

VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA REGIÕES DE VÁRZEAS*

Paulo Rigatto**
Valter José Stülp***

RESUMO

O Estado do Rio Grande do Sul possui uma área de aproximadamente dois milhões de hectares estruturados para a exploração da cultura do arroz irrigado. O sistema de produção tradicionalmente implementado nestas áreas utiliza anualmente um terço deste total, pela necessidade do pousio (descanso), devido à infestação com arroz vermelho, resultando em um baixo índice de produtividade.

Com intuito de intensificar a produção destas áreas, pesquisas e experiências de campo estão sendo desenvolvidas por instituições de pesquisa e empresas do setor, relacionando-se principalmente a práticas de cultivo e exploração de culturas alternativas em rotação com o arroz irrigado. Entretanto, pouca ênfase se tem dado à análise de economicidade do sistema de exploração integrado resultante da aplicação destas novas tecnologias.

* Trabalho desenvolvido como tema de dissertação junto ao Curso de Pós-Graduação em Economia Rural (IEPE/UFRGS).

** Autor, M.Sc. em Economia Rural (IEPE/UFRGS), professor do Departamento de Ciências Sociais Agrárias da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL. Contribuições: Campus Universitário, Pelotas, CP. 354, CEP.96.010.900 Tel. (0532) 75-7256 R.26 E-mail rigattop@ufpel.tche.br.

*** Orientador, Ph.D. em Economia Rural pela Universidade de Kentucky (EUA), professor do Departamento de Economia da Faculdade de Ciências Econômicas/UFRGS (051) 316-3446.

Os resultados obtidos mediante cálculos processados por programação linear, analisando cinco alternativas anuais de exploração — arroz irrigado com plantio convencional ou direto, soja, sorgo e preparo de verão —, mostraram que o sistema integrado de exploração é otimizado em termos de maximização de receita líquida, no período de seis anos de exploração com a combinação de três destes subsistemas — arroz irrigado com plantio convencional, arroz irrigado com plantio direto e preparo de verão — explorados em rotação e sucessão de áreas.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que é possível duplicar a atual produção de arroz irrigado em propriedades com características de solo e relevo similares às estudadas, uma vez que não haja restrições quanto à disponibilidade de água ou terra. Existindo fatores limitantes, o atual volume produzido poderia ser mantido, utilizando-se apenas dois terços da atual área explorada.

Termos para indexação: Rizicultura; Irrigação; Várzea.

ECONOMICAL VIABILITY OF PRODUCTION SYSTEMS IN LOWLAND REGIONS

ABSTRACT

The State of Rio Grande do Sul has approximately two million hectares structured to cultivate irrigated rice. The production system traditionally implemented in those areas normally utilizes only one third of that area because there is a need for "soil rest" (pousio). The low productivity resulting from the infestation of red rice is the main reason for the necessity of soil rest.

Research and practical experiences are being developed by research institutes and farm firms which are looking for increasing the production of those areas, mainly through the practice of cultivation of alternative crops rotating with irrigated rice. However, not enough emphasis has been given to the economic analysis of the integrated exploration system resulting from the application of those new technologies.

The linear programming analysis of five annual alternatives of

exploration (irrigated rice with conventional or direct sowing, soybean, sorghum, and summer preparation) demonstrated that the integrated exploration system is optimized in terms of maximum net earning in a period of six years by exploring a combination of three alternatives: irrigated rice with conventional sowing, irrigated rice with direct sowing, and summer preparation, cultivated in rotation and in a sequence of areas.

Based on the results reached, it is concluded that current irrigated rice yielding may be doubled in farms with soil and topography characteristics similar to those in this study, provided there is no restrictions in terms of water and land availability. If there are limiting factors, current production may be maintained using only two thirds of the area currently farmed.

Index terms: Rice growing; Irrigate; Cultivated plant.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira apresenta em média indicadores de produtividade inferiores aos obtidos em outros países de similar nível de desenvolvimento.

O governo brasileiro procurou alterar este quadro, oferecendo linhas de crédito para projetos em nível de unidade de produção agropecuária, com o objetivo de intensificar a utilização dos recursos disponíveis e aumentar os índices de produtividade de áreas hoje consideradas subutilizadas, dada a tecnologia nelas instaladas.

Particularmente em relação às regiões de várzeas, os esforços realizados hoje na geração de tecnologias de produção para cultivos estão sendo intensificados. Estas tecnologias de produção estão sendo desenvolvidas para intensificar a produção nestas áreas que hoje são exploradas basicamente com o sistema arroz irrigado em rotação com a pecuária de corte extensiva.

Os fatores que determinam a predominância deste sistema de exploração são basicamente as características edafoclimáticas das zonas de várzeas, problemas de infestações com arroz vermelho e aspectos culturais relacionados à monocultura.

Algumas das tecnologias desenvolvidas e disponibilizadas aos produtores têm por objetivo viabilizar a exploração de culturas alternativas ao arroz irrigado, implementadas nestas áreas no período de pousio, visando a intensificar a exploração agrícola nestas áreas.

Estas tecnologias abrangem não apenas a introdução de outras culturas, mas todo um aporte tecnológico envolvendo investimentos em sistematização e drenagem de solos, além de sistemas de produção diferenciados, como o plantio direto.

No sistema chamado “tradicional”, em que é realizada a rotação da cultura do arroz com a pecuária de corte extensiva, a diminuição das invasoras pelo pastoreio vem se mostrando cada vez menos eficiente, mesmo com o aumento do período de pousio de dois para até cinco anos com pecuária em pastagens nativas (Abud, 1984). Este, além de encarecer o processo devido ao custo de oportunidade dos solos de várzeas, próprios para a cultura do arroz, não tem contribuído para redução dos níveis de infestação com arroz vermelho.

Alternativas a esta tecnologia tem sido implementadas e testadas, no âmbito da pesquisa e principalmente da experimentação privada por iniciativa de alguns produtores e empresários rurais; sem, no entanto, analisar-se a eficiência econômica destes processos.

O principal objetivo destas alternativas de produção é a minimização dos custos existentes hoje com a realização das operações de preparo de verão, que neste caso passam a exercer um efeito de limpeza e controle do arroz vermelho, com uma compensação econômica pela produção de grãos. O preparo de verão, no entanto, permanece como uma alternativa anual, pois tem um eficiente efeito na limpeza das áreas mais infestadas e proporciona, além de uma produção maior de carne pelo maior período de pastoreio, um substrato (azevém) necessário à realização do plantio direto do arroz e/ou outras culturas. O que, no enfoque de sistemas de produção oferece vantagens adicionais a partir da melhor alocação do fator mecanização, que é intensivo nos sistemas existentes.

OBJETIVOS

Este trabalho propõe-se a investigar, em um panorama de médio prazo, a viabilidade econômica de algumas das alternativas tecnológicas criadas com o intuito de intensificar a produção em áreas de várzeas, com enfoque sobre sistemas de produção que, agregando alternativas tecnológicas às atividades tradicionais já existentes, permitam maior retorno aos investimentos a serem realizados e a renda da propriedade como um todo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Verificar quais são e de que modo as tecnologias desenvolvidas pela experimentação e já conhecidas pelos produtores têm maior viabilidade econômica dentro de um enfoque de sistema de exploração integrado.
2. Identificar o processo mais adequado de introdução das tecnologias na unidade de produção agropecuária.
3. Identificar os impactos do novo sistema de produção sobre a rentabilidade da unidade de produção agropecuária, com relação a rendas, custos, produção e ao uso dos recursos disponíveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo de análise utilizado neste estudo foi o de programação linear. No uso da programação linear voltada para a agricultura, existem vários tipos de formulações (BENEKE e WINTERBOER, 1973). Uma delas é a multiperiódica, que possui vantagens no auxílio da tomada de decisão por parte dos responsáveis pela unidade produtiva, por permitir a análise do investimento. Justifica-se seu uso em razão da possibilidade de serem investigadas, no tempo, as combinações ótimas dos recursos e das alternativas de atividades produtivas proporcionadas, direta ou indiretamente, pelo investimento em análise, dadas as restrições da unidade produtiva (AGUIAR, 1985).

O modelo de programação linear multiperiódica permite a análise das ações e efeitos dos períodos anteriores no desempenho dos resultados futuros e no período total necessário para a avaliação do investimento.

O modelo aborda diversos períodos, muitas vezes bastante numerosos, e por isso sofre limitações quanto à sua capacidade analítica de algumas variáveis consideradas.

