



Programa de Pós-Graduação
Desenvolvimento Territorial
e Sistemas Agroindustriais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

**Estimativa dos ganhos econômicos com a rotação do arroz com a
soja em Terras Baixas**

MURILO QUEVEDO

Orientador: Mario Canever
Co-orientador: Filipe Selau

PELOTAS
2020

MURILO QUEVEDO

**Estimativa dos ganhos econômicos com a rotação do arroz
com a soja em Terras Baixas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, da Faculdade de Administração e de Turismo/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade federal de Pelotas – UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais.

Orientador: **Mario Canever**
Co-orientador (es): **Filipe Selau**

Pelotas

2020

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu pai, produtor rural, arroteiro Adilson Quevedo, o qual me ensinou na prática o que é agricultura e vivenciamos juntos os desafios encontrados pelas pessoas que produzem comida neste país. A minha mãe, Miriam Gonçalves que sempre me incentivou e inspirou a estudar e sempre me fortaleceu e me apoiou em momentos difíceis em toda a minha trajetória de vida.

Ao meu irmão Rafael Quevedo que sempre esteve me apoiando e debatendo ideias sobre a agricultura.

Um agradecimento especial ao Eng. Agrônomo, meu primo, Juliano Quevedo, que sempre me ensinou muito sobre agricultura e me inspirou a estudar esta temática.

Ao meu professor Orientador Eng. Agrônomo Dr. Mario Duarte Canever, que topou o desafio de me orientar neste projeto e que diante de todas as adversidades esteve confiante no trabalho que estávamos desenvolvendo. Sempre me motivou e colocou este projeto como prioridade estando disponível sempre para resolvermos os problemas. Além de me ensinar muito, hoje tenho mais um grande amigo!

Ao professor coorientador Eng. Agrônomo Dr. Filipe Selau, obrigado por todos os conselhos técnicos e orientações ao longo deste projeto.

Ao Eng. Agrônomo André Mattos, coordenador do NATE Zona sul do IRGA, o qual representa um time de pessoas dedicadas a estudar a cultura do arroz na região. Obrigado por todo o apoio, sem ajuda de vocês não teríamos atingido nossos objetivos.

A todos os produtores rurais, técnicos e consultores que toparam a participar desta pesquisa, os quais foram essenciais com suas contribuições através de compartilhamento de conhecimentos da atividade ao longo de diversos anos. Este trabalho não seria possível sem vocês.

À UFPEL e o PPGDTSA e o NEA, por toda a estrutura disponibilizada, oportunidades oferecidas para complementar minha a formação acadêmica.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de arroz (*Oryza sativa*) da América Latina com destaque para o Rio Grande do Sul, onde é produzido 67% da produção nacional. Apesar da grande importância econômica para a região, a rentabilidade apresenta valores decrescentes, expondo os produtores a riscos. As principais causas são relacionadas ao aumento dos custos de produção, principalmente aqueles relacionados a infestações de plantas daninhas resistentes aos métodos atuais de controle e desvalorização do preço real do produto. Recentemente, a soja (*Glycine max*) surgiu como uma alternativa rentável de produção nas áreas tradicionalmente utilizadas com arroz irrigado, a qual trouxe benefícios potenciais aos sistemas produtivos utilizados nestas áreas. Logo, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise econômica dos principais benefícios da introdução da soja em rotação com o arroz irrigado. Como resultado, encontramos que a introdução da soja no sistema de produção do arroz irrigado reduz os custos de: preparo de solo em 41,60% e no controle de plantas daninhas em 49,60%. Outro aspecto positivo que a soja traz ao sistema é aumentar as oportunidades de comercialização e facilitar o fluxo de caixa dos produtores, o que reduz a exposição às variações sazonais dos preços das *commodities*. Quanto aos riscos envolvidos, apesar da cultura da soja em terras baixas apresentar coeficiente de variação do faturamento na ordem de 11% ao longo dos anos, o risco total do sistema diminui devido à diversificação. Entretanto, este novo sistema demonstra aumento de 13,34% nos custos com adubação e perda de faturamento de 5,62% por unidade de área. Por fim, a utilização da prática de rotação de culturas entre o arroz irrigado e a soja apresenta-se como uma alternativa viável economicamente, por propiciar ao sistema produtivo em terras baixas redução de custos de produção, aumento de receitas e, conseqüentemente, gera melhor retorno financeiro a estas propriedades quando comparado as que adotam o sistema tradicional baseado no monocultivo de arroz.

Palavras-chave: Custo de produção, Diversificação, Terras baixas, Intensificação, Sistemas Integrados de produção agropecuária, Tecnologia agrícola.

ABSTRACT

Brazil is the largest producer of rice (*Oryza sativa*) in Latin America with emphasis on Rio Grande do Sul, where 67% of national production is produced. Despite the great economic importance for the region, profitability is decreasing, exposing producers to risks. The main causes are related to the increase in production costs, mainly those related to weed infestations resistant to current methods of control and devaluation of the real price of the product. Recently, soybean (*Glycine max*) has emerged as a profitable production alternative in areas traditionally used with irrigated rice, which has brought potential benefits to the production systems used in these areas. Therefore, this work aims to carry out an economic analysis of the main benefits of introducing soybean in rotation with irrigated rice. As a result, we found that the introduction of soybean in the irrigated rice production system reduces the costs of: soil preparation by 41.60% and weed control by 49.60%. Another positive aspect that soybean brings to the system is to increase marketing opportunities and facilitate producers' cash flow, which reduces exposure to seasonal variations in commodity prices. As for the risks involved, despite the fact that soybean cultivation in lowlands has a coefficient of variation in revenues of around 11% over the years, the total risk of the system decreases due to diversification. However, this new system shows a 13.34% increase in fertilizer costs and a 5.62% loss in revenue per unit area. Finally, the use of the practice of crop rotation between irrigated rice and soybeans presents itself as an economically viable alternative, since it provides the production system in low lands a reduction in production costs, increased revenues and, consequently, generates better financial return to these properties when compared to those that adopt the traditional system based on rice monoculture.

Keywords: Production cost, Diversification, Lowlands, Intensification, Integrated Crop-Livestock System, Agricultural technology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	17
3. JUSTIFICATIVA.....	18
4. REVISÃO TEÓRICA.....	19
4.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento	19
4.1.1 Conceitos.....	19
4.1.2 Sustentabilidade na agricultura	19
4.1.3 Práticas sustentáveis na agricultura	20
4.2 Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA)	21
4.3 Rotação de Culturas	22
4.4 Benefícios da rotação de culturas	23
A) Redução de operações de preparo de solo	23
B) <i>Controle de plantas daninhas</i>	25
C) <i>Ganhos com Economia de escopo</i>	26
D) <i>Redução de custos com adubação</i>	27
E) <i>Ganhos na Estratégia de Comercialização</i>	28
F) <i>Redução de risco</i>	29
G) <i>Ganhos de produtividade</i>	30
4.5 Hipótese	30
5. METODOLOGIA.....	32
5.1 Definição de possíveis temas relevantes de pesquisa.....	32
5.2 Definição dos possíveis benefícios da rotação de culturas.....	33
5.3 Definição dos sistemas estudados e caracterização das atividades agrícolas	
35	
5.4 Levantamento de dados e definição da amostra	36
5.5 Procedimentos de análise de dados	38

5.6	Modelo de Comparação.....	43
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1	Descrição da amostra	45
6.2	Descrição e estimativas de custos e ganhos do Sistema Arroz-Arroz (AA) 47	
6.2.1	<i>Preparo de solo do sistema AA</i>	<i>47</i>
6.2.2	<i>Controle de plantas daninhas do sistema AA</i>	<i>51</i>
6.2.3	<i>Integração com a pecuária do sistema AA</i>	<i>53</i>
6.2.4	<i>Adubação do sistema AA</i>	<i>55</i>
6.2.5	<i>Produtividade do sistema AA.....</i>	<i>57</i>
6.2.6	<i>Comercialização do sistema AA</i>	<i>58</i>
6.2.7	<i>Risco de produção, de mercado e total do sistema AA</i>	<i>59</i>
6.3	Descrição e estimativas de custos e ganhos do Sistema Soja-Arroz (SA) 61	
6.3.1	<i>Preparo de solo do sistema SA</i>	<i>62</i>
6.3.2	<i>Controle de plantas daninhas do sistema SA</i>	<i>67</i>
6.3.3	<i>Integração com a pecuária do sistema SA</i>	<i>72</i>
6.3.4	<i>Adubação do sistema SA</i>	<i>74</i>
6.3.5	<i>Produtividade do sistema SA.....</i>	<i>77</i>
6.3.6	<i>Comercialização do sistema SA</i>	<i>78</i>
6.3.7	<i>Risco de produção, de mercado e total do sistema SA</i>	<i>80</i>
6.4	Comparação dos ganhos e perdas.....	83
7.	Discussão dos resultados	85
8.	Limitações do trabalho e sugestões de estudos futuros	89
9.	CONCLUSÕES.....	90
10.	REFERÊNCIAS	92
11.	ANEXOS	99
A.1	Roteiro de perguntas.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação preço do arroz/soja no Rio Grande do Sul - jan 2010 a dez 2019...	29
Figura 2 - preço médio mensal do Kg do boi vivo – média de 2010 a 2019, atualizado pelo IGP DI para janeiro de 2020.....	40
Figura 3: Média mensal (deflacionado com base no IGP-DI, jan 2020) e sazonalidade dos preços de arroz e soja no Rio Grande do Sul, de janeiro de 2010 a dezembro de 2019.	42
Figura 4 - Modelo esquemático das operações de preparo de solo do sistema Arroz-Arroz.....	50
Figura 5 - Manejo usual de herbicidas utilizados no sistema Arroz-Arroz	53
Figura 6: Modelo usual de integração da atividade pecuária com a lavoura de arroz no sistema arroz-arroz.	55
Figura 7: Sazonalidade mensal dos preços do arroz em casca, período de 2010 a 2020 estimada a partir de Índice percentual de variação sazonal (IVE); Limite inferior de Controle (LIC); Limite Superior de controle (LSC).....	59
Figura 8 - Modelo esquemático das atividades de preparo de solo para a soja em rotação com arroz irrigado	64
Figura 9: Modelo esquemático das atividades de preparo de solo para o arroz em rotação	67
Figura 10 - Manejo de herbicidas para a semeadura de arroz no sistema Rotação.	70
Figura 11 - Manejo de herbicidas para soja no sistema Rotação.....	72
Figura 12: Ganhos com atividade pecuária em pastagem de azevém em resteva de soja	74
Figura 13: Sazonalidade mensal dos preços da soja no Rio Grande do Sul, período de jan/2010 a dez/2019 estimada a partir de Índice percentual de variação sazonal (IVE); Limite inferior de Controle (LIC); Limite Superior de controle (LSC)	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Benefícios potenciais da rotação entre soja e arroz irrigado	33
Quadro 2 - Modelo de comparação dos benefícios econômicos da adoção da rotação de culturas em terras baixas tradicionalmente utilizadas com arroz.	44
Quadro 3: Exemplo de distribuição das atividades produtivas no Sistema Arroz-Arroz (AA), ao longo de dois anos de ocupação da terra.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil dos entrevistados	46
Tabela 2: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores para o sistema arroz-arroz e suas respectivas frequências e custos.....	49
Tabela 3: Controle de Plantas Daninhas (utilização de herbicidas) no sistema Arroz - Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.....	52
Tabela 4: Ganhos da atividade pecuária no sistema arroz-arroz	54
Tabela 5: Quantidades de nutrientes (<i>N,P,K</i>) utilizados no sistema Arroz -Arroz	56
Tabela 6: Produtividade média dos produtores do sistema Arroz-Arroz	57
Tabela 7: Preço do arroz em casca para o Rio Grande do Sul – jan 2010 a dez 2019..	58
Tabela 8: Risco produtivo, risco de mercado e risco total do sistema Arroz-Arroz.....	60
Tabela 9: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores entrevistados para a soja no sistema Soja-Arroz em terras baixas e suas respectivas frequências e custos.	63
Tabela 10: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores para o arroz no sistema Soja-Arroz em terras baixas e suas respectivas frequências e custos.	66
Tabela 11: Controle de plantas daninhas (utilização de herbicidas) para o arroz no sistema Soja-Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.....	69
Tabela 12: controle de Plantas Daninhas (utilização de herbicidas) para a soja no sistema Soja-Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.	71
Tabela 13: Custos e ganhos por hectare do estabelecimento de pastagens de azevém na restava da soja	73
Tabela 14: Adubação e respectivos nutrientes utilizados no arroz no sistema Soja-Arroz	76
Tabela 15: Adubação e respectivos nutrientes utilizados para a lavoura de soja no sistema Soja-Arroz.....	76
Tabela 16: Produtividade do arroz e da soja obtida pelo grupo Amostral – sistema Soja-Arroz.....	77
Tabela 17: Preço da soja (R\$/sc de 60 kg)	79
Tabela 18: Risco produtivo, risco de mercado e risco total da soja no sistema Soja-Arroz.	81

Tabela 19: Risco total para o sistema Soja-Arroz	82
Tabela 20: Comparativo dos benefícios econômicos da adoção da rotação de culturas em terras baixas, tradicionalmente utilizadas com arroz por ano.....	84

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

Cab/ha	Número de cabeças (gado) por hectare
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coeficiente de variação
FAO	Organização das nações unidas para alimentação e agricultura
ha	Hectare
IGP-DI	Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
IVE	Índice percentual de variação sazonal
Kg	Quilograma
Kg/ha	Quilograma por hectare
ONU	Organização das Nações Unidas
PD	Plantio Direto
SIPA	Sistemas integrados de produção agropecuária
SOSBAI	Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado

1. INTRODUÇÃO

A revolução verde, a qual resultou na chamada agricultura industrial, propiciou um grande aumento na produtividade das lavouras. Porém, para garantir um elevado padrão de produção, se fez necessário a incorporação, nos sistemas produtivos agrícolas, de uma grande quantidade de insumos externos, como fertilizantes, defensivos, implementos mecânicos e sementes melhoradas (TILMAN et al., 2002; BALSAN, 2006; NUNES, 2007; CONTINI et al., 2010; DE ROEST; FERRARI; KNICKEL, 2018). Com a aplicação destes insumos, além de se aumentar a quantidade de alimentos produzidos, pôde-se intensificar¹ as culturas, como a do arroz irrigado (*Oryza sativa*) (IMADI et al., 2016).

Até a revolução verde a agricultura era feita por meio de conhecimentos e tecnologias geradas através dos séculos nas próprias experiências rurais (MAZOYER; ROUDART, 2010; LAZZARI; SOUZA, 2017), conferindo ampla autonomia tecnológica. Após, então, a agricultura se tornou altamente dependente de conhecimentos e tecnologias gerados fora das propriedades. Como consequência aparente da intensificação do uso destas tecnologias, com o passar dos anos, as lavouras começaram a perder rentabilidade (MIKKELSEN, 2008; BELARMINO et al., 2018). Quais as causas desta redução de rentabilidade? As respostas são múltiplas, mas os autores salientam que tanto pode estar associada ao aumento do custo de produção, quanto pelo lado da demanda, via redução dos preços reais dos produtos agrícolas no tempo (ZAMBERLAN; SONAGLIO, 2011; BELARMINO et al., 2018).

Diante deste cenário, surge uma pergunta: o modelo atual de agricultura é sustentável? O agronegócio, aqui entendido como o somatório do setor agrícola e pecuário, que engloba desde insumos, sementes até os maquinários, tem papel

¹ Intensificar significa aumentar a produção de um produto por área. Neste modelo, geralmente se utiliza produção em larga escala com o objetivo de reduzir os custos de produção. Há diversos estudos como de DE ROEST; FERRARI e KNICKEL (2018) comparando as diferentes estratégias: baseadas em intensificação ou diversificação da produção. No modelo intensificado, oposto ao da diversificação, utiliza-se especialização como base, ou seja, reduz a variedade de produtos com o objetivo de aumentar produtividade.

importante para o crescimento econômico do Brasil. O país é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. Logo, é determinante para o sucesso do agronegócio que este esteja vinculado ao desenvolvimento econômico, social e sustentável do país (ZANELLA; LEISMANN, 2015).

Dentro deste contexto, ressalta-se que o arroz tem grande importância para a alimentação humana, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo, com grande destaque para a Ásia. Já o Brasil aparece como o maior produtor da América Latina. A lavoura de arroz no estado do Rio Grande do Sul tem uma grande importância econômica, principalmente na região denominada “Metade Sul”, a qual geograficamente está mais próxima do Uruguai e é predominantemente plana, condição necessária para a implantação de lavouras irrigadas. No estado são utilizados em torno de 1 milhão de hectares anualmente com arroz irrigado, produzindo aproximadamente 67% da produção nacional (CONCEIÇÃO et al., 2017).

Como observado em outras atividades agrícolas, a orizicultura também apresentou um grande aumento de produtividade ao longo dos últimos 20 anos (BELARMINO et al., 2018). Porém, a rentabilidade tem sido decrescente (ZAMBERLAN; SONAGLIO, 2011; CONCEIÇÃO et al., 2017) levando diversos produtores a terem dificuldades de se manterem no negócio. Este quadro é mais grave para os produtores que são arrendatários das terras onde o arroz é produzido (cerca de 70% das áreas cultivadas com este cereal no Estado), pois, além de todos os custos normais da produção, estes também arcam com os custos adicionais de arrendamento (BRANDÃO; ANVERSA; DREBES, 2017). Além disto, algumas áreas estão se tornando inviáveis para o cultivo, principalmente pela resistência de plantas daninhas, especialmente capim arroz e arroz vermelho ou preto, aos métodos atuais de controle (RUBIN et al., 2014).

O sistema convencional² de produção, conforme enfatizado na literatura agrícola, parece ser menos sustentável, tanto economicamente quanto ambientalmente

² Sistema convencional refere-se às práticas de manejo, as quais os produtores preparam o solo antes da semeadura, ao contrário do plantio direto, o qual tem como princípio o mínimo revolvimento do solo e sucessão de culturas. Geralmente no modelo convencional utiliza-se arados, grades ou outros implementos para revolver o solo, geralmente de 15 a 20 cm de profundidade. Este processo permite um grau mais elevado de oxidação e mineralização da matéria orgânica, o que é benéfico para o crescimento das plantas,

(LICHTFOUSE et al., 2009; VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009; STOTZ, 2012; GITTI et al., 2013; SUREKHA; SATISHKUMAR, 2014; KUBAR et al., 2018; ULGUIM et al., 2018). Como alternativa, alguns produtores estão utilizando uma estratégia chamada de sistemas integrados de produção agropecuária, a qual diversifica as fontes de renda da propriedade e reduz a dependência financeira à lavoura de arroz (ANGHINONI; COSTA, 2013; CARVALHO et al., 2014). Esta estratégia é baseada na rotação de culturas e da integração da lavoura com a pecuária, e, portanto, é vista como um dos caminhos para diminuir a dependência em insumos externos e reduzir os impactos ao meio ambiente. Os sistemas integrados de produção agropecuária possuem o intuito de aumentar a eficiência do uso dos recursos naturais, dos maquinários e da mão de obra das propriedades (CARVALHO et al., 2014).

Neste cenário, o Rio Grande do Sul é um estado tradicional na produção de soja (*Glycine max*), especialmente nas áreas de coxilha, onde o solo é bem drenado e fértil. Nas terras baixas se consolidaram tradicionalmente as culturas de pecuária extensiva e arroz irrigado, devido, especialmente, às características do solo e dos aspectos culturais dos ocupantes destes espaços (ANDREATTA, 2009). Porém, nos últimos anos, a soja vem demonstrando um crescente aumento nas áreas tradicionalmente utilizadas com arroz, chegando a aproximadamente 300 mil hectares no ano de 2018. Por outro lado, a área plantada com arroz estagnou-se em torno de 1 milhão de hectares (IRGA, 2019). O aumento da produção da leguminosa nestas áreas é devido a dois fatores principais: 1) valorização da soja no mercado nacional/internacional e 2) a inviabilização de algumas áreas para o cultivo de arroz devido a infestações de plantas daninhas (VENTURINI, 2014).

A rotação entre diferentes cultivos pode trazer diversos benefícios, tanto agrônômicos (MARENCO; SANTOS, 1999), como ambientais e econômicos (VERNETTI

à medida que mais nutrientes são transformados em formas vegetais disponíveis. No entanto, a longo prazo, a atividade química aumentada pode prejudicar o solo, já que a matéria orgânica do solo é mineralizada a uma taxa muito maior do que em sistemas de baixa perturbação. Além disto, este modelo utiliza mais energia no preparo da terra. Outra característica do sistema convencional é a monocultura e a repetição de áreas, causando grandes perdas de fertilidade e conseqüentemente de produtividade ao longo do tempo, bem como o uso excessivo de agrotóxicos.

JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009) e, portanto, é considerada uma prática sustentável. Porém a literatura é dispersa, apresentando apenas vantagens isoladas da prática de rotação com a soja (SILVEIRA; ZIMMERMANN, 1998; LORENSI, 2011; MUNDSTOCK et al., 2017; ULGUIM et al., 2018; POLLET et al., 2019) ou sem aprofundar os benefícios financeiros totais obtidos da rotação com a soja no contexto da cultura do arroz irrigado.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é analisar os benefícios econômicos da prática de rotação de culturas, especificamente entre soja e arroz irrigado.

Para tanto, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Descrever as principais operações utilizadas no sistema tradicional do arroz e no sistema de rotação com a soja em terras baixas.
- Realizar um levantamento dos benefícios econômicos da utilização da rotação em relação ao sistema tradicional de cultivo do arroz irrigado.
- Estimar os ganhos econômicos da utilização da rotação em comparação a sistemas de monocultivo de arroz irrigado.

3. JUSTIFICATIVA

A lavoura de arroz no estado do Rio Grande do Sul tem uma grande importância socioeconômica, principalmente na metade sul do estado, onde é produzido em torno de 8,7 milhões de toneladas (IRGA, 2019), aproximadamente 67% de todo o arroz que é produzido no país (CONCEIÇÃO et al., 2017) e emprega mais de 200 mil pessoas direta e indiretamente (SOSBAI, 2018).

O sistema de produção do arroz irrigado apresenta rentabilidade decrescente, devido a maior dependência dos insumos externos (fertilizantes, agrotóxicos, máquinas modernas, entre outros), o que eleva os custos, e pela redução dos preços reais recebidos pelos produtores ao longo dos anos (ZAMBERLAN; SONAGLIO, 2011; CONAB, 2018). Isto fragiliza os produtores, expondo-os a riscos crescentes. Outro fator relevante para a rentabilidade decrescente é o aumento da produção total em razão da adoção de novas tecnologias nos últimos 20 anos, concomitantemente, a redução do consumo per capita do arroz no Brasil (CHAVES et al., 2011). Dessa forma, aumentou a oferta e manteve a demanda do cereal estável (ZANIN; BACCHI, 2017).

Além disto, muitas áreas estão se tornando inviáveis para o cultivo, principalmente pela resistência de plantas daninhas aos métodos tradicionais (químico) de controle, tornando o sistema nestes casos insustentável (RUBIN et al., 2014). Ainda dentro deste contexto, o aumento dos custos com defensivos, agrava o estrangulamento das margens (*squeezing*), levando, portanto, à concentração das lavouras em grandes propriedades. Assim, o crescimento da produção é maior nesta categoria de propriedades, puxados tanto pela área, quanto pela maior produtividade obtida nelas.

