

**IMPACTO DO RISCO DE PREÇOS SOBRE A SUSTENTABILIDADE
ECONÔMICA DO PLANTIO DE SOJA, MILHO E TRIGO EM CULTIVO
IRRIGADO E SEQUEIRO EM CRUZ ALTA/RS**

**Mauro Osaki; Fábio Francisco de Lima; Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros;
Andréia Cristina de Oliveira Adami**
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo
(ESALQ/USP); Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ-
USP)
mosaki@usp.br; ffagro@gmail.com; gscbarro@usp.br; adami@cepea.org.br

Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercados e Preços**Resumo**

Nessa pesquisa buscou-se avaliar o efeito do risco de preços sobre a sustentabilidade econômica dos produtores de grãos do município de Cruz Alta, no Rio Grande do Sul. Para tanto, foram organizadas visitas ao município, contando com a colaboração de 17 produtores e consultores locais para determinar o sistema de produção agrícola da propriedade representativa da região, por meio da técnica de painel. Os dados foram organizados de modo a comparar a competitividade das culturas entre os dois sistemas de produção (sequeiro e irrigado), detalhando-se e computando-se os itens que compõe o Custo Operacional e a Receita Líquida Operacional. Posteriormente, através do método de Monte Carlo, foram simulados 10000 possíveis cenários de preços para se obter o impacto da variabilidade dos preços (risco de preços) sobre a sustentabilidade econômica de cada sistema de produção. Os resultados apontaram o cultivo com irrigação como melhor opção que o de sequeiro, pois garante maiores produtividades às culturas. Para uma fazenda representativa com 300 hectares de cultivo, o VPL mínimo sob sequeiro foi de R\$ 1.052.037,99, valor inferior ao do sistema irrigado, cujo VPL foi três vezes superior a esse montante, R\$ 2.991.080,39. O VPL máximo observado no cultivo irrigado foi de R\$ 5.518.878,18, valor 2,1 vezes superior aos R\$ 2.687.440,86 no do caso de sequeiro. Esses resultados demonstraram a superioridade do sistema de irrigação na região, que possibilitou retornos superiores ao sequeiro mesmo considerando-se o risco de preços.

Palavras-chave: risco de preços, sustentabilidade econômica, produção de grãos, Cruz Alta/RS

Abstract

This study evaluated the effect of price risk on the economic sustainability of the grain producers of Cruz Alta in Rio Grande do Sul. For the study, visits were made with the collaboration of 17 local producers and consultants to determine the agricultural production system of representative farm in the region of Cruz Alta, through *painel* method. Data were organized in order to compare the competitiveness of cultures between two production systems (rainfed and irrigated), detailing the items that composes the Operating Cost and Operating Net Income (Operating Cash Flow). After, by the Monte Carlo method, were simulated 10,000 possible price scenarios to obtain the impact of the variability of prices (price risk) on the economic sustainability of each production system. The minimum NPV of rainfed crop was R\$ 1,052,037.99, as in irrigated values were 3 times higher, R\$

2,991,080.39. The maximum NPV observed in irrigated crop was R\$ 5,518,878.18, an amount 2.1 times higher than the R\$ 2,687,440.86 in rainfed. These results demonstrate the superiority that irrigation, with higher returns to rainfed system, even considering the price risk.

Key words: *price risk, economic sustainability, grain production, Cruz Alta/RS*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Barros (2007), sustentabilidade econômica significa a permanência do investidor em sua atividade no longo prazo, através da obtenção de uma sequência de receitas líquidas operacionais (RLO) anuais que permitam a reposição do patrimônio bem como um retorno competitivo ao capital investido. Se esse objetivo for alcançado, o projeto deve apresentar um Valor Presente Líquido (VPL) não negativo. Essa meta pode se tornar arriscada no setor agrícola, sobretudo na cultura de grãos, cuja produção é fortemente influenciada por fatores climáticos, fitossanitários e pelo impacto de mudanças na demanda do mercado internacional, provocando constantes oscilações nos preços, área de plantio, volume de produção e conseqüentemente no nível de capitalização do setor.

Nessa pesquisa buscou-se avaliar o efeito do risco de preços sobre a sustentabilidade econômica dos produtores de grãos do município de Cruz Alta no Rio Grande do Sul. Para tanto, foram organizadas visitas ao município, contando com a colaboração de 17 produtores e consultores locais para determinar o sistema de produção agrícola da propriedade representativa da região. Por meio da técnica de painel foram validados o sistema de soja, milho e trigo sob sequeiro e soja, milho, trigo e soja 2ª safra em condições de irrigação com pivô central.

Na região foram preenchidas duas planilhas do cultivo de soja no verão, sendo uma para as condições de sequeiro e outra para irrigado com pivô central. Para milho verão e trigo também foram consideradas as duas situações, com uma planilha em sequeiro e outra no cultivo irrigado para cada cultura. Apenas no cultivo irrigado foi realizada a planilha de custos de soja 2ª safra.

Com essa organização de dados comparou-se a competitividade das culturas entre os dois sistemas de produção, detalhando-se e comparando-se os itens que compõe o Custo Operacional de produção e posteriormente relatando os retornos obtidos, por meio da Receita Líquida Operacional.

Para análise do risco de preços e conseqüente impacto sobre o retorno do produtor (VPL), utilizou-se a técnica de simulação Monte Carlo. As distribuições de preço foram geradas a partir de dados históricos dos preços recebidos pelos produtores na região.

Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar e discutir resultados do levantamento de custo de produção nas principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul para as culturas da soja, milho, trigo em condições de cultivo em sequeiro e irrigado, no ano-safra 2012/13, bem como avaliar as condições de sustentabilidade econômica de se investir na atividade em sequeiro e irrigado, tendo em conta os riscos de preços dos produtos envolvidos. Além disso, através das simulações, foi possível obter as probabilidades de sucesso ($VPL > 0$) ao se investir capital em agricultura irrigada, considerando o modelo de propriedade representativo de Cruz Alta/RS.

Este trabalho está estruturado em mais quatro seções além desta Introdução. Na seção dois é apresentada a revisão bibliográfica com o panorama da produção de milho, soja e trigo no Brasil e no Rio Grande do Sul; na seção três é apresentada a Metodologia com o método de levantamento de dados, modelo empírico e o Método de Simulação de Monte Carlo; na

quarta seção são apresentados e discutidos os principais resultados da pesquisa; e, na seção cinco algumas considerações e conclusões são apontadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panorama de produção agrícola no Brasil e Rio Grande do Sul

2.1.1. Soja

A soja no Brasil atingiu a sua máxima produção na safra 2012/13, com 81,5 milhões de toneladas, seguindo uma série histórica com tendência crescente desde 2000 (Tabela 1). Na última década, a produção brasileira só não cresceu na safra 2011/12, devido à quebra produtiva no sul do país.

Nas últimas doze safras, o Rio Grande do Sul acompanhou o crescimento da produção brasileira da oleaginosa, se consolidando como terceiro maior produtor de soja do Brasil, atrás somente do Mato Grosso e Paraná, com exceção a safra 2011/12. Da safra 2000/01 em diante, a representatividade do estado gaúcho seguiu em uma média de 14% da produção brasileira total, indo de picos de 18% em 2000/01 a percentuais menores em anos de quebra de safra, 2004/05 e 2011/12.

Tabela 1. Evolução de área, produtividade e produção de soja no Brasil e Rio Grande do Sul entre as safras 2000/01 e 2011/12.

