

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO**

KELLEN CRISTINA CAMPOS FERNANDES

**ANÁLISE DE RISCO DE PROJETOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA
EM GOIÁS**

Goiânia

2012

KELLEN CRISTINA CAMPOS FERNANDES

**ANÁLISE DE RISCO DE PROJETOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA
EM GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio – PPAGRO da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás – EAEA/ UFG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronegócio.

Orientador: Dr. Reginaldo Santana Figueiredo

Goiânia

2012

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Kellen Cristina Campos Fernandes		
E-mail:	kellenrv@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:	CAPES-REUNI	Sigla:	
País:	Brasil	UF:	GO CNPJ:
Título:	Análise de risco de projetos de integração lavoura-pecuária em Goiás		
Palavras-chave:	Risco da atividade agrícola, Diversificação, Teoria do Portfólio		
Título em outra língua:	Risk analysis of integrated crop and livestock projects in Goiás		
Palavras-chave em outra língua:	Risk of agricultural activity, Diversification, Portfolio Selection.		
Área de concentração:	Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais		
Data defesa: (15/06/2012)	Quinze de junho de dois mil e doze		
Programa de Pós-Graduação: PPAGRO	Programa de Pós-Graduação em Agronegócio		
Orientador (a):	Dr. Reginaldo Santana Figueiredo		
E-mail:	emaildesantana@gmail.com		
Co-orientador (a):*			
E-mail:			

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Kellen Cristina Campos Fernandes
Assinatura do (a) autor (a)

Data: 22 / 01 / 2013

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

F363a Fernandes, Kellen Cristina Campos.
Análise de risco e retorno esperados de projetos de
integração lavoura-pecuária em Goiás [manuscrito] / Kellen
Cristina Campos Fernandes. - 2012.
98 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Santana Figueiredo.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,
Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de abreviaturas, siglas, figuras e quadros.
Apêndices.

1. Agricultura – Risco da atividade. 2. Agricultura –
Diversificação. 3. Pecuária – Diversificação. 4. Fronteira
eficiente. I. Título.

CDU: 631.164:636(817.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO
PPAGRO

Dissertação de Mestrado

**"ANÁLISE DE RISCO DE PROJETOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA EM GOIÁS"**

Kellen Cristina Campos Fernandes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Agronegócio.

Aprovada por:

Prof. Dr. Reginaldo Santana Figueiredo
Presidente-Orientador/PPAGRO/EA/UFG

Prof. Dr. Luciano Cavalcante Muniz
Membro Externo/UEMA

Prof. Dr. Cleyzer Adrian da Cunha
Membro Interno/PPAGRO/EA/UFG

Goiânia, 15 de junho de 2012.

A Deus, por ter guiado meus passos...
Ao meu esposo Marcelo, pelo carinho e pelo apoio...
À minha família, amigos, mestres e companheiros de jornada...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me concedido essa oportunidade, sendo sempre presente nesse momento tão importante e sem Ele isso jamais seria possível.

À minha família, especialmente aos meus pais, pelo esforço e dedicação, mesmo que em muitos momentos, tenha sido necessário abrir mão de seus sonhos e objetivos individuais. Quero agradecer de forma especial à minha mãe, a quem tudo devo, pelo seu amor, suas orações, sua enorme compreensão e pelo apoio incondicional. Agradeço aos meus irmãos que acreditaram em mim e me encorajaram a lutar pelos meus sonhos.

Agradeço a cada um dos excelentes professores (Luiz Manoel, Cleyzer, Sônia, Francis, Eliane, Maria do Amparo, Fausto, Alcido), mestres que me ensinaram a respeitar, evoluir e amadurecer ideias.

Quero agradecer, em especial, ao professor Reginaldo Santana Figueiredo, a quem coube a dura missão de me orientar nos momentos de dúvidas, com muita dedicação, boa vontade e paciência resultando em respeito, amizade, admiração profissional e muito carinho.

À Carolina pelas suas orações, pelo carinho e muita paciência ao me escutar todos os dias e não me deixar desistir.

Ao Luciano Muniz e ao Cleyzer, pelas suas excelentes sugestões e colaborações.

Às minhas amigas, Angelita, Sandra, Karine e Natália, pelo companheirismo e por estarem sempre ao meu lado em todos esses momentos.

Encerro meus agradecimentos a estas e outras pessoas que desde o início apostaram na minha capacidade. Muito obrigada pela amizade e por fazerem parte da minha história.

RESUMO

O presente trabalho apresentou a proposta de, a partir da Teoria do Portfólio de Harry Markowitz, construir portfólios demonstrando a relação de risco e retorno de projetos de integração lavoura-pecuária. Foram levantadas as séries históricas de preços e custos do arroz, milho, soja, feijão e boi gordo, entre setembro de 2008 e dezembro de 2010 de cada uma das atividades no Estado de Goiás para calcular as séries de retornos. Verificada a estacionariedade das séries, foram calculadas as volatilidades, as correlações e as estatísticas descritivas, conforme a metodologia proposta pela Teoria do Portfólio. Após a formulação do modelo de otimização, foram obtidos os portfólios ótimos. Os resultados da otimização do modelo, mostraram que na safra de verão de 2008/2009, para um risco de 0,65%, tem-se um retorno esperado de 2,98%, com, aproximadamente, 25% dos recursos alocados à pecuária e 75% à lavoura. Na safra de inverno de 2009, aproximadamente, 56% dos recursos foram destinados à lavoura e 44% à pecuária, resultando em um nível de risco de 0,84% para um retorno esperado de 4,21%. A safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, com, aproximadamente, 61% dos recursos distribuídos para a lavoura e 39% para a atividade pecuária. Na safra de inverno de 2010, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19%, com, aproximadamente, 42% dos recursos destinados à lavoura e 58% à pecuária. Ao se comparar os resultados obtidos com a otimização do modelo com os resultados da alocação recomendada pela Embrapa, observou-se que a alocação de recursos da Embrapa apresentou riscos maiores nas safras de verão de 2008/2009 e de 2009/2010, devido ao aumento da participação da soja e redução da participação do arroz no portfólio da Embrapa. Os resultados da alocação de recursos da Embrapa referentes às safras de inverno de 2009 e de 2010 apresentaram riscos menores que os do modelo de otimização, decorrente da maior participação do feijão na composição dos portfólios otimizados. Foram construídas as fronteiras eficientes que disponibilizaram conjuntos de alocações ótimas para dado nível de risco e retorno esperado em projetos de integração lavoura-pecuária. O critério de escolha do melhor portfólio depende da decisão de cada agropecuarista quanto ao binômio risco-retorno esperado.

Palavras-chave: Risco da atividade agrícola, Diversificação, Fronteira Eficiente.

ABSTRACT

This paper has proposed, through the Portfolio Selection of Harry Markowitz, build portfolios demonstrating the relationship of risk and return of integrated crop and livestock projects. We raised the historical series of prices and costs of rice, corn, soy, beans and cattle, between September 2008 and December 2010 for each of the activities in the State of Goias to calculate the returns series. Checked the stationarity of the series, were calculated the volatilities, correlations and descriptive statistics, according to the methodology proposed by the Portfolio Selection. After the formulation of the optimization model, we obtained the optimal portfolios. The results of the optimization model, showed that in the summer harvest of 2008/2009, for a risk of 0.65%, has an expected return of 2.98%, with approximately 25% of the resources allocated to livestock and 75% for agriculture. In the winter harvest of 2009, approximately 56% of the funds were used for agriculture and 44% for livestock, resulting in a risk level of 0.84% for an expected return of 4.21%. The summer harvest 2009/2010 showed risk of 0.68%, for an expected return of 3.20%, with approximately 61% of the resources allocated for farming and 39% for cattle ranching. In the winter harvest of 2010, for a risk of 0.62%, we expect a return of 4.19%, with approximately 42% of the resources allocated to agriculture and 58% for livestock. When comparing the results obtained with the optimization of the model with the results of the allocation recommended by Embrapa, it was observed that the allocation of resources of Embrapa presented greater risks in summer harvest of 2008/2009 and 2009/2010, due to increased participation of soy and reduced share of rice in the portfolio of Embrapa. The results of resource allocation of Embrapa in the winter harvest of 2009 and 2010 had lower risks than the optimization model, due to the increased participation of beans in the composition of the optimized portfolios. Were constructed efficient frontiers that have provided great allocations for a given level of risk and expected return on integrated crop and livestock projects. The criterion for choosing the best portfolio depends on the farmer decision of the risk-expected return binomial.

Key-words: Risk of agricultural activity, Diversification, Portfolio Selection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução das exportações brasileiras e do agronegócio – 2000 a 2011 (em US\$ milhões)	23
Figura 2 - Evolução da área plantada de grãos, da produção de grãos e do efetivo bovino	24
Figura 3: Composição da pauta de exportação de produtos agropecuários do Estado de Goiás no ano de 2010	25
Figura 4: Participação da produção agropecuária goiana no cenário nacional.....	26
Figura 5: Riscos da atividade agropecuária	35
Figura 6: Conjunto de portfólios eficientes	41
Figura 7: Seleção da carteira ideal pela curva de indiferença do investidor	42
Figura 8: Diversificação e risco da carteira	44
Figura 9: Preços semanais da saca soja no município de Rio Verde-GO.....	45
Figura 10: Passeio aleatório sem deslocamento	47
Figura 11: Passeio aleatório com deslocamento	48
Figura 12: Correlograma de uma série temporal de passeio aleatório	52
Figura 13: Resumo das etapas do trabalho	57
Figura 14: Esquema de rotação do projeto de integração lavoura-pecuária	64
Figura 15: Ciclo de produção do projeto de integração lavoura-pecuária	65
Figura 16: Séries históricas mensais de retornos do arroz, milho, bovinocultura de corte, soja e feijão dentre os meses de setembro de 2008 e dezembro de 2010.	69
Figura 17: Riscos e retornos esperados referentes a cada atividade que compõe o projeto de integração lavoura-pecuária.	72

Figura 18: Retornos esperados referentes a cada portfólio.....	76
Figura 19: Alocação de recursos no projeto de integração lavoura-pecuária	76
Figura 20: Fronteira eficiente referente à safra de verão 2008/2009	79
Figura 21: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009	80
Figura 22: Fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010	82
Figura 23: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores zootécnicos e econômicos para a fase de recria-engorda da pecuária praticada em diferentes sistemas de produção nos Cerrados.	30
Tabela 2: Índices zootécnicos obtidos nas pastagens da Fazenda Barreirão, antes e após terem sido recuperadas/renovadas pelo Sistema Barreirão.	32
Tabela 3: Rentabilidade de um sistema de integração lavoura-pecuária em comparação à lavoura solteira.	34
Tabela 4: Correlação, retorno e risco para portfólios de dois ativos.	40
Tabela 5: Teste de Raiz-Unitária (Dickey-Fuller Aumentado) em nível para os retornos mensais do arroz, do milho, da soja, do feijão e do boi gordo no Estado de Goiás entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.	70
Tabela 6: Teste de estacionariedade (KPSS) em nível para os retornos mensais do arroz, do milho, da soja, do feijão e do boi gordo no Estado de Goiás entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.	71
Tabela 7: Retornos esperados e riscos mensais referentes a cada atividade que compõe o projeto de integração lavoura-pecuária.....	72
Tabela 8: Matriz de correlação entre os retornos mensais das atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária.....	73
Tabela 9: Composições dos portfólios formados pelas atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária	74
Tabela 10: Alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa.	77
Tabela 11: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de verão de 2008/2009	79
Tabela 12: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009	81

Tabela 13: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010	82
Tabela 14: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC - Autocorrelação

ADF - Teste de *Dickey-Fuller* Aumentado

AMV - Área mínima viável

AT - Área total

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

COE - Custo Operacional Efetivo

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CF - Custo fixo

CV - Coeficiente de Variação

CV - Custo variável

DF - *Dickey-Fuller*

DW - *Durbin-Watson*

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Estat Q - Estatística Q

FAC - Função de autocorrelação

FAEG - Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FGV - Fundação Getúlio Vargas

GARCH - Modelo de heteroscedasticidade condicional autorregressiva generalizada

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA - Instituto de Economia Agrícola

IGP-DI - Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna

ILP - Integração lavoura-pecuária

INCC - Índice Nacional de Custo da Construção

INSS - Instituto Nacional do Seguro Social

IPA - Índice de Preços por Atacado

IPC - Índice de Preços ao Consumidor

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

KPSS - *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin*

LB - Estatística *Ljung-Box*

LM - Estatística de teste de multiplicador de *Lagrange*
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
PAC - Autocorrelação Parcial
PE - Ponto de Equilíbrio
PIB - Produto Interno Bruto
PILP - Projeto de integração lavoura-pecuária
PP - *Phillips-Perron*
Prob - Probabilidade
PT - Produção total
PV - Preço de venda
SEGPLAN - Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento
SPSS - *Statistical Package for Social Sciences*
USDA - *United States Department of Agriculture*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 PROBLEMA	20
1.2 OBJETIVOS	21
<i>1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	<i>21</i>
2 O AGRONEGÓCIO NO BRASIL E NO ESTADO DE GOIÁS	22
3 REFERENCIAL TEÓRICO	28
3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	28
3.2 A ATIVIDADE AGROPECUÁRIA E OS SEUS RISCOS	34
3.3 RISCO E RETORNO	36
3.4 TEORIA DO PORTFÓLIO DE MARKOWITZ	38
3.5 ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS	45
3.5.1 ESTACIONARIEDADE	46
3.5.2 PASSEIO ALEATÓRIO	47
3.5.3 TESTES DE ESTACIONARIEDADE	49
<i>3.5.3.1 ANÁLISE DO CORRELOGRAMA</i>	<i>50</i>
<i>3.5.3.2 TESTE DE DICKEY-FULLER E TESTE DE DICKEY FULLER AUMENTADO</i>	<i>53</i>
<i>3.5.3.3 TESTE PHILLIPS-PERRON</i>	<i>54</i>
<i>3.5.3.4 TESTE KWIATKOWSKI, PHILLIPS, SCHMIDTV E SHIN</i>	<i>55</i>
4 METODOLOGIA	57
4.1 LEVANTAMENTO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE PREÇOS E CUSTOS	58
4.2 CÁLCULO DO INDICADOR ECONÔMICO – TAXA DE RETORNO	60
4.3 CÁLCULO DA VOLATILIDADE	61
4.4 CÁLCULO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO	62
4.5 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR	63
4.6 RECURSOS COMPUTACIONAIS	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
5.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	69
5.2 APLICAÇÃO DOS TESTES DE ESTACIONARIEDADE	70
5.3 RISCO E RETORNO DE CADA UMA DAS ATIVIDADES	71
5.4 CÁLCULO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO	73

5.5 OTIMIZAÇÃO DOS PORTFÓLIOS.....	74
5.6 ALOCAÇÃO DE RECURSOS DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA DA EMBRAPA	77
5.7 CONSTRUÇÃO DAS FRONTEIRAS EFICIENTES	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	98

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o rápido crescimento demográfico mundial tem elevado a demanda por alimentos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), para alimentar uma população estimada em nove bilhões de habitantes, em 2050, a produção mundial agropecuária deverá aumentar em 60%, um incremento de mil milhões de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de carne por ano comparativamente aos níveis de 2005/07 (FAO, 2012).

Entretanto, praticamente, não há mais possibilidade para a expansão da área agropecuária em regiões temperadas e subtropicais do planeta. Até 2050, estima-se que a área agricultável mundial aumente apenas 69 milhões de hectares, ou seja, menos de 5% da área cultivável (FAO, 2012). No entanto, as terras cultiváveis disponíveis no mundo estão muito aquém da necessidade de expansão da agropecuária. A oferta futura de alimentos para a crescente demanda populacional será função do aumento da produtividade e da recuperação de áreas degradadas nas regiões tropicais.

O Cerrado brasileiro apresenta alto potencial para a produção agropecuária com importante destaque no cenário nacional. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em extensão, com cerca de 204 milhões de hectares, ocupando aproximadamente 24% do território nacional.

Desse total, 61 milhões de hectares são pastagens cultivadas, 14 milhões de hectares de culturas anuais e 3,5 milhões de hectares correspondem às culturas perenes e florestais. Em relação à contribuição do Cerrado para a produção agropecuária nacional, o bioma responde por 60% da soja, 59% do café, 45% do feijão, 44% do milho, 81% do sorgo e 55% da produção nacional de carne bovina (EMBRAPA, 2006).

No entanto, segundo Aidar e Kluthcouski (2003), o desenvolvimento agropecuário dos Cerrados nas décadas de 80 e 90, baseou-se o uso intenso dos fatores de produção, a expansão da fronteira agrícola, investimentos em mecanização; monoculturas e tecnologias com elevado consumo energético, com a intensificação do uso de defensivos e fertilizantes. Esses fatores resultaram na insustentabilidade de grande parte das explorações, ao mesmo tempo em que elevaram os custos de produção e degradaram o meio produtivo.

Para Kichel e Miranda (2002), o manejo inadequado da atividade agropecuária resulta na degradação das pastagens, baixos índices de produtividade das lavouras, redução da fertilidade do solo, baixa retenção de água no solo e avanço dos processos erosivos.

De acordo com Kichel et al. (1999), a degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira, por afetar diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo, uma vez que a pastagem passa a sustentar cada vez menos animais com o passar do tempo. Estima-se que cerca de 80% das pastagens no Cerrado brasileiro apresentam algum estágio de degradação (EMBRAPA, 2006).

Dias-Filho (2005) ao apontar os benefícios da recuperação de pastagens degradadas, argumenta que do ponto de vista ambiental, o maior benefício é a redução da pressão de desmatamento em áreas de vegetação natural para a formação de novas pastagens. Do ponto de vista socioeconômico, o principal benefício é a recuperação da capacidade produtiva de áreas consideradas economicamente improdutivas, ao aumentar a oferta de alimentos e gerar mais renda. Assim, a recuperação de pastagens degradadas incentiva o aumento da produtividade da pecuária, sem promover a expansão da fronteira agrícola.

Contudo, a recuperação de pastagens pelo sistema tradicional é onerosa, em decorrência da necessidade de correção de acidez e adubação de manutenção. Além disso, o retorno do capital investido é debitado exclusivamente à produção de carne e/ou leite, tornando-se, muitas vezes, antieconômica a adoção dessas tecnologias (KLUTHCOUSKI et al., 2004).

Com o intuito de viabilizar a recuperação dessa imensidão de áreas degradadas, a Embrapa vem dedicando parte de suas pesquisas à recuperação de áreas com pastagens degradadas, com base na integração lavoura-pecuária (ILP).

A integração lavoura-pecuária se revela uma opção importante como modalidade de exploração econômica da terra, sobretudo pelo uso mais eficiente e racional dos fatores de produtivos (água e terra, especialmente); diversificação da produção; recuperação de áreas degradadas; redução de riscos econômicos no cenário produtivo e a possibilidade de geração de receitas de forma continuada ao longo do ano.

A integração lavoura-pecuária garante benefícios tanto para as atividades agrícolas e pecuárias quanto para o próprio produtor rural, ao proporcionar a recuperação física, química e biológica do solo; quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas; produção de forrageira na entressafra; aumento da produtividade de carne e leite e redução dos custos de produção.

De acordo com um estudo realizado por Martha Júnior et. al. (2007), a integração lavoura-pecuária apresentou custos inferiores à pecuária tradicional e à pecuária praticada em pastos degradados. Na fase de recria-engorda, o custo operacional total da pecuária na integração lavoura-pecuária é R\$46,22 por arroba, em pastagens degradadas o custo é de R\$58,55 por arroba e na pecuária tradicional R\$51,78 por arroba, um aumento de aproximadamente 27% e 12%, respectivamente, no custo comparado à integração lavoura-pecuária.