Neste sentido, a rotação de culturas com a soja é uma das alternativas que os produtores de arroz estão utilizando para melhorar a sustentabilidade de seu negócio. Logo, conhecer os benefícios econômicos pode auxiliar a investir com mais assertividade, apoiando nas decisões estratégicas para a correta adequação produtiva da propriedade. Há diversos estudos sobre benefícios agrônômicos da prática de rotação e sucessão de culturas, porém os resultados econômicos totais ainda não foram estudados, sendo uma lacuna teórica que necessita ser preenchida.

4. REVISÃO TEÓRICA

4.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento

4.1.1 Conceitos

A Organização das Nações Unidas (ONU) define desenvolvimento sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (ONU, 2014). Atualmente, este conceito é empregado em diversas áreas (LICHTFOUSE et al., 2009; RANKIN et al., 2011). O paradigma da sustentabilidade ainda é vago e permite muitas interpretações, mas todas consideram, pelo menos, as dimensões econômica, social e ambiental.

A sustentabilidade na sua concepção moderna está baseada no tripé (Triple Bottom Line) do desenvolvimento sustentável: valor econômico, responsabilidade social e ambiental. Ou seja, para ser sustentável faz-se necessário a lucratividade e viabilidade econômica, aliado a isso busca-se a satisfação do cliente interno e externo das organizações, bem como a eco eficiência no processo produtivo (ZANELLA; LEISMANN, 2015).

4.1.2 Sustentabilidade na agricultura

Quando aplicada aos sistemas agrícolas, a sustentabilidade implica na produção de quantidades suficientes de produtos agrícolas de alta qualidade para alimentar a população sem agredir o meio ambiente, preservando os recursos naturais e a biodiversidade, mantendo a renda e a qualidade de vida dos agricultores e contribuindo para o desenvolvimento rural e para a economia do setor agrícola (DEYTIEUX; MUNIER-JOLAIN; CANEILL, 2016).

Produzir colheitas de forma sustentável aumenta a capacidade dos sistemas produtivos de manter níveis estáveis de produção e qualidade de alimentos por longo prazo, sem aumentar a demanda e os requisitos de insumos químicos agrícolas para

controlar o sistema. A produção de cultivos sustentáveis trata de manter o solo vivo com matéria orgânica, manejo integrado de pragas, redução no uso de pesticidas e a utilização de fertilizantes orgânicos para a melhoria da qualidade dos nutrientes do solo. Tudo isso para garantir a segurança alimentar e a qualidade dos alimentos (LICHTFOUSE et al., 2009; COLOMBO, 2016; DEYTIEUX; MUNIER-JOLAIN; CANEILL, 2016; IMADI et al., 2016).

A produção agrícola sustentável leva à redução das emissões de gases de efeito estufa e da pegada de carbono do mundo em geral. Culturas e alimentos produzidos de forma sustentável são mais benéficos para o consumo humano em comparação com o modelo de produção de base industrial. O uso sustentável dos recursos propicia um ambiente melhor (livre de poluição) para as gerações futuras (IMADI et al., 2016).

Nos países emergentes, como o Brasil, por exemplo, o agronegócio tem papel fundamental para a economia e está fortemente ligado as *commodities*, englobando os produtos agrícolas básicos ou semiprocessados, as fibras, os minérios, que, em geral, são produzidos em larga escala e em sua maior parte para as exportações. Os modelos de produção das *commodities* são caracterizados principalmente por exigirem grandes fluxos de energia, materiais e são considerados agressivos e muitas vezes insustentáveis (ZANELLA; LEISMANN, 2015).

Entretanto, o agronegócio é fundamental para a economia de países em desenvolvimento, mas estes países pagam um preço por darem prioridade a este negócio. O custo refere-se especialmente ao consumo/poluição da água, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, emissões de gases e desmatamentos de áreas para a expansão da pecuária/lavoura (ZANELLA; LEISMANN, 2015).

4.1.3 Práticas sustentáveis na agricultura

A definição da palavra práticas é muito ampla e muito utilizada na literatura, principalmente quando se aborda o tema da sustentabilidade. Diversos autores utilizam esse termo para caracterizar as atividades, que diminuem o impacto ambiental, melhoram o desempenho econômico e social exercidas na produção agrícola (COTEUR et al., 2016;

DANTSIS et al., 2010; IMADI et al., 2016; RIGBY et al., 2001). Segundo Tilman et al., (2002), as práticas sustentáveis são fundamentais para atingir o desenvolvimento sustentável:

Definimos a agricultura sustentável como práticas que atendem às necessidades sociais atuais e futuras de alimentos e fibras, para serviços ecossistêmicos e para vidas saudáveis, e que maximizam o benefício líquido para a sociedade quando todos os custos e benefícios das práticas são considerados (TILMAN et al., 2002).

De acordo com Mishra et al., (2018), as práticas sustentáveis ajudam a manter o lençol freático, aumentam o sequestro de carbono, melhoram a fertilidade do solo, protegem a terra da erosão e reduzem a carga de sedimentos das terras agrícolas, além de trazer benefícios socioeconômicos, como aumento do valor presente líquido, redução dos custos agrícolas e economia de tempo.

Garantir a sustentabilidade na agricultura requer a integração de práticas agrícolas sustentáveis. A agricultura sustentável adota práticas produtivas, competitivas e eficientes, protegendo e melhorando o meio ambiente e o ecossistema global, bem como as condições socioeconômicas das comunidades locais. Estas práticas não excluem os insumos externos, mas incentivam o uso como complementos dos recursos locais (MISHRA et al., 2018).

4.2 Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA)

Os SIPA são sistemas que conservam os recursos naturais e a energia, através da alternância do cultivo de pastagens e culturas destinadas à produção vegetal e/ou grãos na mesma área. Esta tecnologia foi reconhecida como alternativa para intensificação sustentável pela FAO em 2010, pois reúne uma gama de atributos raros em sistemas de produção de alimentos. Um SIPA é considerado mais eficiente no uso dos recursos naturais, promove ciclagem de nutrientes e melhoria do solo, reduz os custos de produção e mantém elevados níveis de produtividade (CARVALHO et al., 2014). De acordo com a FAO (Food and Agriculture Organization) um SIPA reflete uma:

.... an intentional integration that reflects a synergistic relationship among the components (the whole is greater than the sum of the parts) of crops, livestock and/or trees and that this synergistic relationship when appropriately managed results in enhanced social (including community), economic and environmental sustainability and improves the livelihoods of those farmers who manage them.

Os sistemas integrados de produção agropecuária são considerados um meio para reduzir as crescentes preocupações sobre os custos econômicos, ambientais e sociais (HENDRICKSON et al., 2008). Os pilares dos sistemas integrados de produção agropecuária são a diversificação e rotação de culturas, o plantio direto e a integração da lavoura com pecuária.

Segundo Favero (2015) a diferença entre sistemas diversificados e de sistemas integrados é que o primeiro ocorre quando os componentes coexistem, mas ocorrem de forma independente na fazenda. Sua combinação serve para reduzir os riscos, mas suas interações são mínimas. Por outro lado, a integração lavoura-pecuária, definida como a fusão de duas ou mais atividades em uma fazenda, ocorre quando os componentes são interdependentes. Os sistemas integrados de produção são, portanto, arranjos que exploram a diversificação na propriedade, alternando sistemas e cultivos numa mesma área e visam a otimização de recursos, além da sustentabilidade ecológica e econômica das atividades exploradas. De acordo com as definições citadas, o sistema abordado neste trabalho (rotação entre arroz e soja) não é considerado um SIPA propriamente dito, entretanto, pode-se entender como um meio de se aproximar a um sistema mais diversificado de agricultura, pois facilita a integração de novas culturas agrícolas com a produção pecuária, tornando, então, o processo produtivo mais sustentável.

4.3 Rotação de Culturas

A rotação de culturas tem sido usada há milhares de anos. Durante os anos de 1950 e início dos anos de 1960, tinha-se a impressão de que os fertilizantes e pesticidas sintéticos poderiam substituir para sempre a rotação de culturas sem perda de rendimento. Mas essa opinião mudou. O consenso atual é que a rotação de culturas aumenta o rendimento e o lucro e permite a produção sustentável (BULLOCK, 1992).

Conceitualmente, de acordo com pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais no decorrer do tempo, numa mesma área agrícola, numa sequência planejada de cultivo de diferentes culturas, preferencialmente com sistemas de raízes diferentes entre si, como por exemplo, gramíneas e leguminosas, no inverno ou no verão, onde cada espécie desenvolve um efeito residual positivo para o solo e para o meio ambiente ou para a cultura sucessora (GONÇALVES et al., 2007). Estes efeitos, os quais chamamos de benefícios, serão detalhados no próximo capítulo.

4.4 Benefícios da rotação de culturas

A) Redução de operações de preparo de solo

Uma das vantagens mais evidentes de se implementar a rotação de culturas, especialmente entre soja e arroz irrigado é a redução das operações de preparo de solo. Diferentemente do arroz que é cultivado sob inundação, a soja é uma cultura de sequeiro, logo, dependendo da situação climática na época da colheita, não há danos à superfície do solo, deixando a terra muitas vezes pronta para a semeadura direta para a cultura seguinte. Segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2018) o custo somente com combustível para operações para preparo do solo para o plantio do arroz em cultivo mínimo³ no Rio Grande do Sul, pode chegar até R\$ 410,00/ha.

Além de reduzir os gastos com as operações, outro benefício emergente de se ter o solo pronto para o plantio subsequente, após a retirada da safra de verão (neste caso com a soja), é garantir a semeadura dentro da época ideal para o arroz (FIDELIS et al., 2003). Como a característica geral dos solos em terras baixas é sua difícil drenagem,

³ Cultivo mínimo é referente ao manejo o qual se objetiva uma menor mobilização de solo e utilização de combustível. Esta técnica utiliza menor mobilização do solo, quando comparado ao sistema convencional, porém mais que o Plantio Direto. Neste sistema efetua-se um preparo do solo até aproximadamente 60 dias antes da semeadura do arroz irrigado, para promover a germinação das sementes de plantas daninhas e voluntárias, bem como, reduzir as irregularidades da superfície do solo provocadas pelas colhedoras. Neste sistema, para o preparo de solo, geralmente utiliza-se duas passadas de grade niveladora, e mais duas de plaina e entaipamento (PAZINI; BOTTA; SILVA, 2012; CARMONA et al., 2018) .

vários produtores acabam atrasando a semeadura do arroz por não conseguirem preparar o solo no período antecedente ao plantio. Isto normalmente é resultado da alta umidade das áreas nos meses de inverno, o que reflete diretamente na produtividade da lavoura (FREITAS et al., 2008; SARTORI et al., 2013), pois com o atraso no preparo, perde-se o período ótimo de semeadura. Logo, a soja beneficia o sistema do arroz pois reduz a demanda por operações de preparo de solo em um período crítico, e facilita a distribuição das atividades ao longo do ano.

O modelo convencional de plantio, com preparo de solo, traz alguns problemas para o solo, como a perda de fertilidade e a erosão tanto pelo vento quanto pela chuva. Estas restrições impostas ao solo através do plantio convencional podem ser recuperadas em termos fisiológicos e químicos, através da rotação de culturas e integração com a pecuária (CARVALHO et al., 2016).

Com o objetivo de contornar estes problemas, foi desenvolvido o sistema de Plantio Direto (PD), que é baseado no mínimo revolvimento do solo, aproveitando a palhada deixada pela cultura antecedente. Este sistema revolucionou a agricultura no final do século XX (ALVARENGA et al., 2001). O plantio direto é uma prática conservacionista, onde a semeadura é feita diretamente sobre a palhada da cultura anterior, reduzindo o impacto das gotas de chuva, a temperatura do solo, conservando a umidade do mesmo e melhorando o controle das ervas daninhas (EMBRAPA, 2007). Além disso, sabe-se que o PD agrega matéria orgânica e melhora a fertilidade (KUBAR et al., 2018).

O PD não é uma exclusividade da agricultura brasileira, têm destaque em diversas regiões do planeta. Por exemplo, NANDAN et al (2019) realizaram um estudo sobre os diversos tipos de preparo de solo e sua influência sobre a qualidade do solo e o impacto na produção. Como resultado encontraram que preparos conservacionistas, ou seja, com menos revolução do solo, aumentou significativamente a oferta de nutrientes e como consequência a produção de arroz numa região tropical da Índia. Em outro estudo feito na Europa, Skaalsveen, Ingram e Clarke (2019) demonstram outras vantagens do preparo de solo conservacionista, especialmente as relacionadas com a purificação das águas, retenção de água no solo e a resistência à erosão.

Dentro da realidade do sistema de produção do arroz irrigado, o plantio direto ainda é uma tecnologia em desenvolvimento, especialmente, em casos de lavouras em sucessão (MUNDSTOCK et al., 2017). Neste sistema, o manejo do arroz em solo encharcado, causa grandes prejuízos físicos (pelo trânsito de máquinas) ao solo, o que dificulta a aplicação desta prática. Com a introdução da soja, o PD se torna uma realidade viável, a qual reduz uma série de operações de preparo de solo, necessitando muitas vezes apenas de construção de taipas, garantindo que a semeadura seja realizada dentro do período ideal e com menos mobilização de solo (GOMES et al., 2001).

B) Controle de plantas daninhas

Um fator preocupante que ameaça a sustentabilidade das lavouras, afetando diretamente na produtividade, especialmente em sistemas de sucessão, o qual a mesma cultura é repetida ano após ano na mesma área, é a resistência de plantas daninhas aos métodos atuais de controle. Segundo Rubin et al (2014), os métodos atuais de controle (ferramenta química) nas lavouras de arroz já não são mais eficientes para combater estas plantas, especialmente o arroz vermelho, o qual se demonstrou resistente aos herbicidas que podem ser utilizados sem agredir o arroz.

Uma das alternativas para evitar este tipo de problema é a rotação de culturas, que além de reduzir as plantas daninhas, melhora a qualidade do solo, e conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema (MARENCO; SANTOS, 1999; VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009). Em um estudo recente, Ulguim et al, (2018) demonstram que a produção integrada, com rotação de culturas se mostrou eficiente para o controle de plantas daninhas do arroz.

Em estudo liderado por Cassol et al. (2015), há evidências de que os herbicidas utilizados na soja, também tem atividade no controle do arroz-vermelho, a qual é a principal planta daninha da cultura do arroz. Estes autores concluem que práticas integradas de manejo devem ser utilizadas para retardar a evolução da resistência de arroz-vermelho aos herbicidas *Glyphosate* e *Glufosinate* na rotação soja-arroz irrigado.

C) Ganhos com Economia de escopo

As economias de escopo ou 'economias integrativas' são definidas como uma situação em que os custos de produção compartilháveis em duas ou mais linhas de produtos são menores que os custos totais de produzir cada linha de produtos separadamente (PANZAR; WILLIG, 1981). Portanto, a diversificação pode ser um mecanismo para reduzir os custos totais de insumos associados à vários processos de produção. Na agricultura, economias de escopo existem quando a produção integrada de múltiplas saídas aumenta a produtividade e reduz os custos totais de produção (MARTHA JÚNIOR; ALVES; CONTINI, 2011; DE ROEST; FERRARI; KNICKEL, 2018).

A rotação entre arroz irrigado e soja traz para os cultivos em terras baixas (várzeas) o benefício de facilitar a integração com a pecuária. Como a soja é cultivada em solo seco, ao contrário do arroz, que é cultivado sob inundação, há ganhos potenciais (redução de custos e aumento de produtividade) no estabelecimento das pastagens de inverno. Estas pastagens se beneficiam de nutrientes, como o nitrogênio deixado na terra pela soja, fornecendo um volume maior de alimento ao gado, o qual é o catalisador da ciclagem dos nutrientes no solo (VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009).

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é a prática de se consorciar a criação de animais nas mesmas áreas em que são produzidos grãos. Segundo Anghinoni e Costa (2013), a integração não consiste em somente colocar os animais para pastejar nas restevas das lavouras, mas mais que isto, é um sistema em que ambas as práticas, produção de grãos e criação de animais, mutuamente se beneficiam dos sinergismos e propriedades emergentes da integração.

Há diversos estudos que comprovam os benefícios emergentes da ILP. Por exemplo, Carvalho et al (2016b) demonstram que este sistema melhora atributos físicos, químicos e biológicos em solos hidromórficos, característicos de regiões de produção de arroz irrigado. Além disto, para estes autores a integração do arroz com a soja e com posterior pastejo em pastagem plantada, favorece a abundância e a diversidade da fauna edáfica ao longo do tempo. Em outro estudo, Carvalho (2018) mostra que o pastejo de animais nas áreas previamente utilizadas com culturas produtoras de grãos, significa outro acréscimo econômico nas receitas do produtor rural. Além da produção de carne,

quando as culturas de cobertura são pastadas, a produtividade subsequente de grãos aumenta em 3,4%, 4,7%, 10,4% e 10,8% para soja, feijão (*Phaseolus vulgaris*), arroz irrigado e milho, respectivamente.

Portanto, a utilização das áreas para criação de gado em consórcio com a produção de grãos pode trazer diversos benefícios para o sistema, como: (01) ser fonte extra de renda (MARTHA JÚNIOR; ALVES; CONTINI, 2011); (02) propiciar a utilização das áreas no período de inverno (CARVALHO et al., 2016b); (03) promover a ciclagem de nutrientes (PORTILHO et al., 2018) e; (04) reduzir a incidência de plantas daninhas (MACLAREN et al., 2019).

Diante deste contexto, pode-se concluir que a rotação de culturas entre soja e arroz, apesar de não ser um SIPA favorece a economia de escopo, pois reduz os custos de implantação da pecuária neste sistema produtivo e esta melhora as condições do solo para as lavouras subsequentes.

D) Redução de custos com adubação

Uma das vantagens da rotação de culturas com plantas da família das leguminosas é a fixação biológica do nitrogênio ao solo (BULLOCK, 1992). Segundo Fageria e Santos (2007) a soja deixa uma “herança” de nitrogênio no solo, logo, pode-se reduzir a quantidade de adubação nitrogenada em cultivos de gramíneas após o cultivo de soja.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), através do seu manual de adubação e calagem, as recomendações de adubação para o arroz irrigado são baseadas nos teores de matéria orgânica (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio). As doses de nitrogênio indicadas podem ser alteradas, dependendo do histórico da lavoura, das respostas ao nitrogênio, dos cultivos antecedentes (leguminosas, gramíneas), da incidência de doenças, especialmente a brusone, cujo desenvolvimento é favorecido pelo excesso de nitrogênio, do desenvolvimento vegetativo da lavoura e das condições climáticas (temperatura e luminosidade).

A rotação com leguminosas produz maior rendimento de grãos e melhor eficiência no uso do nitrogênio do que lavouras de arroz implantadas após pousio (RAHMAN et al., 2014). Este estudo mostrou que o N produzido por todas as leguminosas estava prontamente disponível e pode ser usado eficientemente pela cultura do arroz, diferentemente do N aplicado. Conclui-se, portanto, que sem perda significativa do nível de produção, a incorporação de resíduos de plantas de leguminosas pode ser uma fonte alternativa de fertilizante nitrogenado para a produção sustentável de arroz.

E) Ganhos na Estratégia de Comercialização

No caso especial da rotação entre soja e arroz irrigado, sistema que vem se consolidando nas áreas de várzeas do Rio Grande do Sul, além dos benefícios citados acima, pode-se obter vantagens em relação a comercialização dos produtos. A soja é uma *commodity* produzida em diversos locais do Brasil e do mundo, cujo maior mercado comprador é a China. Já o arroz irrigado, produzido no Sul do Brasil, tem como seu maior destino o mercado interno (BELARMINO et al., 2018). Ao dividir-se o preço da saca de arroz pela saca de soja (valores nominais), observa-se que o arroz tem queda de valor em relação à soja no primeiro e valorização no segundo semestre de cada ano (Figura 1). Conhecendo esta informação, os produtores podem optar por vender o arroz no segundo semestre, se dispõem de soja para vender no primeiro semestre. Ou seja, praticar a diversificação de culturas na propriedade, através da rotação soja-arroz, pode melhorar a estratégia de comercialização da propriedade.

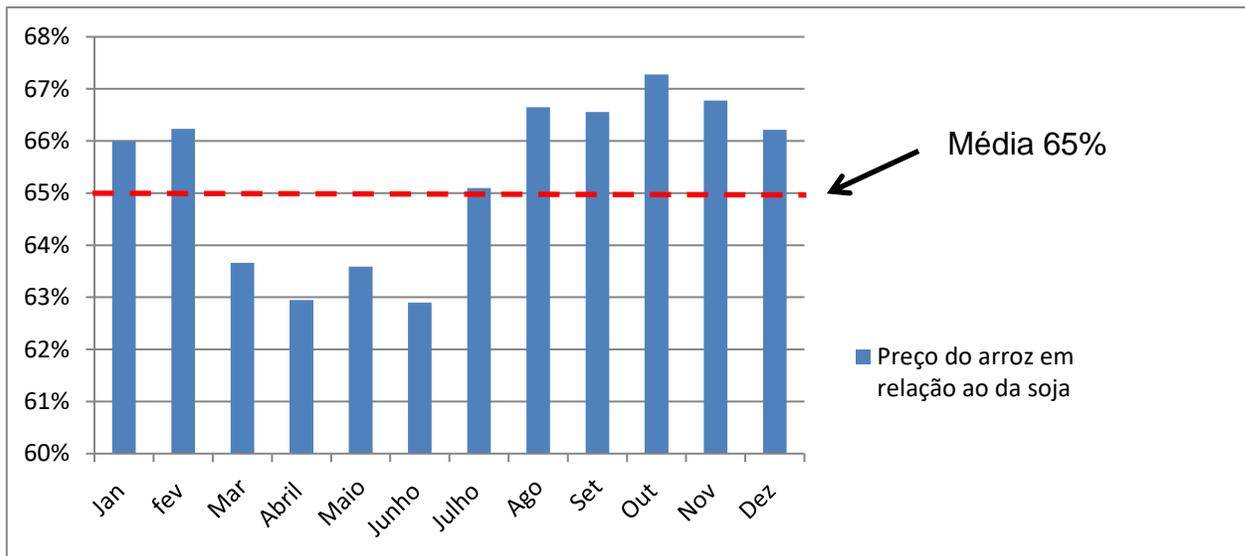


Figura 1 – Relação preço do arroz/soja no Rio Grande do Sul - jan 2010 a dez 2019.
Fonte: Elaborado pelo autor.

F) Redução de risco

O agronegócio é fortemente influenciado por uma série de fatores, entre eles a variação na produtividade e as sazonalidades de preços tanto dos insumos como dos produtos. Os riscos de mercado influenciam diretamente na tomada de decisão quanto à diversificação de cultivos, e nesse contexto a diversificação da produção ganha representatividade, pois reduz os riscos através da maior estabilidade da renda agrícola (SANTOS et al., 2004; LAZZAROTTO, 2009; FAVERO, 2015).

Os fatores de risco na agricultura podem ser divididos em riscos de produção (clima, solo, tecnologia, pragas e doenças), operacionais (plantio, adubação, irrigação, etc), financeiros (cenários econômicos e políticos) e de mercado (flutuações de preços de produtos e insumos) (FAVERO, 2015). Neste sentido, o sistema de monocultivo do arroz irrigado apresenta elevados riscos, especialmente de produção (exemplo, infestação de plantas daninhas resistentes), operacional (com atrasos na época de semeadura devido a fatores climáticos), e de mercado com a redução dos preços reais ao longo do tempo (FINGER; WAQUIL, 2013).