	Área		Produtividade		Produção	
	RS	Brasil	RS	Brasil	RS	Brasil
2000/01	2.970,0	13.969,8	2.395,0	2.751,0	7.113,2	38.431,8
2001/02	3.305,6	16.386,2	1.705,0	2.577,0	5.636,0	42.230,0
2002/03	3.593,7	18.474,8	2.680,0	2.816,0	9.631,1	52.017,5
2003/04	3.971,0	21.375,8	1.400,0	2.329,0	5.559,4	49.792,7
2004/05	4.090,1	23.301,1	698,0	2.245,0	2.854,9	52.304,6
2005/06	3.967,4	22.749,4	1.960,0	2.419,0	7.776,1	55.027,1
2006/07	3.892,0	20.686,8	2.550,0	2.822,7	9.924,6	58.391,8
2007/08	3.834,0	21.313,1	2.028,0	2.816,0	7.775,4	60.017,7
2008/09	3.822,5	21.743,1	2.070,0	2.629,0	7.912,6	57.165,5
2009/10	3.976,2	23.467,9	2.570,0	2.927,0	10.218,8	68.688,2
2010/11	4.084,8	24.181,0	2.845,0	3.115,0	11.621,3	75.324,3
2011/12	4.197,2	25.042,2	1.555,0	2.651,0	6.526,6	66.383,0

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2013.

A posição representativa do estado gaúcho se manteve, principalmente, em virtude do aumento de área, que nos últimos dez anos foi de 41%. Com relação às variações de área plantada com soja no Brasil nas últimas doze safras, pode-se observar que ocorreram três momentos significativos. O primeiro deles aconteceu entre 2001 e 2003, em que a expansão de área foi de 10%, em média, por safra no Rio Grande do Sul. No entanto, o surgimento da ferrugem nas lavouras da soja brasileira freou essa evolução fazendo com que as áreas começassem a recuar em média 1,7% por ano safra entre os anos 2005 e 2008. A retomada, no terceiro momento, ocorreu após a crise de 2009, seguindo crescimento de 3% ao ano safra.

A produtividade também teve participação significativa nesse avanço. No entanto, o rendimento por área do estado sempre esteve abaixo da média brasileira. Cabe ressaltar, que nas últimas doze safras analisadas, quatro delas sofreram quebras produtivas em virtude de

eventos climáticos ou fitossanitários. Destaque-se a safra 2004/05, em que a produtividade do estado ficou 69% abaixo da média brasileira, devido à forte estiagem no período e também à presença da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) no país. Assim, as perdas por ferrugem asiática foram expressivas, da mesma forma que havia ocorrido na safra 2003/04 quando efetivamente se iniciaram as perdas com a ferrugem no país. Já, nas safras 2008/09 e 2011/12, as quebras de produção resultaram do fenômeno climático “La Niña” (Tabela1).

2.1.2. Milho

Desde o ano 2000, a produção de milho verão no Brasil tem oscilado em decorrência de eventos climáticos, da competitividade com a soja e com o milho 2ª safra. A maior produção de milho verão brasileira ocorreu na safra 2007/08, quando atingiu 36,6 milhões de toneladas, no entanto, a safra rio-grandense atingiu seu pico de 5,96 milhões de toneladas na safra 2006/07 (Tabela 2).

Nas safras seguintes a 2007/08, a produção de milho verão reduziu em decorrência da competitividade com a soja pela área de verão e pela opção do cultivo de cereal na segunda safra. A maior participação do milho de segunda safra fez com que a produção de milho total brasileira crescesse enquanto a de verão recuasse. O Rio Grande do Sul também reduziu sua produção nos anos posteriores à safra 2006/07, cedendo área para soja, que apresentou maiores preços no período.

As variações da área de milho verão foram muito distintas nas últimas doze safras, dependendo principalmente da perspectiva dos preços de mercado. Duas safras marcaram redução significativa de área plantada modificando o cenário gaúcho. Em decorrência dos preços baixos do milho praticados no mercado em 2001 e 2009, a tomada de decisão do produtor voltou-se para a oleaginosa, reduzindo no RS em 12% e 17% a área plantada com milho na safra 2001/12 e 2009/10, respectivamente.

Na série histórica do milho verão iniciada em 2000, três safras apresentaram quebra produtiva expressiva no Rio Grande do Sul: 2003/04, 2004/05, 2011/12. Todas em decorrência de períodos de estiagem. Desconsiderando os períodos de quebra, o Rio Grande do Sul segue o histórico de terceiro maior produtor brasileiro de milho verão, estando atrás dos estados do Paraná e Minas Gerais e concentrando em média 15% da oferta nacional. Sua evolução diante desses estados esta na limitação da produtividade, que nos últimos 11 anos foi inferior à média do Brasil.

Tabela 2. Evolução de área, produtividade e produção de milho no Brasil e Rio Grande do Sul entre as safras 2000/01 e 2011/12.

	Área		Produtividade		Produção	
	RS	Brasil	RS	Brasil	RS	Brasil
2000/01	1.663,20	12.972,50	3.750,00	3.260,00	6.237,00	42.289,70
2001/02	1.460,00	12.297,80	2.675,00	2.868,00	3.905,50	35.266,80
2002/03	1.408,90	13.226,20	3.750,00	3.585,00	5.283,40	47.410,90
2003/04	1.296,20	12.783,00	2.700,00	3.291,00	3.499,70	42.128,50
2004/05	1.237,90	12.208,20	1.269,00	2.867,00	1.570,90	35.006,70
2005/06	1.436,00	12.963,90	3.167,00	3.279,00	4.547,80	42.514,90
2006/07	1.385,70	14.054,90	4.300,00	3.655,00	5.958,50	51.369,90
2007/08	1.391,00	14.765,70	3.826,00	3.972,00	5.322,00	58.652,30
2008/09	1.388,50	14.171,80	3.060,00	3.599,00	4.248,80	51.003,80
2009/10	1.151,00	12.993,90	4.860,00	4.311,00	5.593,90	56.018,10
2010/11	1.099,20	13.806,10	5.255,00	4.158,00	5.776,30	57.406,90

2011/12	1.113,50	15.178,10	3.002,00	4.808,00	3.342,70	72.979,50
---------	----------	-----------	----------	----------	----------	-----------

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2013.

2.1.3. Trigo

Embora a produção do trigo no Brasil não seja expressiva no cenário mundial, o cereal tem importância fundamental para o estado do Rio Grande do Sul, visto que representa uma das poucas opções de cultivo de inverno para o estado. Historicamente, o Rio Grande do Sul assume o papel de segundo maior produtor do cereal no país. Na média das últimas treze safras, o estado compôs 37,4% da produção brasileira.

A produção nacional apresenta grande amplitude de oscilação, sem obedecer a um padrão crescente ou decrescente entre as safras. Entre as safras 2000/01 e 2011/12 ([Tabela 3](#)), a produção no Rio Grande apresentou mínima de 728 mil toneladas e máxima de 2,7 milhões de toneladas, variação de 277%. Essas variações se devem à instabilidade da área de plantio e a quebras de produtividades ocorridas ao longo dos anos.