Apesar da evidência científica da viabilidade técnica da integração lavoura-pecuária e do sinergismo entre as culturas anuais e pastagens, até o presente momento, não existe formalmente uma metodologia para a alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária (PILP).

A presente pesquisa se propõe a complementar o trabalho desenvolvido pela Embrapa, ao responder qual a proporção de recursos que deverá ser destinada a cada atividade, disponibilizando diferentes combinações de risco e retorno esperados associados às atividades envolvidas em projetos de integração lavoura-pecuária.

Para determinar a alocação de recursos foram desenvolvidos modelos matemáticos baseados na Teoria do Portfólio de Markowitz (1952), uma ferramenta comumente usada na área de finanças para a seleção de carteiras de investimento.

Espera-se que o trabalho possa contribuir para a tomada de decisão do agropecuarista, na medida em que objetivou direcionar a alocação de recursos financeiros em projetos de integração lavoura-pecuária. No entanto, o envolvimento de especialistas técnicos e financeiros pode contribuir para o aperfeiçoamento e ampliação do potencial de aplicação do modelo.

1.1 Problema

Ao se implantar um projeto de integração lavoura-pecuária, a questão que se coloca a princípio é a da distribuição dos recursos. Atualmente, não existe formalmente uma metodologia para racionalizar a alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária.

O presente trabalho se propõe a responder a seguinte questão: Dados diferentes perfis de investidores, como os recursos dos projetos de integração lavoura-pecuária podem ser alocados para dado nível de risco e retorno esperado?

1.2 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é obter conjuntos de alocações ótimas para dado nível de risco e retorno esperados de projetos de integração lavoura-pecuária, utilizando o modelo de Markowitz (1952). Em outras palavras, obter as fronteiras eficientes de projetos de integração lavoura-pecuária.

1.2.1 Objetivos específicos

- Calcular os retornos operacionais.
- Analisar a estacionariedade das séries temporais referentes às atividades presentes em projetos de integração lavoura-pecuária.
- Calcular a matriz de correlação entre os retornos.
- Aplicar a teoria do portfólio para identificar a proporção de recursos que o agropecuarista deverá disponibilizar para cada atividade de projetos de integração lavoura-pecuária.
- Calcular o risco e o retorno esperado referente a cada portfólio.
- Gerar as fronteiras eficientes que disponibilizam aos agropecuaristas combinações de risco e retorno para determinada alocação.

2 O AGRONEGÓCIO NO BRASIL E NO ESTADO DE GOIÁS

O agronegócio tem contribuído de forma expressiva para o crescimento da economia brasileira. Este capítulo apresenta uma breve caracterização do agronegócio no Brasil e no Estado de Goiás. Esta análise justifica-se pela grande relevância do Brasil no comércio internacional como um dos principais líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários.

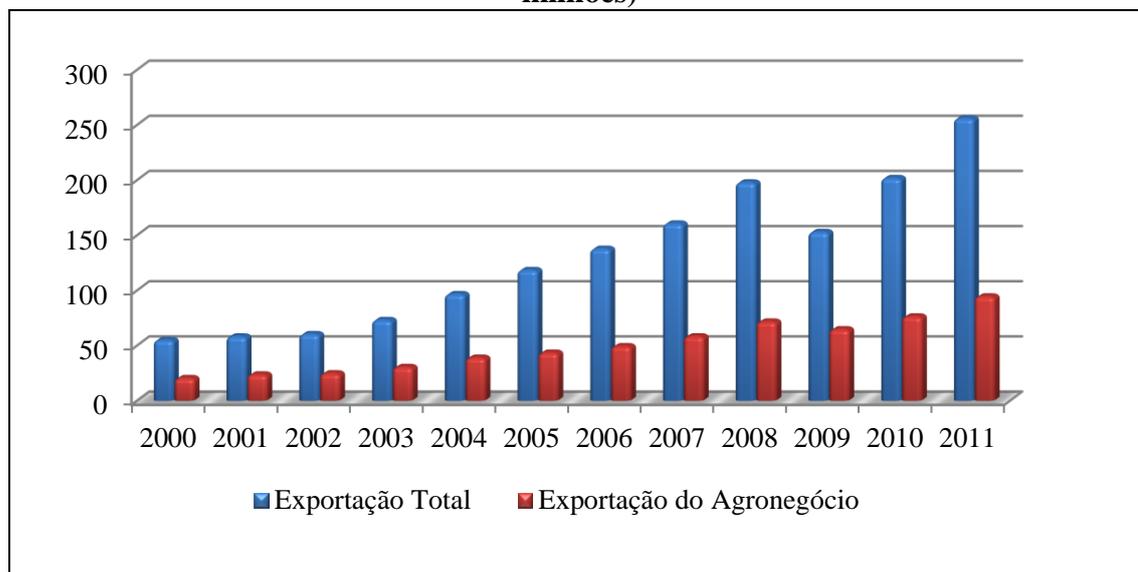
O progresso tecnológico do agronegócio brasileiro, segundo Matos e Pessôa (2011), é resultado do processo de modernização da agricultura que foi fundamental para o aumento da produção e dos níveis de produtividade no campo. Esse processo de modernização foi viabilizado, no contexto de uma conjuntura política conduzida pelo Estado, por meio de investimentos em pesquisas científicas, com a criação de órgãos de pesquisas e tecnologias voltadas para a agropecuária como a EMBRAPA, programas e créditos agrícolas.

Guanzioli (2006) destaca que o sucesso do agronegócio é resultado de uma estratégia desenvolvida na década de 70, que priorizou a resolução de vários problemas estruturais que impediam o desempenho da agricultura. A atuação da Embrapa como difusora de tecnologias é frequentemente citada como um dos fatores fundamentais, entretanto existem outros de igual ou maior importância, como a abertura de fronteiras agrícolas nos Cerrados e as inovações introduzidas nos mecanismos tradicionais de política agrícola no Brasil.

Com expressiva participação nos indicadores econômicos brasileiros, o agronegócio tem contribuído consideravelmente para o desenvolvimento do Brasil. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), no ano de 2011, o agronegócio respondeu com 25,12% do PIB nacional. Desse valor, 15,42% é oriundo da agricultura e 6,73% da pecuária (CEPEA, 2011).

No ano de 2011, de acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o agronegócio foi responsável por 36,94% das exportações brasileiras no ano de 2011 (MAPA, 2011). Na Figura 1, pode ser visualizada a evolução da balança comercial brasileira e do agronegócio, evidenciando a importância da participação do agronegócio para as exportações totais do país.

Figura 1 - Evolução das exportações brasileiras e do agronegócio – 2000 a 2011 (em US\$ milhões)

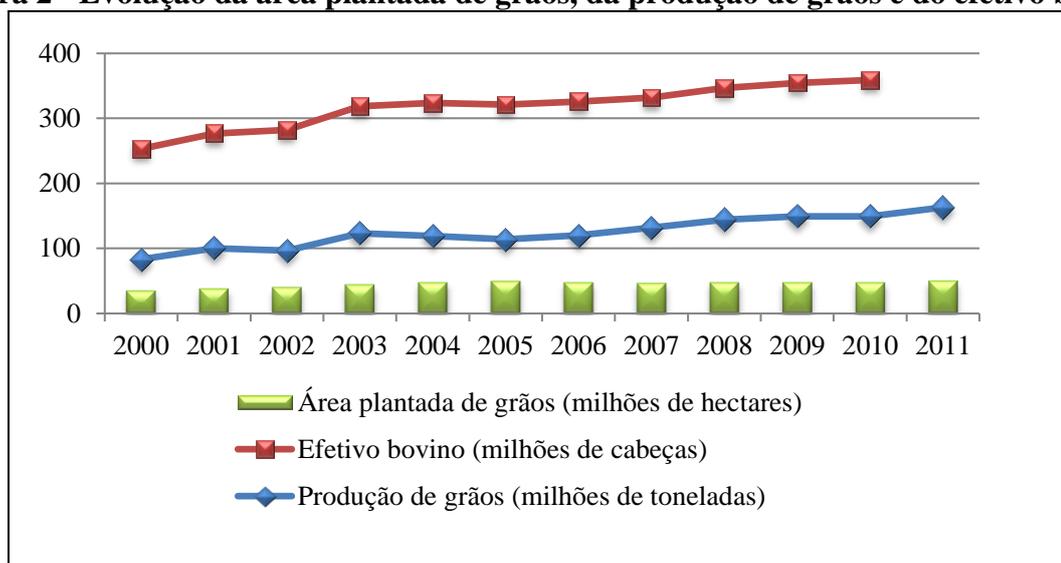


Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados extraídos do MAPA (2011)

As exportações brasileiras totais e agrícolas aumentaram significativamente na última década. No ano 2000, as exportações brasileiras resultaram em um montante de 55,12 milhões de reais. Desse total, 20,59 milhões de reais foram decorrentes da exportação de produtos do setor agropecuário. Em 2011, as exportações brasileiras somaram 256,04 milhões de reais, sendo 94,54 milhões provenientes do agronegócio. Esses números representam um salto de 364,52% nas exportações totais e 359,31% nas exportações do agronegócio.

A participação dos produtos agrícolas nas exportações totais brasileiras passou de 37,36%, em 2000, para 42,34%, em 2009. Esse aumento de participação pode ser explicado, em parte, pelo aumento das cotações internacionais dos produtos agrícolas nos últimos nove anos, que subiram 57,4% (MAPA, 2010). Em 2009, apesar da redução do total exportado pelo agronegócio e dos efeitos da crise internacional, o setor aumentou sua participação nas exportações totais brasileiras, possibilitado pela diminuição das exportações de produtos não agrícolas.

Na última década, houve expansão das áreas utilizadas para a produção de grãos no Brasil e, também, aumento da produtividade nessas áreas. Esse desenvolvimento da agropecuária brasileira pode ser atribuído, em parte, à vocação natural do Brasil para o agronegócio, proporcionada por condições favoráveis de clima, luminosidade, relevo, solo e água. A Figura 2 mostra a evolução da área de grãos, da produção de grãos e do efetivo bovino.

Figura 2 - Evolução da área plantada de grãos, da produção de grãos e do efetivo bovino

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da CONAB (2011) e do IBGE (2011)

No ano 2000, foram utilizados, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 35 milhões de hectares; em 2011, a área aumentou para 49,9 milhões de hectares na safra de 2010/2011. Esse incremento de 42,57% nas terras empregadas para produção de grãos, em conjunto com o avanço da produtividade de 37,66% nessas áreas, possibilitou aumento da safra de 83 milhões de toneladas, em 2000, para 162,9 milhões de toneladas, em 2010/2011.

A exemplo da agricultura, a pecuária registrou um importante crescimento nos últimos anos. O efetivo bovino passou de 169,88, em 2000, para 209,54 milhões de cabeças em 2011, ou seja, um aumento de 23,35%.

Na concepção de Gasques et al. (2004), o agronegócio é visivelmente um caso de sucesso do país. Sua competitividade internacional é patente em muitas culturas; a produtividade da agropecuária avança, revelada pelo aumento da produção sem correspondente aumento da área plantada.

O agronegócio é um setor de grande relevância para o Brasil, sobretudo para o Estado de Goiás. No decorrer dos anos, Goiás tornou-se um importante polo de produção agropecuária, destacando-se no cenário nacional.

A economia goiana está baseada no agronegócio, sendo a produção de grãos e a pecuária os segmentos de maior relevância. Até o início da década de 1960, o Estado de Goiás era uma região tipicamente de fronteira, com baixa densidade demográfica e produção agrícola incipiente, devido a pouca utilização de insumos e predominância de mão-de-obra familiar (ESTEVAM, 1997).

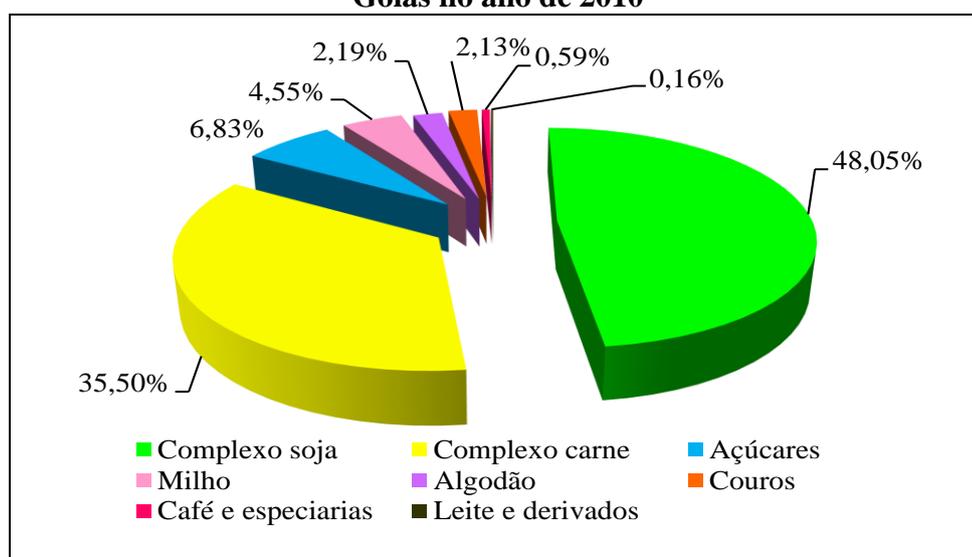
A partir da década de 1970, conforme Pereira e Almeida Filho (2003), Goiás teve seu desenvolvimento impulsionado por intensa ação estatal, através de programas de incentivo que inseriram uma agricultura moderna e tecnificada no Estado, estimulando a instalação de muitas agroindústrias.

Pádua (2008) relata que esse processo de modernização foi muito intenso, ao transformar áreas antes tidas como improdutivas, em grandes lavouras e pastos, provocando profundas mudanças em sua base produtiva, na parte técnica de produção, na redução do tempo de produção, na incorporação de maquinários, tratores e insumos.

Atualmente, o agronegócio goiano pode ser considerado um dos setores de maior representatividade na economia, com importante participação no PIB estadual e expressiva contribuição no desempenho da balança comercial. Neste cenário, o agronegócio representa aproximadamente 14% do PIB estadual (SEGPLAN, 2011) e, concomitantemente, responde com quase 77% das exportações goianas (MDIC, 2010).

A inserção de Goiás no comércio internacional por meio da atividade exportadora é sustentada pela comercialização de produtos pertencentes ao complexo da soja e das carnes. A Figura 3 apresenta a composição da pauta de exportação de produtos agropecuários do Estado de Goiás no ano de 2010.

Figura 3: Composição da pauta de exportação de produtos agropecuários do Estado de Goiás no ano de 2010



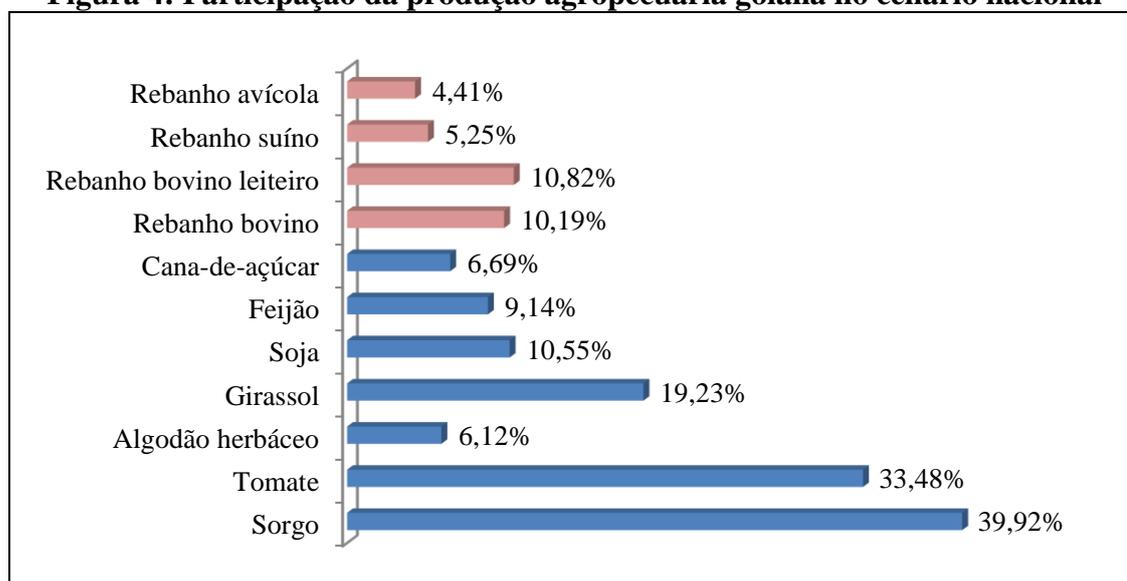
Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados extraídos do MDIC (2010)

No ano de 2010, esses segmentos representaram 83,55% das exportações do agronegócio goiano. O complexo soja foi responsável por 48,05%, seguido do complexo

carnes, com 35,50%, com destaque para a carne bovina que participou com 18,77%, carne de aves (12,20%), suínos (3,85%) e outras carnes (0,67%) (MDIC, 2011).

O crescimento da produção agropecuária do Estado de Goiás foi viabilizado pelo processo de modernização da agricultura goiana, através da introdução de inovações tecnológicas que propiciaram o aumento da produtividade, transformando Goiás em um importante polo agropecuário. A Figura 4 mostra a participação da produção agropecuária goiana no cenário nacional.

Figura 4: Participação da produção agropecuária goiana no cenário nacional



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados extraídos do IBGE (2010)

Conforme a Figura 4, o Estado de Goiás, atualmente, ocupa posição de destaque no cenário agrícola nacional: primeiro lugar na produção de sorgo (39,92%) e tomate (33,48%); terceiro lugar na produção de algodão (6,12%) e girassol (19,23%); e quarto lugar na produção de soja (10,55%), feijão (9,14%) e cana-de-açúcar (6,69%) (IBGE, 2010).

Goiás também se sobressai na produção pecuária e está entre os maiores produtores de rebanho bovino do Brasil, com 21,3 milhões de cabeças, que representam 10,19% de participação, posicionando-se em quarto lugar no cenário nacional. Possui o segundo maior rebanho de vacas leiteiras, representando 10,82% do total nacional e sexto maior rebanho de suínos (5,25%) e aves (4,41%) (IBGE, 2010).

Como visto, a matriz econômica do Estado de Goiás é composta, em grande parte, por atividades agropecuárias. Embora o agronegócio seja um importante gerador de divisas para Goiás, o seu desenvolvimento gera certa preocupação no que diz respeito à questão ambiental,

haja vista que a produção agrícola é composta por atividades potencialmente poluidoras e degradadoras do meio ambiente.

É sabido que os sistemas de produção adotados no Brasil têm alto custo energético e são pouco sustentáveis, o que futuramente poderá comprometer a competitividade do agronegócio brasileiro.

Conforme Kluthcouski et al. (2003), para garantir a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado globalizado, é fundamental resolver três grandes desafios: recuperação das áreas degradadas; redução nos custos de produção das lavouras e da pecuária; e utilização intensiva das áreas agrícolas durante o ano todo.