Partindo-se dessas considerações, a programação linear multiperiodica preenche os principais requisitos indispensáveis para concretização dos objetivos deste estudo. Em primeiro lugar, porque pode oferecer a melhor combinação dos recursos, em termos da melhor remuneração das atividades produtivas que resultam na maximização da renda e dos retornos do investimento. E, em segundo lugar, por considerar as conseqüências das ações e do resultado de um período nos outros subseqüentes e no desempenho global de todos os períodos objetos da análise.

A função objetivo a maximizar é o valor presente dos lucros anuais futuros ou riqueza da unidade de produção agropecuária hipotética. O seu valor é igual às receitas provenientes da venda dos produtos, menos os custos de produção que envolvem insumos e serviços, bem como custos das horas-máquina operadas, envolvendo custos com mão de obra, manutenção, depreciação e custos variáveis de operação, multiplicados pela taxa de desconto de cada ano, por unidade de área utilizada/ano. A função objetivo foi maximizada em um horizonte de planejamento de seis anos, considerando as seguintes restrições:

Restrição 1 — Afirma que a área de terra destinada à exploração das diversas alternativas de produção propostas pelo trabalho é limitada à área total disponível na unidade de produção agropecuária. Para efeito de análise, foram consideradas diferentes dimensões de áreas (500, 650, 850, 1.250, 1.000, 1.700, 2.500, 5.000, 7.500, 10.000, e 12.500 hectares), visando a identificar possíveis variações em relação à dimensão da exploração.

Restrição 2 — Afirma que o número total de horas-máquina demandadas em cada período, de um total de dez/ano ou no ano de exploração, não pode ser superior ao número de horas disponíveis, sendo estas limitadas pela capacidade operacional de cada equipamento. Quando isto acontecer, o modelo induzirá, se econômico, à compra de unidades adicionais de máquina, definida como um conjunto de trator e equipamentos, sendo considerado o custo relativo de imobilização deste capital agrega-

do ao sistema, o mesmo ocorrendo para as colheitadeiras.

Restrição 3 — Força a utilização das áreas de forma seqüencial, obedecendo aos pré-requisitos de rotação e integração das alternativas como a limitação da exploração do arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I), na mesma área em no máximo dois anos consecutivos; a exploração do arroz irrigado com plantio direto (alternativa II) apenas em seqüência ao preparo de verão. O arroz pode ser explorado na seqüência de até três anos consecutivos, desde que ocorra na sucessão cronológica de um ano com plantio direto (alternativa II) e dois anos com plantio convencional (alternativa I). Quando o arroz for explorado em sucessão por dois ou três anos, só voltará a ser cultivado na mesma área após a rotação por dois anos com culturas alternativas (soja ou sorgo), ou um ano com a realização do preparo de verão (alternativa V), sendo sua reintrodução (arroz) na área no sistema de plantio direto.

O período de seis anos foi definido em função da dimensão da matriz de dados para a programação. A dimensão final da matriz de programação foi de 2.500 linhas \times 800 colunas aproximadamente, não sendo seqüentemente apresentada no corpo deste artigo, podendo ser obtida mediante contato com os autores.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em pesquisas de campo, que procuraram levantar um panorama geral das alternativas de produção utilizadas, assim como seus custos, rendimentos, uso de infra-estrutura e cronogramas de produção. As propriedades utilizadas para levantamento de dados e coeficientes técnicos situam-se nos municípios de Viamão, Guaíba, Camaquã, Pelotas, Pedro Osório, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Jaguarão, Alegrete. As propriedades pesquisadas foram selecionadas com base no pré-requisito de já explorarem as alternativas de produção estudadas, de modo a trabalhar-se com coeficientes técnicos em nível de campo.

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TECNOLOGIAS E COEFICIENTES TÉCNICOS UTILIZADOS

Cada uma das alternativas de exploração anual desenvolve atividades previamente conhecidas e orçadas com relação à produção, aos rendimentos, aos custos e às receitas. Estas alternativas de produção consideraram que cada um dos sistemas de exploração estudados são conhecidos e utilizados pelos produtores. Por tratar-se de um estudo que objetiva realizar uma análise plurianual, não são considerados fatores econômicos conjunturais de curto prazo. Com o objetivo de contorná-los, os preços de mercado contemplam valores médios baseados em séries históricas de preços (últimos dez anos), tendo como fonte a Emater/RS e a Fundação Getúlio Vargas. Os custos de produção resultaram de levantamento de campo, onde se identificaram as tecnologias utilizadas em cada alternativa de cultivo e posteriormente valorizaram-se seus coeficientes.

Cada "alternativa" de exploração deve ser entendida como um subsistema de exploração aplicado a uma determinada área em um ano agrícola, ou seja, cada alternativa de exploração possui um conjunto de *inputs* e *outputs* que irão determinar um potencial de rentabilidade econômico conforme a dimensão de área que vier a ocupar em um determinado ano agrícola. Um ou mais subsistema deverá compor o sistema de exploração anual, ótimo em termos econômicos.

A composição dos custos de cada alternativa de exploração anual contemplam os gastos com sementes, adubação de base e cobertura, defensivos, sementes da pastagens de inverno, dosificação para bovinos em pastagem de inverno e os custos com serviços de aplicação aérea (adubação de cobertura, defensivos e semeadura da pastagem).

Para estimar os coeficientes técnicos referente à hora-máquina operada, realizou-se uma média dos valores existentes entre entidades de classe, fabricantes de máquinas e dados obtidos na pesquisa de campo.

Para o cálculo dos custos da hora-máquina operada, utilizou-se metodologia do Instituto de Economia Agrícola/SP (IEA), considerando-se os custos variáveis com mão-de-obra, combustíveis, lubrificantes, manutenção, assim como os custos fixos com depreciação, juros sobre capital imobilizado, apólices de seguro e infra-estrutura para abrigo.

Além da aviação agrícola para aplicação de herbicida, inseticida, adubação e sementeira de pastagens, considerou-se o seguinte: custos com operações de aplainamento do solo em todas as alternativas, quando da realização dos trabalhos de preparo de solo; custos com a construção de taipas nas culturas de sequeiro viabilizando a realização de irrigação por inundação (banho) em caso de uma carência hídrica; custos com a manutenção permanente de drenos e canais de irrigação em 100% da área agricultável (disponível para a exploração no ano).

RENDIMENTOS E RECEITAS ESTIMADAS

Por se tratar de uma análise multiperiódica, os custos e receitas de cada ano foram deflacionados a uma taxa de 12% a.a., taxa esta considerada como de oportunidade de utilização de capital de terceiros.

Os rendimentos das culturas exploradas em cada alternativa de exploração anual ou subsistema de produção refletem a média encontrada na pesquisa de campo realizada. Não foram considerados, neste caso, os rendimentos apontados pela pesquisa, por esta considerar potenciais de produção e produtividade obtidos em condições relativamente idealizadas, diferentes das encontradas a campo, no que se referem ao rigor e intensidade do acompanhamento técnico e na escala de produção.

A produção e os rendimentos gerados em cada uma das cinco alternativas de produção estão especificados na Tabela 1, a seguir.

TABELA 1

Rendimento das alternativas anuais de exploração

alternativa	produção/ grãos (em kg/ha)	produção de kg/vivo - boi	
		seq. normal	seq. sist. V (em kg/ha)
Arroz plantio convencional (I)	5.500	90	130
Arroz plantio direto (II)	5.500	-	150
Soja (III)	1.300	100	140
Sorgo (IV)	2.100	80	120
Preparo de verão (V)	200/400	160	180

Fonte: pesquisa de campo e entidades de pesquisa.

O diferencial em termos de ganho de peso apresentados na Tabela 1 com relação às alternativas exploradas em seqüência ao preparo de verão (alternativa V) deve-se ao melhor aproveitamento das pastagens de inverno (nos meses de setembro e outubro), devido a esta alternativa (V) permitir um retardamento das atividades de preparo de solo na ocasião do plantio da cultura que o suceder.