A produtividade apresentou redução em relação ao potencial produtivo em cinco safras: 2001/02, 2002/03, 2004/05, 2005/06 e 2006/07. Em todos esses períodos a produtividade do trigo não ultrapassou os 1.940 kg/ha, sendo a pior situação em 2006/07 quando o rendimento por área mal conseguiu alcançar a média de 1.050 kg/ha por causa de insuficiência de chuvas no plantio e geadas na floração e frutificação do grão. No mais, as outras safras tiveram redução de produtividade por problemas climáticos, principalmente na fase final da cultura, seja por danos de geadas ou por excesso de chuvas que aumentaram a pressão de doenças.

Por outro lado, da safra 2007/08 a 2011/12 o clima favoreceu as produtividades do trigo e as médias se estabeleceram no patamar acima dos 2.000 kg/ha, como em 2011/12 quando atingiu 2.941 kg/ha, superando o Paraná.

A área de plantio também apresentou grande variação ao longo das safras, que influenciaram diretamente na produção do estado e brasileira. Nesse caso, o comportamento do mercado foi o argumento principal na modificação das áreas de plantio.

Tabela 3. Evolução de área, produtividade e produção de trigo no Brasil e Rio Grande do Sul entre as safras 2000/01 e 2011/12.

	Área		Produtividade		Produção	
	RS	Brasil	RS	Brasil	RS	Brasil
2000/01	601,60	1.710,20	1.700,00	1.868,00	1.022,70	3.194,20
2001/02	790,00	2.051,60	1.400,00	1.420,00	1.106,00	2.913,90
2002/03	1.007,30	2.415,50	1.900,00	2.123,00	1.913,90	5.127,30
2003/04	1.042,80	2.464,20	2.250,00	2.375,00	2.346,30	5.851,30
2004/05	1.098,10	2.756,30	1.940,00	2.121,00	2.130,30	5.845,90
2005/06	845,50	2.361,80	1.850,00	2.063,00	1.564,20	4.873,10
2006/07	693,30	1.757,50	1.050,00	1.271,00	728,00	2.233,70
2007/08	848,40	1.851,80	2.028,00	2.212,00	1.720,60	4.097,10
2008/09	980,30	2.396,20	2.100,00	2.456,00	2.058,60	5.884,00
2009/10	859,80	2.428,00	2.100,00	2.070,00	1.805,60	5.026,20
2010/11	793,10	2.149,80	2.490,00	2.736,00	1.974,82	5.881,61
2011/12	932,40	2.166,20	2.941,00	2.672,00	2.742,20	5.788,60

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2013.

2.2. Panorama de irrigação do Brasil e Rio Grande do Sul

Cerca de 1,54 bilhão de hectares do mundo são destinados à produção agrícola, sendo que apenas 18% desse total sob cultivo irrigado. No entanto, esses 18% de área representam mais que 44% da produção mundial agrícola, enquanto o restante é de sequeiro (CHRISTOFIDIS, 2006).

O Brasil é apenas o décimo sexto em exploração de área irrigada do mundo (Banco Mundial, 2013), embora conte com 12% do montante dos recursos hídricos mundiais disponíveis (ANA, 2009). No último censo agropecuário de 2006, o Brasil registrou 4,5 milhões de hectares com irrigação, o que representa 8,3% das áreas de lavouras do país.

De acordo com os censos de 1996 para 2006, a expansão da área irrigada deu um salto de 42% nesse período, passando de 3,1 milhões de ha para 4,5 milhões ha.

No último censo brasileiro (2006), a região Sul ocupou o segundo lugar em área irrigada, sendo que no censo de 1996 aparecia em primeiro. Em 2006, a região Sudeste contava com 35,6% da área irrigada no Brasil e o Sul com 27,5%.

Em termos estaduais, porém, o Rio Grande do Sul está a frente, seguido do estado de São Paulo e Minas Gerais, que juntos somam mais de 50% de toda a área de agricultura com irrigação. O estado gaúcho é responsável por 984,1 mil ha irrigados, enquanto que São Paulo representa 770 mil ha.

No Brasil, a irrigação é caracterizada pelos métodos de aspersão sem pivô, por pivô central, inundação, sulcos, localizada e outros diferentes métodos. Segundo o Censo 2006, a aspersão é o sistema mais empregado na irrigação brasileira, com 35% da área total, seguido da inundação (24%) e pivô central (19%).

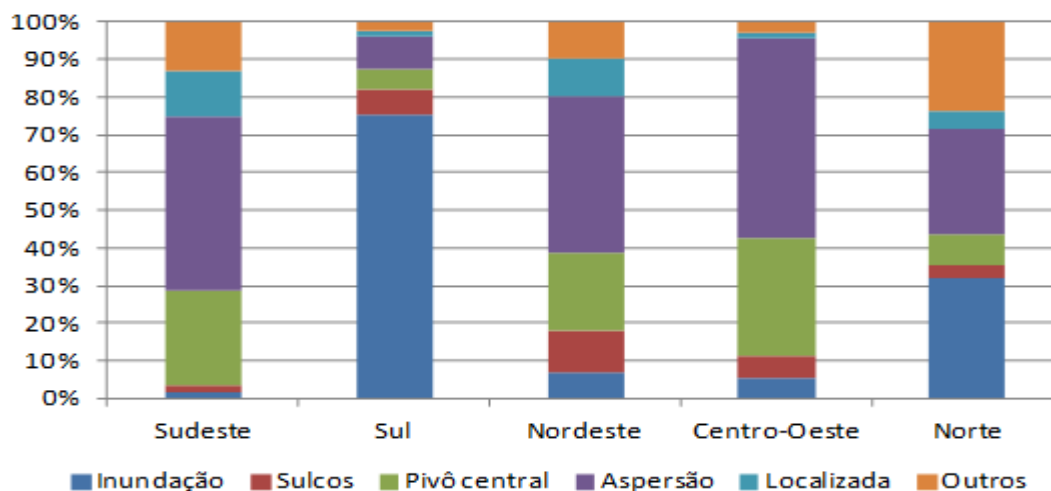


Figura 1. Distribuição percentual dos diferentes métodos de irrigação empregados em cada região do Brasil

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006).

Analisando apenas a região Sul (~~Figura 1~~Figura 1), os números apontam a inundação com 75% da área irrigada, sendo 812,8 mil ha no cultivo de arroz e outras culturas no Rio Grande do Sul (IBGE, 2006). Nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste a predominância é do método de aspersão sem pivô central.

Embora a inundação seja visivelmente representativa no Rio Grande do Sul devido ao cultivo de arroz, a aspersão com pivô central vem sendo empregada para o cultivo de milho, trigo, soja e feijão no estado. Isso aponta para melhorias no uso sustentável da água, visto que é maior a eficiência do uso da água sob irrigação pressurizada (PAULINO et al., 2011).

Na região Sul do Brasil, um dos principais fatores que afetam o sucesso das lavouras é o El Niño Oscilação Sul (ENOS). Em anos de La Niña, em que a estiagem avariou os cultivos do estado gaúcho, como em 2012, os produtores irrigantes de soja do município de Cruz Alta/RS conseguiram escapar das adversidades climáticas colhendo médias 100% superiores aos produtores de sequeiro, utilizando o método do pivô central. Na média dos últimos 10 anos, essa diferença representou 85% a mais para a soja irrigada (EMATER/RS, 2012 apud BISOGNIN, 2012).