Diante de tais desafios, é necessário buscar sistemas alternativos mais sustentáveis economicamente e ambientalmente, como a integração lavoura-pecuária, que contribui para a conservação do meio ambiente, ao permitir o uso mais racional dos recursos na propriedade agrícola, diversificar a produção e aumentar a produtividade do sistema como um todo, devido ao sinergismo entre as atividades produtivas (KLUTHCOUSKI et. al., 2004).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são discutidos os principais aspectos teóricos que fundamentaram a presente pesquisa. Estruturalmente, o capítulo é composto por cinco partes. Na primeira, são realizadas importantes considerações acerca da integração lavoura-pecuária, objeto de estudo do presente trabalho. Na segunda parte, são efetuadas discussões teóricas envolvendo a atividade agropecuária e seus respectivos riscos. A terceira parte apresenta as definições de risco e retorno e a caracterização do processo de tomada de decisão sob condições de risco. Na parte quatro, são descritos os aspectos que fundamentaram a Teoria do Portfólio, a mensuração do risco e retorno de um portfólio, o conceito de diversificação e a fronteira eficiente. Na parte cinco, são discutidos fundamentos básicos relacionados à análise de séries temporais, apresentando o conceito de estacionariedade, o modelo de passeio aleatório e os principais testes para a verificação da estacionariedade de uma série temporal.

3.1 Integração lavoura-pecuária

A demanda crescente por alimentos e a evolução tecnológica na produção agropecuária resultaram na adoção de um modelo produtivista, baseado no uso intensivo de maquinário e agroquímicos. Entretanto, esse modelo de exploração agropecuária tem apresentado sinais de saturação, devido à grande demanda por energia e por recursos naturais que o caracteriza (BALBINO et al., 2011).

A prática da monocultura juntamente com a degradação das pastagens constituem os maiores entraves para a sustentabilidade da atividade agropecuária. Macedo (2009) entende que a monocultura e o manejo inadequado do solo, como o preparo tradicional com sucessivas ações de grades, são os grandes responsáveis pela queda na produtividade e pela degradação do solo e dos recursos naturais.

Dias-Filho (2006) ressalta que a degradação de pastagens causa grandes prejuízos econômicos e ambientais. A recuperação das áreas de pastagens degradadas torna-se fundamental para a competitividade do agronegócio e a preservação do meio ambiente, por

incorporar áreas tidas como improdutivas, aumentando a produção agropecuária, sem a necessidade de abertura de novas áreas.

Gontijo Neto (2005) destaca que a integração lavoura-pecuária tem se mostrado uma alternativa bastante interessante e eficiente de manutenção da produtividade e de recuperação/renovação¹ de pastagens nos Cerrados do Brasil.

A integração lavoura-pecuária consiste na diversificação da produção, em que a agricultura e a pecuária passam a fazer parte de um mesmo sistema, visando usufruir do sinergismo das atividades, ao aumentar a eficiência de utilização dos recursos naturais em decorrência do melhor aproveitamento das áreas já exploradas.

De acordo com Vilela et al. (2008), atualmente, existem vários sistemas de integração lavoura-pecuária, conforme o perfil e os objetivos da propriedade rural. Cada um desses sistemas deve agregar as características regionais e da fazenda, como: condições climáticas e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível. No Cerrado, três modalidades de integração lavoura-pecuária se destacam:

- Fazendas de pecuária em que a introdução de culturas de grãos em áreas de pastagens objetiva recuperar a produtividade dos pastos com menores custos, através da amortização desses custos por meio da venda dos grãos.
- Fazendas especializadas em lavouras de grãos em que a introdução de gramíneas forrageiras visa melhorar a cobertura de solo para o sistema de plantio direto e, na entressafra, a forragem produzida pode ser utilizada na alimentação de bovinos.
- Fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades (VILELA et al., 2008).

De forma geral, o sistema de integração lavoura-pecuária permite o uso mais racional de insumos, máquinas e mão-de-obra na propriedade agrícola, além de diversificar a produção. Adicionalmente, a integração lavoura-pecuária tem potencial para aproveitar a adubação residual empregada no pasto ou lavoura na recuperação da espécie da pastagem existente ou introduzida com menores custos (KLUTHCOUSKI et al., 2004).

Cruz (2007) relata que a integração lavoura-pecuária pode contribuir para uma agropecuária mais viável e competitiva, pois o cultivo de cereais como soja, arroz, sorgo e

¹ Kichel et al. (1999) alertam para as diferenças entre recuperar e renovar uma pastagem. Segundo os autores, recuperar uma pastagem consiste no restabelecimento da produção de forragem de acordo com o interesse econômico, mantendo-se a mesma espécie ou cultivar. Por outro lado, renovar uma pastagem consiste no restabelecimento da produção da forragem com a introdução de uma nova espécie ou cultivar, em substituição àquela que está degradada.

milho em sistema de consórcio com espécies forrageiras pode proporcionar em uma única estação chuvosa a produção de grãos, pasto e palhada com boa cobertura no solo e qualidade para instalação do sistema plantio direto nos anos seguintes.

Conforme Alvarenga et al. (2007), a integração lavoura-pecuária proporciona o aumento da produtividade e do lucro da atividade, com maior estabilidade de renda devido à diversificação da produção, o que reduz a vulnerabilidade aos efeitos do clima e do mercado.

Vilela et al. (2008) explicam que, do ponto de vista econômico, a integração lavoura-pecuária possibilita o aumento da oferta de alimentos, com custos de produção menores, em virtude da maior eficiência no uso de fertilizantes e da menor demanda por agroquímicos, em decorrência da quebra no ciclo de pragas, doenças e de plantas daninhas.

A Tabela 1 mostra os benefícios da integração lavoura-pecuária ao comparar os índices zootécnicos e econômicos da integração lavoura-pecuária com os indicadores de desempenho da pecuária em pastos degradados e da pecuária de baixa tecnologia.

Tabela 1: Indicadores zootécnicos e econômicos para a fase de recria-engorda da pecuária praticada em diferentes sistemas de produção nos Cerrados.

Indicadores	Pasto degradado	Pecuária – Baixa Tecnologia	Pecuária - ILP
Ganho de peso vivo (@/cab/ano)	4,25	4,90	4,99
Taxa de lotação (cab/ha/ano)	0,53	0,87	3,37
Taxa de lotação (UA/ha/ano)	0,46	0,80	3,01
Produtividade (@/ha/ano)	2,56	4,96	17,40
Margem bruta (R\$/ha/ano)	6,88	102,61	470,24
Lucro operacional (R\$/ha/ano)	-78,67	17,06	380,61
Custo operacional (R\$/cab/mês)	34,33	27,13	16,64
Custo fixo (R\$/@)	7,67	4,59	1,31
Custo operacional efetivo (R\$/@)	50,88	47,20	44,91
Custo operacional total (R\$/@)	58,55	51,78	46,22
Reposição (% custo)	66,53%	73,69%	79,42%

Fonte: Martha Júnior et al. (2007)

Conforme os resultados da Tabela 1, tanto em termos zootécnicos quanto do ponto de vista econômico, a integração lavoura-pecuária apresentou melhores índices do que os demais sistemas de produção. A produtividade na integração lavoura-pecuária superou em, aproximadamente, 6,8 e 3,5 vezes a pecuária praticada em pastagens degradadas e a pecuária tradicional, respectivamente. Economicamente, a integração lavoura-pecuária também apresentou melhores resultados, com margens brutas 68,3 e 4,6 vezes maiores que a pecuária em pastos degradados e a pecuária extensiva, respectivamente.

Kluthcouski et al. (2000) argumentam que os benefícios da integração lavoura-pecuária consistem na recuperação e manutenção das características produtivas do solo; na diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e com qualidade

superior; na redução da erosão e da biota nociva às espécies cultivadas, com a consequente redução da necessidade de defensivos agrícolas.

Na atividade pecuária, a integração lavoura-pecuária proporciona a recuperação de pastagens degradadas, a conservação de altas produtividades das pastagens e, sobretudo, a produção forrageira na entressafra. Na atividade agrícola, contribui para a quebra do ciclo das pragas, doenças e plantas daninhas; diminuição de doenças com origem no solo e conservação e redução na oscilação da temperatura no solo (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003).

No passado, a integração entre a atividade agrícola e pecuária limitava-se a restritas opções. Os estudos realizados pela Embrapa ao longo dos anos culminaram no desenvolvimento de dois importantes sistemas de integração lavoura-pecuária, o Sistema Barreirão e o Sistema Santa Fé.

O Sistema Barreirão foi desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão com o objetivo de recuperar ou renovar imensas áreas com pastagens degradadas, especialmente no Brasil Central (ALVARENGA et al., 2006).

Oliveira e Yokoyama (2003) relatam que o Sistema Barreirão foi desenvolvido baseado nas experiências dos produtores na implantação de pastagens em consórcio com o arroz de terras altas na região dos Cerrados. Portes et al. (2003) afirmam que nesta região a consorciação foi empregada intensamente na abertura de novas áreas e na formação de pastagens. Depois que a vegetação era derrubada, plantava-se o arroz e, em seguida, semeava-se a semente de capim; ao final da colheita do arroz, a pastagem estava formada.

Kluthcouski et al. (2003) descrevem que o uso rudimentar desta tecnologia, principalmente pelo inadequado manejo do solo e da adubação, provocou a ineficiência do consórcio. A Embrapa iniciou novos estudos sobre a consorciação do arroz de terras altas com as forrageiras e, em 1991, foi lançado o Sistema Barreirão. Esse sistema foi desenvolvido com o objetivo de reduzir os custos na recuperação das pastagens degradadas.

Kluthcouski et al (2004) estabelecem que no Sistema Barreirão, consorcia-se o arroz de terras altas, o milho, o sorgo e o milheto com forrageiras, principalmente as braquiárias, e/ou com leguminosas forrageiras.

O Sistema Barreirão, na visão de César e Yokoyama (2003), recupera o solo e a pastagem degradada, melhorando tanto o desempenho animal quanto a sustentabilidade e produtividade da terra. Zanine et al. (2006) destaca que a grande vantagem desse sistema é a redução de custos da formação de pastagem da espécie perene, beneficiando a planta

forrageira associada, de forma que a pastagem deverá ficar formada após a retirada da cultura anual.

Aidar e Kluthcouski (2003) observam que, com a implantação do Sistema Barreirão, é possível recuperar, parcial ou totalmente, os custos associados aos insumos e serviços, em quatro a seis meses, ficando a pastagem recuperada/renovada a um baixo custo ou custo zero. Isso ocorre, porque, segundo Oliveira e Yokoyama (2003), a venda dos grãos produzidos no consórcio proporciona o retorno parcial ou total do capital investido em curto prazo.

Oliveira e Yokoyama (2003) apontam outras vantagens propiciadas pelo Sistema Barreirão. Com o Sistema Barreirão, a área para recuperação e/ou renovação de pastagem é ocupada por um curto período de tempo e não exige muita infraestrutura de produção, em relação ao sistema de rotação. Além disso, a correção de acidez do solo é realizada conforme as necessidades das espécies consorciadas; há uma redução de cupinzeiros de monte e plantas daninhas perenes, além da diminuição dos riscos de perdas por deficiência hídrica e do desenvolvimento vegetativo das forrageiras por mais tempo, no período seco.

Posteriormente ao processo de recuperação e/ou renovação de pastagens pelo Sistema Barreirão, as pastagens produzem mais e melhor por alguns anos, como também continuam produzindo forragem durante grande parte da estação seca, devido às práticas de manejo do solo e das culturas recomendadas pela tecnologia (YOKOYAMA, STONE, 2003).

A Tabela 2 mostra os benefícios da integração lavoura-pecuária ao comparar os índices zootécnicos obtidos nas pastagens da Fazenda Barreirão, antes e após terem sido recuperadas/renovadas pelo Sistema Barreirão.

Tabela 2: Índices zootécnicos obtidos nas pastagens da Fazenda Barreirão, antes e após terem sido recuperadas/renovadas pelo Sistema Barreirão.

Índice	Antes da recuperação	Após a recuperação
Idade primeira cria (meses)	40-42	30-36
Idade de entoure (meses)	30-32	20-26
Natalidade (%)	65	80-85
Mortalidade de bezerros (%)	2,5	2,5
Mortalidade de adultos (%)	1	1
Lotação animal (animal ha ⁻¹)	0,8	2,0
Idade de abate (meses)	46	24-30
Ganho de peso (g animal dia ⁻¹)	375	555
Produtividade do arroz (scs 60 kg ha ⁻¹)	-	30-40
Produtividade do milho (scs 60 kg ha ⁻¹)	-	60-70
Produtividade do sorgo (t ha ⁻¹ silagem)	-	25-30

Fonte: Kluthcouski et al. (2003)

De acordo com os resultados da Tabela 2, depois da recuperação das pastagens pelo Sistema Barreirão, houve redução da idade da primeira cria e de entoure e aumento da taxa de natalidade. Adicionalmente, observa-se maior lotação animal, maior ganho de peso e menor

idade de abate. Esses indicadores demonstram aumento na produtividade, ao possibilitar ao produtor maior rentabilidade e diversificação de suas atividades pela inclusão das lavouras de arroz, milho e sorgo.

O Sistema Santa Fé é uma evolução do Sistema Barreirão e vem sendo estudado pela Embrapa desde 1998. Segundo Aidar e Kluthcouski (2003), o Sistema Santa Fé baseia-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto e soja com forrageiras tropicais, principalmente as braquiárias, tanto no sistema de plantio direto como no convencional, em áreas de lavoura, com solos corrigidos.

De acordo com Cobucci e Portela (2003), no Sistema Santa Fé, com a utilização de uma subdosagem de herbicida, é possível minimizar a competição precoce da forrageira, evitando a redução do rendimento das culturas anuais. No período da entressafra, tem-se uma produção forrageira abundante e de alta qualidade.

Com o Sistema Santa Fé, as culturas anuais apresentam grande desempenho no desenvolvimento inicial, exercendo alta competição sobre as forrageiras, evitando, assim, redução significativa na sua produtividade. Este sistema mostra-se vantajoso devido ao melhoramento da qualidade química, física e biológica, estrutura, cobertura; maior armazenamento de água no solo; rotação de culturas; aumento na produção de grãos e carne; desenvolvimento do setor rural com geração de emprego, menor risco no sistema de produção; sustentabilidade da agropecuária e conservação do meio ambiente (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

A implantação do Sistema Santa Fé permite, em médio prazo, elevar a produtividade das culturas e das pastagens e, com isso, reduzir os custos de produção, tornando a propriedade agrícola mais competitiva e sustentável (ALVARENGA; NOCE, 2005).

Gimenes et al. (2010) relatam que muitos pecuaristas têm implantado este sistema, adequando suas estruturas ao cultivo de grãos, visando reduzir o custo de manutenção da propriedade e melhorar a qualidade de alimentação dos animais pela produção própria de grãos e forragens conservadas. Depois de dois ou três anos de cultivos são restabelecidas as pastagens, com maior capacidade de suporte e produção de carne e leite por unidade de área.

Alvarenga e Noce (2005) afirmam que esse sistema está sendo amplamente utilizado na recuperação de pastagens degradadas, com o objetivo de amortizar os custos de implantação da nova pastagem com a venda dos grãos e obter excedentes para comercialização ou para o consumo dentro da propriedade.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos com o Sistema Santa Fé na Fazenda Boa Fé no município de Uberaba no Estado de Minas Gerais.

Tabela 3: Rentabilidade de um sistema de integração lavoura-pecuária em comparação à lavoura solteira.

Discriminação	Milho solteiro	Milho consorciado com braquiária
Custo da lavoura (R\$)	1.967,00	2.007,00
Receita da lavoura (R\$)	2.400,00	2.400,00
Renda da lavoura (R\$)	433,00	393,00
Custo do manejo de ervas pós colheita (R\$)	40,00	0,00
Custo da pecuária no inverno (R\$)	0,00	150,85
Receita da pecuária (R\$)	0,00	251,37
Renda da pecuária (R\$)	0,00	251,37
Renda total (R\$)	389,00	644,37

Fonte: Scaléa (2006)

Os dados da Tabela 3 demonstram que a integração lavoura-pecuária tem condições de viabilizar uma propriedade, pois proporcionou um incremento de 66% na rentabilidade da atividade produtiva em sistema de integração, quando comparada com uma cultura de milho solteiro.

A integração lavoura-pecuária constitui uma alternativa viável e sustentável para redução de risco na agropecuária, devido à diversificação das atividades na propriedade rural. Na observação de Helmers (2001), esse sistema contribui para a redução dos riscos, devido à diversificação das fontes de receitas, ao aumento da produtividade e à redução dos custos.

O setor agropecuário é composto por diferentes sistemas de produção suscetíveis a riscos relacionados tanto à produção quanto ao mercado. No próximo tópico, são apresentados e discutidos os principais riscos inerentes à atividade agropecuária.

3.2 A atividade agropecuária e os seus riscos

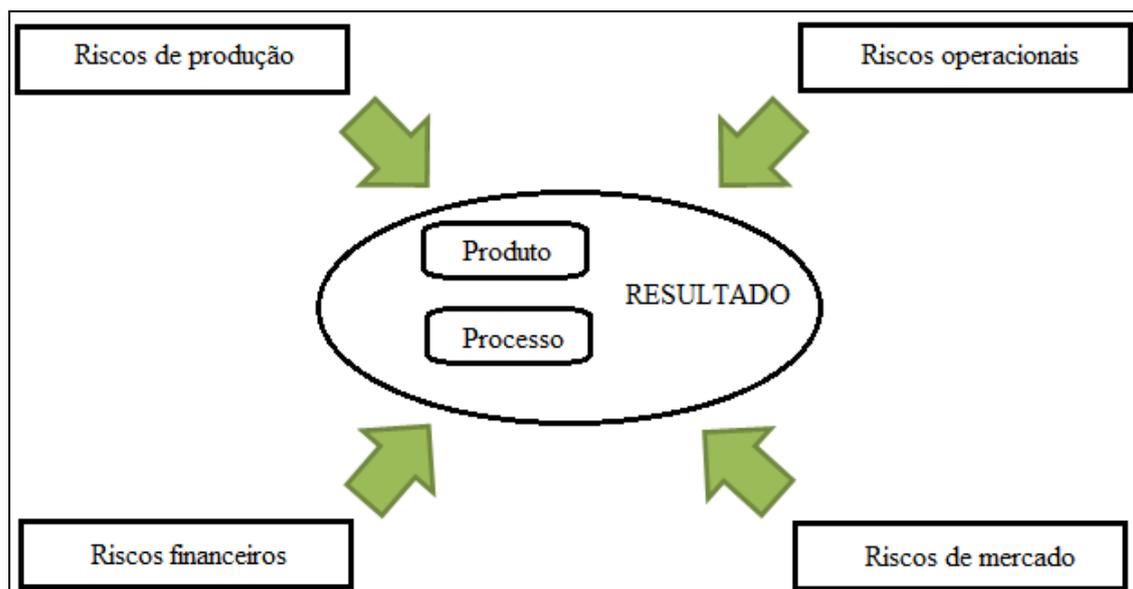
Segundo Hardaker et al. (2004), desde os primeiros tempos, o desenvolvimento da agricultura foi em parte uma resposta ao grau de risco de depender da caça e coleta de alimentos. Desde então, os agricultores tentam encontrar maneiras de tornar a própria agricultura menos arriscada, através do controle sobre os processos de produção. Na agricultura, como na maior parte das atividades econômicas, o risco é uma característica aparentemente inevitável.