O preço de comercialização do produto carne (quilo vivo) foi calculado considerando-se a variação do preço real do quilo vivo de US\$ 0,50 na safra para US\$ 0,70 na entressafra, ou seja, uma valorização de US\$0,20/kg comercializado na entressafra para fins de engorda. Sendo o pesomédio dos animais magros adquiridos para engorda de 350 quilos, a receita obtida com a valorização do preço do boi gordo (quilo vivo) é igual a US\$ 70,00 (custo = $350\text{kg} \times \text{US\$ } 0,50 = \text{US\$ } 175,00$ e venda = $350\text{kg} \times \text{US\$ } 0,70 = \text{US\$ } 245,00$). Somado a este valor, proveniente da valorização do quilo vivo, o valor do ganho de peso dos animais que em média é de 120 quilos por cabeça, equivalente a US\$ 84,00 ($120\text{kg} \times \text{US\$ } 0,70$), totalizando US\$ 154,00 de margem de contribuição média por cabeça. Dividindo este valor (US\$ 154,00) pelo ganho de peso médio realizado pelas cinco alternativas (120kg), chegamos a um preço de US\$ 1,28 por quilo vivo vendido.

Este é o preço considerado para efeito de venda do quilo vivo produzido nas diversas alternativas de exploração anual estudadas.

TABELA 2

Cotações de mercado para os produtos estudados

Produtos	Preços unitários	
	NCz\$/Kg	US\$/Kg
Arroz	1,23	0,20
Soja	1,11	0,18
Sorgo	0,74	0,12
Azevém	2,47	0,40
Boi gordo	7,80	1,28

Fonte: pesquisa de séries históricas (11/89).

TABELA 3
Custos médios de produção com insumos e serviços das alternativas de exploração anual estudadas

Alternativas	Custos Unitários	
	NCz\$/Ha	US\$/Ha
Arroz plantio convencional (I)	2.832	459,04
Arroz plantio direto (II)	2.506	406.23
Soja (III)	1.128	182.89
Sorgo (IV)	984	159.56
Preparo de verão (V)	657	106.43

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 3, acima, apresenta os custos de produção por hectare para as cinco alternativas estudadas, levantadas segundo pesquisa de campo realizada sobre custos de insumos e produtos envolvidos nas tecnologias definidas para cada uma das cinco alternativas de produção estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as alternativas de exploração apresentaram uma margem de contribuição positiva em relação aos custos variáveis diretos de produção (insumos e serviços), como demonstra, a seguir, a Tabela 4. Os valores apresentados no item *custos com insumos e serviços* não incluem os custos referentes à mecanização (horas-máquina), por estes terem sido considerados separadamente na matriz de programação e onerarem cada uma das alternativas de exploração de acordo com a demanda pelos mesmos a partir da dimensão da área explorada.

TABELA 4

Resultados obtidos pelas alternativas de exploração anual em sistema de sucessão normal (US\$/ha/ano)

Item	Arroz convencional	Soja	Sorgo	Preparo de verão
Receita bruta	1.215	349	354	285
Custos com insumos e serviços	459	182	159	106
Margem de contribuição	756	167	195	179

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 4 apresenta ainda as receitas e resultados obtidos em cada uma das quatro alternativas de produção, quando não sucedem ao preparo de verão (alternativa V). O item *margem de contribuição* representa o saldo positivo que cada uma das alternativas apresenta após descontados os custos com insumos e serviços diretos, disponíveis em cada alternativa para fazer jus à cobertura dos custos operacionais de hora-máquina definidos pela matriz de programação a partir do sistema ótimo de exploração para o período proposto.

Os valores apresentados na Tabela 4 têm como fonte os dados das Tabelas 2, 3 e as tabelas referente aos custos de produção de cada alternativa de exploração anual apresentadas no Anexo.

A Tabela 5, a seguir, apresenta os indicadores econômicos das alternativas, quando implementados em sucessão ao preparo de verão (alternativa V).

Observa-se que as margens de contribuição da Tabela 5 são superiores às encontradas na Tabela 4. Esta diferença se deve ao aumento das receitas advindas do aumento da produção de carne nas alternativas que sucedem o preparo de verão (alternativa V).

Por se tratar de demonstrativo de margens de contribuição sobre os custos diretos, as variações destas margens devem-se apenas às variações ocorridas nas receitas relacionadas aos volumes produzidos.

TABELA 5

Resultados obtidos pelas alternativas de exploração anual em sistema de sucessão a alternativa V (US\$/ha/ano)

Item	Arroz convencional	Arroz direto	Soja	Sorgo	Preparo de verão
Receita bruta	1.266	1.292	400	405	390
Custos com insumos e serviços	459	406	182	159	106
Margem de contribuição	807	886	218	246	284

Fonte: dados da pesquisa.

O cultivo mínimo permite, ainda, que as atividades de preparo do solo e plantio sejam retardadas, aumentando com isso a utilização das pastagens de azevém cultivadas após o preparo de verão (alternativa V), durante o mês de setembro e início de outubro, o que gera um significativo ganho de peso dos animais colocados em pastoreio nesta época. Daí advém o acréscimo da rentabilidade econômica quando as alternativas de produção sucedem o preparo de verão (alternativa V).

A baixa produtividade obtida com as culturas de sequeiro em solos de várzeas é o fator responsável por seu baixo retorno econômico. As alternativas ao arroz irrigado não têm, no entanto, a finalidade de gerar um resultado econômico positivo no sistema anual de exploração, mas sim oferecer condições de intensificar a exploração do sistema no longo prazo, minimizar os problemas causados pelo cultivo intensivo do arroz irrigado nestas áreas e otimizar o uso do solo e da infra-estrutura de produção, ociosa no sistema tradicional de exploração, aumentando os resultados econômicos a médio e longo prazos.

ALTERNATIVAS DE EXPLORAÇÃO ANUAL DEFINIDAS PELA OTIMIZAÇÃO

Como resultado das simulações realizadas, as alternativas de exploração que compõem a solução ótima foram as seguintes: o arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I), o arroz irrigado com plantio direto (alternativa II) e o preparo de verão (alternativa V), ficando excluídos a soja (alternativa III) e o sorgo (alternativa IV).

A limitação à entrada das alternativas III e IV na solução ótima deve-se principalmente à exigência de um aumento na demanda de horas-máquina em período concorrencial com o arroz irrigado, sem oferecer um retorno econômico superior a este, provavelmente pelos baixos índices de produtividade que estas duas alternativas obtêm quando semeadas em solos de várzeas.

Para todas as simulações do fator limitante terra, obteve-se a mesma distribuição percentual de ocupação anual de área pelas diferentes alternativas que compuseram a solução ótima ao longo do período proposto pelo estudo. Para efeito de análise e comentários do sistema de rotação otimizado, tomaram-se os resultados do cálculo de programação que considerou como fator limitante *terra* a disponibilidade máxima de 500 hectares de exploração.

A Tabela 6, a seguir, apresenta o sistema de rotação definido pela solução ótima ao longo do período de seis anos proposto pelo estudo.

Os resultados apontaram para uma divisão da área explorada em três parcelas com diferentes sistemas de rotação que maximizou a lucratividade de uma propriedade hipotética.

De modo a facilitar a identificação destas diferentes parcelas e respectivos sistemas de rotação, as mesmas foram classificadas em ordem alfabética segundo o critério de similaridade de sistemas de exploração ano a ano, conforme o exposto na Figura 1.

TABELA 6

Sistema de rotação otimizado — cálculo de programação

Área	%	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6
A	30,0%	I	I	V	II	V	II
B	30,0%	I	V	II	V	II	I
C	40,0%	V	II	I	I	V	II
Totais	100,0%						

Fonte: dados da pesquisa.

FIGURA 1

Sistema de sucessão otimizado

Área	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6
A						
B						
C						

Arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I):

Arroz irrigado com plantio direto (alternativa II);

Preparo de verão (alternativa V).

Esta foi a distribuição esquemática de implementação dos três subsistemas que fizeram parte da solução ótima para o problema proposto por este trabalho.

Como podemos observar, o sistema de exploração plurianual proposto contempla a integração das alternativas I, II e V em sucessão. Além de incluir no sistema ótimo de exploração anual as mesmas alternativas, todas as dimensões de área apresentaram resultados similares com relação aos outros fatores como veremos mais adiante.

RECEITAS, CUSTOS E RESULTADOS

As rendas geradas pelos sistemas anuais simulados são resultado do potencial de produtividade de cada uma das alternativas, interações existentes entre eles e custos de produção relacionados às tecnologias implementadas por cada um.

Os resultados econômicos obtidos com os cálculos de programação para a área de 500 hectares estão apresentados na Tabela 7, a seguir, que incluem os valores referentes a receitas e custos (ano a ano) do conjunto de alternativas exploradas. Os valores apresentados permitem a identificação dos fluxos financeiros ao longo do período simulado. Os valores estão descontados a uma taxa de 12% ao ano, representando o valor obtido pela função objetivo no final do período de exploração, ou seja, a soma do valor presente das receitas líquidas anuais futuras, que, para a área disponível de 500 hectares, é igual a US\$ 478.208,00.