Já no caso da soja em terras baixas, o maior risco apontado por especialistas é devido aos estresses hídricos devido às condições climáticas (chuvas irregulares) e características do solo (baixa condutividade hídrica) afetando diretamente a produtividade da lavoura (CASSOL, 2017; PARFITT, 2017)

A rotação de culturas é uma estratégia que diversifica a base produtiva da propriedade diminuindo a dependência de apenas uma fonte de renda. Markowitz (1952), em seu artigo seminal, apresenta a teoria do portfólio, a qual busca a maximização do retorno esperado de acordo com os níveis de risco e diversificação dos ativos. No entanto, o máximo retorno nem sempre implica em mitigação de risco. No caso da rotação, por exemplo, se há uma super safra de arroz, há uma tendência de queda no preço pago aos produtores, resultando em prejuízos. O risco pode ser em sentido inverso também, por exemplo, quando há ocorrência de seca no verão. Neste caso, a soja pode produzir menos enquanto a lavoura de arroz mantém altos níveis de produtividade. Portanto, não se tem clareza do real benefício da rotação, pois os riscos incidentes e retornos das duas culturas podem variar de um ano para o outro.

G) Ganhos de produtividade

Com todos os benefícios dos sinergismos citados acima (garantia de época de semeadura, redução de plantas daninhas, melhores atributos no solo deixados pela pecuária, melhor disponibilidade de nutrientes, redução da incidência de doenças e pragas, melhorias na comercialização e redução do risco), o resultado esperado com a aplicação da rotação é um aumento na produtividade da cultura do arroz irrigado (BULLOCK, 1992; VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009). Segundo Schoenfeld (2011) a produtividade do arroz irrigado em sistemas de rotação e sucessão de culturas é maior do que a obtida com o arroz cultivado de modo contínuo.

4.5 Hipótese

A utilização da prática de rotação de culturas entre o arroz irrigado e a soja é uma alternativa viável economicamente, a qual propicia ao sistema produtivo em terras baixas

redução de custos de produção, aumento de receitas e, conseqüentemente, melhor retorno financeiro destas propriedades quando comparado àquelas que adotam o sistema tradicional baseado somente na produção de arroz.

5. METODOLOGIA

5.1 Definição de possíveis temas relevantes de pesquisa

Esta etapa consistiu na definição do tema específico da pesquisa. A partir do tema macro, Sustentabilidade do Sistema de produção do Arroz Irrigado, procuramos entender quais eram os principais tópicos que os stakeholders tinham como interesse em conhecer melhor. Para tanto, esta etapa consistiu na realização de entrevistas com especialistas e produtores para identificar possíveis demandas de pesquisas destes atores. Para tal, foram entrevistados um técnico extensionista do IRGA (Instituto Rio Grandense de Arroz) em Bagé, um consultor da empresa Pedra Moura (empresa de assessoria agropecuária), e um produtor rural com dezoito anos de experiência na cultura do arroz na cidade de Capão do Leão.

O tema mais evidenciado nas falas dos entrevistados foi relativo às práticas sustentáveis e seus efeitos no sistema, especialmente para a dimensão econômica. Como as entrevistas abriram muitas possibilidades de estudo, partiu-se para uma busca sobre o conhecimento já desenvolvido e publicado sobre a temática da sustentabilidade em geral, mas também sobre a lavoura de arroz. Esta busca foi realizada nas bases de dados, Google Acadêmico, SCOPUS, WEB of Science e Scielo.

A preocupação dos profissionais entrevistados guiou-nos nesta busca em direção de identificar materiais (artigos, livros, dissertações e teses ou boletins técnicos) dedicados a analisarem a economicidade das práticas sustentáveis na cultura do arroz irrigado. Descobriu-se que há lacunas em pesquisas recentes publicadas sobre esta temática e optamos, então, por focar o estudo na prática de rotação de culturas. De acordo com a literatura e com os especialistas consultados, a rotação gera diversos benefícios para distintas etapas de produção do arroz, tornando essencial para a sustentabilidade do sistema, mas inexistia uma literatura consistente medindo os benefícios econômicos desta estratégia sustentável.

5.2 Definição dos possíveis benefícios da rotação de culturas

Vários produtores já adotam a rotação, porém quantificar os benefícios econômicos de forma abrangente, ainda é uma lacuna nos estudos da área. Assim, com a conjugação das falas dos entrevistados, com o aporte da literatura e baseados na experiência de dois professores da Faculdade de Agronomia da UFPel mapeou-se os principais benefícios potenciais (ou possíveis perdas) decorrentes da introdução da lavoura de soja em rotação ao arroz irrigado, conforme o Quadro 1.

Benefícios	Referências
a) Redução de operações de preparo de solo	<ul style="list-style-type: none"> • (ALVARENGA et al., 2001; GOMES et al., 2001; CARMONA et al., 2018; KUBAR et al., 2018) • Entrevistas
b) Melhor Controle de plantas daninhas	<ul style="list-style-type: none"> • (MARENCO; SANTOS, 1999; VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009; RUBIN et al., 2014; CARMONA et al., 2018; ULGUIM et al., 2018; SCHERNER et al., 2018) • Entrevistas
c) Ganhos com Economia de escopo	<ul style="list-style-type: none"> • (PANZAR; WILLIG, 1981; ANGHINONI; COSTA, 2013; CARMONA et al., 2018; CARVALHO et al., 2016b, 2018) • Entrevistas
d) Redução de custos com adubações	<ul style="list-style-type: none"> • (FAGERIA; SANTOS, 2007; LORENSI, 2011; RAHMAN et al., 2014) • Manual de adubações (CQFS-RS/SC, 2004) • Entrevistas
e) Ganhos de produtividade	<ul style="list-style-type: none"> • (BULLOCK, 1992; VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009; SCHOENFELD, 2011; CARMONA et al., 2018). • Entrevistas
f) Ganhos na Estratégia de Comercialização	<ul style="list-style-type: none"> • (BELARMINO et al., 2018). • Entrevistas
g) Redução de risco	<ul style="list-style-type: none"> • (MARKOWITZ, 1952; SANTOS et al., 2004; LAZZAROTTO, 2009; FINGER; WAQUIL, 2013; FAVERO, 2015; PEREIRA; SOARES, 2017). • Entrevistas

Quadro 1: Benefícios potenciais da rotação entre soja e arroz irrigado
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além destes, outros ganhos foram identificados na literatura ou nas entrevistas, mas não foram incluídas no estudo pela limitação do escopo deste trabalho. Entre estas, citamos os possíveis ganhos do melhor aproveitamento da mão de obra com a rotação, redução da quantidade de maquinário necessário por unidade de área produzido e a redução de doenças e pragas.

Estes benefícios são de suma importância para os produtores, porém no caso dos gastos com mão de obra alguns produtores utilizam este recurso em outras funções no decorrer do ano, como no processo de secagem e armazenagem e outros não. Neste sentido, a nossa coleta de dados não contemplou esta nuance o que acarretaria distorções na análise quantitativa, portanto optou-se por não a incluir nos cálculos.

O benefício da redução da quantidade de maquinário necessário, o que possivelmente ocorre em muitas propriedades que realizam rotação, não foi computado nas respostas, pois vários produtores utilizam terceirizações nas operações. Outra limitação foi a dificuldade em nivelar o investimento empregado, tendo em vista que diversos produtores utilizam máquinas obsoletas para realizar as mesmas operações que outros utilizam equipamentos de última geração.

Já a potencial redução em doenças e pragas foi descartada da análise por conta de a maioria dos produtores não ter relatado diferença nos tratamentos das lavouras neste quesito. Talvez o maior benefício mencionado por alguns destes produtores seja a redução de doenças de raiz para a cultura da soja. Porém, os produtores do grupo amostral são, em sua maioria tradicionais, na cultura do arroz e contemporâneos na cultura da soja o que reflete em suas observações do padrão atual, focando suas percepções de benefícios à luz da lavoura de arroz. Mesmo os produtores que observam melhorias no que diz respeito às doenças e pragas não mensuram os ganhos devido a esta faceta da rotação.

Para cada potencial benefício listado no quadro 1, analisamos os elementos que compõem este benefício e determinamos os ganhos econômicos conforme descrito na seção 5.5 deste capítulo.

5.3 Definição dos sistemas estudados e caracterização das atividades agrícolas

Sistema 1 – Sistema Arroz – Arroz: Arroz seguido de arroz com pastejo de gado no inverno (AA)

Este sistema é considerado o modelo tradicional de produção de arroz irrigado nas terras baixas do Rio Grande do Sul. Ele consiste em produção de arroz consecutivamente em uma mesma área, no período de verão, com pastejo de gado na resteva no período de inverno. Este sistema, em vários casos, apresenta infestação de plantas daninhas resultando em menor produtividade de arroz e maiores custos. Quanto à produção pecuária, este sistema proporciona em média, baixo ganho de peso animal por unidade de área e um pequeno período de oferta forrageira. Para este trabalho, realizaremos um recorte, no qual analisaremos um ciclo completo do cultivo de arroz (1 ano), nas diversas propriedades estudadas. Os valores utilizados para custos e receitas serão baseados nas médias relatadas pelos produtores nas entrevistas.

Sistema 2 – Sistema Soja – Arroz: Soja seguido de arroz, com pastejo de gado no inverno (SA)

Sistema alternativo baseado na rotação de culturas entre soja e arroz irrigado. Ele consiste na alternância da produção de soja e arroz irrigado. Este sistema vem se consolidando nas terras baixas, representando em torno de 30% das áreas de arroz produzidas atualmente. Neste sistema também é característico, em algumas propriedades, a utilização da resteva de soja com introdução de forrageiras de inverno para pastejo de animais e produção de arroz no verão seguinte. Para este estudo realizaremos um recorte de dois anos, para cobrir um ciclo completo de rotação o qual engloba os benefícios emergentes da sinergia da rotação de culturas, os quais serão comparados ao sistema anterior. Na prática, o sistema 2 se caracteriza em ter parte da área destinada a produção de arroz (para esta análise estipulamos 50%) e parte da área

destinada a produção de soja, invertendo as áreas no ano seguinte. O valor será dado por unidade de área (R\$/ha), e será avaliado o resultado após os dois anos.

5.4 Levantamento de dados e definição da amostra

A primeira fonte de dados utilizada neste trabalho é proveniente do boletim técnico do IRGA, onde são publicados todos os custos de produção (custos de operações, adubações, mão de obra e outros) do arroz irrigado. Além disto, foram levantados na literatura científica disponível no Portal de Periódicos Capes, artigos publicados referentes a estudos correlatos com a prática da rotação de cultura entre arroz e soja. As informações também foram buscadas em dissertações ou teses publicadas e disponíveis no catálogo de teses e dissertações da Capes. Finalmente, foram também checados todos os boletins técnicos de instituições de pesquisas que tratam de rotação de arroz e soja em terras baixas, especificamente, aqueles lançados pela Embrapa Clima Temperado, o Instituto Rio-Grandense do Arroz, entre outras.

Outra fonte de dados utilizada neste trabalho foram os entrevistados, considerados informantes chaves. Como não havia dados suficientes disponíveis sobre a rotação de culturas entre soja e arroz irrigado em terras baixas, optamos por coletar dados primários com produtores selecionados por indicação de técnicos do IRGA, os quais conhecem a realidade e o cotidiano destes produtores, bem como os manejos empregados. Adotamos os seguintes critérios ao selecionar produtores como informantes:

1. Localizados na região Sul do Rio Grande do Sul;
2. Que dispusessem de dados técnicos e/ou econômicos das suas propriedades.
3. Adotassem um dos dois sistemas (Arroz-Arroz ou Soja-Arroz) na propriedade por pelo menos cinco anos
4. Ou produtores com ambos os sistemas, porém com área predominantemente utilizada com um único sistema por pelo menos 5 anos.

Primeiramente, entrevistamos nove representantes de propriedades rurais, sendo que destas, sete caracterizavam-se predominantemente no sistema rotação soja-arroz

(SA) e duas predominantemente adotantes do sistema Arroz-Arroz (AA). Em um segundo esforço, novamente com o auxílio da Chefia Técnica da unidade do IRGA de Pelotas, buscou-se mais cinco propriedades adotantes do sistema AA. Estes cinco novos produtores, além de terem controle dos custos, se dispuseram a participar do projeto. Alguns destes, embora sejam proeminentes na utilização do sistema AA, estão iniciando (primeiro ou segundo ano) a experimentação da rotação com soja e foram inseridos no grupo para comporem uma amostra mais fidedigna do sistema AA. Em nossa amostra, todas as propriedades entrevistadas produzem arroz a mais de anos. Porém os produtores classificados no sistema SA deveriam adotar a prática de rotação de culturas por pelo menos 5 anos em pelo menos 25% de sua área.

Os dados individuais de cada propriedade foram levantados para mensurar os ganhos/perdas, identificados na seção 5.2 deste capítulo, quais sejam: Redução de operações de preparo de solo; Melhor Controle de plantas daninhas; Ganhos com Economia de escopo; Redução de custos com adubações; Ganhos de produtividade; Ganhos na Estratégia de Comercialização; e Redução de risco.

Enfim, nossa amostra total consistiu em 14 produtores de arroz (7 consolidados no sistema AS e 7 no sistema AA), todas localizados na região sul do Estado Rio Grande do Sul. Esta região foi escolhida, em vista do destaque obtido na produtividade do arroz e da boa produtividade da soja em terras baixas, quando comparada com outras regiões produtoras do Rio Grande do Sul (IRGA, 2019; SOSBAI, 2018).

As entrevistas foram realizadas nas propriedades dos produtores com o auxílio de um roteiro semiestruturado (Anexo A3) e gravadas em formato de áudio para posterior análise. Durante as entrevistas os produtores foram questionados sobre suas percepções quanto aos benefícios dos sistemas utilizados bem como as dificuldades encontradas, os manejos praticados em cada sistema e seus históricos de custos e produtividade. O instrumento de coleta dos dados mapeou as especificidades em termos de manejo, tarefas executadas, estratégias adotadas em cada fase do processo produtivo dos sistemas AA e AS, de modo a se obter no final os somatórios monetários, conforme apresentado no Quadro 2, na seção 5.6 deste capítulo.

Com os dados tabulados e agrupados por tipo de sistema pôde-se observar e traçar um perfil dos produtores que realizam rotação para poder compará-los com os que não adotam a rotação (ou estão em estágio inicial). Esta análise fez-se com base nos elementos que constituem as vantagens potenciais da rotação conforme já apresentado na seção 5.2 deste capítulo.

5.5 Procedimentos de análise de dados

A primeira etapa de análise consistiu na tabulação dos dados nas diferentes fases (agrícola e comercial) do processo de produção/comercialização do arroz e da soja para o sistema AA e SA. Com os dados organizados foi possível descrever as práticas usuais de cada etapa do cultivo e da comercialização adotadas nos dois sistemas para posteriormente serem computadas as diferenças econômicas entre eles. Com isto evidenciamos informações como: quantas e quais são as operações utilizadas; a quantidade de agrotóxicos e aplicações utilizadas; a quantidade de adubação e quais nutrientes são aplicados; a quantidade de dias de pastejo de animais nas restevas ou pastagens; a época de comercialização das safras; a produtividade e os riscos percebidos, entre outras práticas utilizadas nos sistemas.

Assim, de posse das práticas produtivas e das estratégias comerciais adotadas pelas duas categorias de produtores nos sistemas AA e SA, calculamos os benefícios e/ou perdas delas, utilizando-se dos valores de preços unitários fornecidos pelas fontes de dados da pesquisa (publicações e entrevistas).

Para descrever o perfil característico de operações de preparo de solo (**Benefício A**) para os sistemas, analisamos as falas e observamos quais eram as operações mais utilizadas. As operações definidas como padrão foram aquelas mais usuais pela maioria dos produtores e a quantidade delas também foi baseada no número de vezes que estes produtores as praticavam em cada sistema. Para calcularmos os valores dos custos das operações em cada sistema, multiplicamos a quantidade média que cada grupo utiliza a

operação pelo custo médio unitário de cada operação, obtido pelo boletim técnico dos custos de produção do arroz irrigado emitido pelo IRGA (IRGA, 2018).

Para o sistema SA, como ocorre dois preparos de solo diferentes e que ambas as culturas se beneficiam deste preparo, consideraremos a média entre os gastos com as operações de preparo para a soja e o arroz rotação, para obter um indicador por unidade de área do sistema.

A mesma metodologia foi utilizada para traçar o perfil de utilização de herbicidas para os sistemas AA e SA (**Benefício B**). Por meio das entrevistas, identificamos os manejos de herbicidas mais usuais para os dois sistemas, buscando entender quais eram os objetivos de cada aplicação, e de posse das bulas e suas recomendações descrevemos o perfil de utilização de herbicidas para ambos os sistemas. Os custos com controle de plantas daninhas para cada sistema foi obtido multiplicando a média de produtos utilizada pelo grupo de produtores em cada sistema pelo valor de cada produto, obtidos no boletim técnico dos custos de produção do arroz irrigado emitido pelo IRGA (IRGA, 2018), e também pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (CONAB, 2020). No caso do sistema SA, os cálculos foram baseados na média dos gastos com a soja e com o arroz.

Para o cálculo dos ganhos da integração com a pecuária (**Benefício C**), utilizamos as respostas dos informantes de acordo com a utilização das terras no período de inverno. Como a maioria dos respondentes não era pecuarista, estes não tinham os valores de faturamento com a atividade pecuária. As informações que conseguimos coletar foram tão somente o período de pastejo dos animais. Os valores de ganho de peso vivo em cada sistema (pastejo na resteva ou pastagem) foram obtidos de publicações técnicas (MARQUES; COUTO, MELISSA, 2010; CARMONA et al., 2018). Já o valor do preço do quilograma (Kg) do boi vivo foi definido a partir da média mensal dos últimos dez anos no Rio Grande do Sul (AGROLINK, 2020). Para corrigir o valor da inflação, utilizamos o índice IGP-DI com base em janeiro de 2020 (Figura 2).

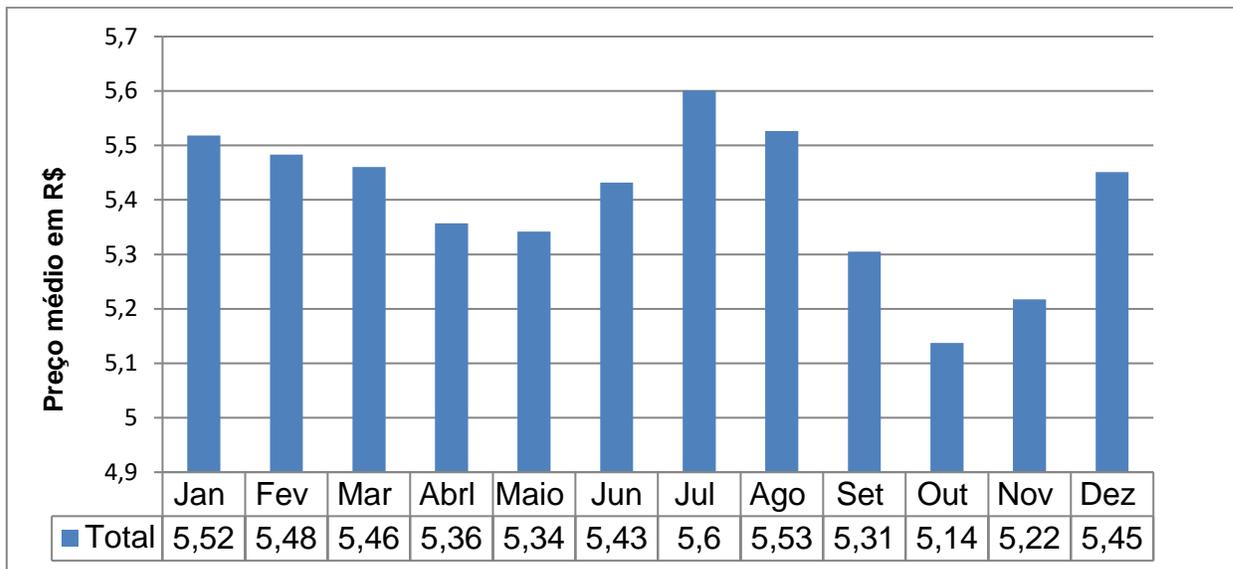


Figura 2 - preço médio mensal do Kg do boi vivo – média de 2010 a 2019, atualizado pelo IGP DI para janeiro de 2020.

Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor auferido por cada sistema foi obtido pela multiplicação do ganho de peso no período de pastejo pela média do preço de venda do boi gordo descontado dos custos para obter o referido ganho de peso. O preço foi definido pela média dos últimos 10 anos no mês em que o boi é retirado das pastagens. Este benefício muitas vezes não é aproveitado diretamente pelos produtores de grãos, porém consideramos importante incluir na análise, pois beneficia o sistema de uma forma indireta, oportunizando geração de renda aos proprietários das terras, que engordam animais nas restevas das lavouras.

Como nos dois sistemas há custos fixos (mão de obra, custo da terra etc.), consideramos somente as diferenças de ganhos nas vendas e dos custos do estabelecimento das pastagens. Para o sistema Soja-Arroz (SA) o valor dos ganhos com a atividade pecuária por unidade de área é a média dos ganhos nas restevas de arroz somada aos ganhos nas restevas da soja (com pastagem de azevém). Portanto, o valor do benefício C, é a diferença entre os resultados da atividade pecuária nos dois sistemas.

Já para analisar se há benefício em relação à redução de adubações (**Benefício D**) comparamos a quantidade média de nutrientes utilizada por cada grupo de produtores. Como cada produtor pode utilizar uma fórmula específica de adubação, convertemos as

quantidades em valores de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que cada produtor utilizava. Para realizar a análise financeira convertemos as quantidades de nutrientes utilizados em valores monetários, baseando-se na Uréia 45 (45% de Nitrogênio), no Super fosfato triplo (44% de P_2O_5) e no Cloreto de potássio (60% de K_2O), que são fórmulas usuais na produção de grãos (SOSBAI, 2018). A partir destas fórmulas, e de posse do preço destes insumos, calculamos o custo de cada nutriente, dividindo o preço de cada produto pelo respectivo percentual de cada nutriente. Para tal, foram utilizados os preços médios destes fertilizantes para o ano de 2019, a partir dos dados da Conab, 2020. O valor do indicador adubação no sistema SA é a média entre os valores da adubação do arroz e da soja.

Para a análise da produtividade (**Benefício E**), comparamos a média da produtividade dos últimos 3 anos e calculamos o faturamento médio para cada sistema utilizando a média mensal dos preços corrigidos dos últimos 3 anos (2017, 2018 e 2019). Portanto, o valor do benefício foi a diferença de faturamento dos dois grupos. Como o grupo SA (rotação) tem faturamentos diferentes para o arroz e soja, o valor considerado foi a média de faturamento entre as duas atividades.

Em relação as possíveis vantagens econômicas quanto a estratégia de comercialização dos produtos (**Benefício F**), utilizamos séries históricas de preços, considerando suas médias mensais para identificar os meses de menor e maior valorização de cada produto. Nesta análise, objetiva-se comparar se há diferenças no preço de cada produto devido à sazonalidade de mercado. Ao se distinguir a sazonalidade de preço de cada grão, pretende-se identificar quais deles é mais ou menos impactado ao longo do ano. Se elas têm sazonalidades diferentes, o produtor poderia adotar estratégias de comercialização vantajosa ao vender aquele de menor sazonalidade enquanto espera melhores preços para aquele de maior sazonalidade (queda de preço na safra). Consideramos neste caso, as respostas dos produtores às questões, para definir o período em que eles realizam a comercialização, observando-se se eles se beneficiam desta oportunidade proveniente da rotação de culturas. A sazonalidade foi estimada através dos preços mensais do arroz e da soja de janeiro de 2010 a dezembro de 2019 (Figura 3), obtido na base de dados do site *Agrolink*

(AGROLINK, 2020). Estes preços foram atualizados pelo IGP-DI com base em janeiro de 2020 e a sazonalidade estimada através do Índice Percentual de Variação Sazonal (IVE) que é a razão da média de cada mês pela média geral do período, conforme o trabalho de Lemes et al (2017). Pela análise das curvas de sazonalidade identificamos a diferença percentual do preço no período que cada grupo de produtor comercializa sua produção em relação à média anual e aplicamos esta diferença no faturamento médio por unidade de área encontrado no benefício E.