De acordo com os dados do IBGE/SIDRA (2013), a área com pivô central no Rio Grande do Sul foi de 44,9 mil ha. O destaque de maior área plantada com cultivo irrigado fica para a mesorregião Noroeste do estado. Os municípios de Santa Barbara do Sul, Cruz Alta e Santo Antônio do Planalto representam os três municípios com maior a área irrigada por aspersão (pivô central) rio-grandense (IBGE/SIDRA, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1. Método de captação e análise de dados

3.1.1. Técnica de levantamento de dados por painel

O levantamento das informações do custo foi realizado através de reuniões entre pesquisadores, técnicos e produtores em cada região de referência. Ressalta-se que essa metodologia de painéis vem sendo largamente utilizada nos Estados Unidos pelo seu Departamento de Agricultura - USDA.

No painel, os agentes discutem em conjunto e procuram desenhar um sistema típico de produção de determinada localidade. Todos os itens do custo são detalhados: os equipamentos, as máquinas, sua potência e consumo de combustível por unidade de tempo; os coeficientes técnicos das máquinas e equipamentos, em especial o número de horas necessárias por hectare para a realização de determinado trato cultural; os insumos utilizados, quantidade e preço pago; dentre outros. Durante as discussões, o grupo preenche uma planilha de custo que representará uma situação típica da região. O conceito de propriedade típica foi apresentado pela primeira vez por Elliot (1928). Mais recentemente, essa técnica tem sido utilizada por Alves et al (2008) e Alves et al (2012).

3.1.2. Descrição da estrutura e composição de custo de produção

As planilhas de custo de produção têm objetivo de auxiliar na apuração e avaliação do resultado econômico. A análise é feita a partir da mensuração dos custos e das receitas incorridas no processo produtivo de cada atividade.

Para esse trabalho adaptaram-se as definições do Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total (CT) descrita por Matsunaga et al. (1976) e o método de alocação de custo fixo discutida por Bornia (1995). Assim, consideraram-se os seguintes critérios:

- **Custo Operacional (CO):** compõe todos os itens considerados variáveis ou gastos diretos representados pelo dispêndio em dinheiro, tais como insumo (fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas), operação mecânica (diesel e manutenção preventiva), mão de obra, serviço terceirizado, comercialização agrícola, transporte, despesa financeira, despesa com tributos de comercialização e despesa gerais.
- **Custo Operacional Total (COT):** trata-se da soma do CO com a parcela dos custos indiretos representados pela depreciação, provisão da mão de obra e taxas associadas ao processo de produção e mão de obra familiar.

- **Custo Total (CT):** é a soma do COT com o custo oportunidade do capital e da terra.

Para a alocação das despesas fixas da propriedade, adotou-se o método de centro de custo, que está composta por duas fases: a primeira divide-se a empresa em centros de custos e distribuem-se todos os itens de custos a serem alocados aos produtos nestes centros. Na segunda fase, os custos são alocados dos centros produtivos para os produtos, isto é, aquele que trabalha diretamente com a produção. As principais bases de rateio empregadas são horas de mão de obra, horas-máquina e custo de mão de obra.

3.2. Análise de investimentos

Os principais métodos para análise de investimentos são o VPL (Valor Presente Líquido), Payback e a TIR (Taxa Interna de Retorno). O uso destes três últimos métodos é bastante aceito no âmbito de empresa agropecuária; no entanto, os resultados obtidos com esses métodos determinísticos não contemplam os riscos envolvidos na atividade.

Ao se tratar da agricultura, diversos riscos precisam ser considerados, como aqueles ligados ao mercado, além os decorrentes de fenômenos climáticos e fitossanitários.

A forma mais confiável e segura de incorporar riscos nas análises é através de simulação. Assim, pode-se considerar os impactos de variações ocorridas em uma variável importante na viabilidade econômica de um projeto (BUARQUE, 1991). Atkinson (2000) e Horngren, Foster e Datar (2000) reforçam que a análise de sensibilidade é uma ferramenta analítica que envolve variar uma ou mais hipóteses fundamentais de um projeto para verificar o efeito que a mudança desse parâmetro causa sobre uma decisão.

O método de simulação por Monte Carlo é uma técnica de amostragem aleatória que pode dimensionar os riscos e auxiliar na tomada de decisão com valores mais próximos a realidade (BLANK e TARQUIN, 2008). Nesta pesquisa, utilizou-se a Simulação Monte Carlo para avaliar o impacto do risco de preços (variabilidade de preços) sobre o resultado econômico financeiro da atividade (VPL), e portanto, o efeito do risco de preços sobre a sustentabilidade das propriedades típicas produtoras de grãos de Cruz Alta/RS.

3.3. Modelo empírico

Para cálculo da viabilidade econômica (sustentabilidade econômica) da cultura usou-se o método do Valor Presente Líquido – VPL. O VPL é a medida de retorno (rentabilidade) de um investimento ou mesmo a medida de riqueza que o investimento gera ao investidor. O VPL é a medida mais consistente teoricamente para medir o poder aquisitivo de fluxos temporais de renda. Um fluxo de riqueza com valor presente maior domina outro de valor presente menor. Com isso, havendo decisões intertemporais há o princípio de que, se o investidor puder emprestar e tomar emprestado a uma taxa de juros constante, então, entre dois padrões de riqueza o investidor sempre preferirá a dotação de riqueza com maior valor presente. Assim, baseado no princípio da maximização intertemporal da renda, o investidor sempre prefere o investimento que proporciona o maior VPL.

O VPL é calculado pela fórmula 1:

$$VPL = -I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{E_{t=0} FC_j}{(1+i)^j} + VR \quad (1)$$

onde:

I_0 : investimento inicial;

FC_j : fluxo de caixa - dado pela receita líquida operacional – que aparece como valor esperado no mês 0 ($E_{t=0}$) para o mês j , com j variando de 0 até n ;

n : prazo de vida útil do projeto, no caso, 10 anos, tal que $0 \leq j \leq 10$;

VR : valor residual esperado do investimento em máquinas/equipamentos e benfeitorias;

i : taxa real de desconto considerada para o investimento.

Para o VPL esperado utilizou-se o fluxo de caixa operacional líquido, desconsiderando dessa forma os custos com depreciação de máquinas e benfeitorias, a remuneração do capital e o custo de oportunidade da terra.

3.4. Método Monte Carlo

Para Oliveira, Barros e Reis (2007) o método de Monte Carlo é utilizado para analisar fenômenos com comportamento probabilístico. Escudeiro (1973) e Blank e Tarquin (2008) definem o método como substituto do estudo de um processo não estocástico por um modelo probabilístico que possa avaliar problemas determinísticos por meio de uma série de amostragens aleatórias.

Trigeorgis (2002) afirma que as tentativas de simulação do método de Monte Carlo servem para reproduzir a tomada de decisão no mundo real através de um modelo matemático que captura os riscos de um projeto e também como ele evolui com o tempo e os eventos aleatórios.

A simulação por Monte Carlo pode ser realizada de diversas maneiras, sendo que as formas mais aplicadas são por meio computacionais, que segundo Vargas (2008) exigem conhecimentos apurados de estatística e programação.

Para executar as simulações pelo método de Monte Carlo são necessários que alguns procedimentos básicos sejam atendidos, como a definição das variáveis envolvidas com base em dados históricos; identificação das distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias relevantes; construção das distribuições de probabilidade para cada uma das variáveis, definição dos intervalos dos números aleatórios para cada variável; geração dos números aleatórios e simulação dos experimentos (LUSTOSA; PONTES; DOMINAS, 2004; HERTZ, 1964).