TABELA 7

Demonstrativo de receitas e custos para área de 500 ha.

Item	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6	total
Deflator	0,893	0,797	0,712	0,636	0,567	0,507	
Receita Bruta	348.529	385.297	341.302	304.717	167.244	320.585	1.867.674
Custo Total	311.072	270.012	245.873	219.517	152.719	90.273	1.389.466
Receita Líquida	37.457	115.285	95.429	85.200	14.525	130.312	478.208

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que existe uma uniformidade no fluxo de receitas e custos de produção entre o segundo e o quarto anos de exploração, demonstrando um equilíbrio do sistema instalado neste período; isto deixa de ocorrer a partir do quinto ano, quando se verifica uma alteração do sistema de rotação.

É importante salientar que, por se tratar de um período finito (seis anos) e pelo objetivo de maximização de renda, o sistema apresentado como solução ótima seria implementado por um tomador de decisões (produtor), sob a ótica de um arrendatário que, por exemplo, sem comprometer-se com o futuro (a partir do sétimo ano), utilizaria a área disponível de forma a obter o maior resultado econômico possível e sustentável em termos de rendimentos físicos, no longo prazo.

Para a dimensão de exploração que estamos descrevendo (500ha), o valor presente das receitas líquidas futuras, gerado pelo cálculo de programação linear, equivale a US\$ 478.208, ou 77% superior à melhor alternativa de utilização, com sistemas tradicionais, que é de US\$ 270 mil. Isto comprova a significativa superioridade dos rendimentos econômicos, que podem ser obtidos, se introduzidos, nestas áreas, sistemas de exploração mais intensivos e tecnicamente viáveis, que, como demonstram os resultados obtidos por este trabalho, são significativamente mais rentáveis do que os sistemas tradicionalmente explorados nestas áreas.

CONCLUSÕES

Este trabalho tem o intuito de apresentar aos produtores e pesquisadores envolvidos com as culturas exploradas nas regiões de várzeas (principalmente arroz irrigado) instrumentos de apoio à tomada de decisão com relação a melhor forma de utilização deste solos com base na integração de sistemas convencionais e alternativos de produção, apresentando alguns resultados obtidos com base nos levantamentos e simulações realizadas.

Dentro do enfoque de otimização no uso dos recursos produtivos, o planejamento tem papel fundamental. Permite-nos a visualização de diferentes panoramas de produção, simulando resultados de forma a otimizar a tomada de decisões.

Com este intuito, o presente estudo, a partir da seleção de cinco alternativas anuais de exploração tecnicamente viáveis para implementação nestas áreas, determinou qual o sistema de exploração plurianual que, integrando-as em um mesmo sistema, maximiza a renda líquida (retorno) de uma propriedade com determinada dimensão de área, em um período de seis anos.

Os resultados definiram as alternativas arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I), arroz irrigado com plantio direto (alternativa II) e preparo de verão (alternativa V) como participantes do sistema de exploração integrado que otimiza o uso dos fatores de produção para as áreas de várzeas. As outras duas alternativas estudadas foram a soja e o sorgo, que não fizeram parte do sistema ótimo de exploração, por proporcionarem contribuições inferiores às demais alternativas ao sistema.

O sistema de produção, entendido como o conjunto de atividades produtivas a ser combinado de forma sistêmica em uma propriedade a partir das alternativas propostas por este estudo, considera a exploração das alternativas (I, II, V) em rotação, de forma a proporcionar uma ocupação média anual de 65% da área total disponível com a exploração da cultura do arroz irrigado ao longo do panorama de exploração em um sistema de rotação trianual (2/3 da área com arroz irrigado 1/3 convencional, 1/3 direto e 1/3 da área com preparo de verão).

Este incremento potencial de aumento de área com a exploração da cultura do arroz irrigado, que é cultura com maior aptidão para áreas com as características de várzeas, viabiliza-se a partir do momento em que se incrementa, no sistema de rotação, a tecnologia de plantio direto nesta áreas. Este sistema de plantio caracteriza-se por demandar um número significativamente menor de horas-máquina: 11,82 horas contra 19,11 horas no sistema convencional para implantar um hectare, segundo cálculos desenvolvidos por este estudo e apresentados anexos. Além disso, o fato de não serem realizadas as operações de preparo de solo no plantio direto contribui para a otimização do uso deste recurso intensivo na lavoura arroseira, distribuindo melhor a sua demanda ao longo do ano agrícola.

Em nível de propriedade, a implementação deste sistema de exploração (rotação) potencializa a redução dos custos médios de produção, a partir

da otimização no uso da atual capacidade instalada e exigida para a produção do arroz irrigado no sistema convencional de exploração. Esta redução de custos pode resultar na duplicação da atual área explorada sem aumento na demanda de potência nominal (HP's/ha), uma vez que não haja outros fatores limitantes para a lavoura, como água e/ou características limitantes à implantação destes sistemas alternativos como a declividade das áreas. Neste caso, os resultados indicam para a possibilidade de redução de custos a partir da desmobilização de máquinas, sem haver necessariamente redução na área plantada.

Este potencial aumento de produção sem a necessidade de incremento na mesma proporção em capital imobilizado resultaria em maior competitividade do arroz irrigado a partir da redução dos custos de produção.

A intensificação no uso dos solos foi obtida mediante integração das alternativas arroz irrigado com plantio direto (alternativa II) e preparo de verão (alternativa V) ao arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I) explorado nestas áreas, proporcionando um melhor controle do arroz vermelho e distribuição no uso de horas-máquina em períodos de menor demanda.

Os resultados encontrados para o sistema de exploração ótimo mostraram que o produtor pode obter os seguintes valores médios referentes a produção por hectare/ano, se o implementar em suas áreas: 3.666kg/ha/ano de arroz, 129kg/ha/ano de carne (quilo vivo) e 53kg/ha/ano de semente de azevém para o período de exploração de seis anos.

Ao analisarmos o resultado gerado pelo sistema que integra as três alternativas de exploração anual, definidas pela solução ótima em um mesmo ano, e analisarmos os resultados obtidos a partir dos dados do segundo ao quarto ano, constatam-se produtividades médias anuais iguais a 3.850 kg/ha/ano de arroz, 131kg/ha/ano de carne e 60kg/ha/ano de semente de azevém.

Estes números indicam que a implementação deste sistema pelo produtor proporciona uma receita líquida — renda da capacidade administrativa e uso dos solos, já deflacionada (12% a.a.), de US\$ 3.735/ha no período de seis anos de exploração ou US\$ 623/ha/ano. Estes valores demonstram uma rentabilidade de 34% sobre os custos de produção que somaram US\$ 2.779/ha para o mesmo período, excluídos os juros sobre

o capital terra. Se considerados os custos sobre o capital terra (US\$ 493/ha), esta rentabilidade apresenta uma margem de 14% sobre os custos de produção no mesmo período.

Considerando o período entre o segundo e o quarto ano de exploração, a receita média eleva-se para US\$ 688/ha/ano, que, sobre um custo médio no mesmo período de US\$ 490 ha/ano, resulta em uma rentabilidade de 40%, sem descontar os custos com capital terra, o que, se realizado, reduziria este valor para 20%.

Verificou-se que estes valores são significativamente superiores aos obtidos em um sistema tradicional de exploração. Tomando os valores agregados para uma determinada dimensão de área, por exemplo 500 hectares, a soma do valor presente das receitas líquidas geradas no período de seis anos foram US\$ 478.208, contra US\$ 270 mil para a exploração em sistema tradicional, o que resulta em uma rentabilidade 77% superior.

As conclusões deste estudo apontam, desta forma, para a possibilidade de aumentar-se o atual nível de rentabilidade econômica das regiões com características de várzeas no estado do Rio Grande do Sul, uma vez implementado em áreas aptas a desenvolver estes sistemas de produção e que integrem novas tecnologias e processos aos atuais sistemas de exploração.