Embora, o agronegócio seja um setor muito competitivo, os integrantes das cadeias produtivas enfrentam riscos de produção e de preços os quais, além de causarem instabilidade

à própria atividade, também podem provocar instabilidade em todos os demais membros da cadeia de produção da qual participam (MARQUES; AGUIAR, 1993).

Os principais riscos da atividade agropecuária são geralmente organizados em quatro categorias: riscos de produção, riscos operacionais, riscos financeiros e riscos de mercado (KIMURA et al., 1998). A Figura 5 apresenta os riscos inerentes à atividade agropecuária.

Figura 5: Riscos da atividade agropecuária



Fonte: Kimura et al. (1998)

Conforme Moreira (2009), uma particularidade que diferencia o agronegócio das demais atividades é o alto grau que pode ser atribuído ao risco de produção. Hardwood et al. (1999), ao descrever os riscos de produção, consideram que a agricultura é afetada por muitos eventos incontrolláveis que estão muitas vezes relacionadas ao clima, incluindo chuvas excessivas ou insuficientes, temperaturas extremas, granizo, insetos e doenças.

Os riscos operacionais referem-se à probabilidade de prejuízo em consequência de erros na operacionalização de processos, tais como: erros de plantio, falhas na adubação e irrigação ou atrasos na colheita (KIMURA et al., 1998).

Para Kimura et al. (1998), os riscos financeiros compreendem a possibilidade de perdas relacionadas a mudanças nos cenários econômicos ou políticos. O agricultor pode estar sujeito a flutuações nas taxas de juros sobre o capital emprestado, ou enfrentar dificuldades de fluxo de caixa se não houver fundos suficientes para reembolsar os credores. Além disso, os governos federal e estadual podem alterar as leis ou regulamentos, como as leis ambientais e

fiscais ou modificar os programas das commodities agrícolas, gerando riscos que os agropecuaristas não conseguem prever (USDA, 2006).

Segundo Marques e Aguiar (1993), riscos de mercado referentes à volatilidade dos preços são muito grandes em mercados competitivos, como o agronegócio. Como os preços agrícolas são determinados principalmente nos mercados globais, mudanças inesperadas na demanda global ou o fornecimento de uma mercadoria pode levar a mudanças inesperadas nos preços recebidos pelos agricultores (USDA, 2006).

Embora os riscos de produção e de mercado sejam praticamente incontroláveis pelos agropecuaristas, algumas medidas de gerenciamento de riscos podem ser adotadas. Dentre as quais, destacam-se a diversificação da produção; adoção de outras tecnologias, incluindo a agricultura de precisão e tecnologia da informação; conservação dos recursos financeiros; a contratação de seguros, previsão de preços e outras ferramentas de hedge (USDA, 2006).

As variáveis risco e retorno são fundamentais para o processo de tomada de decisão dos investidores. Cada atividade apresenta características particulares de risco e retorno, cabendo ao investidor escolher a combinação que melhor satisfaça suas exigências. No próximo tópico, são evidenciados os conceitos e medidas de risco e retorno, variáveis de grande relevância para a realização desta pesquisa.

3.3 Risco e retorno

Conforme Bittencourt e Sampaio (1998), em um processo de tomada de decisão, é imprescindível avaliar os riscos relacionados à atividade econômica desenvolvida, haja vista que os investidores procuram sempre maximizar suas funções de utilidade, mesmo submetidos a determinado risco. O problema do investidor consiste em decidir se é viável correr certos riscos para obter um determinado nível de renda, ou qual a máxima rentabilidade que ele pode conseguir ao aceitar dado nível de risco.

A escala de preferência do investidor é representada pela curva de indiferença, que mostra a reação do investidor diante de diferentes combinações de risco e retorno (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

Bodie e Merton (2002) afirmam que a aversão ao risco caracteriza as preferências de um investidor perante o risco. Normalmente, os investidores preferem alternativas de

investimento que ofereçam maior retorno ao menor risco possível, ou seja, para um mesmo nível de risco, o investidor escolherá a opção que ofereça o maior retorno.

O retorno é medido pelo total de ganhos ou perdas provenientes de um investimento durante um determinado período de tempo. O retorno esperado é o valor esperado dos possíveis valores que o retorno de um ativo pode assumir.

Para Jordan e Miller (2008), o retorno esperado de um ativo é uma variável aleatória, isto é, não é possível prever com certeza seu valor no futuro. O retorno esperado de um ativo é dado por:

$$E(r_i) = \sum_{i=1}^n r_i \times p(r_i) \quad (1)$$

Onde:

$E(r_i)$ é o valor do retorno esperado do ativo i ;

r_i representa cada um dos possíveis retornos desse ativo;

$p(r_i)$ é a sua respectiva probabilidade.

n é o número de observações.

Oda et al. (2010) estabelecem que o risco está associado à possibilidade de um evento não ocorrer conforme o previsto, prejudicando o resultado esperado. Conforme Gitman (2004), o indicador estatístico mais comum do risco de um ativo é o desvio-padrão, o qual mede a dispersão em torno do valor esperado. Quanto maior o desvio-padrão, mais alto o risco. A expressão que descreve o risco de um ativo é dada por:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - E(r_i))^2}{n-1}} \quad (2)$$

Onde:

σ_i representa o desvio-padrão dos retornos.

Segundo Gitman (2004), para comparar os riscos de ativos com retornos esperados diferentes, pode-se utilizar o coeficiente de variação (CV), uma medida de dispersão relativa útil nesse tipo de análise. Quanto menor o coeficiente de variação, melhor é a qualidade do investimento sob o ponto de vista da relação risco/retorno. A Equação 3 fornece a expressão do coeficiente de variação:

$$CV = \frac{\sigma_i}{E(r_i)} \quad (3)$$

Onde:

CV é o coeficiente de variação;

σ_i é o desvio-padrão do retorno i ;

$E(r_i)$ é o valor do retorno esperado do ativo i .

O risco está presente em qualquer atividade econômica, especialmente na atividade agropecuária. Os produtores rurais têm acesso a diversos mecanismos para a gestão desses riscos. No presente trabalho, foi utilizada a Teoria do Portfólio, desenvolvida por Markowitz (1952), uma ferramenta amplamente utilizada no mercado financeiro para constituição de carteiras de investimentos. No próximo tópico, serão apresentados os fundamentos teóricos básicos da Teoria do Portfólio, a mensuração do risco e retorno de um portfólio, o conceito de diversificação e a fronteira eficiente.

3.4 Teoria do portfólio de Markowitz

Em 1952, Harry Markowitz em seu artigo intitulado *Portfolio Selection* estruturou as bases sobre as quais se fundamentou a teoria da seleção de carteiras, ao abordar aspectos da diversificação e do risco de um portfólio. Markowitz (1952) desenvolveu um modelo para o cálculo do risco de um portfólio, a quem foi atribuído o Prêmio Nobel de Economia de 1990.

Reilly e Brown (2009) argumentam que o desenvolvimento do modelo de Markowitz (1952) baseou-se em conjunto de cinco pressupostos básicos:

- os investidores consideram cada alternativa de investimento como sendo representada por uma distribuição de probabilidade de retornos esperados para determinado período de tempo;
- os investidores buscam maximizar suas utilidades esperadas e suas curvas de utilidade apresentam utilidade marginal decrescente para a renda;
- os investidores estimam o risco da carteira com base na variabilidade dos retornos esperados;
- as decisões dos investidores são baseadas unicamente no retorno esperado e risco. As suas curvas de utilidade são funções do retorno esperado e da variância (ou desvio-padrão) desses retornos; e

- para determinado nível de risco, os investidores preferem maiores retornos. Da mesma forma, para um dado retorno esperado, os investidores preferem um menor nível de risco.

A partir destes cinco pressupostos, Reilly e Brown (2009) entendem que um único ativo ou carteira de ativos é considerado eficiente se nenhum outro ativo ou carteira de ativos oferecer maior retorno esperado com o mesmo ou menor nível de risco, ou proporcionar menor risco com o mesmo ou maior retorno esperado.

Segundo Markowitz (1952), o portfólio que apresenta máximo retorno esperado não é necessariamente aquele que resulta em menor risco. Há uma taxa na qual o investidor pode obter determinado retorno esperado, assumindo dado nível de risco ou reduzir o risco, para determinado retorno esperado.

A taxa de retorno esperada de um portfólio é dada pela média ponderada das taxas de retorno esperadas de todos os ativos que compõem o portfólio (MARKOWITZ, 1952):

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n x_i E(r_i) \quad (4)$$

Onde:

$E(r_p)$ é o retorno esperado do portfólio;

x_i é a proporção de recursos investidos no ativo i ;

$E(r_i)$ é o retorno esperado do ativo i ;

n é o número de ativos que compõem o portfólio.

Matematicamente, segundo Benninga (2000), pode-se definir um portfólio eficiente da seguinte forma: para um dado retorno r , um portfólio eficiente p é dado por:

$$\text{Minimizar } \sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j} \quad (5)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_i r_i = \mu = E(r_p) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i x_j = 1 \quad (7)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (9)$$

Onde:

σ_p é o desvio-padrão do portfólio

n é o número de ativos que compõem o portfólio;

x_i é a proporção de recursos investidos no ativo i ;

x_j é a proporção de recursos investidos no ativo j ;

$\rho_{i,j}$ é a correlação estimada entre o retorno dos ativos i e j ;

σ_i é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado do ativo i ;

σ_j é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado do ativo j .

$E(r_p)$ é o retorno esperado do portfólio;

r_i é o retorno esperado do ativo i .

Quanto se poderá reduzir de risco depende do grau de correlação, medido pelo coeficiente de correlação. A correlação entre dois ativos é determinada pela relação entre sua covariância e o produto de seus desvios-padrão (GITMAN, 2004). O coeficiente de correlação é representado pela equação 10:

$$\rho_{i,j} = \frac{COV_{i,j}}{\sigma_i \times \sigma_j} \quad (10)$$

Com base nessa expressão, tem-se:

$$COV_{i,j} = \rho_{i,j} \times \sigma_i \times \sigma_j \quad (11)$$

Na concepção de Reilly e Brown (2009), o coeficiente de variação pode variar de -1 a 1. Um valor de 1 indica correlação positiva perfeita, ou seja, os retornos dos dois ativos movimentam-se na mesma direção. Um valor de -1 indica correlação perfeita negativa. Isto significa que os retornos para dois ativos movem-se em direções opostas. A Tabela 4 apresenta a influência da correlação sobre a amplitude do retorno e do risco.

Tabela 4: Correlação, retorno e risco para portfólios de dois ativos.

Coeficiente de Correlação	Amplitude do Retorno	Amplitude do Risco
+1 (positiva perfeita)	Entre os retornos dos ativos individuais	Entre os riscos dos ativos individuais
0 (sem correlação)	Entre os retornos dos ativos individuais	Entre o risco do ativo de maior risco e um nível inferior ao ativo de menor risco, mas superior a zero
-1 (negativa perfeita)	Entre os retornos dos ativos individuais	Entre o ativo de maior risco e zero

Fonte: Gitman (2004)

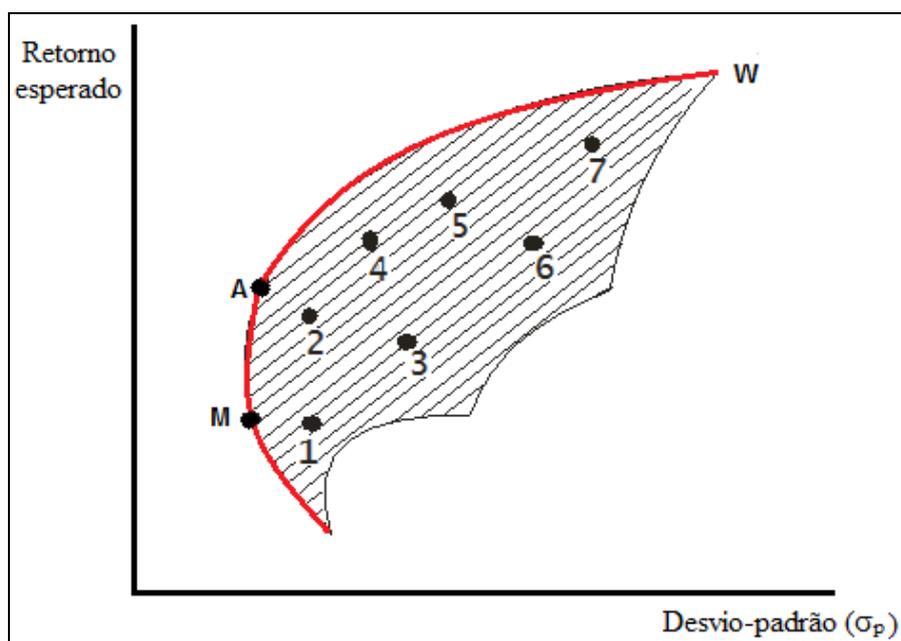
Pode-se observar na Tabela 4 que à medida que se vai da correlação positiva perfeita para a ausência de correlação e para a correlação negativa perfeita, a capacidade de redução

de risco aumenta. Porém, o conjunto de ativos não poderá ter risco maior do que o ativo mais arriscado incluído no portfólio.

Conforme visto anteriormente, de acordo com Markowitz (1952), a Teoria do Portfólio considera que os investidores visam altas taxas de retorno ao menor risco possível. A teoria do portfólio busca a composição de uma carteira ótima de ativos, que permitirá ao investidor maximizar seu grau de satisfação através da relação risco/retorno.

Bodie et. al. (2000) denominam a fronteira eficiente como uma representação gráfica de um conjunto de portfólios que maximizam a taxa de retorno esperada do portfólio para um dado nível de risco ou que minimizam o risco para determinado nível de retorno esperado. Cada ponto que compõe a fronteira eficiente representa uma carteira, com suas respectivas alocações a cada opção de investimento. A Figura 6 mostra a fronteira eficiente, com as possibilidades de risco e retorno para diversos portfólios eficientes restritos à escolha do investidor.

Figura 6: Conjunto de portfólios eficientes



Fonte: Adaptado a partir de Sá (1979)

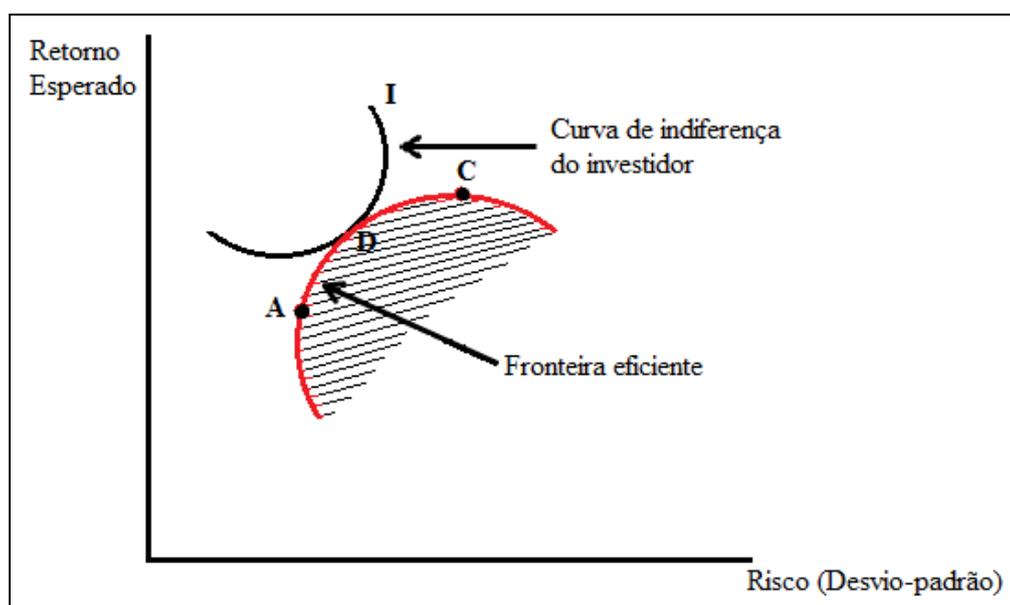
Ao comparar-se a carteira *M*, situada sobre a fronteira eficiente, com a carteira 1, localizada dentro da área sombreada, verifica-se que o risco de *M* é menor, apresentando ambas as carteiras o mesmo nível de retorno. Um investidor racional, que visa maximizar o retorno ou minimizar o risco, escolherá os portfólios situados na fronteira eficiente, ao longo do segmento *MW*. Qualquer carteira situada à direita dessa linha *MW* (conjunto eficiente)

produz maior risco para o mesmo retorno esperado, ou o mesmo nível de risco para um menor retorno esperado.

Markowitz (1952) avalia que o investidor escolherá a carteira, de acordo com a sua preferência frente a situações de substituição de retorno esperado por risco. Logo, para cada aumento no nível de risco, o investidor exigirá maiores taxas de retorno.

A representação gráfica das combinações entre risco e retorno esperado que satisfazem as exigências dos investidores é denominada curva de indiferença. Na observação de Reilly e Brown (2009), a curva de indiferença de um investidor especifica os *trade-offs* que ele está disposto a fazer entre risco e retorno esperado. A Figura 7 representa a seleção da carteira ideal pela curva de indiferença do investidor.

Figura 7: Seleção da carteira ideal pela curva de indiferença do investidor



Fonte: Adaptado a partir de Sá (1979)

Reilly e Brown (2009) estabelecem que a carteira ideal é aquela que tem a maior utilidade para um determinado investidor. Conforme pode ser visualizado na Figura 8, observa-se que a carteira ideal é representada pelo ponto D, o qual está situado no ponto de tangência entre a curva de indiferença do investidor e a fronteira eficiente. Em suma, a escolha da carteira ideal depende apenas da preferência individual do investidor em relação ao risco e ao retorno esperado.

Grinblatt e Titman (2005) explicam que a teoria do portfólio auxilia os investidores no processo de tomada de decisão sob condições de risco, visto que através de sua aplicação, é possível determinar a alocação dos recursos a cada uma das opções de investimento, cujo

objetivo básico é a redução do risco através de uma eficiente diversificação dos recursos financeiros.

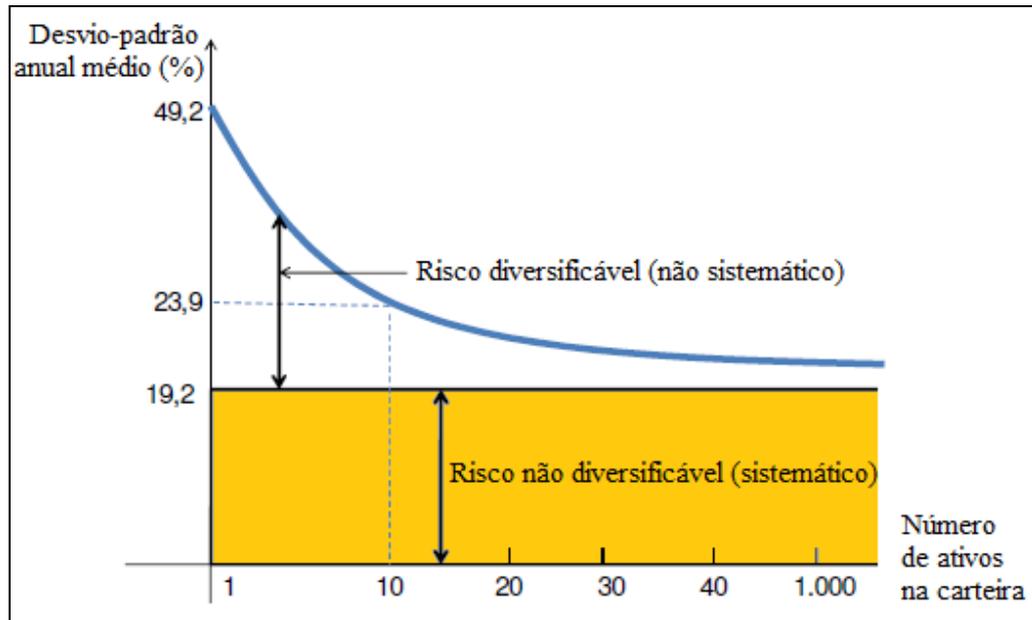
Na concepção de Hadaway (1978) *apud* Lazzarotto (2009), para se reduzir os riscos é imprescindível a adequada diversificação das atividades, haja vista que os investidores podem combinar ativos que, no decorrer do tempo, possam diminuir as oscilações no retorno esperado do portfólio sem ocasionar diminuições expressivas nesse retorno.