Nesta pesquisa, considerou-se apenas a variável preço como fator de risco. A determinação da distribuição de probabilidade dos preços foi definida a partir da série de preços diários do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – Cepea/ESALQ/USP para o período de janeiro de 2002 a setembro de 2013. Esses dados foram deflacionados para setembro de 2013 e ajustados para a distribuição normal.

Para essa série deflacionada, foram calculados os parâmetros média e desvio padrão para então serem feitas as simulações de Monte Carlo para os preços de soja, milho e trigo.

As simulações foram realizadas pelo programa Excel. Por meio de Monte Carlo foram geradas dez mil simulações para a variável preço de cada cultura.

A estimação do fluxo de caixa líquido da propriedade foi obtida pela diferença entre a Receita Bruta (RB) e o Custo Operacional (CO) da produção, que foram levantados em Painel para safra 2012/13. Por sua vez a RB foi obtida a partir do produto da produção pela cotação da commodity.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A propriedade padrão representativa da região de Cruz Alta/RS levantada em painel é constituída por 218,75 ha de área própria e 175 ha de área arrendada. Dos 300 ha destinados ao cultivo de culturas, foram considerados 280 ha semeados com cultivares geneticamente modificados (resistente ao herbicida glifosato), mais 70 ha com híbridos de milho

geneticamente modificados (resistente a lagartas) e 93,33 ha com trigo – no caso de cultivo em sequeiro. Ainda no caso do cultivo irrigado foram adicionados outros 50 ha de soja 2ª safra.

Em relação à produtividade no cultivo de sequeiro, foram observados o rendimento médio por área de 45 sc/ha para a soja, 110 sc/ha no milho e 40 sc/ha no trigo. No cultivo irrigado sob pivô a soja apresentou produtividade média de 70 sc/ha na primeira safra e 45 sc/ha na segunda safra, enquanto milho fechou com rendimento de 200 sc/ha e o trigo 50 sc/ha.

Além dos dados de custos levantados nos painéis e das produtividades médias observadas sob cada tipo de cultivo, buscou-se realizar simulações baseadas nas séries históricas de preços de soja, milho e trigo observados para região de Cruz Alta/RS, caracterizadas com base nas médias e nos desvios padrão, posto que as séries de preços das commodities mostraram possuir distribuição normal. Pelo método de Monte Carlo foram realizadas dez mil simulações para variável preço (mil por ano e para dez anos) em cada cultura, considerando as distribuições do preço de cada cultura independentes.

Os parâmetros considerados na simulação para soja foram a média de preço balcão de R\$ 55,31/sc, com desvio padrão de R\$ 7,95; no caso do milho, a média de preço balcão foi de R\$ 27,88 e desvio padrão de R\$ 1,78; e média de R\$ 32,45/sc com desvio padrão de R\$ 4,08 para o trigo.

As simulações realizadas serviram de base para estudar o comportamento dos preços das commodities dentro da região. Assim como os valores simulados foram utilizados para simular o VPL das diferentes culturas empregadas, dos sistemas envolvidos e da propriedade como um todo.

A seguir serão apresentadas as distribuições das simulações do Valor Presente esperado considerando a taxa de juros real de 2,2% a.a.

4.1. Simulações de Monte Carlo para o cultivo de sequeiro

Considerando a propriedade composta com as três culturas, soja, milho e trigo em condições de sequeiro, os resultados são apresentados, a seguir, por cultura e, em sequência, para a fazenda consolidada valendo-se das ponderações correspondentes às respectivas parcelas de área.

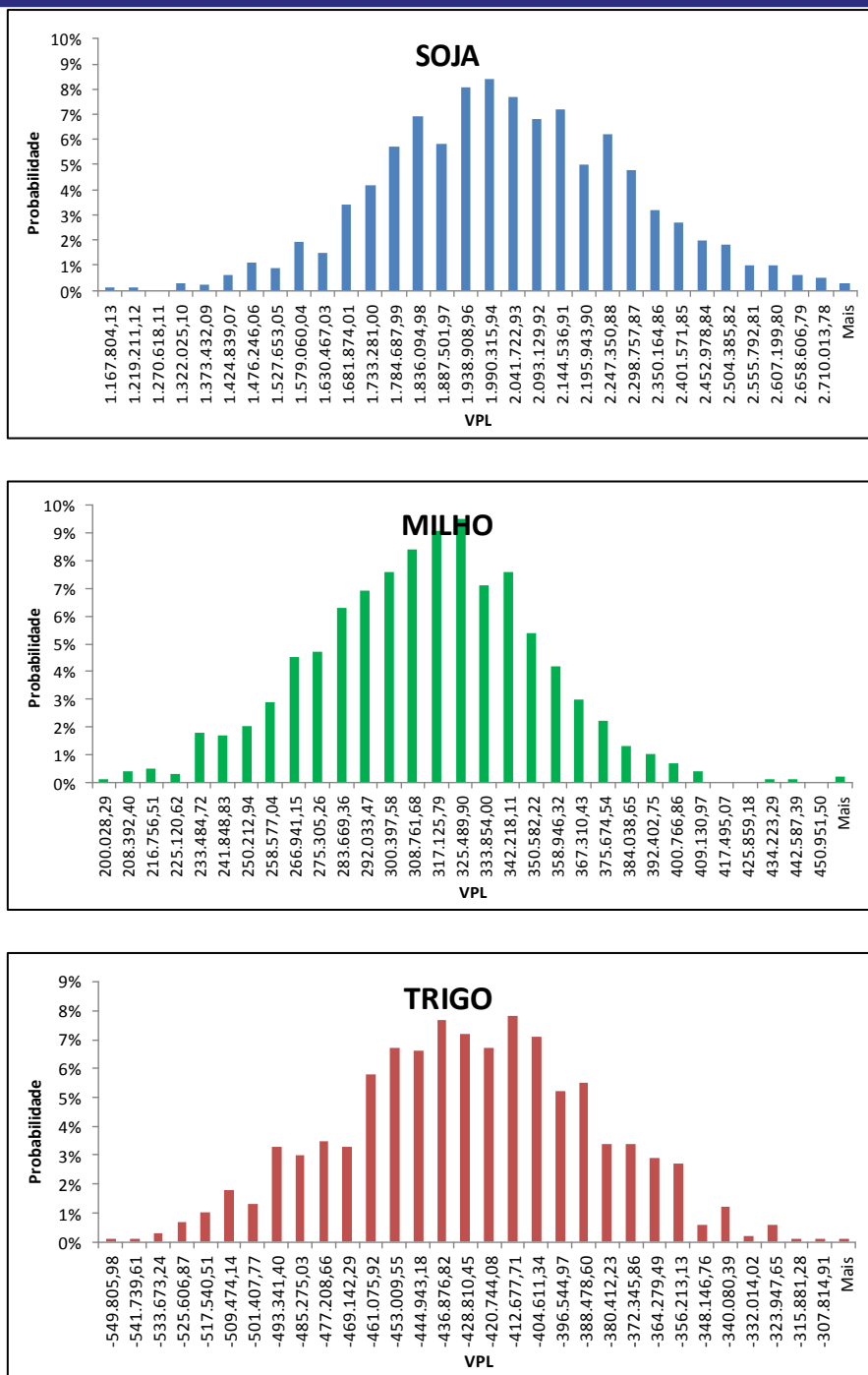


Figura 2. Valor Presente Líquido (VPL) do cultivo irrigado com pivô central da soja, milho e trigo para a propriedade padrão de Cruz Alta/RS – R\$/10 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a soja, calculou-se o Custo Operacional (CO) de R\$ 372.173,20/ano em 280 ha cultivados, ou R\$ 1.329,19/ha, para cada ano dos 10 anos considerados para o investimento. O VPL médio gerado foi de R\$ 2.005.852,55 para a área de 280 ha semeada com soja (quantos ha) em 10 anos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.Figura 2**), o que equivale R\$ 7.163,76/ha, com desvio padrão observado de R\$ 263.210,48 ou R\$ 940,04/ha. Esses números expressam a lucratividade positiva da oleaginosa em cultivo de sequeiro, pois a distribuição estimada não apresentou valores negativos. No caso do milho verão, o CO