REFERÊNCIAS

- ABUD, J. K. "Sistemas de produção em arroz irrigado", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 12, 1983, Porto Alegre, *Anais*, Porto Alegre, IRGA, 1983, 274p, pp.199-203.
- "Avaliação da eficiência do sistema de plantio direto em arroz irrigado: observações preliminares", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 13, 1984, Caburiú, *Anais*, Florianópolis, EMPASC, 1984, 380p, pp.256-260.
- "Avaliação do sistema de semeadura semidireta (cultivo-mínimo) no controle do arroz vermelho em arroz irrigado", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 14, 1985, Pelotas, *Anais*, Pelotas, EMBRAPA/CPATB, 1985, 465p, pp.149-155.
- BELTRAME, L. S. F. & TAYLOR, J. C. "Soja: uma opção para aumentar a rentabilidade das várzeas arrozeiras", in *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, set/out 1979.
- "Drenagem das várzeas: método, máquinas e materiais", in *Provárzeas nacional: 1 hectare vale por 10*, Brasília, Ministério da Agricultura, Secretária Nacional de Produção Agropecuária, 1982, 199p, pp. 65-71 (Informações Técnicas, 2).
- BENEKE, R. R. & WINTERBOER, R. *Linear programming applications to agriculture*, Ames, The Iowa State University, 1973.
- BORGES, I. O. "Análise econômica de alternativas técnicas de drenagem agrícola propostas para os planossolos hidromórficos do estado do Rio Grande do Sul", Porto Alegre, IPH/UFRGS, 1983. 111p, (dissertação de mestrado).
- CAUDURO, F. A. & BELTRAME, L. F. S. "Característica físico-hídricas de alguns solos de várzea do Rio Grande do Sul", in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984, *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986. 281p, pp.104-110.
- GASTAL, E. "Enfoque de sistemas na programação de pesquisa agropecuária", Rio de Janeiro, IICA, 1978. 207p.

- GASTAL, M. F. C. "Aspectos da cultura da soja em várzeas", in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984, *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986. 281p, pp.182-186.
- "Cultivares", in *Soja, nas várzeas da região sudeste do Rio Grande do Sul: indicações para cultivo*, Pelotas, Embrapa-CPATB, 1988, 64p, pp. 29-31 (Circular Técnica, 1).
- INFIELD, J. A. & REIS, J. C. L. "Forragens em restava de arroz irrigado", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 19, 1991, Camburiú, *Anais*, Florianópolis, EMPASC, 1991, 350p, pp.117-121.
- Anuário Estatístico do Arroz 1976/77, Porto Alegre, IRGA, 1978.
- LANZER, E. A. *Programação linear: conceitos e aplicações*, Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982, 270p.
- NABINGER, C. "Pastagens cultivadas como alternativas para área de várzea", in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984, *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986, 281p, pp.220-232.
- MAIA, M. S. "Pastagens cultivadas: alternativas para utilização das várzeas do Estado do Rio Grande do Sul", in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984, *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986, 281p, pp.233-249.
- MENEZES, V. G. "Avaliação do sistema de cultivo mínimo em arroz irrigado no controle de arroz vermelho", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 19, 1991, Caburiú, *Anais*, Florianópolis, EMPASC, 1991, 350p, pp.276-279.
- PARFITT, J. M. B. & CARRICONDE FILHO, J. M. "Procedimentos para instalação da sistematização na lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 14, 1985, Pelotas, *Anais*, Pelotas, EMBRAPA/CPATB, 1985, 465p, pp.179-183.
- PATELA, F. "Utilização das várzeas no inverno" in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984. *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986, 281p, pp.264-267.

- PAULETTO, E. A., VAHL, L. C., GOMES, A. DA S., *et al.* "Produtividade do arroz irrigado em sistemas de cultivo contínuo e em rotação com soja e milho", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 16, 1987, Caburiú, *Anais*, Florianópolis, EMPASC, 1987, 389p, pp.134-147.
- Provárzeas Nacional. *1 hectare vale por 10. Informação técnica nº 1*. Brasília, Ministério da Agricultura, 1982, 254p.
- *1 hectare vale por 10. Informação técnica nº 2*. Brasília, Ministério da Agricultura, 1983, 199p.
- *Proposta para irrigação de 1 milhão de hectares nos estados do Centro-Sul*, Brasília, Ministério da Agricultura, 1986, 63p.
- Provárzeas Rio Grande do Sul Ano I. *Normas e diretrizes*, Porto Alegre, Secretária da Agricultura/Ministério da Agricultura, 1981, 23p.
- RAUPP, A. A. A., ROCCHI, C. E., CHIELLE, Z. G., *et al.* "Sorgo granífero, cultivo e utilização", Pelotas, 1989, Grupo Pró-Sorgo Sul/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1989, 41p. p.8.
- RAMOS, P. D. C. *et al.* "Melhoria da produtividade das várzeas arrozeiras do Rio Grande do Sul", in Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Pesquisas aplicadas sobre o uso e conservação dos recursos hídricos do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.
- RAMOS, L. R. M., CARVALHO, F. I. F & NODARI, R. O. "Milho em solos hidromórficos", *Lavoura Arrozeira*, n.345, pp.38-41, 1983.
- SEEL, P. & COSTA, J. A. "Comportamento da soja em várzeas arrozeiras" *Lavoura Arrozeira*, n.318, pp.38-41, 1983.
- SILVA, A. R. "Tolerância ao encharcamento", in I Simpósio de Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, 1984, Porto Alegre, *Anais*, Brasília, Provárzeas/PROFIR, 1986, 281p, pp.166-181.
- SOUZA, P. R. DE & FICHER, M. "Arroz Vermelho : danos causados à lavoura gaúcha", in Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 15, 1986, Porto Alegre, *Anais*, Porto Alegre, IRGA, 1986, 373p, pp.169-173.
- SPEDDING, C. R. W. *Ecologia de los sistemas agrícolas*, Madri, H. Blume, 1979, 320p.

- SIEWERDT, L. "Rotação arroz-pastagens já é uma realidade", Pelotas, *Agrisul*, fev 1967, pp.16-23.
- TIREL, J. C. "Alternative models for national plans stressing agriculture", in HEADY, E. O., *Economic models and quantitative methods for decisions and planning in agriculture*, Ames, The Iowa State University, 1971, cap. 23, pp.431-453.
- VERNETTI, F. J. "Competição de cultivares de soja sob dois sistemas de irrigação em planossolo", in Resultados de Pesquisa da Soja, 1986/1987, Pelotas, *Documentos*, Pelotas, Embrapa-CPATB, Setor de Difusão de Tecnologia, 1988, 114p, pp.99-114.
- XAVIER, F. E. & PINTO, J. J. O. "Invasoras", in *Soja, nas várzeas da região sudeste do Rio Grande do Sul: indicações para cultivo*, Pelotas, Embrapa-CPATB, 1988, 64p, pp. 58-63 (Circular Técnica, 1).
- XAVIER, F. E. & ANDRADE, V. A. de. "Controle de plantas daninhas", in *Fundamentos para a cultura do arroz irrigado*, Campinas, Fundação Cargil/Pelotas, Embrapa-CPATB/UFPEL, 1985, 317p, pp.181-204.

ANEXO

COEFICIENTES TECNOLÓGICOS E CUSTO DE PRODUÇÃO

ALTERNATIVA I - ARROZ IRRIGADO COM PLANTIO CONVENCIONAL

Esta alternativa envolve a produção de arroz e carne, caracterizando-se pela tecnologia de plantio convencional do arroz irrigado, com atividades operacionais no período de setembro a maio, e aproveitamento da resteva do arroz e da pastagem de inverno, realizada com a semeadura aérea e utilizada para a engorda de animais até agosto.

O sistema convencional de cultivo do arroz irrigado compreende todas aquelas práticas culturais utilizadas normalmente pelos produtores para esta cultura. Uma vez que existe certa variabilidade no que se refere ao número de operações realizadas, de região para região, procurou-se determinar valores médios quanto ao número e tipos de operações realizadas.

O número de horas-máquina demandadas por hectare para a realização de determinada operação reflete o tempo utilizado para sua realização de forma ponderada, isto é, representa o tempo necessário para realização desta atividade já ponderado o percentual de área em que a mesma deva ser realizada. Exemplo: operação de aplainamento consome 1,00^{HM}/ha, mas é realizada em apenas 50% da área plantada, o tempo ponderado é igual a 0,50^{HM}/ha. A demanda de horas-máquina do arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I) é apresentado na Tabela 1A, a seguir.

O número de horas-máquina consumidas pelo arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I) é de 19,11^{HM}/ha com uma redução para 15,09^{HM}/ha quando em seqüência ao preparo de verão (alternativa IV).