A diversificação é uma estratégia de gestão de risco que envolve a participação em mais de uma atividade. A diversificação parte do pressuposto de que os retornos de várias atividades não se movem para cima e para baixo em perfeita sincronia, de forma que quando uma atividade tem baixo retorno, as outras atividades provavelmente apresentariam retornos mais elevados (HARDWOOD et al., 1999).

É importante ressaltar que a diversificação possibilita a eliminação de parte, mas não a totalidade do risco. Esse processo consiste na formação de carteiras através da alocação de um investimento em mais de um ativo (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

O risco total é composto pelo risco diversificável e pelo risco não diversificável de um investimento. O risco diversificável, também conhecido como risco não sistemático, afeta somente ativos individuais ou pequenos grupos de ativos. O risco não diversificável, também chamado de risco sistemático, afeta praticamente todos os ativos em algum nível na economia, porque são determinados por eventos de natureza política econômica e social (ROSS et al., 2009).

O risco diversificável pode ser eliminado, totalmente ou parcialmente, pela diversificação, pois está relacionado às características particulares do ativo. O risco não diversificável não pode ser eliminado através da diversificação dos investimentos, visto que este afeta todas as empresas e está relacionado aos fatores de mercado, comuns a todas as empresas (GITMAN, 2004). O efeito da diversificação sobre o risco de um portfólio é apresentado na Figura 8.

Figura 8: Diversificação e risco da carteira

Fonte: Adaptado de Ross et al. (2009)

Conforme mostra a Figura 8, observa-se que à medida que se inclui mais títulos na carteira, o risco total diminui em função da eliminação do risco diversificável. Esse processo é limitado pela presença do risco sistemático. A partir de determinado número de ativos, o risco da carteira se mantém praticamente estável, permanecendo unicamente o risco não diversificável, que está relacionado com o comportamento do mercado em geral.

Markowitz (1952) adverte que somente a diversificação na composição de um portfólio não constitui uma forma de redução dos riscos, sendo de suma importância a análise da contribuição de cada atividade ao risco total do portfólio e não o seu risco individual. A composição de um portfólio eficiente implica na avaliação do retorno de cada atividade, das variações desses retornos e das relações entre os retornos das diversas atividades que o compõem.

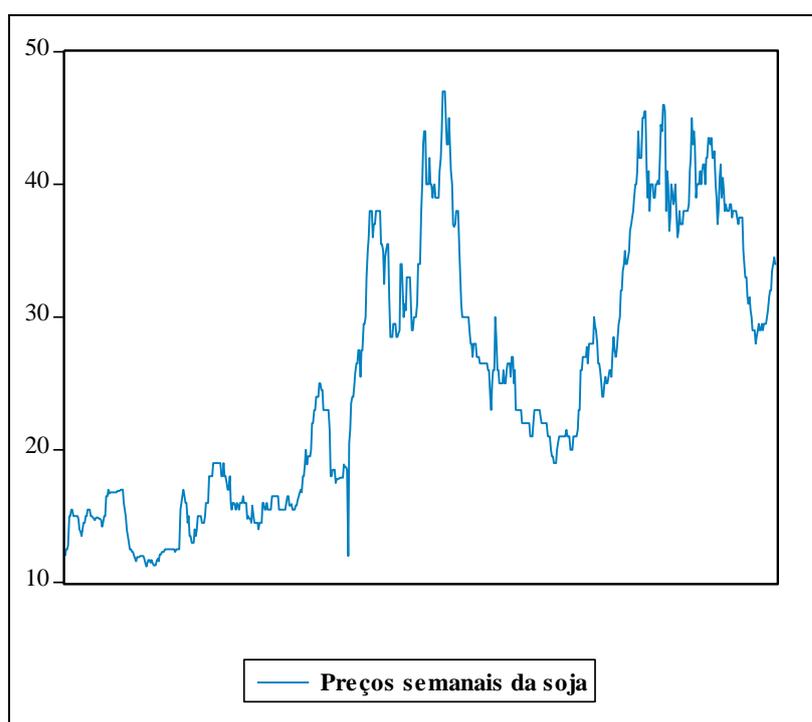
Esta pesquisa se apoia fundamentalmente em dados históricos, o que justifica a utilização da análise de séries temporais para o presente trabalho. No próximo tópico, são discutidos os aspectos teóricos básicos relacionados à análise de séries temporais, onde são apresentados os conceitos de estacionariedade, o modelo de passeio aleatório e os principais testes para a verificação da estacionariedade de uma série temporal, parte de grande importância no contexto metodológico desta pesquisa.

3.5 Análise de séries temporais

Morettin e Tolo (2006) definem uma série temporal como um conjunto de observações ordenado ao longo do tempo. São exemplos de séries temporais: cotações semanais de *commodities*, taxa mensal de desemprego de um país, cotações diárias do dólar, índices diários de ações, valores mensais da temperatura de um cidade, PIB anual de um país, dentre outros.

Na Figura 9 é apresentado um exemplo de uma série temporal que representa os preços da saca de soja no município de Rio Verde, no Estado de Goiás. As observações são semanais, referentes ao período compreendido entre os dias 02/08/1996 e 01/09/2010, totalizando 692 observações.

Figura 9: Preços semanais da saca soja no município de Rio Verde-GO



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da CONAB (2010)

A partir de uma série temporal, o pesquisador pode, dentre outras possibilidades, investigar o mecanismo gerador da série temporal; fazer previsões de valores futuros da série; descrever apenas o comportamento da série e procurar periodicidades relevantes nos dados (MORETTIN; TOLOI, 2006).

3.5.1 Estacionariedade

Uma série temporal é considerada estacionária se suas propriedades estatísticas não variam em relação ao tempo (PINDYCK; RUBINFELD, 2004). Portanto, as séries estacionárias têm a média e a variância constantes ao longo do tempo, e a covariância entre os valores defasados das séries depende apenas da defasagem entre eles e não do tempo (GUJARATI; PORTER, 2011).

Assim sendo, o conceito de estacionariedade também é conhecido como estacionariedade fraca, covariância estacionária, estacionariedade *lato sensu* ou estacionariedade de segunda ordem (BUENO, 2008). Gujarati e Porter (2011) explicam que a série temporal y_t é fracamente estacionária se:

$$\text{Média: } E(Y_t) = \mu \quad (12)$$

$$\text{Variância: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (13)$$

$$\text{Covariância: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (14)$$

Segundo Bueno (2008), a primeira condição garante que a média seja igual para todo período, ainda que a distribuição da variável aleatória se altere ao longo do período. A segunda condição estabelece que a variância seja igual para todo período, ou seja, a variância é invariável em relação ao tempo (GUJARATI; PORTER, 2011). A terceira condição assegura que a variância seja sempre igual para todo período e que a covariância não depende do tempo, mas apenas da defasagem entre as observações (BUENO, 2008).

A estacionariedade estrita é outro conceito importante de estacionariedade usado em demonstrações estatísticas. Pindyck e Rubinfeld (2004) ressaltam que uma série temporal será estritamente estacionária se as distribuições de probabilidades forem estacionárias.

No entanto, se a série temporal estacionária é normal, a série estocástica fracamente estacionária é também estritamente estacionária, visto que a série estocástica normal é completamente especificada pela média e pela variância (GUJARATI; PORTER, 2011).

Um tipo especial de série temporal é o ruído branco. Bueno (2008) argumenta que uma série temporal $\{\varepsilon_t\}$ é um ruído branco, cuja representação é $RB(0, \sigma^2)$, se:

$$E(\varepsilon_t) = 0; \forall t \quad (15)$$

$$E(\varepsilon_t) = \sigma^2; \forall t \quad (16)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-j}) = 0, \text{ todo } j \neq 0 \quad (17)$$

Para Gujarati e Porter (2011), uma série temporal é dita ruído branco se ela tiver média zero, variância constante σ^2 , e não apresentar correlação serial.

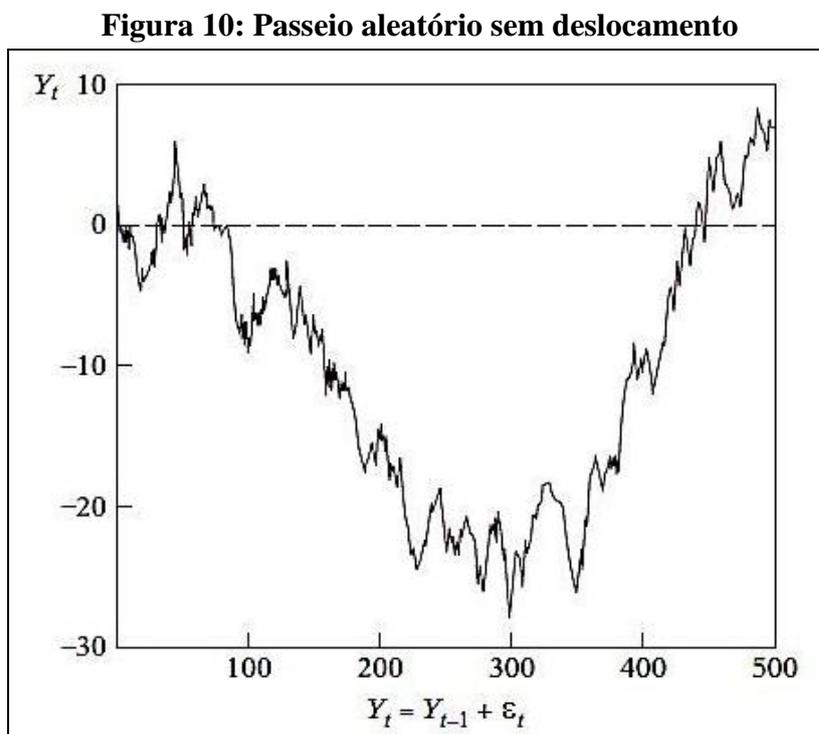
3.5.2 Passeio aleatório

Pindyck e Rubinfeld (2004) afirmam que grande parte das séries temporais econômicas não é gerada por processos estacionários. Um exemplo clássico de série não estacionária é o modelo de passeio aleatório. Existem dois tipos de passeios aleatórios: o passeio aleatório sem deslocamento e o passeio aleatório com deslocamento.

Em um passeio aleatório sem deslocamento, não há a presença de um termo constante ou intercepto (GUJARATI; PORTER, 2011). Assim, uma série y_t é um passeio aleatório se:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (18)$$

Conforme mostra a equação, observa-se que o valor de y no período t é igual ao seu valor no período anterior ($t-1$) mais um choque aleatório (GUJARATI; PORTER, 2011). A Figura 10 mostra a representação gráfica de um passeio aleatório sem deslocamento.



Fonte: Adaptado de Gujarati (2004)

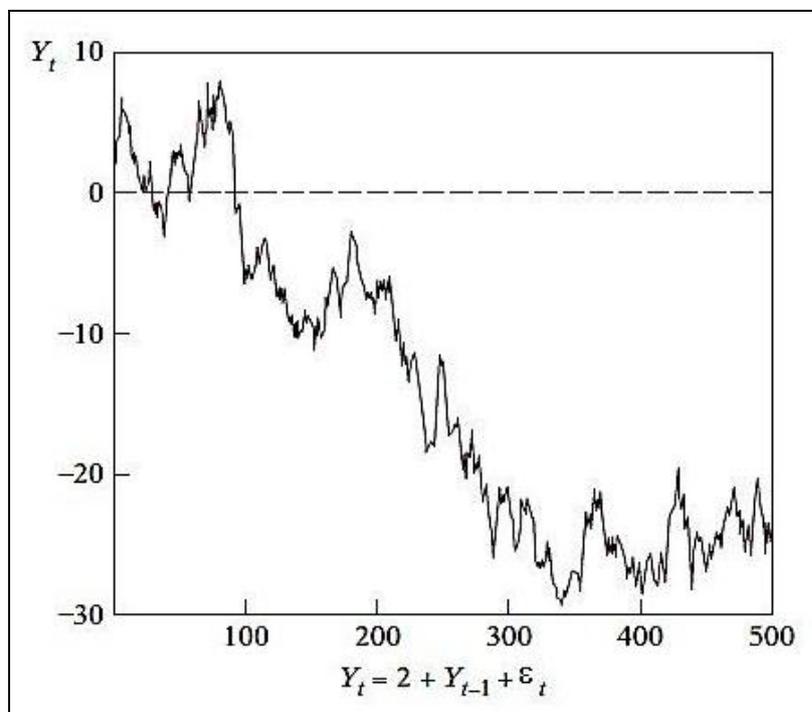
Em um modelo de passeio aleatório com deslocamento, um termo constante está presente. Nesse processo, a série temporal y_t é determinada por:

$$y_t = y_{t-1} + \delta + \varepsilon_t \quad (19)$$

O comportamento de y_t depende de um componente determinístico (δ) e de outro estocástico (ε_t) (BUENO, 2008).

Ao se acrescentar o parâmetro de deslocamento, a série y_t pode deslocar-se para cima e para baixo, dependendo de δ ser positivo ou negativo (GUJARATI; PORTER, 2011). A Figura 11 mostra o gráfico do modelo de passeio aleatório com deslocamento, admitindo-se que $\delta = 2$.

Figura 11: Passeio aleatório com deslocamento



Fonte: Adaptado de Gujarati (2004)

Os modelos de passeio aleatório com deslocamento e sem deslocamento são considerados processos não estacionários, pelo fato de que ambos violam as condições de estacionariedade, visto que a média e variância variam ao longo do tempo (GUJARATI; PORTER, 2011).

Ao se modelar séries econômicas, é de fundamental importância verificar se a tendência de uma série é estacionária ou estocástica (GUJARATI; PORTER, 2011). Dado o seguinte modelo:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (20)$$

Onde:

ε_t é o ruído branco e t é o tempo.

Considerando o seguinte modelo, onde $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 = 0$ e $\beta_3 = 1$:

$$y_t = \beta_1 + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (21)$$

Esse modelo é um passeio aleatório com deslocamento. Morettin e Tolo (2006) determinam que se os dados originais não constituem uma série estacionária, será preciso transformá-los.

A transformação mais comum consiste em se escrever esse modelo em sucessivas diferenças, até o processo tornar-se estacionário (GUJARATI; PORTER, 2011):

$$(y_t - y_{t-1}) = \Delta y_t = \beta_1 + \varepsilon_t \quad (22)$$

Esse modelo, expresso na equação (22), é conhecido como processo estacionário em diferença ou processo de tendência estocástica (BUENO, 2008).

Pindyck e Rubinfeld (2004) explicam que poucas séries temporais são estacionárias, porém grande parte delas pode resultar em séries estacionárias, ao serem diferenciadas uma ou mais vezes. Essas séries são chamadas de séries integradas.

A ordem d de integração depende do número de diferenciações necessárias para a série tornar-se estacionária. Séries integradas de ordem d são denotadas por $I(d)$ (BUENO, 2008).

Por outro lado, considerando $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 \neq 0$ e $\beta_3 = 0$, tem-se:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \varepsilon_t \quad (23)$$

Gujarati e Porter (2011) descrevem o modelo, dado pela equação (23), como processo de tendência estacionária. Mesmo que a média de y_t , dada por $\beta_1 + \beta_2 t$, varie ao longo do tempo, a sua variância é constante. Visto que os valores de β_1 e β_2 são conhecidos, a média poderá ser prevista. Ao se subtrair de y_t a tendência determinística, dada pela média de y_t , será obtida uma série estacionária.

3.5.3 Testes de estacionariedade

Visualmente, observa-se estacionariedade se uma série temporal flutua em torno de uma média fixa e se a variância da série é constante ao longo do tempo. Porém, para verificar a estacionariedade de uma série são necessários testes estatísticos (BUENO, 2011).

3.5.3.1 Análise do correlograma

Existem vários testes para analisar a estacionariedade de uma série temporal. O mais simples é o correlograma, baseado na função de autocorrelação (*FAC*).

A função de autocorrelação tem uma grande utilidade, visto que esta oferece uma descrição parcial do processo para a construção do modelo (PINDYCK; RUBINFELD, 2004).

A função de autocorrelação com defasagem k é dada por:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (24)$$

Onde:

γ_k é a covariância com defasagem k ;

γ_0 é a variância do processo estocástico.

Pindyck e Rubinfeld (2004) relatam que a função de autocorrelação é simplesmente teórica, uma vez que esta descreve uma série temporal com um número limitado de observações.

Gujarati e Porter (2011) definem que a função de autocorrelação amostral é a razão da covariância da amostra com defasagem k e a variância da amostra. Na prática, é preciso calcular uma estimativa da função de autocorrelação, conhecida por função de autocorrelação amostral:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \quad (25)$$

Onde:

\bar{y} é a média amostral.

A correlação amostral parcial (*PAC*) ρ_{kk} mede a correlação entre as observações que estão separadas por k períodos, depois de remover o efeito das defasagens menores do que k .

Nas séries temporais, grande parte da correlação entre Y_t e Y_{t-k} pode ser proveniente das correlações com as defasagens intermediárias $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k+1}$. A autocorrelação parcial remove a influência dessas variáveis intermediárias (GUJARATI; PORTER, 2011).

De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2004), para testar a hipótese conjunta de que todos os coeficientes de correlação são iguais a zero utiliza-se a estatística Q desenvolvida por Box e Pierce (1970), definida como:

$$Q = n \sum_{k=1}^m \hat{\rho}_k^2 \quad (26)$$

Onde:

n é o tamanho da amostra;

m é o tamanho da defasagem.