considerado foi de R\$ 160.666,10/ano para os 70 ha semeados, o mesmo que R\$ 2.295,23/ha/ano. Diante deste custo, o cereal registrou VPL médio de R\$ 309.003,75 para área de 70 ha semeada ou R\$ 4.414,34/ha, em que o desvio padrão foi de R\$ 38.566,61 ou R\$ 550,95/ha. Assim, é de praticamente 100% a probabilidade de a atividade do milho na região de Cruz Alta ter VPL não negativo. No caso do trigo, o investimento estimado foi de R\$ 142.691,73/ano ou R\$ 1.528,84/ha/ano. O VPL médio calculado foi de R\$-431.937,51 em 93 ha, o equivalente à R\$-4.628,07/ha. O desvio padrão correspondente foi de R\$ 42.379,83 ou R\$ 454,09/ha. O trigo, diferentemente das culturas de verão, não apresentou probabilidade relevante de VPL positivo.

Consolidando agora os resultados por cultura avalia-se que o VPL médio da fazenda foi de R\$ 1.882.918,79 ou R\$ 5.379,77/ha, sendo o desvio padrão de R\$ 267.231,45 ou R\$ 763,52/ha. Para a propriedade em seu conjunto (Figura 3), é possível dizer que há praticamente 100% de probabilidade de que o seu VPL seja positivo.

Os resultados sugerem, enfatize-se, que o VPL da fazenda seria maior caso a cultura do trigo fosse excluída tendo em conta os parâmetros tecnológicos e custos de insumos – assim como o comportamento probabilístico dos preços dos três produtos – ao longo dos anos considerados no estudo.

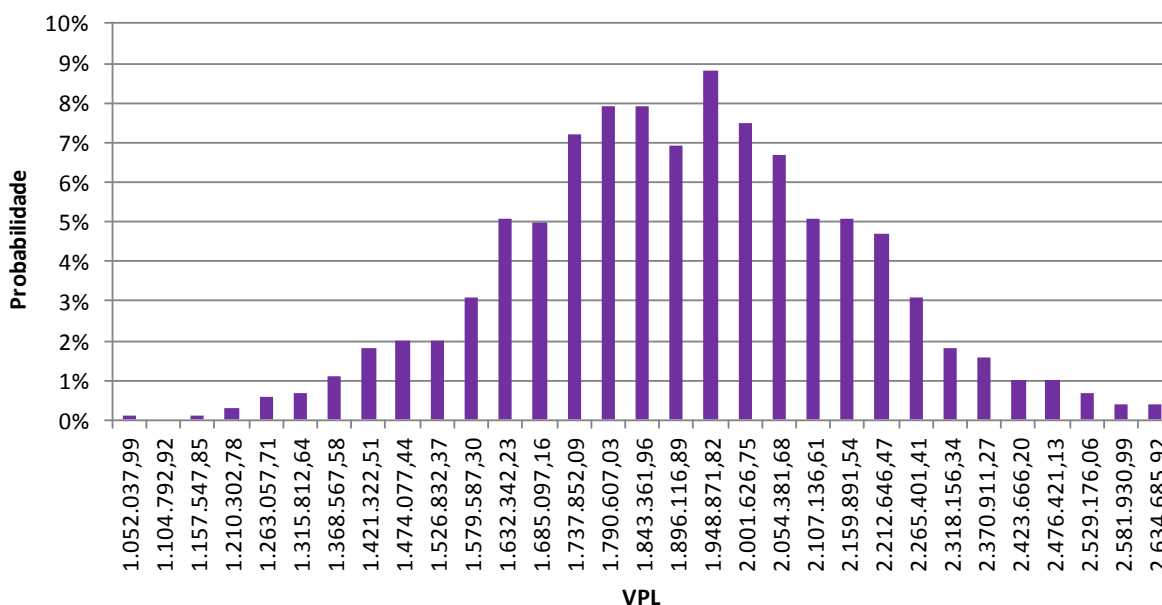


Figura 3. Valor Presente Líquido (VPL) do cultivo de sequeiro de soja, milho e trigo para propriedade padrão de Cruz Alta/RS – R\$/10 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2. Simulações de Monte Carlo para o cultivo irrigado com pivô central

No caso do sistema com irrigação são consideradas as culturas de soja, milho, trigo e soja 2ª safra. Para a soja irrigada, estimou-se o Custo Operacional (CO) em R\$ 583.495,32 para os 280 hectares, ou seja, R\$ 2.083,91/ha. Calculou-se também que um Valor Presente Líquido médio de R\$ 3.364.935,87, o que equivale a R\$ 12.017,63/ha, com desvio padrão de R\$ 409.438,53 ou R\$ 1.462,28/ha. Com esses valores, a soja apresentou praticamente 100% de probabilidade de gerar VPL positivo.

Para o caso do milho, foi considerado o CO de R\$ 243.875,41 para o projeto de 10 anos, o que equivale a R\$ 3.483,93/ha. O VPL médio gerado foi de R\$ 1.025.692,90 ou R\$ 14.652,76/ha, com desvio padrão de R\$ 70.121,11 ou R\$ 1001,73/ha. O trigo não atingiu

resultados satisfatórios para o investimento em irrigação. O Custo Operacional de R\$ 169.390,03/ano ou R\$ 1.814,89/ha gerou o Valor Presente médio de R\$-464.579,34 ou o equivalente a R\$-4.977,81/ha. O desvio padrão para esse valor foi de R\$ 52.974,79, ou seja, R\$ 567,61/ha. O trigo irrigado não apresentou probabilidade relevante de retorno positivo ao investimento em irrigação.