TABELA 1A

**Demanda de horas operada por hectare
para a alternativa I (arroz irrigado com plantio convencional)**

Operação	hora/ha	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
		núm/oper.	horas/ha	núm/oper.	horas/ha
Aração	0,64	2	1,28	-	-
Grade niveladora	0,37	12	4,44	8	2,96
Aplainamento	0,63	2	1,26	-	-
Valetamento	0,42	1	0,42	1	0,42
Plantio/adubação	1,19	1	1,19	1	1,19
Compactação	0,31	1	0,31	1	0,31
Entaipamento	0,57	2	1,14	2	1,14
Desmonte de taipas	0,57	1	0,57	1	0,57
Plantio azevém	0,31	-	-	-	-
Tapadeira 0,34	-	-	-	-	-
Manut. drenos/canais	5,00	1	5,00	1	5,00
Automotrizes	1,50	1	1,50	1	1,50
Graneleiros	2,00	1	2,00	1	2,00
Total de horas-máquina por hectare			19,11		15,09

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 2A, a seguir, apresenta a distribuição da demanda anual de horas-máquina para o arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I) nos 10 períodos que compõem um ano agrícola.

A demanda de horas-máquina nos meses em que não existem trabalhos específicos para a cultura é debitada às atividades de manutenção de drenos e canais realizadas ao longo de todo o ano. Isto ocorre em todas as alternativas visando à manutenção das condições de drenagem e sistematização dos solos para a irrigação.

A tecnologia utilizada pelo arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I) está definida na Tabela 3A, que relaciona os principais insumos e quantidades utilizadas, assim como prevê a realização de atividades e serviços inerentes à alternativa como a aviação agrícola, largamente difundida nesta lavoura.

TABELA 2A

Distribuição da demanda de horas-máquina no ano agrícola para a alternativa I (arroz irrigado com plantio convencional)

Período de operação	Número de horas demandadas			
	Seqüência normal trator	colheita	Seqüência sistema V trator	colheita
Setembro	3,0		-	
Outubro	5,0	-	4,0	-
Novembro	4,0		4,5	
Dezembro	1,0		1,0	
Janeiro	-		-	
Fevereiro	-		-	
Março	0,6	1,4	0,6	1,4
Abril	0,5	0,8	0,5	0,8
Maiο	0,4	0,8	0,4	0,8
Junho/julho/agosto	1,0		1,0	

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 3A

Composição dos custos diretos de produção para a alternativa I (arroz irrigado com plantio convencional)

Insumos e Operações	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Total
	Und/ha		NCz\$	US\$	US\$
Semente (arroz)	180	kg	1,71	0,28	50,07
Adub. de base	220	kg	1,56	0,25	55,79
Adub. de cobertura	100	kg	1,30	0,21	21,11
Herbicida	14	litro	50,43	8,18	114,53
Apl. herbicida	2,5	apl.	92,55	15,01	37,53
Apl. uréia	2	apl.	78,17	12,68	25,36
Semente (azevém)	30	kg	2,63	0,43	12,80
Semeadura aérea	1	apl.	67,58	10,96	10,96
Custo da irrigação	1	ha	756,51	122,71	122,71
Insumos gado	4	dose	12,61	2,05	8,18
Custo total por hectare					459,04

Fonte: dados da pesquisa.

A pastagem de inverno é de azevém e com semeadura aérea sobre a resteva do arroz. Estima-se o aproveitamento com pastoreio sobre as áreas plantadas com arroz, de 120 dias (maio a agosto) aproximadamente, com uma lotação de uma unidade animal por hectare e um ganho de peso de 90kg/ha no mesmo período em média.

A produção estimada para a lavoura de arroz de 5.500kg/ha é considerada média entre as empresas visitadas, em condições de clima normais. Esta produtividade apresenta um potencial de 6.000/6.500kg/ha, no entanto não são considerados estes valores por se tratar de uma análise plurianual (6 anos), o que deve contemplar índices de produtividade médios para o período considerado.

ALTERNATIVA II - ARROZ IRRIGADO COM PLANTIO DIRETO

O plantio direto da cultura do arroz surgiu em decorrência do chamado preparo de verão, que, em síntese, pode ser descrito como sendo a realização do preparo do solo no período de verão, envolvendo principalmente operações de gradeação e aplainamento com objetivo de controlar e reduzir a infestação de arroz vermelho nestas áreas.

No trabalho proposto, o arroz irrigado com plantio direto (alternativa II) só ocorre em sucessão ao reparo de verão (alternativa V), por este fornecer as condições ideais e necessárias a sua viabilização. O plantio é realizado sobre a resteva da pastagem de azevém, que é dissecada com aplicação aérea de herbicida e semeada no sistema direto com plantadeiras desenvolvidas para este fim, seguida pelo entaipamento e pelas práticas convencionais de cultivo do arroz. Mais recentemente, em área de baixa declividade, vem se desenvolvendo uma técnica que prevê a construção das taipas antes da implantação da pastagem. Estas taipas têm como principal característica a largura da sua base (5 a 6 metros), o que permite que sejam realizadas as demais operações (plantio e colheita) com os equipamentos passando sobre as mesmas. A Tabela 4A ilustra as demandas de horas-máquina para esta alternativa.

A demanda de horas operada, apresentada na Tabela 4A, a seguir, tem sua distribuição de horas-máquina apresentada na Tabela 5A, a seguir.

TABELA 4A

**Demanda de horas operada por hectare
para a alternativa II (arroz irrigado com plantio direto)**

Operação	hora/ha	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
		núm/oper.	horas/ha	núm/oper.	horas/ha
Aração	0,64	-	-	-	-
Grade niveladora	0,37	-	-	-	-
Aplainamento	0,63	-	-	-	-
Valetamento	0,42	-	-	1	0,42
Plantio/adubação	1,19	-	-	1	1,19
Compactação	0,31	-	-	-	-
Entaipamento	0,57	-	-	2	1,14
Desmonte de taipas	0,57	-	-	1	0,57
Plantio azevém	0,31	-	-	-	-
Tapadeira 0,34	-	-	-	-	-
Manut. drenos/canais	5,00	-	-	1	5,00
Automotrizes	1,50	-	-	1	1,50
Graneleiros	2,00	-	-	1	2,00
Total de horas-máquina por hectare					11,82

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 5A

**Distribuição da demanda de horas-máquina no ano agrícola
para a alternativa II (arroz irrigado com plantio direto)**

Período de operação	Número de horas demandadas			
	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
	trator	colheita	trator	colheita
Setembro	-	-	-	-
Outubro	-	-	2,0	-
Novembro	-	-	3,5	-
Dezembro	-	-	1,0	-
Janeiro	-	-	-	-
Fevereiro	-	-	-	-
Março	-	-	0,6	1,4
Abril	-	-	0,5	0,8
Maio	-	0,8	0,4	0,8
Junho/julho/agosto	-	-	1,0	-

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 6A

**Composição dos custos diretos de produção para
a alternativa II (arroz irrigado com plantio direto)**

Insumos e Operações	Quant. Und/ha	Unid.	Preço Unitário		Total US\$
			NCz\$	US\$	
Semente (arroz)	180	kg	1,71	0,28	50,07
Adeb. de base	200	kg	1,56	0,25	50,72
Adeb. de cobert.	100	kg	1,30	0,21	21,11
Herbicida	10	litro	50,43	8,18	81,81
Apl. herbicida	1,5	apl.	92,55	15,01	22,52
Apl. uréia	2	apl.	78,17	12,68	25,36
Semente (azevém)	30	kg	2,63	0,43	12,80
Semeadura aérea	1	apl.	67,58	10,96	10,96
Custo da irrigação	1	ha	756,51	122,71	122,71
Insumos gado	4	dose	12,61	2,05	8,18
Custo total por hectare					406,23

Fonte: dados da pesquisa.

Na Tabela 6A, acima, são apresentados os custos de produção e principais insumos e serviços utilizados pelo arroz irrigado com plantio direto (alternativa II).

Com relação a produtividade obtida com o arroz irrigado com plantio direto (alternativa II), de acordo com a Tabela 6A, estima-se uma produção de 5.500kg/ha de arroz, com base em trabalhos de experimentação realizados na safra de 1979/80, indicando não haver diferença significativa com relação à produtividade nas duas alternativas de cultivo (Andrade, 1981). Este dados foram confirmados pelas pesquisas de campo realizadas.