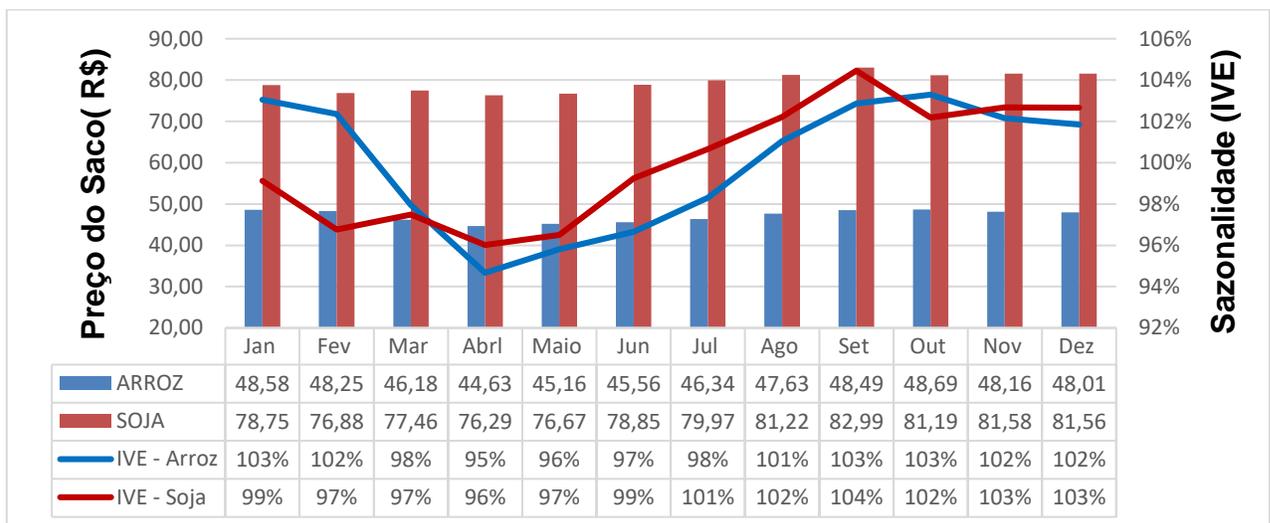


Figura 3: Média mensal (deflacionado com base no IGP-DI, jan 2020) e sazonalidade dos preços de arroz e soja no Rio Grande do Sul, de janeiro de 2010 a dezembro de 2019.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em termos da análise de riscos (**Benefício G**), nesta dissertação foram considerados os riscos de produção e os riscos de mercado, o que chamaremos de risco total. Para os riscos de produção, analisamos as variações ao longo dos anos das médias de produtividade de soja e do arroz na Zona Sul do Rio Grande do Sul⁴. Para captar os riscos de mercado associados à comercialização das duas *commodities* observamos as variações dos preços ao longo dos anos. Em ambos os casos, a métrica de avaliação

⁴ A fonte de dados utilizada é proveniente da apresentação dos resultados da produção de arroz e soja na Zona Sul pelo IRGA. Consideramos a média de produtividade de soja em terras baixas, pois a cultura também é cultivada em terras altas na mesma região, e as produtividades podem ser bem diferentes.

dos riscos foi o coeficiente de variação (CV), conforme recomenda a literatura (LAZZAROTTO, 2009; FAVERO, 2015; PEREIRA e SOARES, 2017).

Para a estimativa do risco total, avaliou-se a volatilidade (CV) do faturamento por unidade de área ao longo do período de 2010 a 2019. O faturamento é definido como o preço da produção pela quantidade produzida por unidade de área. Logo, o valor deste benefício foi computado como a diferença entre os riscos nos dois sistemas dado pela diferença no coeficiente de variação (CV), multiplicado pelo faturamento médio em reais (de dois anos) de cada sistema.

5.6 Modelo de Comparação

Com os custos levantados para cada dimensão, a próxima etapa foi a comparação dos resultados para identificar se há de fato algum benefício proveniente da rotação de culturas. Com o objetivo de se obter um indicador por unidade de área, analisamos a diferença entre os dois sistemas em cada um dos potenciais benefícios. Para o sistema Arroz-Arroz o resultado considerado foram os custos e receitas provenientes do cultivo de arroz em 100% da área. Para o sistema Soja-Arroz (SA) a área foi ocupada com 50% com cada grão, o que possibilitou utilizarmos a média dos custos e receitas entre as duas atividades do sistema.

O Quadro 2 descreve o modelo de comparação para fins de quantificação do potencial benefício econômico dos dois sistemas:

Estação	Sistema 1 (AA)	Sistema 2 (SA)		Resultado
	Área total	Área 1	Área 2	
Verão	Arroz	Soja	Arroz	Diferenças nas safras de grãos
Inverno	Pecuária (Resteva)	Pecuária (Pastagem)	Pecuária (Resteva)	Diferenças da pecuária
Resultados	Indicador final = $\Sigma SA - \Sigma AA$			

Quadro 2 - Modelo de comparação dos benefícios econômicos da adoção da rotação de culturas em terras baixas tradicionalmente utilizadas com arroz.

Fonte: elaborado pelo autor

As diferenças podem ser evidenciadas em cada dimensão estudada (benefícios de A a G detalhados na subseção anterior) ou em cada período produtivo. Dessa forma, no próximo tópico, serão detalhados os resultados das coletas de dados com a sua respectiva discussão.

Importante salientar que não iremos adotar testes estatísticos para a diferenciação dos dois grupos, somente uma análise empírica das diferenças médias entre os produtores de cada sistema estudado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Descrição da amostra

O perfil dos produtores entrevistados está descrito na Tabela 1. Como já mencionado na seção 5.4 do capítulo anterior, a maioria dos produtores atualmente estão fazendo rotação, contudo, os classificados na categoria AA (Arroz-Arroz), em média têm menores níveis de área em rotação, 46,57% contra 58,71% para os da categoria SA. Ademais, como já mencionado, os produtores AA estão em processo de implementação da rotação em suas propriedades (em média 3,2 anos, enquanto o grupo SA apresenta média de 9,4 anos) tendo grande parte de suas áreas ainda em sistema de monocultivo do arroz. Optamos por obter dados de uma amostra heterogênea, para representar a realidade de diversos produtores da região, desde aqueles com maior área de produção (13.000 ha) e tecnologia aplicada, até os menores produtores (100 ha). Por conta disto, os dados apresentam variações de produtividades e custos de produção.

A primeira etapa de análise de dados consistiu na descrição das atividades/tarefas e insumos utilizados em cada uma das dimensões propostas (benefício potencial) dos sistemas Arroz-Arroz e Soja-Arroz. Após esta etapa, apresenta-se os resultados dos sistemas conforme o potencial benefício em análise.

Tabela 1: Perfil dos entrevistados

Produtor	Município	Área			**Rotação (%)	Anos em rotação	*Sistema
		Total (ha)	Arroz (ha)	Soja (ha)			
1	Rio Grande	1600	800	800	100	5	SA
2	Rio Grande	520	140	285	70	3	AA
3	Pedro Osório	1500	1000	500	50	2	AA
4	Capão do Leão	1480	770	710	50	8	SA
5	Capão do Leão	1420	1150	770**	50	9	SA
6	Rio Grande	13000	6523	2566	36	9	SA
7	Capão do Leão	850	331	518	50	10	SA
8	Arroio Grande	500	200	50	25	5	SA
9	Pelotas	2400	1200	1200	100	20	SA
10	Arroio grande	100	40	10	10	2	AA
11	Arroio grande	420	126	210	100	2	AA
12	Arroio grande	600	600	84	14	2	AA
13	Cerrito	550	210	340	62	2	AA
14	Arroio grande	4400	3520	880	20	10	AA

*Sistema: AA=Arroz-Arroz; SA=Soja-Arroz; **A área de rotação percentual refere-se a área de arroz que é utilizada em rotação com a soja; Nem todas as áreas de soja são destinadas ao plantio de arroz; ***A área total de soja considerada para este produtor é o resultado da soma de suas áreas de soja somadas as de um produtor parceiro, o qual produz apenas soja na mesma propriedade.

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 Descrição e estimativas de custos e ganhos do Sistema Arroz-Arroz (AA)

De acordo com a análise das entrevistas, o sistema arroz-arroz, ou seja, o sistema testemunha, que serve de base de comparação, é o sistema mais simples em termos de variação das atividades produtivas na propriedade. A origem de renda do produtor é baseada somente no cultivo do arroz irrigado em repetição nas mesmas áreas. Neste sistema, geralmente, o produtor é arrendatário das terras, e o proprietário é também pecuarista. Conforme descrito na metodologia, para fins de cálculo, realizamos um recorte de um ano, o qual engloba todo o ciclo de produção, com cultivo de arroz no período de verão e pastejo de animais nas restevas. Este sistema está representado no Quadro 3, o qual exemplifica as ocupações da terra ao longo de dois anos neste sistema.

Ano	Estação	Área Total
1	Inverno	(Pecuária resteva) / Preparo de solo
	Verão	Arroz
2	Inverno	(Pecuária resteva) / Preparo de solo
	Verão	Arroz

Quadro 3: Exemplo de distribuição das atividades produtivas no Sistema Arroz-Arroz (AA), ao longo de dois anos de ocupação da terra.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.1 Preparo de solo do sistema AA

O preparo de solo neste sistema é realizado na maioria dos casos após a colheita do arroz, no período de inverno, estendendo-se muitas vezes até a primavera. Em diversos casos as restevas do arroz são utilizadas para pastejo de animais para diminuir o volume de palha, facilitando o manejo destes solos, mas também por razões econômicas para fins de engorda de gado. Entretanto, o período de oferta forrageira é curto, limitado ao rebrote do arroz (soca), tendo como resultado baixo ganho de peso animal por unidade de área. Segundo as entrevistas, alguns produtores antecipam algumas operações de preparo de solo neste período.

Este preparo é realizado geralmente com desmonte de taipas seguido de duas gradagens (grade niveladora), duas operações de aplainamento e duas de drenagens. Em alguns casos, pode-se reduzir o custo de preparo de solo utilizando o rolo faca, em substituição à primeira gradagem. Porém, esta operação requer o solo com muita umidade para ser eficiente, logo não se pode adotar como uma operação mandatória. Em seguida é realizada a construção das taipas. Eventualmente deve-se realizar uma terceira drenagem, a depender do regime de chuvas do ano. Após o preparo do solo é realizado a adubação de base (normalmente a lanço) seguido da semeadura e adubação de cobertura após a emergência das plantas.

As respostas das entrevistas estão tabuladas na tabela 2, a qual enumera as operações de preparo de solo, o número de vezes que elas são aplicadas no sistema, o custo médio de cada operação de acordo com os dados do IRGA (IRGA,2018) e o custo de cada operação por hectare. O custo por hectare das operações de preparo do solo foi obtido multiplicando-se a média da utilização de cada operação por parte dos produtores que utilizavam o sistema AA pelos custos unitários dados em hectare pelo IRGA (IRGA, 2018).

Tabela 2: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores para o sistema arroz-arroz e suas respectivas frequências e custos.

Operações	Frequência das operações									Custo (R\$/ha)*	Custo médio (R\$/ha)	
	Nº Produtor								Média			Moda
	2	3	10	11	12	13	14					
Desmonte taipas	0	0	1	1	1	1	1	0,71	1	9,91	7,08	
Rolo Faca	0	0	0	0	0	0	1	0,14	0	43,50	6,21	
Grade aradora	0	0	0	1	0	1	1	0,43	0	77,30	33,13	
Grade Niveladora	2	3	4	2	2	2	2	2,43	2	43,50	105,64	
Plaina	2	1	2	2	1	2	2	1,71	2	153,00	262,29	
Tapadeira	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	10,00	0,00	
Drenagem	2	2	2	3	3	3	3	2,57	3	20,69	53,20	
Constr.de taipas	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	118,00	118,00	
Rolo compact.	0	0	0	0	1	1	0	0,29	0	8,51	2,43	
Semeadura	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	128,09	128,09	
Adubação	0	1	0	1	1	0	1	0,57	1	25,95	14,83	
Ureia trator	1	1	1	1	1	1	0	0,86	1	25,95	22,24	
Ureia avião	1	2	1	1	2	2	3	1,71	1	35,00	60,00	
Cloreto	1	1	0	0	1	0	0	0,43	0	25,95	11,12	
Total											824,27	

*O custo unitário das operações por hectare obtido do IRGA (2018).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

O somatório dos custos das operações de preparo de solo no sistema AA, (considerando todos os custos, como mão de obra, hora-máquina, diesel e depreciação) chegou ao valor de R\$ 824,27/ha por safra, distribuídos nas operações conforme tabela 2. A Figura 4 descreve o padrão das operações de preparo de solo e sua sequência temporal no sistema Arroz-Arroz.

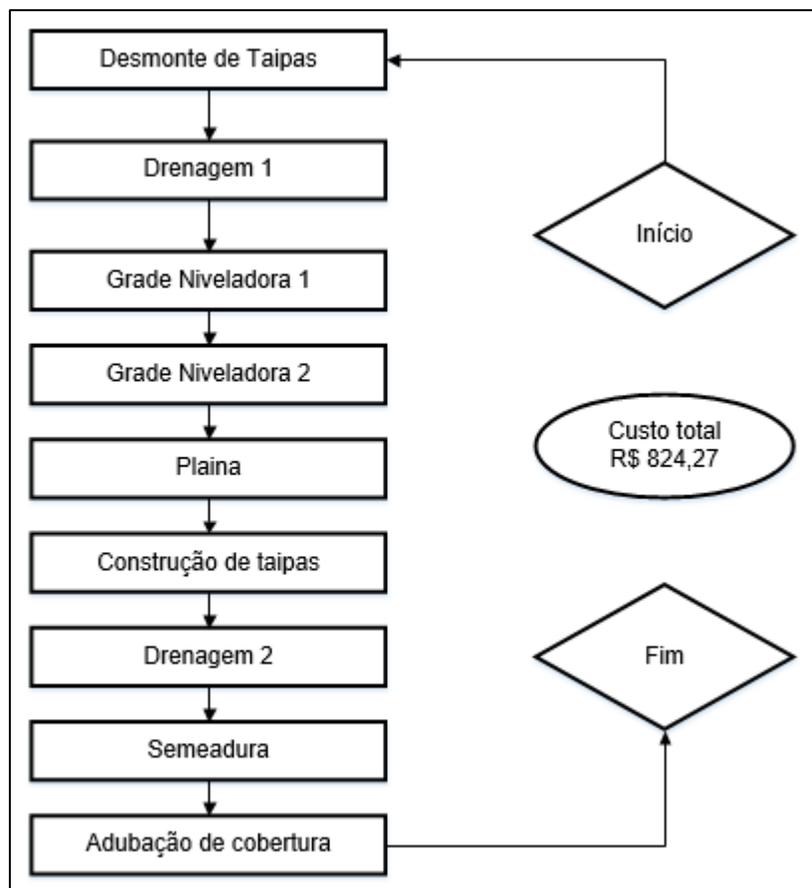


Figura 4 - Modelo esquemático das operações de preparo de solo do sistema Arroz-Arroz

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.2 Controle de plantas daninhas do sistema AA

Neste sistema, o controle de plantas daninhas é realizado com o uso da tecnologia *CLEARFIELD*⁵, utilizando cultivares de arroz resistentes aos herbicidas do grupo das Imidazolinonas. Como o preparo de solo é feito antecipadamente (entre os meses de maio a agosto), se faz necessário uma dessecação (3 a 4 litros de *Glifosato* / ha), geralmente 30 a 40 dias antes do plantio. Após esta, é realizada uma segunda dessecação chamada de “ponto de agulha”, a qual utiliza-se outra aplicação de 3 litros de *Glifosato*, adicionados a 2 litros de *Gamit*® (Clomazona) (pré-emergente para controle do Capim-Arroz) e 0,16 Kg.ha⁻¹ de *Kifix*® (Imazapir + Imazapique) ou 1 litro de *Only*® (Imazetapir + Imazapique) (pré-emergente para controle de arroz vermelho e preto). Após esta aplicação, utiliza-se uma terceira, com *Imazetapir*, na dose de 1 L.ha⁻¹ ou *Kifix*® na dose de 0,16 Kg.ha⁻¹ para controle de arroz preto e vermelho. Nas áreas mais infestadas ou que houve algum erro nas aplicações anteriores, utiliza-se adicionalmente o herbicida *Clincher*® (*Cialofope butílico*) para combater plantas daninhas resistentes que porventura permaneceram.

A Tabela 3, enumera os herbicidas utilizados pelos produtores e suas respectivas quantidades, bem como o número de aplicações normalmente utilizadas. Também apresenta, como resultado da análise, a média de utilização, o custo unitário de cada produto bem como o custo por unidade de área.

O somatório dos valores de herbicidas resultou em R\$ 670,65 por hectare, distribuídos nas etapas da dessecação, pré-emergência e pós emergência 1 e 2, apresentados na Figura 5. Adicionando o custo das aplicações, valor fixo de R\$35,00/ha (valor médio de uma aplicação aérea por hectare segundo o IRGA,2018), o valor total gasto com herbicidas é de R\$ 780,65/ha.

⁵ O sistema *Clearfield*® de produção de arroz irrigado, introduzido pelo Centro Agrícola da Universidade Estadual da Louisiana, consiste na utilização de cultivares tolerantes aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, herbicidas para o controle especialmente do arroz-vermelho em lavouras de arroz irrigado (AVILA et al., 2010; SUDIANTO et al., 2013).

Tabela 3: Controle de Plantas Daninhas (utilização de herbicidas) no sistema Arroz - Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.

Produtos	Frequência de utilização								Custo Unitário* (R\$)	Custo Médio (R\$/ha)
	Produtor									
	2	3	10	11	12	13	14	Média		
<i>Glifosato® (Glyphosato) (l/ha)</i>	6,00	6,00	2,00	6,00	6,00	6,00	7,00	5,57	15,41	85,86
<i>Ally® (Metsulfurom metílico) (g/ha)</i>	10,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,12	2,24
<i>Gamit® (Clomazona) (l/ha)</i>	2,00	1,00	0,70	0,80	1,90	1,70	1,20	1,33	111,54	148,19
<i>Clincher® (Cialofope butílico) (l/ha)</i>	2,00	0,10	2,00	2,00	2,20	0,00	0,00	1,19	121,68	144,28
<i>Kifix® (Imazapir + Imazapique) (l/ha)</i>	0,16	0,14	0,15	0,30	0,20	0,30	0,15	0,20	957,63	191,53
<i>Only® (imazethapyr + imazapic) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,14	60,80	8,69
<i>Imazitapir (l/ha)</i>	1,00	1,00	2,00	0,00	1,50	0,00	1,20	0,96	28,00	26,80
<i>Facet® (Quincloraque) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,11	358,67	38,43
<i>Ricer (Penoxsulam) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,04	575,00	24,64
<i>Aplicações</i>	4,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,14	35,00	110,00
Total										780,65

* Preços cotados nas revendedoras locais e conferidos com o site da Conab, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

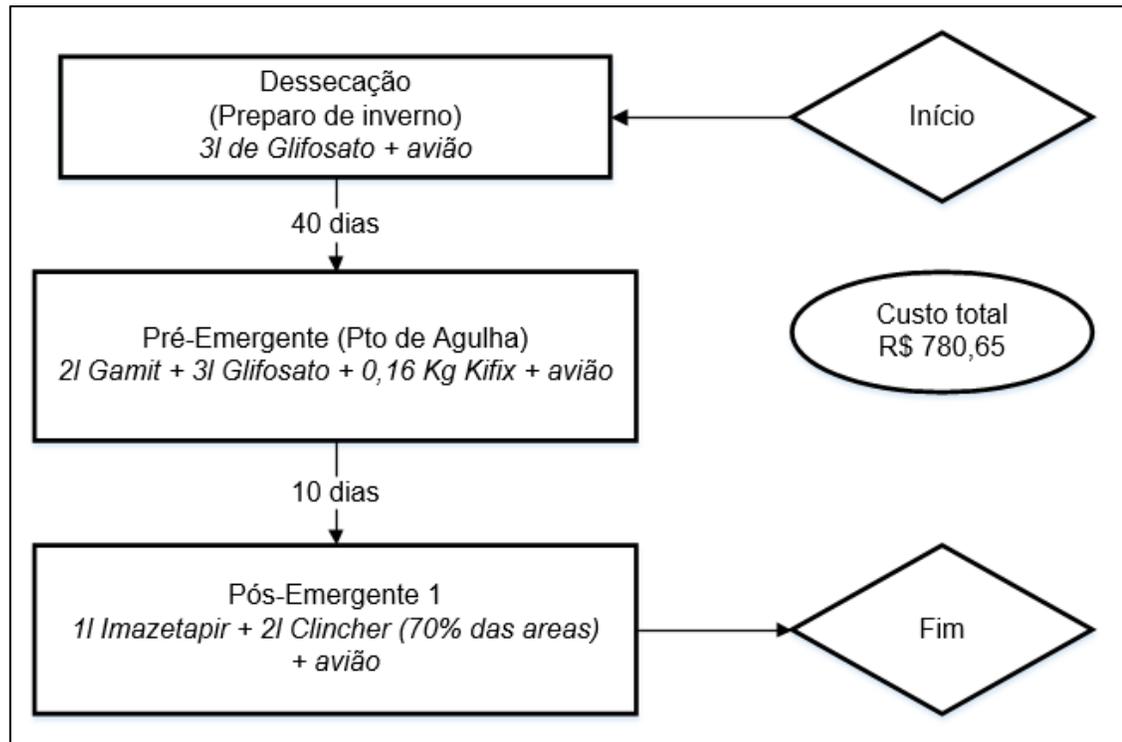


Figura 5 - Manejo usual de herbicidas utilizados no sistema Arroz-Arroz
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.3 Integração com a pecuária do sistema AA

A integração com a pecuária no sistema arroz - arroz torna-se muito limitada, pois o período disponível para pastejo é muito curto. Outro obstáculo é o fato de a maior parte dos produtores de arroz serem arrendatários. Estes geralmente não têm o controle sobre a prática da pecuária, ficando dependente das estratégias do pecuarista, dono da terra. Logo, o que ocorre na prática é que os pecuaristas apenas pastejam os animais na soca do arroz (rebrote), por um período relativamente curto (até 30 dias), o que não propicia um grande ganho de peso animal. Alguns produtores relataram que a vantagem da atividade pecuária neste período é a diminuição do volume de palha sobre o solo, tendo em vista que esta dificulta as operações de preparo. Como as nossas entrevistas não foram ricas em dados sobre a atividade pecuária, para calcular o ganho potencial da pecuária neste sistema, utilizamos trabalhos anteriores, especificamente o publicado pela

Embrapa (MARQUES; COUTO, MELISSA, 2010) sobre o ganho de peso animal em resteva de arroz. Portanto, o ganho potencial do uso da pecuária neste sistema, está descrito na Tabela 4 e o perfil característico de utilização das restevas para a atividade pecuária no sistema Arroz-Arroz, na Figura 6.