A estatística Q é frequentemente utilizada como um teste para verificar se uma série temporal é um ruído branco. Uma variante da estatística Q é a estatística Ljung-Box (LB, 1978), definida como:

$$LB = n(n+2) \sum_{k=1}^m \left(\frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \right) \sim \chi_m^2 \quad (27)$$

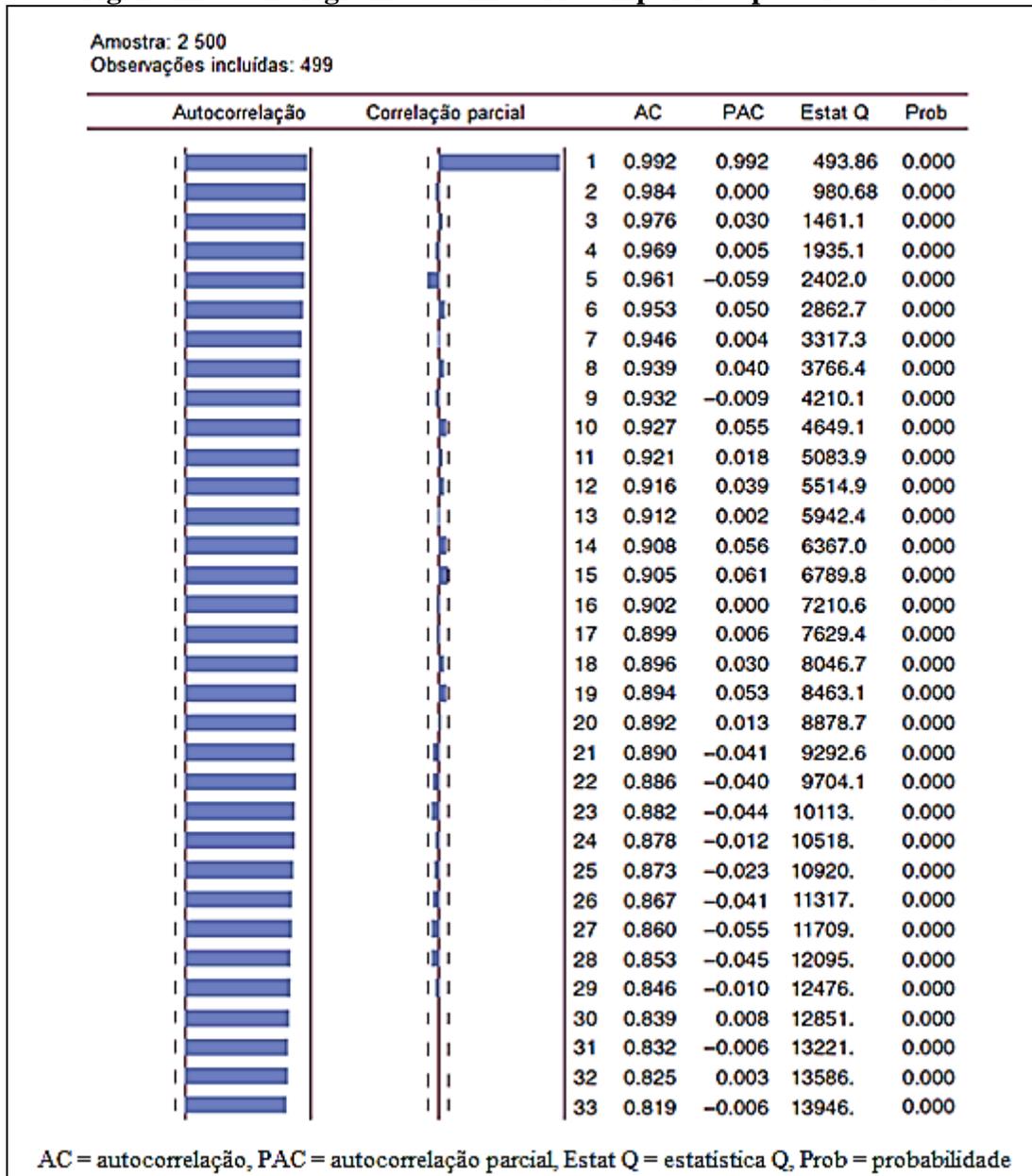
Em grandes amostras, tanto a estatística Q quanto a LB seguem a distribuição de qui-quadrado com m graus de liberdade.

Em uma aplicação, se o valor da estatística Q calculado exceder o valor crítico da estatística χ_m^2 no nível escolhido de significância, pode-se rejeitar a hipótese nula de que todos os coeficientes de correlação são zero, sendo alguns coeficientes diferentes de zero (GUJARATI; PORTER, 2011).

Gujarati e Porter (2011) afirmam que representação gráfica da função de autocorrelação com defasagem k contra k é chamada de correlograma populacional. A representação gráfica de $\hat{\rho}_k$ contra k é conhecida por correlograma amostral.

O correlograma característico de uma série temporal não estacionária é apresentado na Figura 12. Observa-se que o coeficiente de autocorrelação inicia com um valor alto e diminui muito lentamente em direção a zero à medida que aumenta a defasagem (GUJARATI; PORTER, 2011).

Figura 12: Correlograma de uma série temporal de passeio aleatório



Fonte: Adaptado de Gujarati (2004)

É importante ressaltar que não se deve basear única e exclusivamente no correlograma para detectar a possível presença de raiz unitária, uma vez que sua interpretação pode levar a resultados controversos, ou seja, enquanto para um pesquisador a série parece ser estacionária, para outro a série parece ter uma raiz unitária. Portanto, deve-se utilizar testes formais de raiz unitária para a verificação da estacionariedade que possam complementar a análise baseada no correlograma.

3.5.3.2 Teste de Dickey-Fuller e Teste de Dickey Fuller Aumentado

Outro teste muito usual para se detectar a estacionariedade de uma série é o teste de raiz unitária. Considerando o seguinte modelo de passeio aleatório:

$$y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (28)$$

Onde:

ε_t é um ruído branco.

Se o coeficiente ρ da equação (28) é estatisticamente igual a 1, tem-se a raiz unitária, o que significa que a série é não estacionária. Se $|\rho| < 1$, isto é, se o valor absoluto de ρ for menor do que um, a série será estacionária (GUJARATI; PORTER, 2011).

Ao se expressar a equação (28) de outra forma, tem-se:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = (\rho - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (29)$$

que também pode ser expressa por:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (30)$$

A equação (30) descreve a série na primeira diferença, onde $\delta = (\rho - 1)$. Na série diferenciada (Δy_t), a hipótese nula da raiz unitária é $\delta = 0$ e, a primeira diferença de y_t é um ruído branco ($\Delta y_t = \varepsilon_t$), que é estacionário (GUJARATI; PORTER, 2011).

Um dos testes pioneiros para a verificação da existência de raiz unitária foi desenvolvido por *Dickey e Fuller* (1979), e é conhecido como teste *DF*. O teste *DF* considera as seguintes hipóteses nulas:

y_t é um passeio aleatório:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow \tau \quad (31)$$

y_t é um passeio aleatório com deslocamento:

$$\Delta y_t = \beta_1 + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow \tau_\beta \quad (32)$$

y_t é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística:

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow \tau_\tau \quad (33)$$

Onde:

t é a variável de tendência.

Em todos os casos acima, as hipóteses nulas são de que $\delta = 0$, o que define a presença de uma raiz unitária, indicando que a série temporal não é estacionária. As hipóteses

alternativas para todas as equações acima indicam que $\delta < 0$, ou seja, não há uma raiz unitária e a série é estacionária (GUJARATI; PORTER, 2011).

Bueno (2008) argumenta que um dos problemas referentes ao teste *DF* é que ele considera o termo de erro como um ruído branco, podendo ser utilizado somente para as séries em que os erros não são autocorrelacionados, o que limita o poder do teste. Dickey e Fuller desenvolveram outro teste, o teste de Dickey e Fuller Aumentado (*ADF*), incluindo defasagens em relação à variável que está sendo analisada.

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (34)$$

Onde:

$$\Delta y_{t-1} = (y_{t-1} - y_{t-2}) \quad (35)$$

A hipótese nula do teste *ADF* é a mesma do teste *DF*. O teste *ADF* é realizado utilizando os mesmos valores críticos de Dickey e Fuller, desde que se corrija o modelo, considerando as demais variáveis defasadas, os valores críticos permanecem inalterados (BUENO, 2011). A principal vantagem do teste *ADF* em relação ao *DF* é que ao incluir um número suficiente de defasagens, garante-se que os resíduos sejam autocorrelacionados.

Dickey e Fuller (1979) demonstraram que a estatística de teste *tau* (τ) não é igual à distribuição *t* estatística, haja vista que a série temporal y_t não é estacionária. Dickey e Fuller (1979) obtiveram os valores críticos da estatística τ com base em simulação de Monte Carlo.

A tabela de valores críticos desenvolvida por Dickey e Fuller é limitada. MacKinnon (1991), posteriormente, desenvolveu tabelas mais extensas com os valores da estatística τ com qualquer número de observações.

Gujarati e Porter (2011) determinam que se o valor absoluto calculado da estatística *tau* ($|\tau|$) for superior ao valor crítico das estatísticas *tau* Dickey-Fuller e MacKinnon, pode-se rejeitar a hipótese nula de que o processo tem raiz unitária, ou seja, a série temporal é estacionária.

3.5.3.3 Teste Phillips-Perron

Conforme Enders (2004), uma das hipóteses do teste de Dickey-Fuller assume que os erros são estatisticamente independentes e têm variância constante. Phillips e Perron (1988)

propõem um método alternativo para testar a presença de raiz unitária, ao fazer uma correção não paramétrica ao teste de Dickey e Fuller, para controlar a correlação serial nos termos de erros, sem adicionar os termos de diferença defasados.

Para Davidson e MacKinnon (2004), o teste de Phillips-Perron (*PP*) estima a equação de passeio aleatório (28) e modifica a estatística t de Dickey e Fuller, para garantir que a correlação serial não afete a distribuição assintótica da estatística do teste.

O teste de *PP* baseia-se na estatística:

$$\tilde{t}_\rho = t_\rho \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\hat{\rho}))}{2f_0^{\frac{1}{2}}s} \quad (36)$$

Onde:

$\hat{\rho}$ é o coeficiente estimado;

t_ρ é a estatística t do coeficiente ρ ;

$se(\hat{\rho})$ é o seu erro-padrão, s é o erro-padrão da regressão;

γ_0 é um estimador consistente da variância do processo de ruído branco;

f_0 é um estimador robusto do espectro residual com frequência zero.

A estatística do teste Phillips-Perron tem a mesma distribuição assintótica do teste *ADF*. Os valores críticos para as estatísticas do teste de Phillips-Perron também são os mesmos utilizados para o teste de Dickey-Fuller.

Caso o valor absoluto da estatística de teste for superior aos valores críticos absolutos, pode-se rejeitar a hipótese nula de existência de raiz unitária, isto é, a série temporal em questão é estacionária.

3.5.3.4 Teste *Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin*

O teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KWIATKOWSKI et al., 1992) foi criado com o intuito de para solucionar o problema decorrente do baixo poder dos testes Dickey-Fuller e Phillips-Perron. Baixo poder significa que esses testes tendem a aceitar a hipótese nula quando se deveria rejeitar (BUENO, 2011).

No teste *KPSS*, há a inversão da hipótese nula quando comparado com os testes tradicionais de raiz unitária, isto é, a hipótese nula é de estacionariedade da série temporal.

Conforme Kwiatkowski et al. (1992), o teste *KPSS* é destinado a complementar os testes de raiz unitária, tais como os testes de Dickey-Fuller. Ao testar tanto a hipótese de raiz unitária quanto a hipótese de estacionariedade, podem-se distinguir séries que parecem ser estacionárias, séries que parecem ter uma raiz unitária, e séries para as quais os dados (ou os testes) não são suficientemente conclusivos para garantir se elas são estacionárias ou integradas.

A estatística *KPSS* baseia-se nos resíduos dos da regressão de y_t sobre as variáveis determinísticas:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (37)$$

Onde:

ε_t é um ruído branco.

No teste *KPSS*, a hipótese nula a ser testada é a de que a variância do passeio aleatório é igual a zero, ou seja:

$$H_0 : \sigma^2 = 0 \quad (38)$$

A estatística de teste de multiplicador de *Lagrange* (*LM*) é definida como:

$$LM = \frac{\sum S(t)^2}{(T^2 f_0)} \quad (39)$$

Onde:

f_0 é um estimador robusto do espectro residual com frequência zero;

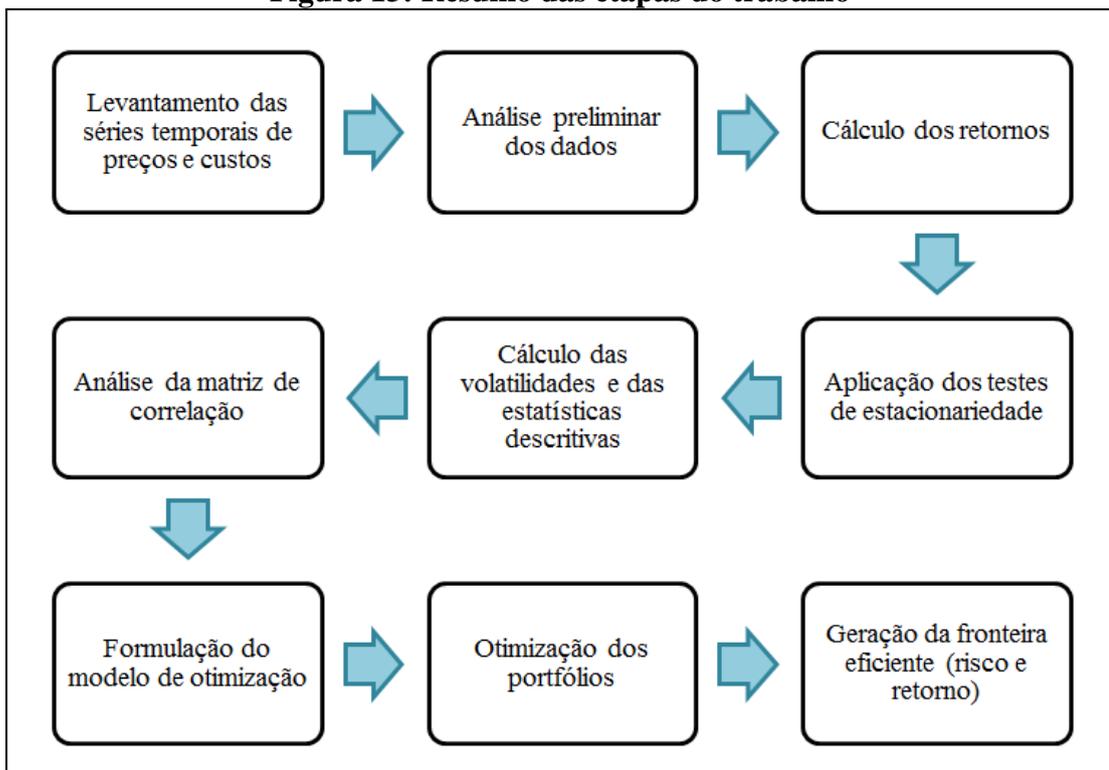
$S(t)$ é uma função residual cumulativa.

Os valores críticos para testar *LM* são baseados nos resultados assintóticos tabelados por Kwiatkowski et al. (1992). Ao contrário dos testes de Dickey e Fuller e Phillips e Perron, se o valor absoluto da estatística *LM* for superior aos valores críticos para os níveis de significância usuais, pode-se rejeitar a hipótese nula de estacionariedade, concluindo-se que a série temporal em questão possui raiz unitária.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos para a realização da presente pesquisa. Um resumo das etapas pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13: Resumo das etapas do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora

Inicialmente, foi realizado o levantamento das séries temporais de custos e preços referentes às atividades envolvidas no projeto de integração lavoura-pecuária. A metodologia de avaliação dos dados considerada no presente trabalho é mensal. Após o deflacionamento dos preços e dos custos, foram construídas as séries históricas de retornos.

Em seguida, verificada a estacionariedade das séries dos retornos, foram calculadas as volatilidades, as correlações e as estatísticas descritivas, conforme a metodologia proposta pela Teoria do Portfólio. Posteriormente, analisou-se a matriz de correlação para verificar a possibilidade de redução de risco dos portfólios. Após a formulação do modelo de otimização, foram obtidos os portfólios ótimos e foram geradas as fronteiras eficientes.

4.1 Levantamento das séries temporais de preços e custos

Para efetivamente atingir os objetivos propostos pela presente pesquisa, realizou-se um levantamento das séries temporais de custos de produção, preços, produtividades, ciclos de produção referentes às atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária. As atividades selecionadas são soja, milho, arroz, feijão e pecuária de corte.

O critério para escolha das atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária, baseou-se no trabalho de Muniz (2007), o qual utilizou o Sistema Santa Fé como técnica de implantação da pastagem, consorciada com a cultura anual.

A pesquisa abrange o período compreendido entre dezembro de 2008 e dezembro de 2010. No que se refere ao período da pesquisa, cada série temporal possui 25 observações, totalizando 115 observações. A escolha desse período deve-se, basicamente, à limitação na disponibilidade de dados sobre custos da agropecuária goiana.

No que se refere à fonte dos dados utilizados neste trabalho, as séries temporais de preços médios mensais recebidos pelos agricultores de Goiás foram coletadas na base de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Tomando como base os preços históricos mensais, foram elaboradas séries de receita por hectare, considerando as produtividades de cada atividade agropecuária.

Os custos médios mensais por hectare foram obtidos junto à Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de Goiás (FAEG). A metodologia de custos utilizada pela FAEG considera que a evolução dos custos de produção de cada atividade agropecuária ocorre pela variação dos preços dos fatores de produção relacionados a cada cultura.

Na composição do custo de produção descrito pela FAEG, é possível identificar os custos de cada operação agrícola desde o preparo do solo até o armazenamento. De forma geral, o sistema de produção é composto pelas seguintes etapas: calagem (preparação do solo), pré-plantio, plantio (semeadura e adubação), tratos culturais (tratamento fitossanitário), colheita, pós-colheita e outras despesas financeiras (seguro agrícola, assistência técnica, juros de financiamento, INSS e custo alternativo da terra).

A descrição dos custos de cada etapa engloba os coeficientes técnicos como quantidade de insumos e mão-de-obra utilizada para realizar certa operação agrícola, em um hectare de terra.

Neste trabalho, foi utilizada a metodologia de custos proposta pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) de São Paulo, desenvolvida por Matsunaga et al. (1976). A justificativa para a adoção desta metodologia é a de que esta se assemelha à estrutura de custos utilizada pela FAEG.

Matsunaga et al. (1976) devido à dificuldade de avaliação dos custos fixos, adotaram a estrutura de custo operacional de produção, o qual se refere ao custo de todos os recursos de produção que exigem desembolsos, tais como mão-de-obra contratada, insumos, combustíveis, reparos, alimentação, vacinas, medicamentos, juros bancários, impostos. Esta metodologia envolve o custo operacional efetivo e outros custos.

São custos operacionais efetivos aqueles nos quais ocorre efetivamente desembolso. Já os outros custos são representados pela depreciação de máquinas, equipamentos e instalações, além da mão-de-obra familiar. O custo operacional total consiste na soma dos custos operacionais efetivos e dos outros custos.

No presente trabalho, foram considerados apenas os custos operacionais efetivos (COE²) de cada atividade agropecuária, visto que os demais custos externos são relativos e variam de produtor para produtor. O custo operacional efetivo nesta pesquisa é formado pelo somatório das despesas de custeio do pré-plantio, despesas de plantio, despesas com a condução da lavoura, despesas com colheita, despesas com a pós-colheita e despesas financeiras.

É importante ressaltar que para se analisar as variações ocorridas com os preços dos diversos produtos agropecuários, é preciso deflacionar os preços em relação a um dado período, ou seja, determinar os preços reais, devido à constante desvalorização da moeda. Esses valores reais são obtidos deflacionando-se os valores nominais, por meio de um índice geral de preços ou qualquer outro índice de inflação acumulada (HOFFMANN et al., 1978).

O preço nominal ou em moeda corrente é apenas o valor absoluto de um produto agropecuário, ou seja, o preço que possui a inflação embutida no seu valor. Já o preço real, ou em moeda constante, de um produto agropecuário é o preço sobre o qual se descontou a inflação acumulada durante certo período de tempo, permitindo com isto a sua análise e comparação no tempo (MENDES; PADILHA JUNIOR, 2007).