Com relação a exploração pecuária, o preparo de verão (alternativa V) proporciona um maior ganho de peso por hectare por viabilizar a implantação de uma pastagem em condições ideais de solo e época de semeadura, resultando em um aproveitamento mais intenso e eficiente da área que pode anteceder a qualquer uma das alternativas de exploração anual, o que resulta em um ganho de peso de 170kg/ha creditados ao sistema alternativo de exploração que o suceder pela utilização da pastagem nos meses de setembro e outubro.

ALTERNATIVA III - SOJA

Com a necessidade de intensificação no uso dos solos e no aumento da produção agrícola, propõe-se a exploração de culturas alternativas a lavoura do arroz, devido aos baixos índices de produtividade, física e econômica, obtido pelo sistema de rotação que inclui a exploração pecuária como sistema alternativo.

A demanda total de horas-máquina para a alternativa III (soja) está apresentada, a seguir, na Tabela 7A, com a composição da demanda total para as duas situações possíveis de exploração; seqüência normal e em seqüência ao preparo de verão (alternativa V).

TABELA 7A
**Demanda de horas operada
 por hectare para a alternativa III (soja)**

Operação	hora/ha	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
		núm/oper.	horas/ha	núm/oper.	horas/ha
Aração	0,64	2	1,28	-	-
Grade niveladora	0,37	8	2,96	8	1,48
Aplainamento	0,63	2	1,26	-	-
Valetamento	0,42	1	0,42	1	0,42
Plantio/adubação	1,19	1	1,19	1	1,19
Compactação	0,31	-	-	1	-
Entaipamento	0,57	1	0,57	2	0,57
Desmonte de taipas	0,57	1	0,57	1	0,57
Plantio azevém	0,31	-	-	-	-
Tapadeira	0,34	-	-	-	-
Manut. drenos/canais	5,00	1	5,00	1	5,00
Automotrizes	1,50	1	1,50	1	1,50
Graneleiros	2,00	1	2,00	1	2,00
Total de horas-máquina por hectare			16,75		12,73

Fonte: dados da pesquisa.

A demanda total de horas-máquina se aproxima do arroz irrigado com plantio convencional (alternativa I), por envolver todas as atividades de preparo normais do sistema alternativo III e mais as operações que visam a oferecer às culturas de sequeiro a possibilidade de irrigação por inundação controlada por quadros, uma vez que é prevista a construção de taipas nestas áreas por ocasião de suas explorações.

A distribuição no ano desta demanda de horas-máquina é apresentada na, a seguir, Tabela 8A.

Com a utilização de variedades tardias, viabiliza-se o plantio tardio desta cultura, o que otimiza a utilização da mecanização, que, neste período, começa a ser liberada pela lavoura de arroz (prioritária dentro do sistema proposto).

TABELA 8A

**Distribuição da demanda de horas-máquina
no ano agrícola para a alternativa III (soja)**

Período de operação	Número de horas demandadas			
	Seqüência normal trator	colheita	Seqüência sistema V trator	colheita
Setembro	-		-	
Outubro	3,0	-	3,5	-
Novembro	4,0		4,0	
Dezembro	4,5		1,0	
Janeiro	-		-	
Fevereiro	-		-	
Março	0,6	1,2	0,6	1,2
Abril	0,5	1,0	0,5	1,0
Maiο	0,4	0,8	0,4	0,8
Junho/julho/agosto	1,0		1,0	

Fonte: dados da pesquisa.

Com exceção do preparo de verão (alternativa V) que realiza a semeadura da pastagem a lanço, todas as demais alternativas realizam a semeadura aérea do azevém sobre a resteva da cultura de verão. Dentre estes, a pastagem semeada sobre a resteva da soja (alternativa III) apresenta maior produção de massa verde, pelas características favoráveis do solo na ocasião da colheita (mais seco e existência de nitrogênio resi-

dual), resultando em um maior ganho de peso por hectare dos animais no período de inverno.

Quando em sucessão ao preparo de verão (alternativa V), a soja (alternativa III) apresenta menor custo de produção pela redução do número de atividades de operações mecanizadas, devido ao preparo de verão (alternativa V), como já descrito anteriormente.

Além dos custos provenientes da demanda de horas-máquina da Alternativa, existem os custos com insumos e serviços apresentados, a seguir, na Tabela 9A, onde se pode identificar a tecnologia utilizada pela soja (alternativa III).

O custo dos insumos e serviços demandados pela soja (alternativa III) — US\$ 182,89/ha — inclui os custos com a pastagem e insumos para a pecuária, como ocorre com as demais alternativas.

Na tecnologia prevista para a soja, são previstas aplicações de inseticidas, por considerar-se normal o ataque de pragas nesta cultura.

TABELA 9A

Composição dos custos diretos de produção para a alternativa III (soja)

Insumos e Operações	Quant. Und/ha	Unid.	Preço Unitário		Total US\$
			NCz\$	US\$	
Semente (arroz)	90	kg	1,36	0,22	19,88
Asub. de base	120	kg	1,56	0,25	30,43
Herbicida	3,5	litro	101,99	16,54	57,90
Inseticida: Azodrin	0,7	litro	81,18	13,82	9,67
Peretróide	0,065	litro	336,23	54,54	3,54
Apl. herbicida	1	apl.	92,55	15,01	15,01
Apl. inseticida	1	apl.	64,20	10,41	10,41
Semente (azevém)	30	kg	2,63	0,43	12,80
Semeadura aérea	1	apl.	67,58	10,96	10,96
Custo da irrigação	1	ha	25,22	4,09	4,09
Insumos gado	4	dose	12,61	2,05	8,18
Custo total por hectare					182,89

Fonte: dados da pesquisa.

Ao elegerem-se as culturas para fazer rotação com o arroz, foram considerados parâmetros mercadológicos como o potencial de comercialização, preços, volumes absorvidos e mecanismos similares aos existentes no mercado do arroz.

Conforme levantado, as produtividades alcançadas pela soja (alternativa III) em solos úmidos são de 1.300kg/ha e de 100kg/ha a 140kg/ha de ganho de peso com animais colocados em pastejo. Estes números representam os valores médios obtidos por empresas que têm utilizado a soja com opção de cultivo de verão em “terras de arroz” e contemplam a tecnologia por elas utilizadas. A pesquisa apresenta como resultado de alguns experimentos sobre densidade de semeadura com possibilidade de colher-se acima de 2.500kg/ha, não verificados ou comprovados em nível de campo.

Em experimentos realizados na Embrapa-CPATB, Pelotas, pesquisas realizadas com simulação de sistema de rotação de culturas indicaram produtividades médias para cultura da soja, explorada em rotação com o arroz irrigado, igual a 2.126kg/ha, sendo esta a produtividade média de três anos de participação da soja em um sistema de rotação de seis anos de experimentação (Pauletto *et alii*, 1991).

O presente trabalho, no entanto, utilizou os dados da pesquisa de campo como parâmetros para a matriz de dados, por estes representarem valores reais sobre o potencial destas alternativas em nível de campo. Um superdimensionamento das produtividades médias neste trabalho levaria a conclusões equivocadas sobre as reais potencialidades de rentabilidade econômica das alternativas estudadas. Estes valores, no entanto, têm grande importância para análises de sensibilidade, pois ilustram o potencial produtivo destas culturas nas condições previstas por este estudo.

ALTERNATIVA IV - SORGO

Com o mesmo objetivo de otimizar o sistema econômico de produção pela exploração mais intensiva dos solos de várzeas e controle ou redução dos níveis de infestação do arroz vermelho, a cultura do sorgo (alternativa IV) foi introduzida nas zonas de várzeas.

A cultura do sorgo caracteriza-se pela tolerância à seca e às condições de alta umidade do solo, adaptando-se à rotação em áreas destinadas ao controle do arroz vermelho e outras invasoras da cultura do arroz. Ademais, é mecanizável, da sementeira à colheita, possui cultivares adaptadas a quase todo o país, utiliza, com pequenas alterações conforme o caso, os mesmos equipamentos agrícolas das culturas do arroz, milho, soja e trigo, e dispõe de preço mínimo fixado pelo governo (Raupp *et alii*, 1989).

O principal motivo pelo qual a cultura do sorgo (alternativa IV) exerce um eficiente controle e limpeza das áreas infestadas com o arroz vermelho é porque o controle químico de invasoras utilizados nesta cultura apresenta eficiente combate a gramíneas invasoras na qual se inclui o arroz vermelho.