Tabela 4: Ganhos da atividade pecuária no sistema arroz-arroz

Fatores	Valores unitários	Valores (R\$/ha)
a) Dias de pastejo	18,00	-
b) Lotação (<i>animal/ha</i>)	5,00	-
c) Ganho de peso (kg/dia)	1,15	-
d) Preço de venda (R\$/kg)	5,34	-
Faturamento	-	552,69

Nota 1: Preço de venda considera a média de 2010 - 2019 para o mês de maio, período em que o gado é retirado das restevas.

Nota 2: O custo referido nesta análise, para fins metodológicos, refere-se apenas ao custo de estabelecimento de pastagens. Consideramos o custo zero pois a maioria dos custos da atividade pecuária como aluguel da terra, mão de obra, vacinas, custo do capital entre outros é comum aos dois sistemas (AA e SA). Como nosso objetivo é de apenas comparar os dois sistemas, estes custos se anulariam no somatório.

Nota 3: Faturamento é o resultado da multiplicação de $a \times b \times c \times d$.

Fonte: adaptado de Marques; Couto, Melissa, (2010)

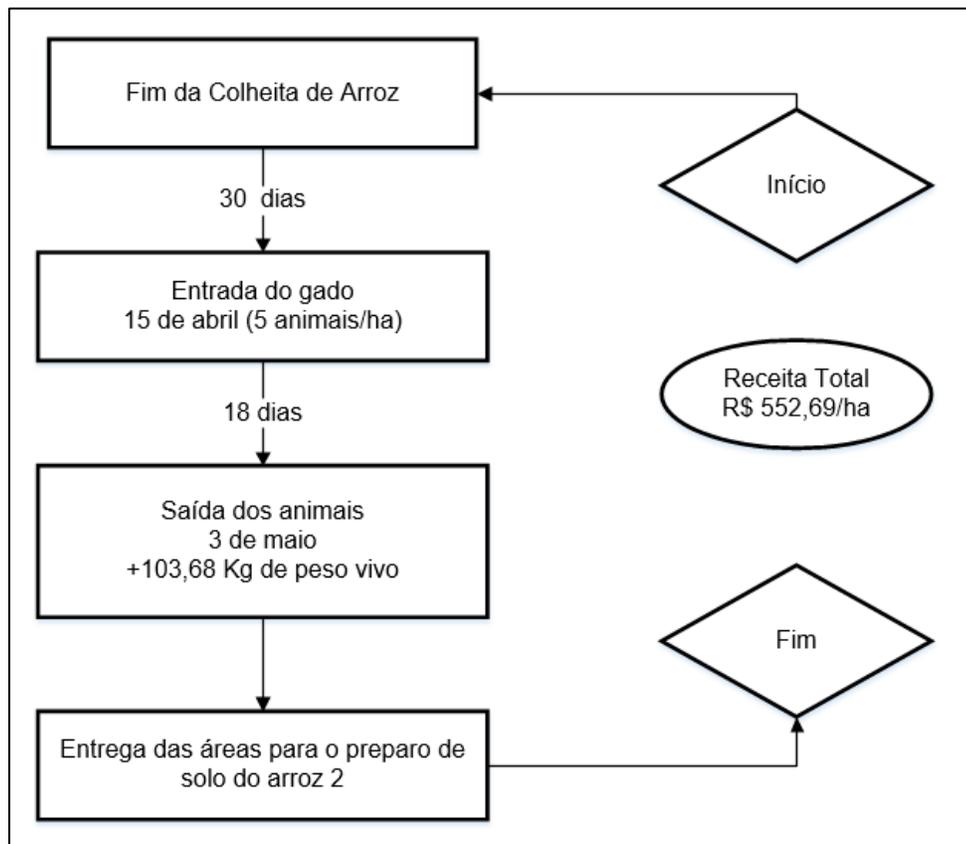


Figura 6: Modelo usual de integração da atividade pecuária com a lavoura de arroz no sistema arroz-arroz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.4 Adubação do sistema AA

A adubação do sistema AA é feita em 3 etapas, sendo a adubação de base a primeira, a qual é realizada em linha no momento do plantio ou a lanço. Esta adubação geralmente é feita utilizando-se aproximadamente de 20 Kg de N (Nitrogênio), 73 Kg de P_2O_5 (Fósforo) e 95 Kg de K_2O (Potássio). A segunda adubação ocorre através da aplicação da uréia (mais 50 Kg de N), geralmente feita a lanço por implemento tracionado por trator. A terceira adubação, com mais 50 Kg de N, é feita com o solo inundado através do uso de aviação agrícola. Dependendo da cultivar utilizada, esta última etapa pode ser repetida por mais uma vez. Para contabilizar monetariamente o manejo de adubação convertamos as quantidades de massa de cada nutriente em unidades monetárias. As quantidades de nutrientes utilizadas neste sistema estão listadas na tabela 5.

Tabela 5: Quantidades de nutrientes (N,P,K) utilizados no sistema Arroz -Arroz

Nutriente	Quantidade utilizada								Custo unitário do nutriente (R\$/Kg)*	Custo médio (R\$/ha)
	Nº Produtor									
	2	3	10	11	12	13	14	Média		
N (Kg/ha)	170,6	153,0	81,5	160,0	169,2	170,7	95,0	142,86	3,49	498,57
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	83,2	92,0	62,5	80,0	54,4	88,4	50,0	72,93	3,75	273,48
K ₂ O (Kg/ha)	96,0	120,0	62,5	108,0	86,4	120,0	75,0	95,41	2,75	262,39
Total										1034,44

*Preço dos nutrientes retirado do site da Conab, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2.5 Produtividade do sistema AA

Com base nas entrevistas verificou-se que a produtividade das áreas onde se realiza arroz sobre arroz consecutivamente (Sistema AA), a produtividade em sacos por hectare é menor. Ela pode variar de 6 a 10 sacos a menos por hectare quando comparada as áreas de rotação na mesma propriedade. A produtividade média das propriedades amostradas foi de 154,3 sacos por hectare nos últimos 3 anos (Tabela 6). Contudo, se compararmos esta produtividade com aquela calculada pelo IRGA também nos últimos três anos (safras 2017 – 2019), o desvio é ainda maior, chegando a uma diferença de 12 sacos para menos em relação à média geral da região.

Tabela 6: Produtividade média dos produtores do sistema Arroz-Arroz

Produtor	Produtividade (Sc/ha)
2	144,67
3	168,00
10	116,00
11	155,30
12	161,30
13	158,50
14	176,33
Média (sc/ha)	154,30
Preço médio (R\$/sc)*	45,17
Faturamento R\$/ha	6969,73

O preço médio considerado foi de R\$ 45,17/sc, média dos últimos 3 anos (divulgado por Agrolink, 2020) corrigidos pelo autor através do índice IGP-DI base janeiro de 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, para obter o indicador financeiro de produtividade convertamos a produtividade média obtida pelos produtores em valores monetários considerando o valor

médio corrigido do arroz (Tabela 7) para os últimos 3 anos (R\$ 45,17/sc) totalizando um valor de R\$ 6969,73/ha.

Tabela 7: Preço do arroz em casca para o Rio Grande do Sul – jan 2010 a dez 2019

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Jan	58,17	40,72	41,15	53,02	50,09	51,01	49,99	56,12	42,25	43,29	48,58
Fev	58,17	40,72	41,15	53,02	50,09	51,01	49,99	56,12	42,25	43,29	48,25
Mar	52,29	36,32	42,35	47,82	48,71	49,4	49,57	52,9	39,95	42,46	46,18
Abr	51,49	32,93	42,5	46,57	47,09	48,04	48,52	46,48	40,21	42,45	44,63
Mai	52,43	31,72	43,85	49,01	48,26	46,85	49,08	46,36	40,46	43,62	45,16
Jun	49,54	31,95	44,31	49,7	49,36	45,01	52,08	46,47	41,09	46,14	45,56
Jul	48,83	34,35	44,6	50,06	49,6	43,55	56,94	47,17	43,29	45,05	46,34
Ago	49,74	38	47,95	50,37	49,57	44,15	58,7	47,42	45,99	44,45	47,63
Set	48,69	37,89	54,54	50,11	49,98	46,57	58,6	45,73	47,55	45,27	48,49
Out	46,9	38,3	58,29	48,64	50,59	49,58	57,8	43,1	47,15	46,59	48,69
Nov	44,98	39,93	57,68	47,86	50,23	50,13	56,76	42,91	44,4	46,69	48,16
Dez	43,70	40,95	55,9	49,28	50,91	49,92	56,6	42,47	43,62	46,74	48,01
Média	50,47	36,74	47,99	49,44	49,57	47,93	53,75	47,74	43,10	44,69	47,14

Fonte: AGROLINK, 2020; corrigidos pelo autor através do índice IGP-DI base janeiro de 2020.

6.2.6 Comercialização do sistema AA

Lavouras mais rentáveis permitem sobras, o que será carreado para investimentos, inclusive na forma de capital de giro. Se o produtor tem dificuldades de caixa ele terá poucas possibilidades de aguardar o melhor momento para negociar sua produção. Normalmente, estes produtores vendem a produção logo após a colheita. Segundo as entrevistas, os agricultores que somente produzem arroz gostariam de vender suas safras no segundo semestre, quando os preços são maiores, porém muitas vezes realizam a venda da maior parte de seus grãos logo após a colheita.

A estratégia comercial destes produtores fica limitada em função da necessidade financeira de fazer caixa logo após a colheita. Obviamente, como a única opção deles é vender o arroz, a venda é realizada exatamente no período de menores preços médios como pode-se observar na Figura 7. O Índice de Variação Sazonal (IVE) para os meses

de março a junho é de menos 3,72% em relação à média geral. Ou seja, o preço médio para este período é menor nesta proporção em relação aos preços médios anuais.

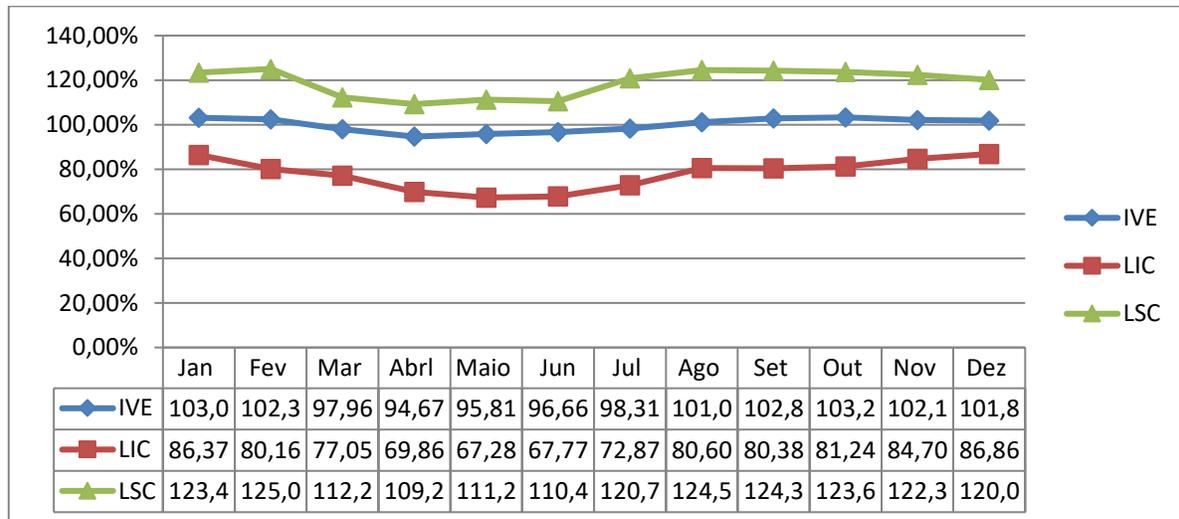


Figura 7: Sazonalidade mensal dos preços do arroz em casca, período de 2010 a 2020 estimada a partir de Índice percentual de variação sazonal (IVE); Limite inferior de Controle (LIC); Limite Superior de controle (LSC)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto estes produtores podem perder até 3,72% de seu faturamento médio de R\$ 6969,73/ha/ano (Item 6.2.5) por comercializarem a produção em um momento de preços baixos, totalizando uma perda no valor de R\$ 259,27/ha/ano.

6.2.7 Risco de produção, de mercado e total do sistema AA

A produtividade do arroz, por ser irrigado, não é tão sensível a variações climáticas quanto à cultura da soja, que é impactada diretamente pelo estresse hídrico. Assim, a percepção de risco produtivo por parte dos produtores é pouco relevante no sistema AA. Por outro lado, nas entrevistas os produtores abordaram as questões de mercado, especificamente as variações do preço e sua tendência de queda com o passar dos anos como aspectos de bastante importância. A Tabela 8 apresenta a produtividade (Zona Sul) e o preço do arroz (para o RS) e sua volatilidade refletida pelo coeficiente de variação. De fato, o risco produtivo é menor (6,63%) do que o risco de comercialização (9,45%), sendo que o risco total (variação do faturamento) do sistema é de 9,75%. Isso significa

que a cada ano vindouro, se as tendências seguirem as mesmas o faturamento do produtor pode variar para mais ou para menos em 9,75%.

Para a estimativa do risco total da lavoura de arroz em rotação é necessário estimar o faturamento anual por hectare e calcular seu CV. Contudo, estes dados (sobre produtividade apenas do sistema AA) não estão disponíveis. Logo, assumimos o risco total do arroz no sistema AA, como sendo igual ao risco geral da lavoura de arroz no RS, que resultou em 9,75% para mais ou para menos do faturamento médio, equivalente a R\$ 721,68 por ano.

Tabela 8: Risco produtivo, risco de mercado e risco total do sistema Arroz-Arroz

Safr	Risco Produtivo			Risco de Mercado		Risco Total	
	Produtividade (Kg/ha)*	Sc/ha	Varição (%)	Preço Médio**	Varição (%)	Faturamento (R\$/ha)	Varição (%)
2010	6772	135,44	0	50,47	0	6836,24	0
2011	8006	160,12	18,22	36,73	-27,22	5882,21	-13,96
2012	7233	144,66	-9,66	47,99	30,64	6942,32	18,02
2013	7802	156,04	7,87	49,43	3,01	7714,08	11,12
2014	7596	151,92	-2,64	49,56	0,27	7530,48	-2,38
2015	8479	169,58	11,62	47,92	-3,32	8127,15	7,92
2016	7849	156,98	-7,43	53,75	12,16	8437,9	3,82
2017	8519	170,38	8,54	47,74	-11,18	8134,71	-3,59
2018	8200	164,00	-3,74	43,09	-9,74	7067,63	-13,12
2019	8198	163,96	-0,02	44,68	3,69	7326,59	3,66
Média	7865,40	157,31	-	47,14	-	7399,93	-
SD.***	521,38	10,43	8,48	4,45	14,43	721,69	9,55
CV (%)	6,63	6,63	-	9,45	-	9,75	-
Máximo	8519,00	170,38	18,22	53,75	30,64	8437,90	18,02
Mínimo	6772,00	135,44	-0,02	36,73	0,27	5882,21	-2,38

Fonte: Elaborado pelo autor. *Dados de produtividade - fornecidos IRGA – Zona Sul ,2019; ** média deflacionada estadual para o período, adaptado de AGROLINK, 2020; *** SD. =Desvio padrão valor do risco convertido em unidade financeira.

6.3 Descrição e estimativas de custos e ganhos do Sistema Soja-Arroz (SA)

O sistema Soja-Arroz, conforme descrito na seção 5.3 da metodologia, consiste em alternar os cultivos de verão entre soja e arroz irrigado. Como característica comum, os produtores utilizam parte da área para o cultivo de arroz e outra para o cultivo de soja, alternando-as ao longo dos anos. Ou seja, em nossa análise, a área de soja é necessariamente uma resteva de arroz e a área de arroz é necessariamente uma resteva de soja. Após a colheita do arroz, os campos recebem uma carga animal para diminuir o volume de palha e em seguida a terra já começa a ser preparada para o plantio de soja da safra seguinte. Enquanto isso, na outra parte, logo após a colheita da soja, a terra já é preparada para o plantio do arroz. Também no período de inverno, nas áreas de resteva de soja são cultivadas as pastagens que são semeadas de avião antes mesmo da colheita da soja.

Assim como no sistema Arroz-Arroz, no sistema Soja-Arroz, os produtores são em sua maioria arrendatários. Os proprietários das terras são os pecuaristas. As restevas de soja favorecem o estabelecimento de pastagens de inverno (geralmente azevém ou trevo), o que proporciona um acréscimo de renda para o pecuarista, oferecendo uma melhor condição na relação comercial entre proprietário e arrendatário. Na primavera seguinte, após o pastejo dos animais, as pastagens são dessecadas para o plantio do arroz. O Quadro 5 exemplifica a distribuição das atividades ao longo das áreas no sistema SA por dois anos consecutivos.

Ano	Estação	Área 1	Área 2
1	Verão	Soja	Arroz
	Inverno	Pecuária (Azevém)	Pecuária resteva + Preparo de solo
2	Verão	Arroz	Soja
	Inverno	Pecuária resteva + Preparo de solo	Pecuária (Azevém)

Quadro 5: Distribuição das atividades produtivas do sistema soja-arroz (SA) ao longo de dois anos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.1 Preparo de solo do sistema SA

O preparo de solo para plantio de soja em resteva de arroz é muito semelhante ao preparo utilizado para o sistema Arroz-Arroz. Porém, neste caso, observamos nos relatos e na literatura a necessidade de se realizar uma operação de gradagem mais profunda com grade aradora ou através do escarificador (ou subsolador) para a descompactação do solo após o cultivo do arroz (MARCHESAN, 2016). A soja é altamente impactada pela compactação de solo. Outra operação característica de áreas de rotação é a necessidade da adição de calcário no solo, pois as terras baixas geralmente apresentam um pH muito baixo para o cultivo de soja. Após a descompactação do solo e incorporação do calcário é realizada uma gradagem mais leve seguida de aplainamento e drenagem, uma antes e outra após o plantio. Na Tabela 9 estão discriminados os custos de cada uma destas atividades por hectare, conforme os custos disponibilizados pelo IRGA e a quantidade média de operações executadas pelos produtores da amostra.

Tabela 9: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores entrevistados para a soja no sistema Soja-Arroz em terras baixas e suas respectivas frequências e custos.

Operações	Frequência das operações								Média	Moda	Custo (R\$/ha)*	Custo médio (R\$/ha)
	Nº Produtor											
	1	4	5	6	7	8	9					
Desmonte das taipas	1	1	1	0	1	1	0	0,71	1	9,91	7,08	
Rolo Faca	1	0	0	0	0	0	1	0,29	0	43,50	12,43	
Escarificador **	1	1	1	0	0	0	0	0,43	0	77,30	33,13	
Grade Aradora	1	0	0	0	0	1	1	0,43	0	77,30	33,13	
Grade Niveladora	2	1	1	2	2	1	1	1,43	1	43,50	62,14	
Plaina	1	1	1	1	2	2	1	1,29	1	153,00	196,71	
Tapadeira	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	10,00	0,00	
Semeadura	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	128,09	128,09	
Drenagem superficial	3	3	3	2	1	3	2	2,43	3	20,69	50,25	
Aplicação de calcário	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	43,50	43,50	
Aplicação de adubação	1	0	0	1	0	0	0	0,29	0	25,95	7,41	
Aplicação de Cloreto	0	1	1	1	1	0	0	0,57	1	25,95	14,83	
Total											588,70	

*O custo unitário das operações por hectare obtido do IRGA, (2018);

**Custo da escarificação não encontrado e utilizado como proxy o valor da gradagem pesada.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

O somatório dos custos das operações de preparo de solo da soja em terras baixas chegou ao valor de R\$ 588,70/ha. A sequência em que as operações são empregadas neste sistema está representada na Figura 8.

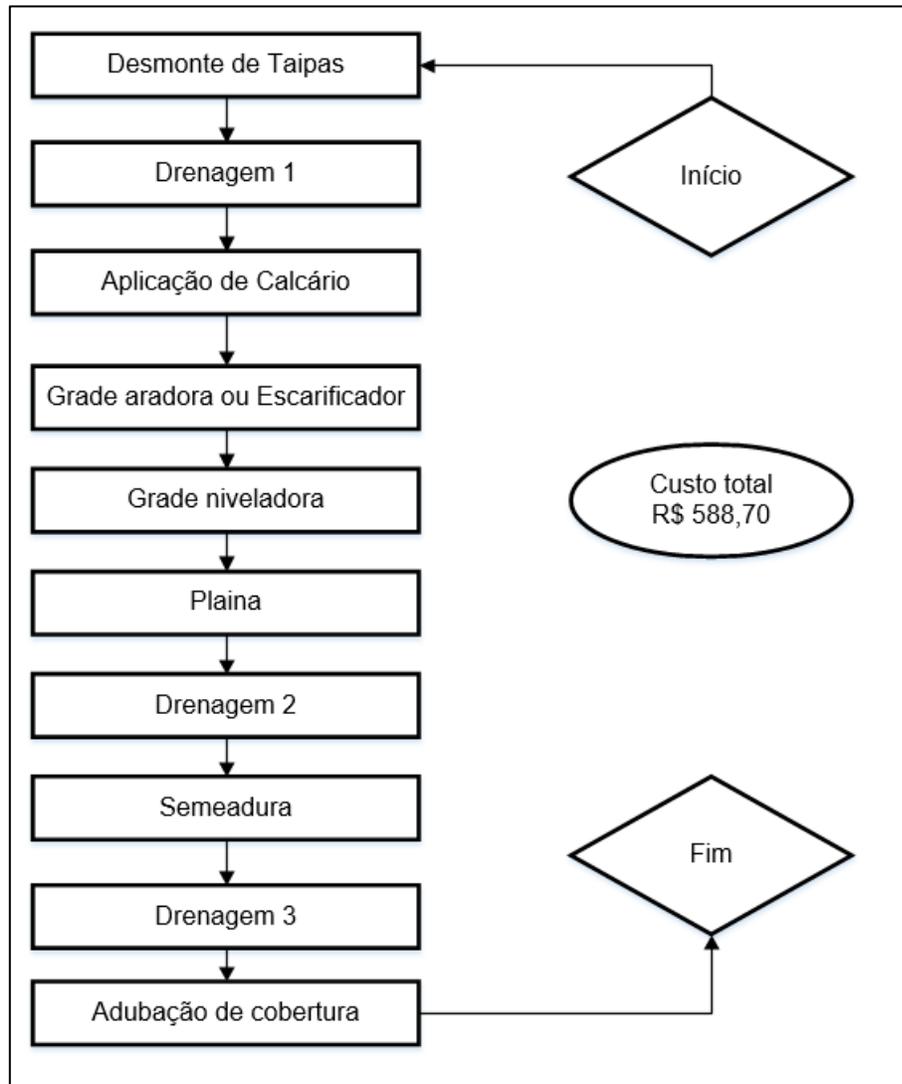


Figura 8 - Modelo esquemático das atividades de preparo de solo para a soja em rotação com arroz irrigado
Fonte: Elaborado pelo autor.

O preparo de solo para o arroz, no sistema de rotação, é realizado logo após a colheita da soja (Ano 2 da área 1 – Quadro 5). Como o volume de palha da soja é

pequeno, não é necessário gradagem ou a passagem de rolo faca para a sua incorporação no solo. Outra grande diferença é a boa condição do micro relevo, não sendo necessário, na maioria dos casos, operações de aplainamento, pois não há danos físicos tão significativos como os causados pelas operações de colheita do arroz. Logo, as únicas operações de preparo de solo para o cultivo de arroz são a construção das taipas seguidas de reforço da microdrenagem. O resultado dos custos das operações de preparo de solo para o arroz sob a resteva de soja é apresentado na Tabela 10, a qual enumera as operações, a frequência em que os produtores as executam e seus respectivos custos.