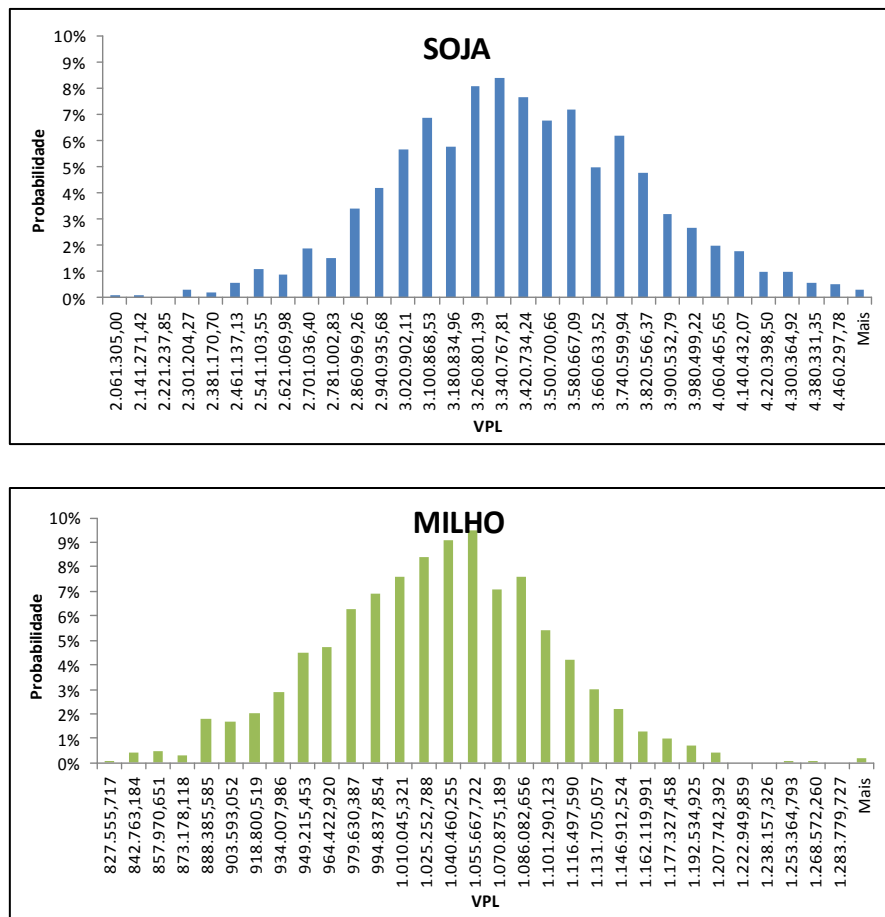


Figura 4. Valor Presente Líquido (VPL) do cultivo irrigado com pivô central da soja e milho para a propriedade padrão de Cruz Alta/RS – R\$/10 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a soja segunda safra calculou-se um CO de R\$ 72.655,70, ou seja, R\$ 1.453,11/ha. Para esta cultura em 50 ha, foram utilizados os mesmo preços simulados na soja semeada no verão. Assim, obteve-se VPL médio esperado de R\$ 301.997,12, o mesmo que R\$ 6.039,94/ha, com desvio padrão de R\$ 67.729,83 ou R\$ 1.354,60/ha. De acordo com a distribuição dos VPLs gerados na simulação, é possível afirmar que a soja 2ª safra, cultivada nesse modelo de propriedade, apresentou praticamente 100% de probabilidade de VPL acima de zero. Com esse cenário, a soja 2ª safra apresentou maior atratividade que o trigo, que no caso anteriormente discutido não apresentou probabilidade de valores positivos.

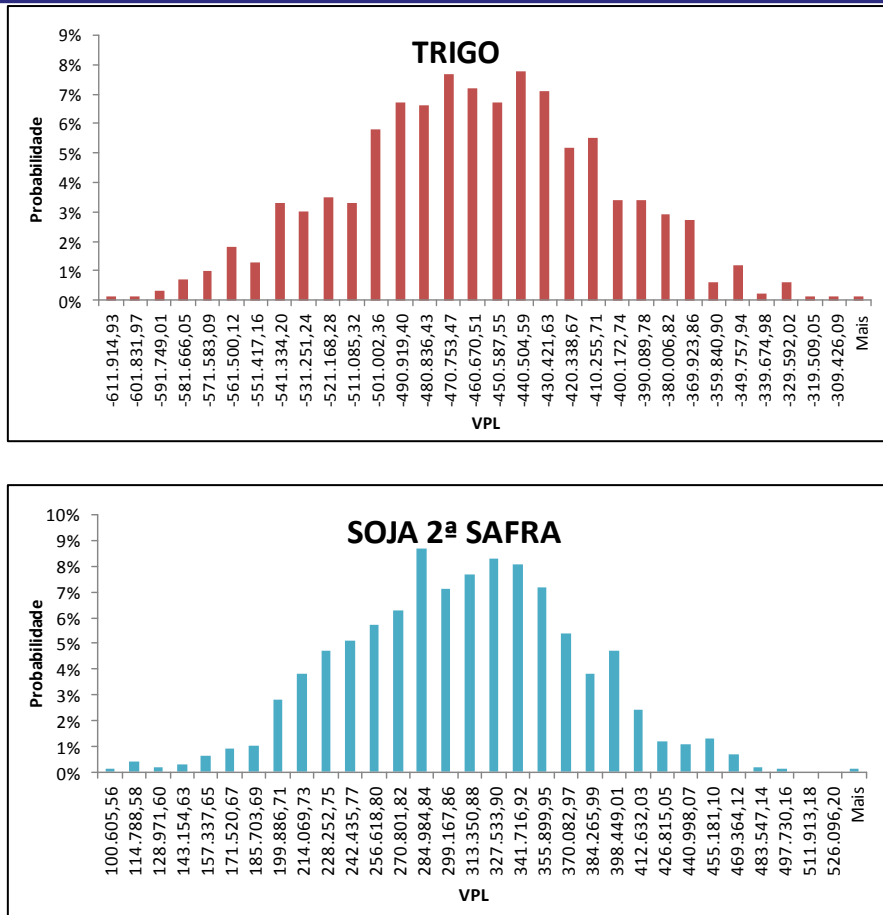


Figura 5. Valor Presente Líquido (VPL) do cultivo irrigado com pivô central de trigo e soja 2ª safra para a propriedade padrão de Cruz Alta/RS – R\$/10 anos.
Fonte: Dados da pesquisa.

Diante dos resultados apresentados, observa-se que a propriedade padrão de Cruz Alta/RS, sob condições de irrigação, apresentou praticamente 100% de probabilidade de retornar valores positivos para o VPL de um projeto para o período de 10 anos (Figura 6Figura-5).

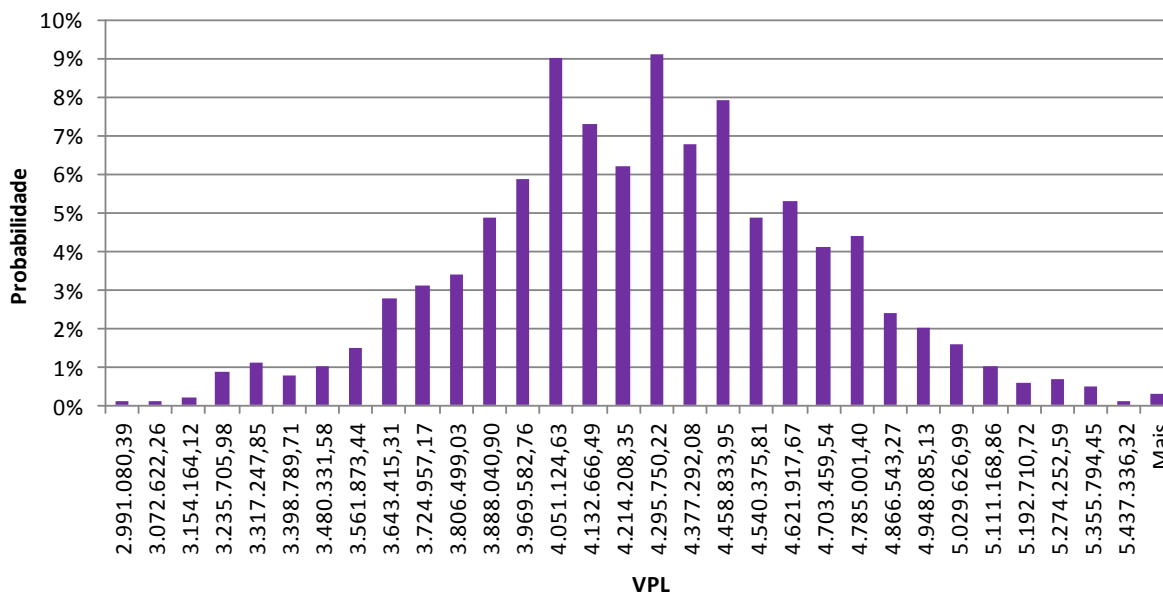


Figura 6. Valor Presente Líquido (VPL) do cultivo irrigado com pivô central de soja, milho, trigo e soja 2ª safra para propriedade padrão de Cruz Alta/RS – R\$/10 anos.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3. Resultado geral por simulação de Monte Carlo.