² Para o cálculo do custo do boi gordo para corte, foram utilizados os indicadores zootécnicos da integração lavoura-pecuária, baseados no trabalho de Martha Júnior et al. (2007). O COE do boi por hectare foi calculado por meio da fórmula:

COE = COE por arroba * produtividade por arroba por hectare * taxa de lotação

Para desenvolver a análise econômica, os preços e custos de produção mensais foram deflacionados. As séries dos preços foram atualizadas para maio de 2012, segundo o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), conforme base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo fato desse índice oferecer a variação dos preços no comércio para o público final.

Desde junho de 1999, o IPCA é o índice utilizado pelo Banco Central do Brasil para o acompanhamento dos objetivos estabelecidos no sistema de metas de inflação, sendo considerado o índice oficial de inflação do país.

As séries temporais de custos foram atualizadas para maio de 2012, segundo o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), conforme base de dados da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

A escolha do IGP-DI como deflator dos custos de produção justifica-se pelo uso desse índice para medir os preços das matérias-primas agrícolas e industriais no atacado e bens e serviços finais no consumo.

O IGP-DI é a média ponderada do Índice de Preços por Atacado (IPA), Índice de Preços ao Consumidor (IPC) e Índice Nacional de Custo da Construção (INCC). Os pesos de cada um dos índices componentes correspondem a parcelas da despesa interna bruta, calculadas com base nas Contas Nacionais, resultando na seguinte distribuição: 60% para o IPA, 30% para o IPC e 10% para o INCC, ou seja, sua composição está em maior parte no preço de atacado que está diretamente relacionado ao custo de produção.

4.2 Cálculo do indicador econômico – taxa de retorno

Com base nos preços históricos reais, foram elaboradas séries históricas mensais de receitas a partir da seguinte equação:

$$D_i = \sum_{i=1}^n P_i Q_i \quad (40)$$

Onde:

D_i é a receita, por hectare, referente a venda do produto da atividade agropecuária i ;

P_i é o preço da saca ou arroba do produto da atividade agropecuária i ;

Q_i é a produtividade, por hectare, da atividade i .

Com base nas receitas obtidas por hectare e nos custos operacionais efetivos por hectare, foram obtidas as taxas de retorno esperado de cada atividade agropecuária. De acordo com Benninga (2000), essas taxas de retornos são representadas pela equação 40:

$$r_{it} = \ln\left(\frac{D_{it}}{C_{it-m}}\right) \quad (41)$$

Onde:

r_{it} é a taxa de retorno da atividade i , no período t ;

D_{it} é a receita, por hectare, referente à venda do produto da atividade agropecuária i , no período t ;

m refere-se ao tempo de duração do ciclo de produção da atividade i ;

C_{it-m} são os custos operacionais efetivos por hectare, que incide durante o ciclo de produção da atividade i .

4.3 Cálculo da volatilidade

O risco é a medida da volatilidade dos ativos, dado pelo desvio-padrão ou variância dos retornos. A estimação da volatilidade pode ser realizada através do cálculo da volatilidade histórica, do *bootstrap* e do modelo de heteroscedasticidade condicional autorregressiva generalizada (GARCH).

Neste estudo, foi calculada a volatilidade histórica através do cálculo do desvio-padrão da série histórica dos retornos de cada atividade agropecuária. A volatilidade histórica é medida pela variância ou desvio-padrão dos retornos em determinado período de tempo, atribuindo peso uniforme a todas as observações. A volatilidade histórica é constantemente utilizada em análises de risco, de forma que quanto maior a volatilidade, maior será o risco associado a tal investimento (BROOKS, 2008).

O *bootstrap*, introduzido por Efron (1979), é um modelo de reamostragem que utiliza simulação para calcular desvios-padrões, intervalos de confiança e para realização de testes de significância em uma amostra.

Boos (2003) afirma que o *bootstrap* teve um impacto fundamental sobre como é realizada a inferência estatística em problemas sem solução analítica. O *bootstrap* pode ser usado em praticamente qualquer aplicação, sendo de grande utilidade em situações

complexas, onde aproximações assintóticas são difíceis de calcular ou simplesmente não estão disponíveis.

Segundo Hair et al. (2006), o método *bootstrap* obtém sua amostra via amostragem com reposição da amostra original. A substituição das observações após a amostragem permite a criação de tantas amostras quanto necessárias e jamais se preocupar quanto à duplicação das amostras, exceto quando isso acontecer ao acaso.

Hesterberg et al. (2003) argumentam que a ideia básica do *bootstrap* é que a amostra original representa a população da qual foi retirada. Ao reamostrar esta amostra repetidas vezes, as amostras *bootstrap* possuem propriedades estatísticas da população. A distribuição *bootstrap* de uma estatística, com base em muitas reamostragens, representa a distribuição amostral da estatística, com base em muitas amostras.

Proposto por Bollerslev (1986), o modelo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity*) é muito utilizado em análises financeiras. Nestes modelos, a função linear da variância condicional inclui também variâncias passadas e amplia o conjunto de informações apresentado por uma série temporal e obtém uma formulação que apresenta menos defasagens em seus parâmetros.

Os modelos GARCH descrevem a volatilidade como função dos retornos passados e a própria volatilidade prévia. A volatilidade dada pelo GARCH é estimada em cada instante do tempo e são realizadas previsões um passo à frente (MOTA; FERNANDES, 2004).

4.4 Cálculo da matriz de correlação

Conforme a Teoria do Portfólio de Markowitz (1952), a correlação desempenha importante papel na redução dos riscos através da estratégia de diversificação. Para avaliar o grau de correlação entre as variáveis, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Essa medida tem sido usada na verificação da viabilidade de redução de risco em função de combinação de culturas e rotação de cultura.

É importante ressaltar que quando o valor do coeficiente de correlação de Pearson não é significativo, conclui-se que ele pode ser igual a zero. Para verificar se as correlações podem ser realmente nulas, fez-se necessário o uso do *software SPSS*, versão 18.

4.5 Desenvolvimento do modelo de programação linear

A programação linear é uma das técnicas mais utilizadas da pesquisa operacional. A pesquisa operacional visa encontrar uma melhor solução (solução ótima) para o problema considerado. Nesse caso, busca-se uma melhor solução em vez de a melhor solução, pois pode haver várias soluções consideradas como melhores, ou seja, o objetivo é identificar o melhor caminho a seguir (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Segundo Bazaraa et al. (2010), um problema de programação linear envolve otimizar (maximizar ou minimizar) uma função linear, sujeita a uma série de restrições dadas por equações ou inequações lineares. O modelo geral da programação linear pode ser descrito como:

$$\text{Minimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (42)$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \quad (43)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2 \quad (44)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \quad (45)$$

$$x_1, x_2, x_n \geq 0 \quad (46)$$

Onde:

Z é a função objetivo;

a_{ij} são coeficientes técnicos;

b_1, b_2, b_m são termos independentes;

c_1, c_2, c_n são os coeficientes da função objetivo;

x_1, x_2, x_n são as variáveis de decisão.

No presente trabalho, foram considerados quatro rotações de lavoura/pastagem em uma área de 189 hectares³ para a implantação de um projeto de integração lavoura-pecuária:

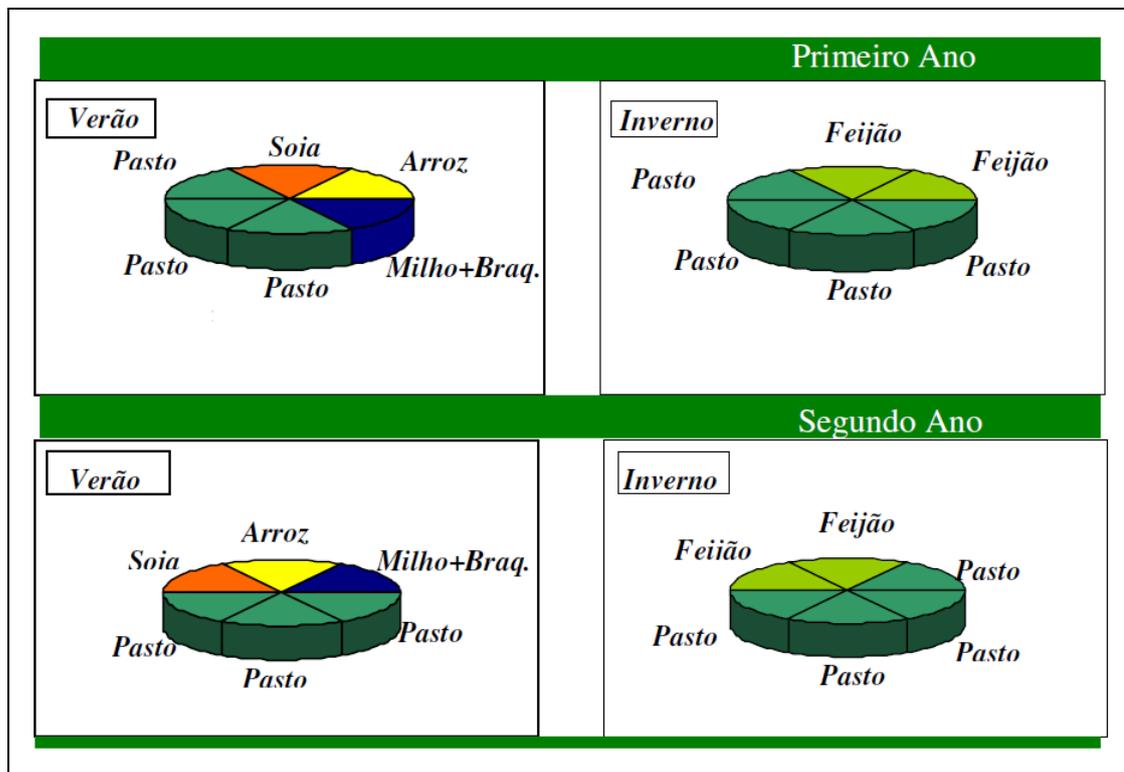
- Safra de verão 2008/2009: o recurso deve ser alocado entre as atividades de produção de arroz, soja, milho e boi gordo.

³ O critério de escolha do tamanho da propriedade foi definido a partir de dados do Censo Agropecuário. De acordo com o Censo Agropecuário (2006), o tamanho médio das propriedades rurais em Goiás é de, aproximadamente, 189 hectares. A estrutura fundiária do Estado de Goiás é composta por 45,51% de terras destinadas a pastagens e 17,89% para produção agrícola, revelando o peso do setor agropecuário no cenário estadual. Quanto à área coberta por matas e florestas, esta representa 21,96% dos estabelecimentos agropecuários do Estado.

- Safra de inverno de 2009: o recurso deverá ser alocado entre a produção de feijão e boi gordo.
- Safra de verão 2009/2010: o recurso deve ser alocado entre as atividades de produção de arroz, soja, milho e boi gordo.
- Safra de inverno de 2010: o recurso deverá ser alocado entre a produção de feijão e boi gordo

Neste sistema, no verão, as áreas disponíveis são ocupadas com a produção de soja, arroz, milho consorciado com braquiária e pasto. No período do inverno, as áreas com soja e arroz são substituídas pela produção de feijão. O esquema de rotação do projeto de integração lavoura-pecuária utilizado neste trabalho é apresentado na Figura 14.

Figura 14: Esquema de rotação do projeto de integração lavoura-pecuária



Fonte: Adaptado de Muniz (2007)

O cultivo do feijão, em áreas de plantio de arroz e soja, traz benefícios para todo o sistema, em virtude de ser uma leguminosa, ter a capacidade de fixação de nitrogênio e ser cultivado irrigado no período do inverno. Kichel et al. (1999) relata que a rotação da soja com a bovinocultura de corte traz muitos benefícios, tais como a diminuição de plantas invasoras, quebra do ciclo de pragas e doenças e de nematoides, tanto da galha quanto do cisto, e aumento da produtividade das pastagens. A Figura 15 mostra o ciclo de produção do projeto de integração lavoura-pecuária considerado na presente pesquisa.

Figura 15: Ciclo de produção do projeto de integração lavoura-pecuária



Fonte: Elaborada pela autora

Vilela et al. (2008) argumenta que a rotação lavoura/pastagem contribui para melhorias nas propriedades de solo, redução da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, melhor estabilidade de produção de forragem para alimentar o rebanho durante o ano todo. No período das chuvas, em decorrência da melhora da fertilidade de solo na fase de lavoura, há aumento na produtividade das pastagens. No período da seca, além da palhada e dos subprodutos de colheita, as pastagens recém-estabelecidas permanecem verdes e com qualidade e quantidade suficiente para garantir ganhos de peso.

Para o contexto deste trabalho, foram feitas algumas adaptações do modelo de Markowitz (1952), com o objetivo a minimização do risco inerente ao projeto de integração lavoura-pecuária. Para cada portfólio, tem-se uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições de ordem técnica e econômica.

A função objetivo que modela o risco do portfólio, o qual o produtor deseja minimizar é dada por:

$$\text{Minimizar } \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \rho(r_i r_j) \sigma_i \sigma_j} \quad (47)$$

Onde:

n é o número de atividades que compõem o portfólio;

x_i é a proporção de recursos investidos na atividade i ;

x_j é a proporção de recursos investidos na atividade j ;

$\rho(r_i r_j)$ é a correlação entre os retornos das atividades i e j ;

σ_i é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado da atividade i ;

σ_j é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado da atividade j .

Sujeito a:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n x_i r_i \quad (48)$$

Esta restrição representa o valor esperado do retorno do portfólio.

$$\sum_{i=1}^n x_i x_j = 1 \quad (49)$$

Esta restrição garante que todos os recursos disponíveis sejam utilizados.

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (50)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (51)$$

Estas restrições asseguram a inexistência de produção negativa.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad i = 1, \dots, n \quad (52)$$

Onde:

b = quantidade do recurso disponível;

x_j = quantidade do recurso consumida por hectare pela atividade i ;

a_i = área destinada à atividade i .

Esta restrição garante que a quantidade de recursos destinada a cada atividade não implique em um uso de recursos maior do que o montante disponível.

$$\sum_{i=1}^n a_i a_j \leq 189 \quad (53)$$

Esta restrição assegura que a quantidade de área destinada às atividades não seja superior à quantidade de área agricultável disponível.

$$a_i \geq c_i \quad i = 1, \dots, n \quad (54)$$

Onde:

c_i é a área mínima economicamente viável para a atividade i .

Esta restrição é representada pelo cálculo do ponto de equilíbrio, nível em que a propriedade rural não realiza lucro nem prejuízo.

Para Santos et al. (2002), a análise do ponto de equilíbrio determina o volume mínimo de produção suficiente para cobrir os custos totais e contribuir para a formação do lucro. O cálculo do ponto de equilíbrio em volume é dado pela equação a seguir:

$$PE_{vol} = \frac{CF_{total}}{PV_{un} - CV_{un}} \quad (55)$$

Onde:

PE_{vol} é o ponto de equilíbrio em volume;

CF_{total} é o custo fixo total;

PV_{un} é o preço de venda unitário;

CV_{un} é o custo variável unitário.

A partir do cálculo do ponto de equilíbrio em volume, é possível calcular a área mínima viável para cada atividade agropecuária, através da seguinte equação:

$$AMV = AT \times \frac{PE_{vol}}{PT} \quad (56)$$

Onde:

AMV é a área mínima viável;

AT é a área total;

PE_{vol} é o ponto de equilíbrio em volume;

PT é a produção total.

De acordo com o cálculo do ponto de equilíbrio, o mínimo de soja a ser cultivado é de 10 hectares, 36 hectares de milho, 42 hectares de arroz e 11 hectares de feijão. A área mínima para a bovinocultura de corte é 47 hectares.

$$a_i = a_{j_{t-1}} \quad i = 1,2 \quad j = 1,\dots,4 \quad (57)$$

Onde:

a_i é o tamanho da área destinada à atividade i , no período t ;

$a_{j_{t-1}}$ é o tamanho da área destinada à atividade j , no período $t-1$.

Trata-se de uma restrição técnica referente às rotações de lavoura e pecuária. O tamanho da área destinada à lavoura de feijão na safra de inverno de 2009 deve ser igual ao somatório da área destinada às lavouras de soja e arroz na safra de verão 2008/2009. A área destinada à bovinocultura de corte na safra de inverno de 2009 deve ser igual ao somatório da área destinada à bovinocultura de corte e cultivo de soja na safra de verão 2009/2010. A área destinada à bovinocultura de corte na safra de inverno de 2010 deve ser igual ao somatório da área destinada à bovinocultura de corte e cultivo de milho na safra de verão 2009/2010.

4.6 Recursos computacionais

Inicialmente, os dados foram tabulados e processados no programa *Microsoft Excel*, versão 2010. Posteriormente, para o cálculo da matriz de correlação, utilizou-se o *software SPSS (Statistical Package for Social Sciences)*, versão 18.0. Os testes de estacionariedade foram realizados no *Eviews*, versão 7.

Os modelos propostos foram resolvidos por meio de *softwares* específicos, visto que a resolução manual é inviável devido ao número de restrições. Para a otimização dos portfólios, foi utilizado o *software What's BEST!* versão 11.1, desenvolvido pela *Lindo Systems*.

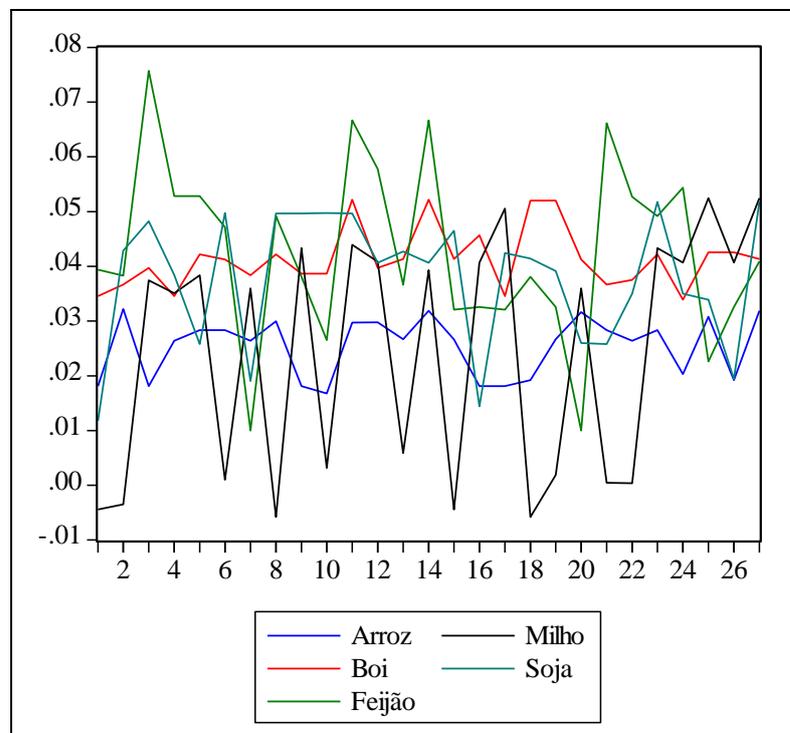
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo terá como enfoque a análise e discussão dos resultados apresentados pela aplicação do modelo de alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária, baseado na Teoria do Portfólio.

5.1 Apresentação dos dados

A Figura 16 apresenta as séries históricas mensais de retornos do arroz, milho, bovinocultura de corte, soja e feijão dentre os meses de setembro de 2008 e dezembro de 2010.

Figura 16: Séries históricas mensais de retornos do arroz, milho, bovinocultura de corte, soja e feijão dentre os meses de setembro de 2008 e dezembro de 2010.