Tabela 10: Operações de preparo de solo utilizadas pelos produtores para o arroz no sistema Soja-Arroz em terras baixas e suas respectivas frequências e custos.

Operações	Frequência das operações								Média	Moda	Custo (R\$/ha)*	Custo médio (R\$/ha)
	Nº Produtor											
	1	4	5	6	7	8	9					
Grade Niveladora	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	43,50	0,00	
Plaina	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	153,00	0,00	
Drenagem	0	1	1	0	1	1	1	0,71	1	20,69	14,78	
Construção das taipas	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	118,00	118,00	
Rolo compact.	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	20,69	0,00	
Semeadura	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	128,09	128,09	
Adubação	0	0	1	1	1	0	0	0,43	0	25,95	11,12	
Uréia trator	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	25,95	25,95	
Uréia avião	2	2	2	2	2	1	2	1,86	2	35,00	65,00	
Cloreto	0	1	0	1	1	0	0	0,43	0	25,95	11,12	
Total											374,06	

*O custo unitário das operações foi obtido pelo IRGA,2018

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

A sequência em que as operações são empregas neste sistema está representada na Figura 9.

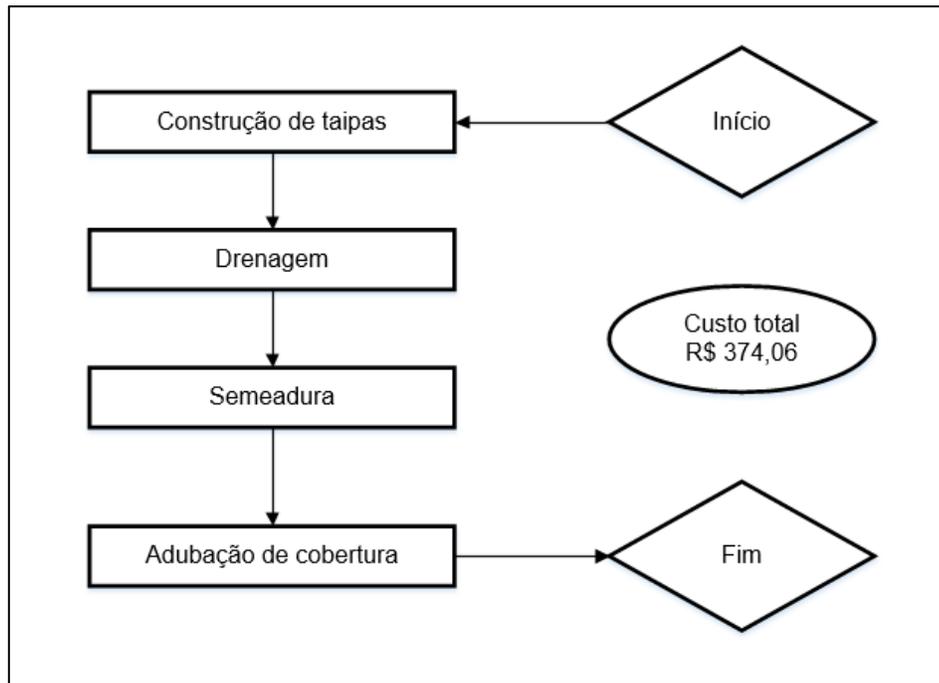


Figura 9: Modelo esquemático das atividades de preparo de solo para o arroz em rotação

Conforme descrito na metodologia, o custo total de operações de preparo de solo do sistema Soja-Arroz se refere a média entre os custos das operações do arroz e da soja. Logo, o custo médio por unidade de área do sistema é de R\$ 481,38/ha/ano.

6.3.2 Controle de plantas daninhas do sistema SA

O controle de plantas daninhas no sistema Soja-Arroz se dá através do manejo de herbicidas para ambas as culturas. O manejo de herbicidas para o cultivo do arroz em rotação é bem semelhante ao do sistema arroz-arroz, com a diferença de que é necessário dessecar a pastagem de inverno (azevém ou trevo) antes da semeadura do arroz, podendo haver também redução de alguns herbicidas. Faz-se a dessecação da forrageira de inverno com 3 litros de glifosato por hectare (muitas vezes aplica-se dose

30% acima do recomendado em caso de azevém resistente) com adição de um herbicida para folhas largas (4g de *Ally*® (Metsulfurom metílico) / ha). Em alguns casos de azevém resistente ao *Glifosato*, faz-se necessário a utilização de mais um graminicida. Após esta primeira dessecação, os produtores realizam uma segunda aplicação, chamada de “ponto de agulha”, a qual utiliza outra aplicação de *Glifosato* (2 a 3 l/ha), adicionado de 0,7 l/ha de *Gamit*® (Clomazona - pré-emergente para controle do Capim-Arroz) e *Kifix*® (0,14 Kg/ha) ou *Only*® (1l/ha) pré-emergente para controle de arroz vermelho e arroz preto. Após esta aplicação utiliza-se uma terceira com *Kifix*® (0,14 Kg/ha), também para controle de arroz vermelho e arroz preto.

A Tabela 11 enumera os herbicidas utilizados pelos produtores e suas respectivas quantidades, bem como o número de aplicações normalmente utilizadas. Também apresenta, como resultado da análise, a média de utilização, o custo unitário de cada produto bem como o custo por unidade de área.

Tabela 11: Controle de plantas daninhas (utilização de herbicidas) para o arroz no sistema Soja-Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.

Produtos	Quantidade utilizada									Custo unitário do produto (R\$)*	Custo médio (R\$/ha)	
	Nº Produtor								Média			Moda
	1	4	5	6	7	8	9					
<i>Glifosato® (Glyphosato) (l/ha)</i>	6,00	6,00	6,00	3,00	6,00	6,00	6,00	5,57	6	15,41	85,86	
<i>Ally® (Metsulfurom metílico) (g/ha)</i>	0,00	0,00	4,00	4,00	0,00	0,00	3,30	1,61	0	0,74	1,19	
<i>Gamit® (Clomazona) (l/ha)</i>	0,70	0,70	0,70	0,80	0,70	2,00	0,00	0,80	0,7	111,54	89,23	
<i>Clincher® (Cialofope butílico) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0	121,68	17,38	
<i>Kifix® (Imazapir + Imazapique) (l/ha)</i>	0,28	0,14	0,14	0,00	0,00	0,16	0,32	0,15	0,14	957,63	142,28	
<i>Only® (imazethapyr + imazapic) (l/ha)</i>	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0	100,00	12,86	
<i>Imazitapir (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	100,00	0,00	
<i>Facet® (Quincloraque) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,11	0	358,67	38,43	
<i>Ricer (Penoxsulam) (l/ha)</i>	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,06	0	575,00	32,86	
<i>Aplicações</i>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3	35,00	105,00	
Total											525,08	

*Valores levantados em revendas da cidade de Pelotas, RS e em Conab,2020.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

A Figura 10 apresenta a distribuição e a ordem cronológica em que estes agrotóxicos são utilizados.

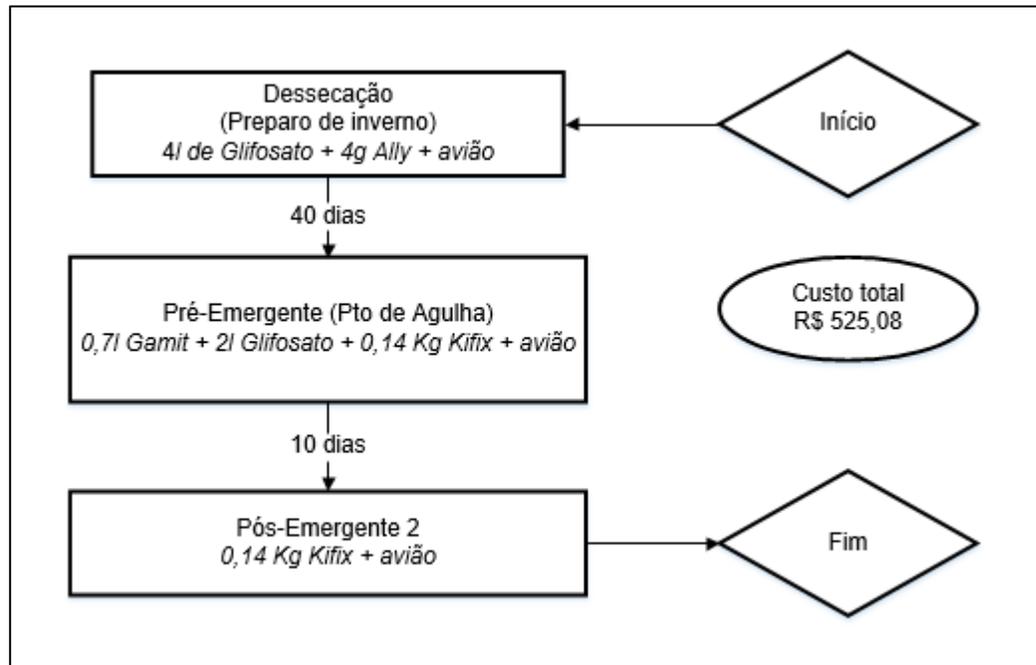


Figura 10 - Manejo de herbicidas para a semeadura de arroz no sistema Rotação.
Fonte: elaborado pelo autor.

Já o manejo de herbicidas para a semeadura da soja em terras baixas é feito em sua maior parte com a utilização do *Glifosato*. A primeira aplicação ocorre pelo menos 20 dias antes do plantio, para eliminar as plantas daninhas que emergiram no período pré semeadura (geralmente arroz e outras plantas daninhas comuns à lavoura arroseira). Antes da emergência é realizada uma aplicação com herbicida de ação pré-emergente, que objetiva eliminar o arroz espontâneo, proveniente da safra anterior (*Dual Gold*). Após o plantio, para garantir a limpeza das terras, os produtores realizam até 3 aplicações de *Glifosato*, com 3 litros em cada aplicação. A Tabela 12, enumera os herbicidas utilizados pelos produtores para a soja e suas respectivas quantidades, bem como o número de aplicações normalmente utilizadas. Também apresenta, como resultado da análise, a média de utilização, o custo unitário de cada produto bem como o custo por unidade de área.

Tabela 12: controle de Plantas Daninhas (utilização de herbicidas) para a soja no sistema Soja-Arroz, realizados pelos produtores entrevistados.

Produtos	Quantidade utilizada										Custo unitário do produto (R\$)*	Custo médio (R\$/ha)
	Nº Produtor								Média	Moda		
	2	3	4	5	6	7	8	9				
<i>Glyphosato (l/ha)</i>	10	8	10	10	12	6	3	10	8,63	10	15,41	132,91
<i>Dual Gold® (S-metolacoloro) (l/ha)</i>	0	0	1,75	0	0	0	1,75	1,75	0,66	0	15,00	9,84
<i>Ally® (Metsulfurom metílico) (g/ha)</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	1,25	0	0,74	0,93
<i>Aplicações</i>	4	3	4	3	4	3	2	4	3,38	4	35,00	118,13
Total												261,81

*Valores levantados em revendas da cidade de Pelotas – RS e em Conab,2020.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa

A Figura 11 apresenta a distribuição e a ordem cronológica em que estes agrotóxicos são utilizados.

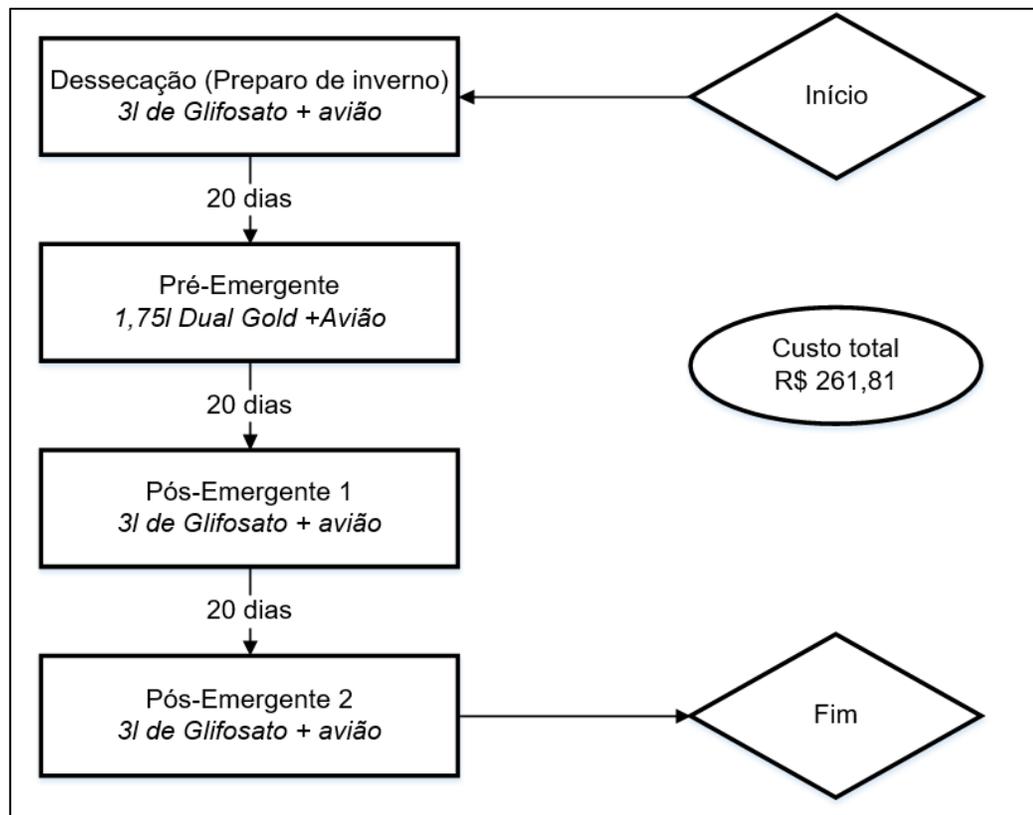


Figura 11 - Manejo de herbicidas para soja no sistema Rotação
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa

O custo total de controle de plantas daninhas do Soja-Arroz se refere a média entre os gastos com agrotóxicos do arroz e da soja, totalizando R\$393,44/ha/ano.

6.3.3 Integração com a pecuária do sistema SA

Como descrito anteriormente, as restevas de soja favorecem o estabelecimento de pastagens de inverno o que proporciona um acréscimo de renda para o pecuarista, oferecendo uma melhor condição na relação comercial entre proprietário e arrendatário. Estas pastagens ofertam um grande volume de matéria seca em um período (julho a agosto) que os campos nativos estão com pouca produção de forragens para o gado. Além disto, o período o qual a resteva de arroz oferta alimentos é nos meses de abril e

maio, ou seja, antes das pastagens estarem estabelecidas. Logo, a rotação de culturas favorece a integração lavoura pecuária, mesmo que nem sempre esta prática seja utilizada pelos produtores de arroz. Além disto, segundo a literatura, o pastejo de animais pode trazer benefícios aos produtores de arroz, pois cicla os nutrientes e favorece o aumento de produtividade da lavoura de arroz (CARVALHO et al., 2018) .

Conforme informação obtida nas entrevistas, pode-se obter até sessenta dias de pastejo em pastagens de azevém estabelecidas entre as culturas da soja e do arroz. Porém, como a maioria dos produtores entrevistados não tem dados precisos sobre o ganho de peso animal nesta situação específica, adotaremos valores baseados no estudo científico e experimental de Silva et al (2011) para calcular o ganho econômico deste benefício. Para fins de cálculos, a adubação utilizada na implantação da pastagem de azevém foi unicamente de uréia, na quantidade de 150 kg/ha (45% de N) (LUPATINI et al., 2013). A Tabela 13 apresenta os valores dos custos e receitas do pastejo de animais em pastagem de azevém estabelecida em resteva de soja.

Tabela 13: Custos e ganhos por hectare do estabelecimento de pastagens de azevém na restava da soja

Operações/fatores		Valor unitário	Resultado (R\$/ha)
Custo	Semente Azevém (kg)	20,00	120,00
	Operação de semeadura		35,00
	Adubação nitrogenada (kg)	150,00	240,00
	Aplicação de adubação		25,95
Total			420,95
Ganho	Dias de pastejo (<i>dias</i>)	60,00	
	Lotação (<i>animal/ha</i>)	2,00	
	Ganho de peso (Kg/dia/animal)*	1,50	
	Preço de venda** (R\$/Kg)	5,30	
Total			954,00
Ganho líquido			533,05

Nota 1 : *Dados obtidos de (SILVA et al., 2011)

Nota 2: Preço de venda considera a média de 2010 - 2019 para o mês de setembro, período em que o gado é retirado das pastagens

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa

A Figura 12 apresenta como a utilização das pastagens de azevém são empregadas para o engorde de animais no período de inverno.

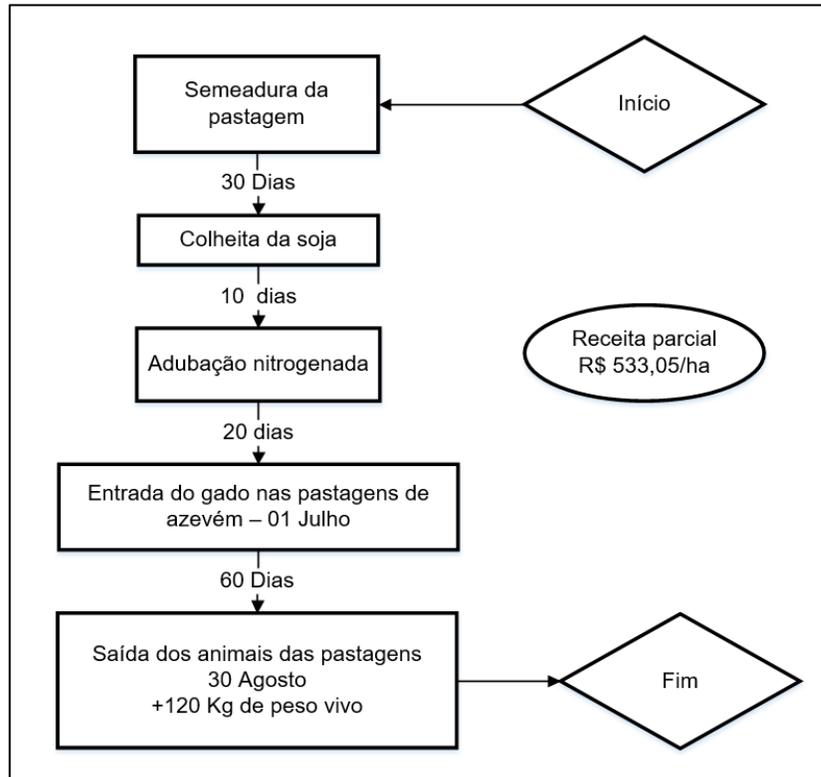


Figura 12: Ganhos com atividade pecuária em pastagem de azevém em resteva de soja
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa

Além disto, estes produtores ainda mantêm o benefício das restavas de arroz (descritos anteriormente), pois o período de pastejo nestas áreas (abril e maio) antecede a entrada do gado nas pastagens de Azevém (julho a setembro). Portanto, para obter um indicador por unidade de área deste sistema conforme descrito na metodologia, somamos os ganhos nas restavas de arroz e de soja e dividimos por dois, totalizando num ganho por unidade de área de R\$ 542,87/ha/ano

6.3.4 Adubação do sistema SA

A adubação do arroz no sistema Soja-Arroz, segundo as entrevistas, tende a ser maior devido a maior extração de nutrientes do solo do que as do sistema mais simples,

Arroz-Arroz. Observa-se que os dados da adubação para o arroz em rotação são substancialmente maiores do que no sistema Arroz-Arroz (Tabela 14).

Neste sistema além de considerar a adubação para o arroz o qual totaliza R\$1294,38/ha (Tabela 14), também deve ser considerado o gasto com os fertilizantes para a lavoura de soja a qual totaliza cerca de R\$ 1055,56/ha ano (Tabela 15). Assim, considerando os valores da adubação no sistema Soja-Arroz, temos que o produtor desembolsa R\$ 1174,97 na aquisição de adubos na média por hectare.

Tabela 14: Adubação e respectivos nutrientes utilizados no arroz no sistema Soja-Arroz

Produtos	Quantidade utilizada								Custo (R\$/Kg)*	Custo médio (R\$/ha)	
	Nº Produtor										
	1	4	5	6	7	8	9	Média			
N (Kg/ha)	170,60	175,00	172,80	216,00	126,00	100,50	171,50	161,77	3,50	566,20	
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	83,20	104,00	93,60	106,60	80,00	156,00	161,00	112,06	3,75	420,21	
K ₂ O (Kg/ha)	110,40	120,00	138,00	120,00	120,00	81,00	94,50	111,99	2,75	307,96	
Total											1294,38

*O custo unitário por unidade de massa do produto foi calculado a partir da divisão do preço da tonelada (obtido em CONAB, 2020), dividido pelo percentual do nutriente encontrado nos seus respectivos produtos comerciais, conforme descrito na seção 5.5 do capítulo de metodologia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 15: Adubação e respectivos nutrientes utilizados para a lavoura de soja no sistema Soja-Arroz.

Produtos	Quantidade utilizada								Custo (R\$/Kg)*	Custo médio (R\$/ha)	
	Nº Produtor										
	1	4	5	6	7	8	9	Média			
N (Kg/ha)	17,60	22,00	-	0,00	16,00	7,00	8,00	11,77	3,50	41,18	
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	83,20	104,00	-	124,20	93,00	91,00	80,00	95,90	3,75	359,63	
K ₂ O (Kg/ha)	120,00	120,00	-	150,00	96,00	56,00	112,00	109,00	2,75	299,75	
Calcário (Kg/ha)	2000,00	2500,00	3000,00	2500,00	3500,00	2000,00	2000,00	2500,00	0,14	350,00	
Total											1050,56

*O custo unitário por unidade de massa do produto foi calculado a partir da divisão do preço da tonelada (obtido em CONAB, 2020), dividido pelo percentual do nutriente encontrado nos seus respectivos produtos comerciais, conforme descrito na seção 5.5 do capítulo de metodologia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.5 Produtividade do sistema SA

A produtividade média relatada pelos produtores entrevistados foi de 200,5 sacos de arroz por hectare e de 54,5 sacos de soja por hectare (Tabela 16). Vale salientar que a produtividade do arroz, segundo os entrevistados apresenta pouca variação ao longo dos anos, enquanto a da soja apresenta variações na ordem de 50%. Em relação ao arroz, a produtividade média do nosso grupo amostral, nos últimos 3 anos (safras de 2017 à 2019), apresentou valores 20% superiores à média da região que é de 166 sacos por hectare (IRGA 2019). Já a média de produtividade da soja nos últimos 3 anos (safras de 2017 à 2019) dos produtores do grupo amostral é de 54,5 sacos por hectare, 21,9% acima da média da região (44,7 sacos por hectare), conforme dados fornecidos pelo IRGA zona sul.

Tabela 16: Produtividade do arroz e da soja obtida pelo grupo Amostral – sistema Soja-Arroz

Produtor	Produtividade (Sc/ha)	
	Arroz	Soja
1	200,6	53,7
4	223,3	58,8
5	213,3	63,3
6	206,0	63,0
7	170,0	42,5
8	190,0	50,0
9	200,6	50,6
Média (sc/ha)	200,5	54,6
*Preço médio deflacionado 2017 a 2019 (R\$/ha)	45,18	75,06
Faturamento (R\$/ha)	9060,53	4095,06

*O valor considerado para o saco do arroz e da soja foi calculado a partir da média deflacionada estadual para o período, adaptado de AGROLINK, 2020, apresentados nas tabelas 7 e 17.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, o valor médio do faturamento dos produtores entrevistados do sistema Soja-Arroz, por unidade de área é de R\$ 6.577,79/ano (média entre soja e arroz).

