. & GRELLMANN, D. Soil microbial responses to herbivory in an arctic tundra heath at two levels of nutrient availability. **Ecology**, v.83, p.2736-2744, 2002.

VEDELAGO, A. et al. **Fertilidade e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA, 2012, 48 p. (Boletim Técnico, 12)

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biology Review**, v.7, p.321-358, 1992.