A demanda de horas-máquina é equivalente a da soja (alternativa III) uma vez que a tecnologia utilizada é muito semelhante como se pode observar, a seguir, na Tabela 10A.

TABELA 10A

**Demanda de horas operada
por hectare para a alternativa IV (sorgo)**

Operação	hora/ha	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
		núm/oper.	horas/ha	núm/oper.	horas/ha
Aração	0,64	2	1,28	-	-
Grade niveladora	0,37	8	2,96	8	1,48
Aplainamento	0,63	2	1,26	-	-
Valetamento	0,42	1	0,42	1	0,42
Plantio/adubação	1,19	1	1,19	1	1,19
Compactação	0,31	-	-	1	-
Entaipamento	0,57	1	0,57	2	0,57
Desmonte de taipas	0,57	1	0,57	1	0,57
Plantio azevém	0,31	-	-	-	-
Tapadeira	0,34	-	-	-	-
Manut. drenos/canais	5,00	1	5,00	1	5,00
Automotrizes	1,50	1	1,50	1	1,50
Graneliros	2,00	1	2,00	1	2,00
Total de horas-máquina por hectare			16,75		12,73

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 11A
**Distribuição da demanda de horas-máquina
 no ano agrícola para a alternativa IV (sorgo)**

Período de operação	Número de horas demandadas			
	Seqüência normal tratores		Seqüência sistema V tratores	
	normal	colheita	sistema V	colheita
Setembro	-	-	-	-
Outubro	3,0	-	3,5	-
Novembro	4,0	-	4,0	-
Dezembro	4,5	-	1,0	-
Janeiro	-	-	-	-
Fevereiro	-	-	-	-
Março	0,6	1,2	0,6	1,2
Abril	0,5	1,0	0,5	1,0
Mai	0,4	0,8	0,4	0,8
Junho/julho/agosto	1,0	-	1,0	-

Fonte: dados da pesquisa.

Assim como a soja (alternativa III), o sorgo (alternativa IV) também tem o seu plantio mais tardio do que o arroz irrigado, permitindo maior flexibilidade na demanda de horas-máquina, como mostra a Tabela 11A.

Com relação a tecnologia utilizada pelo sorgo (alternativa IV), a Tabela 12A, a seguir, apresenta os principais insumos e serviços utilizados pelo mesmo.

A produtividade do sorgo (alternativa IV) é de 2.100dk/ha em média, e a pastagem de inverno cultivada sobre a resteva de sorgo (alternativa IV) obtém produtividades médias equivalentes às demais alternativas, quando, em seqüência normal, de 80kg/ha e de 120kg/ha, quando em sucessão ao preparo de verão (alternativa V).

TABELA 12A

**Composição dos custos diretos
de produção para a alternativa IV (sorgo)**

Insumos e Operações	Quant. Und/ha	Unid.	Preço Unitário		Total US\$
			NCz\$	US\$	
Semente (arroz)	10	kg	7,06	1,15	11,45
Adub. de base	170	kg	1,56	0,25	43,11
Adub. de cobert.	50	kg	1,30	0,21	10,55
Herbicida	3,5	litro	28,02	4,54	15,91
Inseticida	0,065	litro	336,23	54,54	3,54
Apl. herbicida	1	apl.	92,55	15,01	15,01
Apl. inseticida	1	apl.	64,20	10,41	10,41
Apl. uréia	1	apl.	83,37	13,52	13,52
Semente (azevém)	30	kg	2,63	0,43	12,80
Semeadura aérea	1	apl.	67,58	10,96	10,96
Custo da irrigação	1	ha	25,22	4,09	4,09
Insumos gado	4	dose	12,61	2,05	2,05
Custo total por hectare					159,56

Fonte: dados da pesquisa.

ALTERNATIVA V - PREPARO DE VERÃO

O preparo de verão (alternativa V) surgiu da necessidade de implementar-se, nas áreas exploradas com o arroz irrigado, uma alternativa mais eficiente no controle do arroz vermelho, para reduzir os níveis de infestação com o controle mecânico.

O sistema consiste basicamente no trabalho mecânico de solo (aração, gradagem e nivelamento), com operações de grades niveladoras repetidas vezes ao longo do verão, indução do nascimento do arroz vermelho a partir de sementes em dormência no solo, eliminando as plantas recém-germinadas antes da ressemadura natural. Este processo é repetido duas a três vezes.

Por estas operações serem realizadas no período de verão (época do ciclo vegetativo do arroz vermelho), o controle mostrou-se eficiente e passou a ser realizado como rotina em algumas propriedades.

O alto custo operacional desta prática, no entanto, induziu a uma evolução deste sistema. Em vez de simplesmente realizar um trabalho de revolvimento do solo, no preparo de verão (alternativa V), passou-se a adiantar uma série de atividades de pré-preparo de solo, possibilitando diminuir o número de horas trabalhadas para qualquer cultura que a sucedesse no ano seguinte.

A demanda de horas-máquina exigidas pelo preparo de verão (alternativa V) é a apresentada, a seguir, na Tabela 13A.

TABELA 13A

**Demanda de horas operada por hectare
para a alternativa V (preparo de verão)**

Operação	hora/ha	Seqüência normal		Seqüência sistema V	
		núm/oper.	horas/ha	núm/oper.	horas/ha
Aração	0,64	2	1,28	2	1,28
Grade niveladora	0,37	12	4,44	12	4,44
Aplainamento	0,63	3	1,89	3	1,89
Valetamento	0,42	-	0,42	1	0,42
Plantio/adubação	1,19	-	-	-	-
Compactação	0,31	-	-	-	-
Entaipamento	0,57	-	-	-	-
Desmonte de taipas	0,57	-	-	-	-
Plantio azevém	0,31	1	0,31	1	0,31
Tapadeira 0,34	1	0,34	1	0,34	
Manut. drenos/canais	5,00	1	5,00	1	5,00
Automotrizes	1,50	1	1,50	1	1,50
Graneleiros	2,00	1	2,00	1	2,00
Total de horas-máquina por hectare			17,18		17,18

Fonte: dados da pesquisa.

A distribuição dos totais de horas-máquina demandadas para a implantação da alternativa V ao longo do ano agrícola pode ser visualizada na Tabela 14A.

TABELA 14A

**Distribuição da demanda de horas-máquina
no ano agrícola para a alternativa V (preparo de verão)**

Período de operação	Número de horas demandadas			
	Seqüência normal trator	colheita	Seqüência sistema V trator	colheita
Setembro	-		-	
Outubro	1,0	2,0	1,0	2,0
Novembro	0,6		0,6	
Dezembro	-		-	
Janeiro	3,0		3,0	
Fevereiro	3,5		3,5	
Março	3,0	-	3,0	-
Abril	2,4	-	2,4	-
Maio	0,5	-	0,5	
Junho/Julho/Agosto	1,0		1,0	

Fonte: dados da pesquisa.

Os custos diretos de produção debitados ao preparo de verão (alternativa V) estão descritos, a seguir, na Tabela 15A.

TABELA 15A

**Composição dos custos diretos de produção
para a alternativa V (preparo de verão)**

Insumos e Operações	Quant. Und/ha	Unid.	Preço Unitário		Total US\$
			NCz\$	US\$	
Semente (azevém)	50	kg	2,63	0,43	21,34
Adub. de base	200	kg	1,56	0,25	50,72
Adub. de cobert.	60	kg	1,30	0,21	12,66
Apl. uréia	1	apl.	83,37	13,52	13,52
Insumos gado	4	dose	12,61	2,05	8,18
Custo total por hectare					106,43

Fonte: dados da pesquisa.

No preparo de verão (alternativa V), o pastoreio acontece em duas etapas. No início do ano agrícola, com o aproveitamento da pastagem realizada pela alternativa que o anteceder nos meses de setembro, outubro e meados de novembro e após a implantação da pastagem de azevém no

ano seguinte. Por realizar um intenso trabalho de preparo de solo e realizar a semeadura a lanço, a pastagem é semeada atendendo todas as exigências técnicas principalmente à época de semeadura. Isso lhe confere o melhor índice de aproveitamento durante o período de inverno ante as demais alternativas que realizam semeadura aérea.

O rendimento desta alternativa de exploração anual com a engorda de bovinos é de 180kg/ha divididos em dois períodos — setembro e outubro do ano *i* e abril a agosto do ano *i*.

Devido ao tamanho e complexidade de informações que foram trabalhadas por este estudo, os autores se colocam à inteira disposição para esclarecimentos complementares.