6.3.6 Comercialização do sistema SA

A comercialização da produção no sistema Soja-Arroz se difere do sistema Arroz-Arroz pelo fato dos produtores terem duas opções de venda para cobrir as despesas de suas produções. Ou seja, há a possibilidade de escolher o produto a vender primeiro, se arroz ou soja. Conforme relatado pelos produtores entrevistados, a soja é vendida logo após a colheita, pois os produtores percebem que o preço físico desta *commodity* não varia tanto quanto o do arroz no período entressafras. Em vários casos relatados, os produtores de soja realizam contrato de venda, com quantidade e preços pré-estabelecidos, o que garante uma boa condição de venda logo após a colheita. Estes contratos, geralmente são estabelecidos no momento da semeadura da leguminosa, ou seja, quando o seu preço historicamente apresenta o maior valor dentro do ano. Portanto, estes produtores, pagam boa parte de suas despesas (financiamentos de insumos e máquinas, folha salarial, encargos, etc.) com a venda imediata da soja e conseguem aguardar o melhor momento para vender sua produção de arroz no segundo semestre, garantindo a maximização da renda.

Como analisado na Figura 7 (item 6.2.6), os produtores de arroz em rotação que aguardam e não comercializam sua produção na safra, ou seja, vendem o arroz de agosto a fevereiro, podem obter preços melhores chegando a uma valorização de até 2,37% acima da média anual, o que representa um valor de R\$ 214,73/ha se considerarmos o faturamento de R\$ 9060,53/ha (item 6.2.5) .

Ao analisar-se o período de Jan de 2010 a dez de 2019, a soja apresenta desvalorização média de 2,69% nos meses da safra da região (março a junho). A melhora do preço ocorre após o mês de junho (Tabela 17). Logo, a soja somente representaria uma oportunidade de negociação para os produtores do grupo SA se ela fosse vendida com contrato futuro, com preço baseado no segundo semestre do ano, ou se vendida no segundo semestre.

Tabela 17: Preço da soja (R\$/sc de 60 kg)

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Jan	74,80	76,10	68,70	89,00	88,30	77,20	91,60	77,00	70,20	74,50	78,80
Fev	68,30	75,10	69,20	84,80	89,40	75,40	88,40	74,00	71,30	73,20	76,90
Mar	62,40	72,50	74,70	83,60	91,70	83,20	82,10	71,20	78,20	75,00	77,50
Abrl	60,50	70,20	83,80	79,70	87,20	80,00	80,60	64,60	84,50	71,70	76,30
Mai	60,00	67,60	85,70	81,90	86,40	77,20	87,40	67,30	85,00	68,10	76,70
Jun	59,80	68,00	88,70	90,50	86,50	78,10	95,40	68,30	79,20	74,10	78,90
Jul	62,50	68,00	101,70	92,20	81,00	83,40	87,70	71,70	81,00	70,50	80,00
Ago	66,60	69,30	109,40	89,70	80,90	87,40	81,40	69,60	82,70	75,10	81,20
Set	67,40	72,60	112,40	95,40	74,60	92,30	80,30	69,50	86,40	78,90	83,00
Out	69,10	68,90	100,20	94,10	74,90	94,90	78,00	70,40	83,10	78,40	81,20
Nov	73,50	67,00	99,50	95,30	79,90	91,70	78,90	72,70	78,50	78,80	81,60
Dez	75,10	66,60	100,30	93,50	81,10	89,90	80,80	73,00	76,80	78,60	81,60
Média	66,70	70,20	91,20	89,10	83,50	84,20	84,40	70,80	79,70	74,70	79,50

Fonte: AGROLINK, 2020; corrigidos pelo autor através do índice IGP-DI base janeiro de 2020.

Podemos observar na Figura 13 que para o primeiro semestre, o preço da soja é menor que a média, sendo abril o mês com a maior desvalorização (3,98%). Já o mês de setembro apresenta as melhores oportunidades de negócio, pois apresenta tanto a maior valorização (4,4%) como o maior limite superior de controle (até 41,4% de valorização).

A soja se comercializada na safra (março a junho) tem desvalorização média de preço 2,69%, e se considerarmos o faturamento médio de R\$ 4095,06 (Tabela 16), resultando em uma perda de faturamento médio de R\$ 110,15/ha. Entretanto, se comercializada no segundo semestre, a valorização é 2,48% com aumento de faturamento de R\$ 101,56/ha. Porém para esta análise fomos conservadores, e assumimos que os produtores da nossa região não fazem contratos de venda antecipado e, portanto, deixam de ganhar R\$ 110,15/ha por não venderem no melhor momento de preços médios.

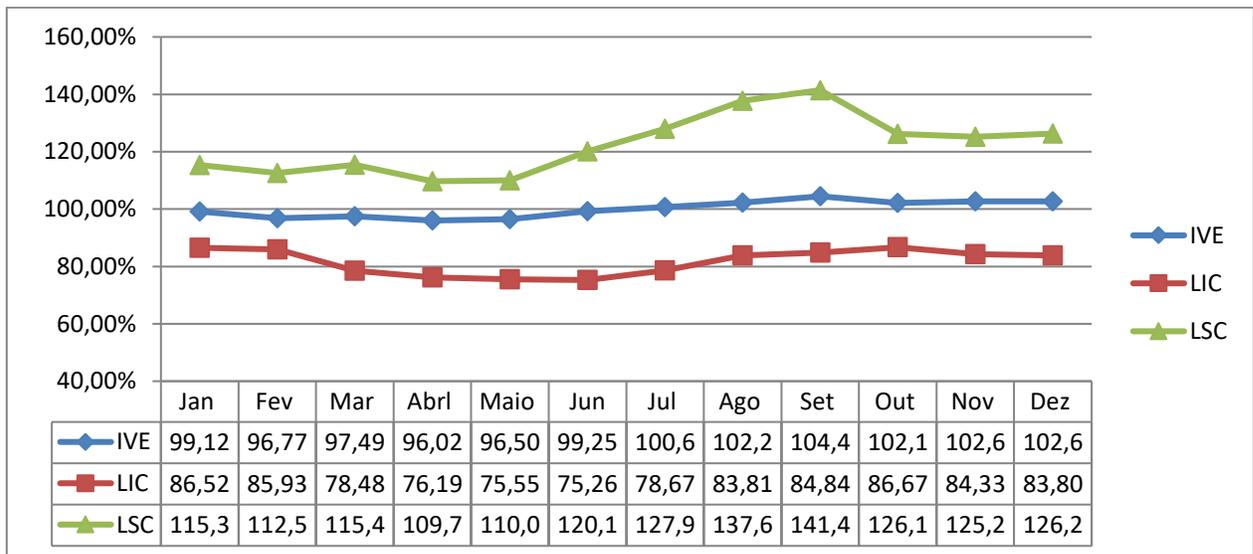


Figura 13: Sazonalidade mensal dos preços da soja no Rio Grande do Sul, período de jan/2010 a dez/2019 estimada a partir de Índice percentual de variação sazonal (IVE); Limite inferior de Controle (LIC); Limite Superior de controle (LSC)

6.3.7 Risco de produção, de mercado e total do sistema SA

Segundo os entrevistados o maior receio em relação ao sistema de rotação é a instabilidade na produtividade da soja em terras baixas. Este é um problema, geralmente causado pelo estresse hídrico, tanto pelo excesso, quanto falta d'água. Os produtores relatam que ainda estão aperfeiçoando as técnicas de manejo e que ainda não estão adaptados totalmente com a soja nestas áreas. Estes produtores percebem o cultivo do arroz como mais seguro do que a soja, pelo menos em relação aos efeitos do clima. Porém, devemos salientar que estes produtores se beneficiam das propriedades emergentes da rotação de culturas (menor pressão de plantas daninhas, ciclagem de nutrientes, terras preparadas na época de plantio) e por isto conseguem obter resultados melhores em suas lavouras de arroz.

Pelo histórico da região Sul do Estado (Tabela 18), embora a produtividade venha crescendo, a média é de pouco mais de 37 sacos/hectare, com um CV (coeficiente de variação) de 11,58%. Já o preço do saco da leguminosa no Rio Grande do Sul apresenta variação de 10,09% no período analisado, resultando numa volatilidade de 11,03% no faturamento da soja por hectare.

Tabela 18: Risco produtivo, risco de mercado e risco total da soja no sistema Soja-Arroz.

Safra	Risco Produtivo			Risco de Mercado		Risco Total	
	Produtividade (Kg/ha)*	Sc/ha	Variação (%)	Preço Médio**	Variação (%)	Faturamento (R\$/ha)	Variação (%)
2010	2200,00	36,67	-	66,66	-	2444,36	0,00
2011	2204,00	36,73	0,00	70,16	5,20	2577,08	5,43
2012	1831,00	30,52	-16,92	91,19	30,00	2782,91	7,99
2013	2379,00	39,65	29,93	89,14	-2,20	3534,55	27,01
2014	2046,00	34,10	-14,00	83,49	-6,30	2846,96	-19,45
2015	2149,00	35,82	5,03	84,21	0,90	3016,24	5,95
2016	1850,00	30,83	-13,91	84,40	0,20	2602,34	-13,72
2017	2656,00	44,27	43,57	70,78	-16,10	3133,04	20,39
2018	2448,00	40,80	-7,83	79,73	12,70	3253,16	3,83
2019	2490,00	41,50	1,72	74,73	-6,30	3101,35	-4,67
Média	2225,30	37,09	-	79,45	-	2929,20	-
SD.***	257,72	4,30	19,65	8,02	12,46	323,14	13,30
CV (%)	11,58	11,58	-	10,09	-	11,03	-
Máximo	2656,00	44,27	43,57	91,19	30,00	3534,55	27,01
Mínimo	1831,00	30,52	-0,17	66,66	-0,16	2444,36	-2,38

*Dados de produtividade - fornecidos IRGA – Zona Sul, 2019; ** média deflacionada estadual para o período, adaptado de AGROLINK, 2020; *** SD. =Desvio padrão, valor do risco convertido em unidade financeira.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a análise do risco total do sistema Soja-Arroz, necessitaríamos de uma série histórica de produtividade média do arroz em rotação com a soja. Porém não encontramos nenhuma publicação com estes dados e nem os produtores entrevistados mantinham uma série de produtividade tão longa para esta análise. Logo, estimamos o risco produtivo do arroz no sistema de rotação (SA), a partir das séries históricas de produtividade do arroz na região Sul do Estado fornecido pelo IRGA (IRGA, 2019). A média da produtividade da lavoura do arroz nos últimos 10 anos foi de 157,31 sacos, enquanto o CV (Coeficiente de variação) foi de 9,75%, apresentado na tabela 8 (Seção 6.2.7). Contudo, o risco do sistema SA deve englobar as flutuações no faturamento ao longo dos anos, dos dois sistemas em conjunto, que são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Risco total para o sistema Soja-Arroz

Safr	Risco Total Soja		Risco Total Arroz		Risco Total SA	
	Faturamento (R\$/ha)	Varição (%)	Faturamento (R\$/ha)	Varição (%)	Faturamento (R\$/ha)	Varição (%)
2010	2444,36	0,00	6836,24	0,00	4640,30	0,00
2011	2577,08	5,43	5882,21	-13,96	4229,65	-8,85
2012	2782,91	7,99	6942,32	18,02	4862,615	14,97
2013	3534,55	27,01	7714,08	11,12	5624,315	15,66
2014	2846,96	-19,45	7530,48	-2,38	5188,72	-7,74
2015	3016,24	5,95	8127,15	7,92	5571,695	7,38
2016	2602,34	-13,72	8437,9	3,82	5520,12	-0,93
2017	3133,04	20,39	8134,71	-3,59	5633,875	2,06
2018	3253,16	3,83	7067,63	-13,12	5160,395	-8,40
2019	3101,35	-4,67	7326,59	3,66	5213,97	1,04
Média	2929,20	-	7399,93	-	5164,57	-
SD.*	323,14	13,30	721,69	9,55	443,50	8,46
CV	0,1103	-	0,0975	-	0,0859	-
Máximo	3534,55	27,01	8437,90	18,02	5633,88	15,66
Mínimo	2444,36	-2,38	5882,21	-2,38	4229,65	-0,93

* SD. =Desvio padrão, equivalente ao valor do risco convertido em unidade financeira.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, o risco conjunto da soja é de 11% (CV) de um faturamento médio de R\$ 2.929,20/ha, enquanto do arroz é de 9,75% de um faturamento médio de R\$ 7.399,93/ha. A soja tem um risco de R\$ 323,14/ano e o arroz de R\$ 721,68/ha, tanto para mais quanto para menos do faturamento médio histórico por hectare. Observando as variações do faturamento contidas na Tabela 19, o risco total do sistema SA resulta em R\$443,50.

6.4 Comparação dos ganhos e perdas

Para análise final dos potenciais benefícios estudados, contabilizamos as diferenças entre os valores obtidos para o sistema Arroz-Arroz (AA) e o Sistema Soja-Arroz (SA), conforme descrito no item 5.5 da seção de metodologia. A Tabela 20 apresenta os valores estimados para cada conjunto analisado e o comparativo dos sistemas.

Pela análise dos benefícios estudados, a rotação de culturas pode agregar R\$ 617,82 por hectare cultivado. Ou seja, em uma propriedade de 100 ha no sistema rotação (com 50 hectares de soja e 50 hectares de arroz), teria um acréscimo de R\$ 61.782,00 nas receitas. Apesar do faturamento bruto deste sistema reduzir em 5,62% em relação ao monocultivo de arroz, o sistema que inclui a soja representa uma oportunidade de acréscimo de renda de 8,86% quando comparado ao sistema arroz-arroz.

Tabela 20: Comparativo dos benefícios econômicos da adoção da rotação de culturas em terras baixas, tradicionalmente utilizadas com arroz por ano.

Dimensão	Resultados econômicos dos sistemas (R\$/ha)				Diferenças Econômicas em R\$/ha dos sistemas (SA - AA)*
	Arroz-Arroz (AA)	Arroz-Soja (SA)			
		Arroz (A')	Soja (S)	Média (SA)	
Custo de operações (A)	-824,27	-374,06	-588,70	-481,38	342,89
Custo de herbicidas (B)	-780,65	-525,08	-261,81	-393,45	387,21
Atividade pecuária (C)	552,69	552,69	533,05	542,87	-9,82
Adubação (D)	-1034,44	-1294,38	-1050,56	-1172,47	-138,03
Valor da produção (E)	6969,73	9060,53	4095,06	6577,80	-391,93
Comercialização (F)	-259,27	168,48	-110,18	29,15	288,42
Riscos (CV) (G)	-721,68	-721,68	-443,50	-582,59	139,09
Total geral					617,82

*As diferenças econômicas se referem ao comparativo entre os sistemas Arroz-Arroz (AA) e Soja Arroz (SA). O cálculo do resultado foi elaborado através da diferença entre a média do sistema rotação (entre arroz rotação e soja) e o sistema arroz-arroz; Os dados negativos indicam aumento de despesas com adoção do sistema Soja-Arroz; dados positivos indicam aumento de faturamento ou redução de gastos adoção do sistema Soja-Arroz .

7. Discussão dos resultados

A pesquisa demonstrou que a rotação de culturas é uma prática que beneficia o sistema de produção em terras baixas, onde se produzia tradicionalmente o arroz irrigado. De acordo com as análises, destacou-se positivamente as dimensões: A) Gastos com operações de preparo de solo; B) Gastos com controle de plantas daninhas e F) Ganhos na Estratégia de Comercialização e G) Redução dos riscos.

Ao comparar os dois sistemas, a rotação de culturas promove redução do custo de operações de preparo de solo, comprovando o que a literatura acadêmica apontava (GOMES et al., 2001; FIDELIS et al., 2003). Este talvez seja o benefício mais evidente para os produtores, pois foram unânimes ao relatarem a existência deste benefício. Todos os produtores entrevistados realizam um sistema bem simples de preparo de solo após a cultura da soja, somente com construção de taipas e drenagem superficial, o que representa economia de 41,60% (R\$ 342,89 por hectare) nas operações agrícolas.

Já o benefício relativo à redução dos gastos com o controle de plantas daninhas não é tão evidente para alguns produtores consolidados no sistema SA. Segundo os entrevistados, os controles destas plantas não deixam de ser realizados. Porém, se compararmos os gastos obtidos nos dois sistemas, a diferença se torna evidente. Os resultados deste trabalho corroboram com os autores que enfatizam que a rotação de culturas entre arroz e soja favorece o controle de plantas daninhas nas lavouras de arroz (MORAES et al., 2009; CASSOL et al., 2015; SCHERNER et al., 2018). O comparativo entre os dois sistemas resultou em uma redução de R\$ 387,21 por hectare, correspondendo a 49,60% de economia com herbicidas.

Os ganhos econômicos resultantes da utilização da área para o pastoreio do azevém no Sistema SA no inverno foi negativo quando comparado com o pastoreio somente da restava do arroz. O montante somou -R\$ 9,82 por hectare, ou seja, redução de receita de 1,78%. A principal diferença dos sistemas é que no Arroz-Arroz não há gastos com estabelecimento da pastagem, pois o engorde dos animais é proveniente de resíduos dos tratos culturais da lavoura de arroz. Já nas restavas de soja, se faz necessário investimento (semente, semeadura, adubação) para estabelecer uma

pastagem de azevém, que apesar de fornecer elevada oferta forrageira no inverno, oportuniza um período curto de pastejo, pois esta gramínea demanda em torno de 60 dias após o plantio para se estabelecer e o período ideal para semeadura do arroz coincide com início da primavera. Ressaltamos que neste trabalho, pelo perfil dos entrevistados, a coleta de dados primários sobre a atividade pecuária não foi rica em detalhes, logo optamos em sermos conservadores e utilizamos dados de outras pesquisas. Entretanto, cabe salientar que obter duas ofertas de forragem em períodos distintos, mês de abril, (nas restegas de arroz) e de julho a agosto (nas restegas de soja/azevém), facilita o manejo do gado no período em que a oferta de pasto é baixa.

Na análise dos ganhos econômicos relativos à adubação, os resultados foram também negativos para o Sistema SA, somando -R\$138,03 por hectare (aumento de 13,34% no custo relativo a fertilizantes). Este resultado contradiz os pressupostos de que o sistema de rotação de gramíneas com leguminosas reduziria a necessidade de adubação (BULLOCK, 1992, p. 3; GONÇALVES et al., 2007; RAHMAN et al., 2014). Porém, este resultado corrobora com o estudo de Lorensi (2011), o qual destaca que o nitrogênio deixado pela soja, favorece a pastagem de azevém, porém não influencia a cultura do arroz irrigado. Destaca-se duas possíveis causas para este aumento nos gastos com a adubação: A primeira é que os produtores amostrados no Sistema SA utilizam pacotes tecnológicos mais avançados e caros, o que eleva o padrão de produtividade destas propriedades. Logo, a exportação de nutrientes pelo arroz e soja é também maior, exigindo mais reposição da fertilização química (VEDELAGO, 2014; MUNDSTOCK et al., 2017). Outro fator que impacta negativamente este indicador é a necessidade de correção dos níveis de acidez (pH) do solo para cultivar soja em terras baixas. Segundo Mundstock et al. (2017), a soja é mais sensível que o arroz quanto aos níveis de pH (indicado é igual ou superior a 6,0), e a toxidez por alumínio (Al^{3+}) impactando negativamente no desenvolvimento das raízes da planta. Portanto, é necessário a aplicação de calcário para se cultivar soja nestas áreas, o que aumenta o custo da rotação.

Quanto a produtividade, o Sistema SA apresenta uma desvantagem total de R\$ 391,93/ha (redução de 5,62%) comparado ao sistema Arroz-Arroz. Esta diferença deve-se ao fato do arroz produzir um volume maior que a soja, que ponderados pelos seus

preços médios dos últimos 10 anos resultam naquela diferença financeira. Porém, em nosso grupo amostral, o aumento na produtividade do arroz em áreas de rotação é da ordem de 30% quando comparadas a áreas de cultivo subsequente. Isto reforça os resultados de estudos anteriores sobre a rotação entre soja e arroz, como o de Gomes et al (2001), de Schoenfeld (2011) e de Mundstock et al (2017). Neste aspecto cabe ressaltar que este aumento é devido a um conjunto de elementos como: garantia da semeadura na época ideal, elevado nível de adubação, controle de plantas daninhas, entre outros.

Com o estudo das séries históricas de preços e entrevistas, a nossa análise da comercialização indica que a introdução da lavoura de soja nas terras baixas oportuniza aos produtores um ganho de R\$ 288,42 por hectare cultivado. Conforme discutido na seção 6.3.7, optamos em uma abordagem mais conservadora, a qual a produção da soja é vendida quando é colhida, e a do arroz (maior parte do faturamento destas propriedades) aguarda o melhor momento para realizar o crédito. Porém alguns produtores, conforme entrevistas, realizam contratos de preço e quantidade, garantindo que o valor de sua produção de soja seja planejado, sem perdas econômicas devido as sazonalidades comerciais. Neste caso, os ganhos econômicos devido a diversificação poderiam ser ainda maiores.

O último potencial benefício estudado é referente aos riscos do negócio. A soja por ser uma novidade nas terras baixas (somente a partir de 2010 a área plantada mostrou-se expressiva), ainda não é de domínio de todos os produtores, que relatam perceber altos níveis de riscos produtivos. Esta percepção dos produtores confirma estudos anteriores que mostram que o estresse hídrico, fenômeno típico deste território, são prejudiciais à cultura da soja (SARTORI et al., 2015; MARCHESAN, 2016; CASSOL, 2017).

Entretanto, em nosso grupo amostral, os riscos relativos à lavoura de soja nas terras baixas apresentam um coeficiente de variação da renda do produtor de 11,03%, ou seja em apenas 1,28% superior ao 9,75% dos que apenas cultivam arroz. Este montante de risco transformado em valor monetário de acordo com as médias de preços do arroz e da soja na região, implica em um valor negativo de R\$ 582,59 por hectare/ano para o sistema SA, quando assumimos 50% de área para cada lavoura. Salienta-se que

o risco que estimamos pode variar tanto para cima, quanto para baixo, o que, ao contrário do determinado nesta dissertação, poderia, numa decisão menos conservadora, beneficiar o sistema de rotação. Contudo, como o faturamento do sistema SA é menor do que o sistema AA e suas variações, o valor absoluto do risco diminui em R\$ 139,09 por hectare cultivado. O fato do risco total do sistema SA ser menor do que o sistema arroz-arroz, mesmo que a soja tenha o risco maior segue a mesma linha de estudos anteriores, os quais demonstram que sistemas mais diversificados apresentam menores riscos (LAZZAROTTO, 2009; SANTOS et al., 2004; FINGER; WAQUIL, 2013; FAVERO, 2015).

Por fim, somadas todas as dimensões, o sistema SA apresenta um aumento na renda dos produtores de R\$ 617,82 por hectare. Ou seja, um aumento de 8,86% nas receitas quando comparado ao sistema Arroz-Arroz. Outro ponto importante a destacar é que por não se ter uma série histórica da produtividade de arroz em rotação, a análise utilizou o valor de produtividade da região, que é sabidamente subestimado para este grupo de produtores. Assim, conforme descrito por produtores e técnicos do IRGA, o arroz em rotação tem sua produtividade estabilizada em maiores níveis do que no sistema tradicional. Para os devidos fins, ressalta-se que o valor considerado neste trabalho é conservador.