Os resultados finais pelo método de Monte Carlo apontaram o cultivo com irrigação uma melhor opção que o de sequeiro. Com isso o VPL mínimo do cultivo de sequeiro foi de R\$ 1.052.037,99, diferentemente do caso irrigado em que os valores foram superiores em três vezes esse valor, R\$ 2.991.080,39.

O VPL máximo observado no cultivo irrigado foi de R\$ 5.518.878,18, valor 2,1 vezes superior aos R\$ R\$ 2.687.440,86 do caso de sequeiro. Embora esse resultado apresente poucas chances de ocorrer, demonstra a superioridade que a irrigação pode trazer em casos de cenários otimistas.

Sobre a sustentabilidade econômica da propriedade padrão de Cruz Alta/RS, por simulação de Monte Carlo, em ambos os casos não há probabilidade relevante de ocorrerem valores negativos para o VPL.

A diferença basicamente entre os casos estudados se fundamenta na produtividade alcançada pelo cultivo irrigado com pivô central. Sob o pivô, os rendimentos produtivos por área superam o do contexto do sequeiro, e sustentam os fluxos de caixas em momentos em que o preço cai. Observou-se que nos dois casos é irrelevante a probabilidade de prejuízos; no entanto, o cultivo sob sequeiro apresentou maior risco no projeto.

Cabe ressaltar que, dentro do modelo de propriedade considerado, o trigo não retornou valores de VPL positivos em nenhuma das análises. No entanto, é importante destacar que os custos e produtividade considerados foram baseados na safra 2012/13, maior custo da série do Cepea nos últimos cinco anos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo realizar uma análise de projeto com intuito de observar a sustentabilidade econômica dos -cultivos sob sequeiro e irrigado e avaliar se a irrigação é um investimento viável na região através de simulações que pudessem incorporar os riscos de

preços envolvidos no projeto de longo prazo, ou seja, considerando-se a variabilidade de preços das commodities no mercado.

Cabe ressaltar que em todas as análises realizadas neste estudo foram consideradas as produtividades da safra 2012/13. Isto pode gerar limitações no estudo visto que adversidades climáticas e quebras de produtividade foram constatadas nessa safra. Por outro lado, a série de preços referiu-se a um período de mais de 10 anos. No entanto, não há dados históricos disponíveis para as culturas irrigadas. Também no caso do milho, uma série superior que considerasse as safras anteriores a 2008/09 não representaria a atual realidade tecnológica do campo. Nas simulações por Monte Carlo, os resultados mostraram-se sensíveis às variações de preço das commodities.

No contexto em que o assunto foi tratado, concluiu-se que além de a irrigação ser um investimento viável economicamente, contribuindo para aumentos nas receitas operacionais e, portanto, uma valorização da fazenda.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2009**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/download.aspx>>. Acesso em: setembro de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/download.aspx>>. Acesso em: setembro de 2013.

ALVES, L.R.A.; BALLAMUT, C.E.C.; OSAKI, M.; RIBEIRO, R.G.; SHIOMI, G.M. Viabilidade econômica da produção de algodão, soja e cana-de-açúcar no estado de Goiás. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 46, 2008. Rio Branco. Anais...Brasília: SOBER, 2008.1 CD-ROM.

ALVES, L.R.A.; IKEDA, V.Y.; OSAKI, M.; RIBEIRO, R.G.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Cultivo de algodão geneticamente modificado no Brasil: intensidade de adoção, estrutura de custos, rentabilidade e diferenciais com os cultivares convencionais – safra 2010/11. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 50, 2012. Vitória. Anais.Brasília: SOBER, 2012.1 CD-ROM.

ATKINSON, A.A. et al. **Contabilidade Gerencial**. São Paulo: Editora Atlas. 2000.

BANCO MUNDIAL. World Bank **Data**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicador/AG.LND.IRIG.AG.ZS>>. Acesso em: setembro de 2013.

BARROS, G.S.C. **Economicidade e sustentabilidade da agropecuária**. Piracicaba: Centro de Pesquisa em Economia Aplicada, 2007. Mimeografado.

BISOGNIN, D.A. **Irrigação no Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2012. Palestra.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia econômica**. 6 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

BORNIA, A. C. **Mensuração das Perdas dos Processos Produtivos: Uma Abordagem Metodológica de Controle Interno**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - PPGEP/UFSC.

CHRISTOFIDIS, D. **Água: Gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.pt.genderandwater.org/content/download/2996/33129/file/Agua_e_sustentabilidade_alimentar_Brasil1.pdf>. Acesso em: setembro de 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: setembro de 2013.

ELLIOT, F.F. The “Representative Firm” Idea Applied to Research and Extension in Agricultural Economics. **Journal of Farm Economics**. North Carolina, v.10, n.4, p.483-498. Out. 1928.

ESCUDEIRO, L.F. **La simulación em la empresa**. Barraincúa: Duesto, 1973.

HERTZ, O.B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, 1964, p. 95-106.

HORNGREN, C.T.; FOSTER, G.; DATAR, S.M. **Contabilidade de Custos**. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário – 1995-1996**. Rio de Janeiro, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário – 2006**. Rio de Janeiro, 2009.

LUSTOSA, P.R.B.; PONTE, V.M.R.; DOMINAS, W.R. Simulação. In: CORRAR, L.J.; THEOPHILO, C.R. (Coord.). **Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração: Contabilometria**. São Paulo: Atlas, 2004. p. 242-284.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N. de; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em Sao Paulo, V.23, n.1, p.123-139, 1976.

OLIVEIRA, P.H.D.; BARROS, N.R.; REIS, S.G. dos. Aplicabilidade do método de simulação de Monte Carlo na previsão dos custos de produção de companhias industriais: o caso companhia do Vale do Rio Doce. In: **Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade**, 4.; 2007, São Paulo. Anais... São Paulo, USP, 2007.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V; ZOLIN, C.A.; ROMÁN-SANCHEZ, R.M.; JOSÉ, J.V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Tabela 1819 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e Área dos estabelecimentos por método utilizado para irrigação e grupos e classes de atividade. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl3.asp?c=1819&n=0&u=0&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: setembro de 2013.

TRIGEORGIS, L. **Real options: managerial flexibility and strategy resource allocation**. 6. Ed. Cambridge: The MIT Press, 2002. 427 p.

VARGAS, R. **Podcast sobre simulação de Monte Carlo**. Disponível em: www.ricardovargas.com. Acesso em: outubro de 2013.