Os resultados encontrados neste projeto são fundamentados pela teoria da economia de escopo (PANZAR; WILLIG, 1981), pois os custos de produção são compartilháveis entre os produtos e se tornam menores que os custos totais de produzir cada um separadamente (MARTHA JÚNIOR; ALVES; CONTINI, 2011; DE ROEST; FERRARI; KNICKEL, 2018). Logo, neste estudo, a rotação de culturas entre arroz e soja apresenta-se como um mecanismo para reduzir os custos totais dos insumos necessários, aumentando o retorno do negócio.

Outro embasamento teórico que corrobora com os resultados encontrados neste estudo é a teoria do portfólio (MARKOWITZ, 1952), que discorre sobre a maximização do retorno esperado de acordo com os níveis de risco e diversificação do portfólio. No caso da rotação com a soja, a diversificação ocasiona uma redução dos riscos e aumento da receita líquida.

8. Limitações do trabalho e sugestões de estudos futuros

Apesar de todos os esforços para acurar os valores condizentes com a realidade, algumas limitações surgiram no desenvolvimento desta dissertação. A principal delas é o fato de não conseguir englobar todos os custos da produção agrícola dos sistemas envolvidos – mão de obra, fungicidas, inseticidas, custos financeiros, seguros, depreciação de benfeitorias e maquinários. Todavia, lastreados na literatura e entrevistas com especialistas no setor, os principais fatores impactados pela rotação com soja no sistema tradicional do arroz irrigado foram elencados. Logo, sugere-se para estudos futuros a inclusão de mais elementos para se ter uma visão holística dos sistemas.

Por conta do grande volume de informação demandado e poucos produtores com sistemas consolidados, a amostra foi relativamente pequena. Desse modo, em futuros estudos, poder-se-á incluir mais produtores, quiçá de outros territórios, para ampliar a amostra. Outra informação relevante será o acompanhamento dos custos e produtividades destas lavouras sob o sistema Soja-Arroz por um período mais longo, para poder analisar estatisticamente estas diferenças.

Uma limitação importante que este trabalho apresenta é a sensibilidade aos preços dos produtos. Com a variação dos preços ao longo dos anos a relação de retorno sobre a culturas pode variar afetando diretamente os resultados encontrados aqui. Portanto, sugere-se que trabalhos futuros seja realizado uma análise de sensibilidade.

Outro ponto importante, é que apesar da grande importância econômica para a região sul do Rio Grande do Sul, ambos os sistemas de cultivo estudados nesta dissertação apresentam, entretanto, limitações econômicas, sociais e ambientais. Portanto, sugere-se que em estudos futuros abordem sistemas mais complexos com utilização de mais variedades de espécies vegetais e fontes de renda mais diversificadas ao longo dos anos.

9. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que a rotação de culturas oferece diversos benefícios ao sistema de produção do arroz irrigado, favorecendo, assim a sustentabilidade desta atividade produtiva. Dentre estes benefícios, destaca-se a redução dos gastos com herbicidas como o maior ganho da introdução da leguminosa neste sistema, correspondendo a uma redução de R\$ 387,21/ha, o que é equivalente a 49,60% de economia quando comparado ao sistema tradicional de cultivo de arroz. Além disto, a alternância entre os cultivos reduz a pressão de plantas daninhas, o que impacta positivamente na produtividade das lavouras.

Outra evidência deste estudo é a redução dos gastos com as operações agrícolas, correspondendo a uma redução de R\$ 342,89/ha ou 41,60% deste custo. Este benefício é evidente a todos os produtores entrevistados, pois após a lavoura de soja não é necessário operações de preparo, exceto a construção de taipas e drenagem.

Além destes, um ponto adicional de destaque aqui são as oportunidades de ampliar o faturamento com ganhos nas estratégias de comercialização, que podem somar até R\$ 288,42 por hectare quando o produtor comercializa a produção de soja logo após a colheita e aguarda o melhor momento para comercializar a produção de arroz, sendo que a última representa, em geral, a maior receita destas propriedades.

A rotação também tem suas facetas que podem onerar o sistema além do esperado. Devido a maior intensificação do uso da terra, a extração de nutrientes que este sistema apresenta é maior, o que reflete em elevados gastos com adubações quando comparados ao sistema tradicional. Os resultados deste estudo apontam que os produtores do Sistema SA gastam em adubação até R\$ 1172,47 por hectare, ou seja, cerca de 13,34% a mais que os produtores do sistema tradicional.

Por fim, ressalta-se que a soja é uma planta de sequeiro e apresenta sensibilidade aos estresses hídricos, os quais são comuns nestas áreas. Por conta disso, aumenta-se os gastos com drenagem, operações mecânicas (especificamente às de descompactação de solo) e expõe os produtores à riscos. Todavia, quando computados ao longo dos anos, este sistema, mais diversificado, reduz o risco total em 19,27%.

Concluindo, assim, esta dissertação, confirma-se a hipótese inicialmente definida para esta pesquisa, sendo assim a utilização da prática de rotação de culturas entre o

arroz irrigado e a soja apresenta-se como uma alternativa viável economicamente, propiciando ao sistema produtivo em terras baixas redução de custos de produção, aumento de receitas e, conseqüentemente, gera melhor retorno financeiro a estas propriedades quando comparado as que adotam o sistema tradicional baseado no monocultivo de arroz.

Por fim, cabe salientar que o modelo alternativo abordado nesta dissertação, apesar de aparentemente necessário à viabilidade econômica da maioria dos produtores de arroz da região, pode ser um modelo transitório, pois devido a maior intensificação do uso do solo e conseqüentemente maior extração de nutrientes, e elevada dependência de insumos e recursos tecnológicos poderá apresentar-se insustentável a longo prazo.

10. REFERÊNCIAS

- AGROLINK**. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/>>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- ALVARENGA, C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, n. Jan 2001, p. 12, 2001.
- ANDREATTA, T. **Bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul: um estudo a partir do perfil dos pecuaristas e organização dos estabelecimentos agrícolas**. Tese (Doutorado)—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- ANGHINONI, I.; COSTA, G. DE A. ABORDAGEM SISTÊMICA DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E PECUÁRIA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO. p. 57, 2013.
- AVILA, L. A. et al. Retorno da produção de arroz irrigado com cultivares convencionais após o uso do sistema Clearfield®. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 123–129, 2010.
- BALSAN, R. IMPACTOS DECORRENTES DA MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. v. 1, n. 2, p. 29, 2006.
- BELARMINO, L. C. et al. **ASPECTOS DA ECONOMIA DO ARROZ IRRIGADO NO BIOMA PAMPA**. . In: SOBER - SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. Campinas: 2018
- BRANDÃO, J. B.; ANVERSA, A. C.; DREBES, L. M. TERRAS ARRENDADAS: SUPORTE DA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO NO SUL DO BRASIL. **2017**, n. 2017, p. 17, 2017.
- BULLOCK, D. G. Crop rotation. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 11, n. 4, p. 309–326, 1 jan. 1992.
- CARMONA, F. DE C. et al. **Sistemas Integrados de produção agropecuária em terras baixas**. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018.
- CARVALHO, J. DOS S. et al. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1131–1139, set. 2016a.
- CARVALHO, J. DOS S. et al. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1131–1139, set. 2016b.
- CARVALHO, P. C. DE F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5spe, p. 1040–1046, 2014.

CARVALHO, P. C. DE F. et al. Integrating the pastoral component in agricultural systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

CASSOL, G. V. et al. Sensitivity of imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L.) to glyphosate and glufosinate. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1557–1563, 30 jun. 2015.

CASSOL, G. V. **SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO, IRRIGAÇÃO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE SOJA SOB CULTIVO EM TERRAS BAIXAS**. Tese (Doutorado)—Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

CHAVES, M. O. et al. A QUEDA NO CONSUMO PER CAPITA DE ARROZ EM CONTEXTO. p. 4, 2011.

COLOMBO, T. C. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA LITERATURA SOBRE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE UTILIZADOS NA AGRICULTURA. p. 18, 2016.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultainsumo.do?method=acaoListarConsulta>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

CONCEIÇÃO, L. F. C. DA et al. Variáveis meteorológicas e crescimento de arroz irrigado. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 220, 31 jul. 2017.

CONTINI, E. et al. Dinamismo da agricultura brasileira. p. 23, 2010.

COTEUR, I. et al. A framework for guiding sustainability assessment and on-farm strategic decision making. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 60, p. 16–23, set. 2016.

CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. [s.l.] Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.

DANTSIS, T. et al. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 256–263, mar. 2010.

DE ROEST, K.; FERRARI, P.; KNICKEL, K. Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways. **Journal of Rural Studies**, v. 59, p. 222–231, abr. 2018.

DEYTIEUX, V.; MUNIER-JOLAIN, N.; CANEILL, J. Assessing the sustainability of cropping systems in single- and multi-site studies. A review of methods. **European Journal of Agronomy**, v. 72, p. 107–126, jan. 2016.

- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. DOS. Resposta do arroz irrigado à adubação verde e química no Estado de Tocantins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 387–392, ago. 2007.
- FAVERO, D. **Relação retorno x risco de sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas**. Dissertação (Mestrado)—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- FIDELIS, R. R. et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, 2003.
- FINGER, M. I. F.; WAQUIL, P. D. Percepção e medidas de gestão de riscos por produtores de arroz irrigado na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 930–936, maio 2013.
- FREITAS, T. F. S. DE et al. Grain yield and efficiency of broadcast nitrogen in flooded rice planted in distinct periods in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2397–2405, dez. 2008.
- GITTI, D. DE C. et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 509–517, 8 jan. 2013.
- GOMES, A. DA S. et al. **Rotação de culturas em áreas de várzea e plantio direto de arroz**. - **Portal Embrapa**, 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/744113/rotacao-de-culturas-em-areas-de-varzea-e-plantio-direto-de-arroz>>. Acesso em: 2 ago. 2020
- GONÇALVES, S. et al. Circular técnica 45 EMBRAPA - Rotação de Culturas. **Circular técnica 45, EMBRAPA**, p. 10, 2007.
- HENDRICKSON, J. R. et al. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 23, n. 04, p. 265–271, dez. 2008.
- IMADI, S. R. et al. Sustainable Crop Production System. In: HAKEEM, K. R.; AKHTAR, M. S.; ABDULLAH, S. N. A. (Eds.). . **Plant, Soil and Microbes**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 103–116.
- IRGA. **custo-de-producao-2018-19.pdf**. [s.l.: s.n.].
- IRGA, I. R. G. DO A. **IRGA- Relatório-da-safra-2018- Arroz Irrigado e Soja**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/05171808-relatorio-da-safra-2018-19-31-agosto-2019.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- KUBAR, K. A. et al. Integrative effects of no-tillage and straw returning on soil organic carbón and water stable aggregation under rice-rape rotation. **Chilean journal of agricultural research**, v. 78, n. 2, p. 205–215, jun. 2018.

LAZZARI, F. M.; SOUZA, A. S. REVOLUÇÃO VERDE: IMPACTOS SOBRE OS CONHECIMENTOS TRADICIONAIS. p. 16, 2017.

LAZZAROTTO, J. J. **DESEMPENHO ECONÔMICO E RISCOS ASSOCIADOS À INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ**. Thesis—Viçosa: Universidade federal de Viçosa, 2009.

LEMES, L. H. B.; DE SOUZA, C. C.; GUIDOLIN, D. G. F. SAZONALIDADE DA PECUÁRIA DE CORTE DE MATO GROSSO DO SUL. v. 21, p. 18, 2017.

LICHTFOUSE, E. et al. Agronomy for sustainable agriculture. A review. p. 9, 2009.

LORENSI, J. **DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL E PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO NA SUCESSÃO SOJA-AZEVÉM EM SOLO DE VÁRZEA**. Dissertação (Mestrado)—Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

LUPATINI, G. C. et al. Beef cattle production on black oats and italian ryegrass pasture under nitrogen fertilization. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 164–171, jun. 2013.

MACLAREN, C. et al. Livestock in diverse cropping systems improve weed management and sustain yields whilst reducing inputs. **Journal of Applied Ecology**, v. 56, n. 1, p. 144–156, jan. 2019.

MARCHESAN, E. Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, 1. v. 2, n. 1, p. 4–19, 2016.

MARENCO, R. A.; SANTOS, Á. M. B. CROP ROTATION REDUCES WEED COMPETITION AND INCREASES CHLOROPHYLL CONCENTRATION AND YIELD OF RICE. p. 7, 1999.

MÁRIO MUNDSTOCK, C. et al. **Projeto Soja 6000: Manejo para Alta Produtividade em Terras Baixas**. [s.l: s.n.].

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MARQUES, J. B. B.; COUTO, MELISSA. Ganho de peso bovino em resteva de arroz irrigado na safra de 2009/2010 na Embrapa Pecuária Sul. **Bagé: Embrapa Pecuária Sul**, n. 2010, p. 16, 2010.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1117–1126, out. 2011.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 2, p. 51–51, 2010.

- MIKKELSEN, C. A. La expansión de la soja y su relación con la agricultura industrial. p. 24, 2008.
- MISHRA, B. et al. Adoption of Sustainable Agriculture Practices among Farmers in Kentucky, USA. **Environmental Management**, v. 62, n. 6, p. 1060–1072, dez. 2018.
- MORAES, P. V. D. et al. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 35–40, mar. 2009.
- MUNDSTOCK, C. et al. **IRGA (Instituto Riograndense do Arroz) - Projeto Soja 6000: Manejo para Alta Produtividade em Terras Baixas**. [s.l: s.n.].
- NANDAN, R. et al. Impact of conservation tillage in rice-based cropping systems on soil aggregation, carbon pools and nutrients. **Geoderma**, v. 340, p. 104–114, abr. 2019.
- NUNES, S. P. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a idéia de Desenvolvimento Rural. p. 15, 2007.
- ONU**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 4 jul. 2020.
- PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of Scope. **The American Economic Review**, v. 71, n. 2, p. 268–272, 1981.
- PARFITT, J. M. B. **Manejo da Água no Cultivo da Soja em Rotação com Arroz Irrigado em Área Não Sistematizada** EMBRAPA, , 2017.
- PAZINI, J. DE B.; BOTTA, R. A.; SILVA, F. F. DA. Mortalidade de percevejo-do-colmo do arroz no preparo do solo para cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 1024–1026, 13 ago. 2012.
- PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. F. Avaliação dos riscos envolvidos na produção de milho e soja nos municípios do Mato Grosso. **Revista IPecege**, v. 3, n. 2, p. 38–51, 18 maio 2017.
- POLLET, C. S. et al. Influence of summer crop residues on 15N present in organic matter fractions under two lowland soils. **Ciência Rural**, v. 49, n. 4, 28 mar. 2019.
- PORTILHO, I. I. R. et al. Maintenance of N cycling gene communities with crop-livestock integration management in tropical agriculture systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 267, p. 52–62, nov. 2018.
- RAHMAN, M. M. et al. Tropical Legume Crop Rotation and Nitrogen Fertilizer Effects on Agronomic and Nitrogen Efficiency of Rice. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1–11, 2014.

- RANKIN, A. et al. Sustainability Strategies in U.S. Agribusiness: Understanding Key Drivers, Objectives, and Actions. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 14, n. 4, p. 21, 2011.
- RIGBY, D. et al. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 463–478, dez. 2001.
- RUBIN, R. S. et al. Resistência de biótipos de arroz-vermelho aos herbicidas imazapyr + imazapic e alternativas de controle. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 660–667, out. 2014.
- SANTOS, H. P. DOS et al. Lucratividade e risco de sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 97–103, fev. 2004.
- SARTORI, G. M. S. et al. Grain yield and water use efficiency in irrigated rice according to sowing date. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 397–403, mar. 2013.
- SARTORI, G. M. S. et al. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 492–498, 30 nov. 2015.
- SCHERNER, A. et al. Rice Crop Rotation: A Solution for Weed Management. **Rice Crop - Current Developments**, 5 set. 2018.
- SCHOENFELD, R. Sistemas de rotação arroz e soja em sucessão a plantas de cobertura em planossolo haplico. 2011.
- SILVA, J. L. S. DA et al. Manejo de Azevém Anual e Rendimento de Bovinos de Corte em Integração LavouraPecuária nas Terras Baixas do Bioma Pampa. **Circular técnica 119, EMBRAPA**, n. 1^a, p. 8, dez. 2011.
- SILVEIRA, P. M. D.; ZIMMERMANN, F. J. P. EFEITO DA SUCESSÃO DE CULTURA E DO PREPARO DO SOLO. **Pesq. Agropec. bras., Brasília**, v. V.33, n. 1998, p. 7, 1998.
- SKAALSVEEN, K.; INGRAM, J.; CLARKE, L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 98–109, jun. 2019.
- SOSBAI, S. S.-B. D. A. I. **ARROZ IRRIGADO: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil / 32**. Cachoeirinha: Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado, 2018.
- STOTZ, E. N. Os limites da agricultura convencional e as razões de sua persistência: estudo do caso de Sumidouro, RJ. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 114–126, jun. 2012.
- SUDIANTO, E. et al. Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. **Crop Protection**, v. 49, p. 40–51, jul. 2013.

SUREKHA, K.; SATISHKUMAR, Y. S. Productivity, Nutrient Balance, Soil Quality, and Sustainability of Rice (*Oryza sativa* L.) under Organic and Conventional Production Systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, n. 4, p. 415–428, 21 fev. 2014.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671–677, 8 ago. 2002.

ULGUIM, A. DA R. et al. Weed phytosociological in irrigated rice under different cultivation systems and crop rotation intensity. **Ciência Rural**, v. 48, n. 11, 1 nov. 2018.

VEDELAGO, A. Adubação para a soja em terras baixas drenadas no Rio Grande do Sul. 2014.

VENTURINI, E. F. **TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO APLICADAS AO MANEJO DA ADUBAÇÃO NA ROTAÇÃO ARROZ IRRIGADO COM SOJA.** MESTRADO—Santa Maria: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2014.

VERNETTI JUNIOR, F. DE J.; GOMES, A. DA S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1708–1714, 5 jun. 2009.

ZAMBERLAN, C. O.; SONAGLIO, C. M. A PRODUÇÃO ORIZÍCOLA BRASILEIRA A PARTIR DA DÉCADA DE 1990: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS ECONÔMICAS. p. 15, 2011.

ZANELLA, T. P.; LEISMANN, E. L. **Abordagem da sustentabilidade nas cadeias de commodities do agronegócio brasileiro a partir de sites governamentais.** . In: I CINGEN- CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM GESTÃO DE NEGÓCIOS 2015. Cascavel, PR: 2015

ZANIN, V.; BACCHI, M. R. P. DETERMINANTES DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE ARROZ. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 15, n. 3, 11 dez. 2017.

11. ANEXOS**A.1 Roteiro de perguntas**

Dados do produtor	
Nome	
Formação	
Função	
Cidade	
Área total de produção	
Qual o percentual da área produzida é área própria?	
Qual o percentual da área produzida é área de arroz?	
Água própria?	
Água natural ou levante?	
Qual o percentual da área produzida é área de soja?	
No último ano, em quantos % da área de sua propriedade você utilizou rotação de culturas?	
Quantos anos realiza a rotação de culturas Soja x arroz?	

Quais das seguintes operações (e quantidade) agrícolas você utiliza na produção de:	Arroz resteva de Arroz	Arroz resteva de Soja	Soja resteva de Arroz
Desmonte das taipas			
Rolo Faca			
Subsolador/Escarificador			
Arado de Aivecas			
Grade aradora			
Grade Niveladora			
Plaina			
Tapadeira			
Drenagem superficial			
Construção das taipas			
Rolo compactador			
Aplicação de adubação			
Aplicação de uréia (tratores)			
Aplicação de uréia (avião)			
Outro:			
Outro:			
Você percebe redução nos gastos com operações com a introdução da rotação de culturas? Quanto?			

Quais os herbicidas você utiliza na produção de:	Arroz resteva de Arroz		Arroz resteva de Soja		Soja resteva de Arroz	
	Total (litros ou kg)	Aplicações	Total (litros ou kg)	Aplicações	Total (litros ou kg)	Aplicações
Glyphosato						
Clincher						
Kifix® (Herbicida imazapir+imazapique)						
2,4-D						
Gamit						
Outro:						
Outro:						
Outro:						
Outro:						
Você percebe diferenças nos gastos com controle de plantas daninhas em áreas de rotação de culturas?						

Como você utiliza as restevas para pastejo de animais?	Resteva de Arroz	Resteva de Soja
Faz semeadura de pastagens?		
Qual?		
Avião ou trator?		
Realiza adubação?		
Qual / Quanto?		
Quantos animais por hectare?		
Quantos dias de pastejo em média?		
Qual o ganho de peso vivo por ha no inverno?		
Você percebe benefícios em relação a integração com a pecuária com a introdução da rotação de culturas?		
Quais?		

Quais dos seguintes nutrientes (KG) você utiliza na produção de:	Arroz resteva de Arroz	Arroz resteva de Soja	Soja resteva de Arroz
Calcário			
NPK			
Uréia			
MAP			
Cloreto de potássio			
Outro:			
Outro:			
Outro:			
Você percebe redução nos gastos com adubação com a introdução da rotação de culturas? Quanto?			

Doenças e pragas	Arroz resteva de Arroz		Arroz resteva de Soja		Soja resteva de Arroz	
	Total	Aplicações	Total	Aplicações	Total	Aplicações
Quais os defensivos contra pragas e doenças você utiliza na produção de:						
Fungicida 1						
Fungicida 2						
Fungicida 3						
Inseticida 1						
Inseticida 2						
Outro:						
Outro:						
Você percebe redução nos gastos com controle de pragas e doenças com a introdução da rotação de culturas? Quanto?						

Ano	Histórico de produtividade	Arroz resteva de Arroz	Arroz resteva de Soja	Soja resteva de Arroz
2017	Produtividade média (sc/ha)			
	Custo (r\$/ha)			
2018	Produtividade média (sc/ha)			
	Custo (r\$/ha)			
2019	Qual a produtividade média (sc/ha) nas áreas de:			
	Custo (r\$/ha)			
Você percebe diferenças na produtividade com a introdução da rotação de culturas? Quanto?				

Comercialização	Arroz	Soja
Quais os meses que você comercializa a maior parte da sua produção?		
Qual a origem do financiamento da lavoura (Banco, Indústria ou próprio)		
Você possui armazenagem própria (silos ou galpões) para armazenar sua produção de:		
Você percebe algum benefício em relação a rotação de culturas com a estratégia de comercialização da produção?		

Riscos	Arroz em resteva de Arroz	Arroz resteva de Soja	Soja resteva de Arroz
Você já obteve prejuízo nas lavouras de?			
Quantas vezes nos últimos 10 anos?			
Ano 20__ Quantas sacas de prejuízo por hectare ?			
Ano 20__ Quantas sacas de prejuízo por hectare ?			
Ano 20__ Quantas sacas de prejuízo por hectare ?			
Principal motivo de perdas ?			
Você percebe diferenças nos riscos, arroz → arroz ou soja em Terras baixas?			

Mão de obra e maquinário	Arroz em resteva de Arroz	Arroz resteva de Soja	Soja resteva de Arroz
Quantos funcionários?			
Quantos tratores? (total em cv)			
Quais implementos específicos?			
Outros investimentos?			
Você percebe diferenças nos custos fixos com a introdução da rotação de culturas? Quanto?			