Fonte: Resultados da pesquisa

Em síntese, de acordo com a Figura 16, verifica-se que a atividade que apresentou maior retorno foi o feijão e a que apresentou menor retorno foi o milho.

Analisando a Figura 16, observa-se que os retornos do feijão e do milho movimentam-se em sentidos opostos, ou seja, quando o retorno do feijão está em alta, o retorno do milho está em baixa e vice-versa. Nota-se que o mesmo ocorre ao se comparar o comportamento dos retornos do feijão e do arroz. No entanto, os retornos do milho e da soja tendem a mover-se na mesma direção, isto é, quando o retorno de uma atividade está em alta, o retorno da outra também está. Verifica-se que o mesmo ocorre com a soja e bovinocultura de corte, arroz e bovinocultura de corte, milho e bovinocultura de corte.

5.2 Aplicação dos testes de estacionariedade

De acordo com Gujarati (2011), é de suma importância a utilização de dados estacionários, haja vista que modelos inferidos por tais dados podem ser interpretados como estáveis devido a sua estacionariedade, o que se define como uma base previsível com significativa validade.

Para testar a estacionariedade das séries em estudo, aplicou-se o teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller Aumentado (ADF)*. A Tabela 5 apresenta os resultados do teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller Aumentado*, em nível para os retornos históricos mensais das atividades agropecuárias consideradas na presente pesquisa.

Tabela 5: Teste de Raiz-Unitária (Dickey-Fuller Aumentado) em nível para os retornos mensais do arroz, do milho, da soja, do feijão e do boi gordo no Estado de Goiás entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.

Atividades	Estatística de Teste <i>ADF</i>	<i>Durbin-Watson (DW)</i>	Resultado
Arroz	-4,783464	1,900489	Pode-se rejeitar H_0
Milho	-5,414877	1,999900	Pode-se rejeitar H_0
Soja	-6,151986	1,980523	Pode-se rejeitar H_0
Feijão	-5,073375	2,005146	Pode-se rejeitar H_0
Bovinocultura de corte	-4,972541	2,061354	Pode-se rejeitar H_0

* Os valores críticos para o teste *ADF* para os níveis de significância de 1%, 5% e 10%, são: -3,711457; -2,981038 e -2,629906, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados da Tabela 5, os resultados do teste *ADF* para as séries de retornos, em nível, com intercepto, pode-se rejeitar a hipótese nula de existência de raiz unitária, em todos os níveis de significância, indicando que todas as séries são estacionárias. Os valores da estatística de *Durbin-Watson* em todas as séries apresentaram valores próximos

de 2,0, evidenciando que o teste é conclusivo, visto que as séries não apresentam autocorrelação serial.

Devido ao baixo poder do teste *ADF*, fez-se necessária a aplicação do teste de *KPSS* formulado por Kwiatkowski et al. (1992) para confirmar a estacionariedade das séries temporais em estudo. Os resultados do teste *KPSS* podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6: Teste de estacionariedade (KPSS) em nível para os retornos mensais do arroz, do milho, da soja, do feijão e do boi gordo no Estado de Goiás entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.

Atividades	Estatística de Teste <i>KPSS</i>	Resultado
Arroz	0,054472	Não se pode rejeitar H_0
Milho	0,224731	Não se pode rejeitar H_0
Soja	0,115460	Não se pode rejeitar H_0
Feijão	0,123579	Não se pode rejeitar H_0
Bovinocultura de corte	0,245598	Não se pode rejeitar H_0

* Os valores críticos para o teste *KPSS* para os níveis de significância de 1%, 5% e 10%, são: 0,739000; 0,463000 e 0,347000, respectivamente.

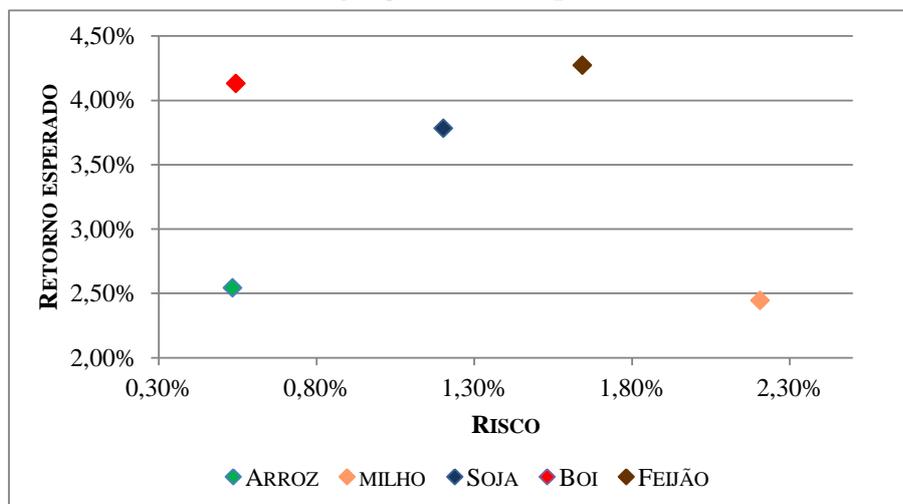
Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme os resultados do teste *KPSS* apresentados na Tabela 6, verificou-se que as séries de retornos em nível com intercepto são estacionárias em todos os níveis de significância, ou seja, não se pode rejeitar a hipótese nula de estacionariedade das séries, em todos os níveis de significância. Verificada a estacionariedade das séries, utilizou-se a volatilidade histórica como medida de dispersão, visto que a série estacionária apresenta média, variância e autocovariância, em diferentes defasagens constantes ao longo do tempo.

5.3 Risco e retorno de cada uma das atividades

Foram calculados os riscos e os retornos para cada atividade individualmente. A Figura 17 mostra o retorno esperado e o risco médio mensal de cada atividade no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2010.

Figura 17: Riscos e retornos esperados referentes a cada atividade que compõe o projeto de integração lavoura-pecuária.



Fonte: Resultados da pesquisa

Para comparar os riscos de diferentes atividades, deve-se ter cautela ao utilizar o desvio-padrão, uma vez que este é apenas uma medida absoluta de dispersão e não considera a dispersão de valores em relação ao valor esperado (GITMAN, 2004). As estatísticas referentes aos retornos e aos riscos mensais de cada cultura, tomados isoladamente, estão dispostas na Tabela 7.

Tabela 7: Retornos esperados e riscos mensais referentes a cada atividade que compõe o projeto de integração lavoura-pecuária.

Atividades	Retorno	Desvio-padrão	Coefficiente de variação
Arroz	2,54%	0,53%	20,99%
Milho	2,44%	2,21%	90,25%
Soja	3,78%	1,20%	31,79%
Feijão	4,27%	1,64%	38,44%
Bovinocultura de Corte	4,13%	0,54%	13,16%

Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando os retornos verificados no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2010, dispostos na Tabela 7, observa-se que o retorno da cultura do feijão (4,27%) tende a superar os retornos das demais atividades e o milho é a cultura que apresentou menor retorno (2,54%).

De acordo com a Tabela 7, considerando o desvio-padrão como medida de risco, a atividade menos arriscada é a cultura do arroz (0,53%) e a mais arriscada é a cultura do milho, com risco de 2,21%.

Para uma análise comparativa, a Tabela 7 também apresenta os coeficientes de variação das atividades consideradas na presente pesquisa. Comparando os coeficientes de

variação das atividades, observa-se que a bovinocultura de corte é a atividade de menor risco, visto que a dispersão relativa, medida pelo coeficiente de variação (13,16%) é inferior às demais.

5.4 Cálculo da matriz de correlação

A Tabela 8 apresenta os resultados da matriz de correlação entre as atividades consideradas neste trabalho. Cada intersecção da matriz representa o coeficiente de correlação e os valores abaixo e entre parênteses representam os respectivos *p-value*, medida de significância.

Tabela 8: Matriz de correlação entre os retornos mensais das atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária.

	Arroz	Bovinocultura de corte	Feijão	Milho	Soja
Arroz	1	0,452 (0,018)	-0,457 (0,017)	-0,259 (0,192)	-0,155 (0,441)
Bovinocultura de corte	0,452 (0,018)	1	-0,466 (0,014)	0,588 (0,001)	0,578 (0,002)
Feijão	-0,457 (0,017)	-0,466 (0,014)	1	0,003 (0,988)	-0,246 (0,215)
Milho	-0,259 (0,192)	0,588 (0,001)	0,003 (0,988)	1	0,860 (0,000)
Soja	-0,155 (0,441)	0,578 (0,002)	-0,246 (0,215)	0,860 (0,000)	1

Fonte: Resultados da pesquisa

A matriz de correlação representada na Tabela 8 apresenta os seguintes pares positivamente correlacionados: soja e milho (0,860), soja e bovinocultura de corte (0,578), arroz e bovinocultura de corte (0,452), milho e bovinocultura de corte (0,588). Também foram observados pares negativamente correlacionados: arroz e feijão (-0,457), feijão e bovinocultura de corte (-0,466). Os demais pares não apresentaram coeficiente de correlação significativo. Esses resultados sinalizam a viabilidade de redução de riscos a partir da adoção da estratégia de diversificação das atividades do projeto de integração lavoura-pecuária, pois uma atividade de maior retorno compensa outra de retorno menor.

5.5 Otimização dos portfólios

Para exemplificação do que se propôs neste trabalho, os portfólios foram otimizados com o intuito de identificar a alocação de recursos financeiros e de áreas. Pode-se observar na Tabela 9 a alocação dos recursos financeiros e das áreas para cada uma das atividades agropecuárias do projeto de integração lavoura-pecuária consideradas na presente pesquisa.

Tabela 9: Composições dos portfólios formados pelas atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária

Portfólios	Atividades	Alocação de recursos	Alocação de áreas	Risco	Retorno esperado
Safrade verão 2008/2009	Arroz	42,14%	50,79%	0,65%	2,98%
	Milho	16,84%	19,05%		
	Soja	3,72%	5,29%		
	Bovinocultura de corte	37,29%	24,87%		
Safrade inverno 2009	Feijão	56,71%	56,08%	0,84%	4,21%
	Bovinocultura de corte	43,29%	43,92%		
Safrade verão 2009/2010	Arroz	26,72%	37,04%	0,68%	3,20%
	Milho	14,00%	19,05%		
	Soja	3,06%	5,29%		
	Bovinocultura de corte	56,23%	38,62%		
Safrade inverno 2010	Feijão	39,18%	42,33%	0,62%	4,19%
	Bovinocultura de corte	60,82%	57,67%		

Fonte: Resultados da Pesquisa

De acordo com os resultados da Tabela 9, para o portfólio referente à safra de verão de 2008/2009, a melhor relação entre risco e retorno esperado (0,65% e 2,98% respectivamente, em termos mensais) é obtida quando 42,14% dos recursos disponíveis são alocados à cultura do arroz, 16,84% ao milho, 3,72% à soja e 37,29% à bovinocultura de corte. Em termos de proporções de terras, têm-se as seguintes proporções: 50,79% da área ocupada com arroz, 19,05% com milho, 5,29% com soja e 24,87% com bovinocultura de corte. Essas proporções transformadas em áreas equivalem a 96 hectares destinados ao plantio do arroz, 36 hectares ao milho, 10 hectares à soja e 47 hectares à bovinocultura de corte. Pode-se observar que o arroz por ser uma cultura de menor risco individual tem a maior participação na composição do portfólio. As demais culturas, no processo de otimização mantêm as áreas mínimas recomendadas pelo modelo.

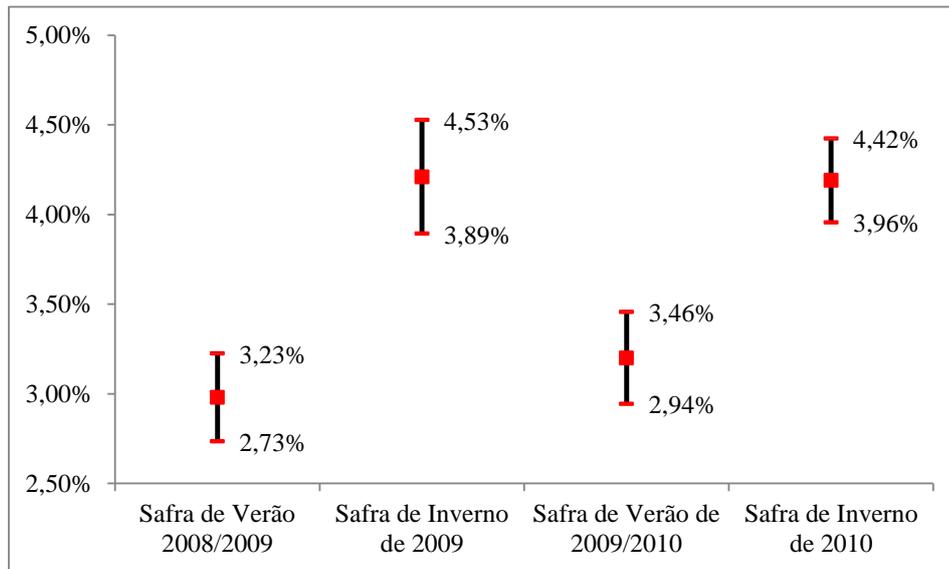
No portfólio referente à safra de inverno de 2009, em termos mensais, para um risco de 0,84%, tem-se um retorno esperado de 4,21%, com 43,29% dos recursos destinados à bovinocultura de corte e 56,71% ao cultivo do feijão. Ao transformar esses recursos em proporções de terras, têm-se: 43,92% dos hectares disponíveis ocupados pela bovinocultura de

corte e 56,08% dos hectares pela produção de feijão. Convertendo-se esses valores em áreas, observou-se que no inverno, 83 hectares devem ser ocupados pela atividade de bovinocultura de corte e 106 devem ser destinados à produção de feijão. Basicamente, a composição deste portfólio é determinada pelas restrições de rotação de culturas inseridas no modelo, onde as áreas destinadas à soja e arroz no verão devem ser substituídas pelo cultivo de feijão no inverno.

O portfólio que se refere à safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, em termos mensais. A otimização do modelo apontou que 26,72% dos recursos devem ser alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte. Em termos de proporções de terras, têm-se: 37,04% da área ocupada com arroz, 19,05% com milho, 5,29% com soja e 38,62% com bovinocultura de corte. Essas proporções transformadas em quantidades de terras correspondem ao cultivo de 70 hectares com arroz, 36 hectares com milho, 10 com soja e 73 hectares com a produção de gado de corte. Observa-se que as atividades de menores riscos (arroz e bovinocultura de corte) apresentam maiores participações na composição do portfólio, destacando-se que a soja e o milho mantêm suas respectivas áreas mínimas recomendadas.

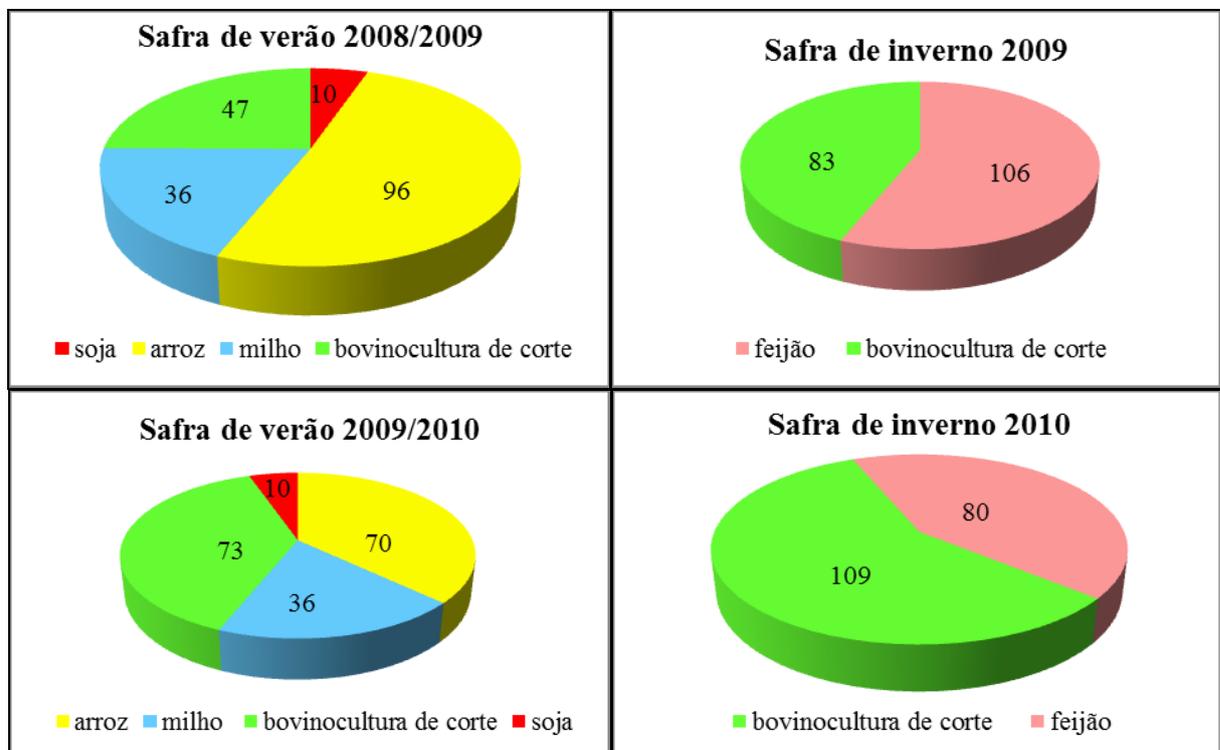
O portfólio composto pelas atividades de bovinocultura de corte e produção de feijão refere-se à safra de inverno de 2010. Os resultados da otimização do portfólio sugerem que, em termos mensais, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19%, com 39,18% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 60,82% à bovinocultura de corte. Convertendo-se esses valores em proporções de terra, observou-se que no inverno, 57,67% dos hectares devem ser ocupados com bovinocultura de corte e 42,33% devem ser destinados à produção de feijão. Ao transformar esses valores em quantidade de terras, têm-se 109 hectares ocupados pela bovinocultura de corte e 80 hectares pela produção de feijão. As participações das atividades agropecuárias do projeto de integração lavoura-pecuária na safra de inverno de 2010 são limitadas pela restrição de rotação de culturas.

A Figura 18 mostra diferentes portfólios com seus respectivos intervalos de confiança para os retornos esperados.

Figura 18: Retornos esperados referentes a cada portfólio

Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 19, pode ser visualizada a alocação de recursos, em termos de hectares, no projeto de integração lavoura-pecuária considerado no presente trabalho.

Figura 19: Alocação de recursos no projeto de integração lavoura-pecuária

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados expostos na Figura 19, pode-se notar que na safra de verão de 2008/2009, 25% dos hectares devem ser ocupados com pecuária e 75% devem ser destinados à lavoura. No inverno de 2009, 44% da área devem ser ocupados com pecuária e 56% com lavoura. Na safra de verão de 2009/2010, 39% da área disponível são alocados à atividade pecuária e 61% à lavoura. Na safra de inverno de 2010, 58% dos hectares disponíveis ocupados pela pecuária de corte e 42% dos hectares pela agricultura.

5.6 Alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa

Para comparar o desempenho da alocação de recursos gerada pela otimização do modelo de Markowitz, foram calculados os riscos e os retornos referentes à alocação de recursos recomendada pela Embrapa.

No projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa, no verão, 50% dos recursos são alocados à prática agrícola e 50% à pecuária. No inverno, 33% dos recursos são destinados à lavoura e 67% à pecuária. A Tabela 10 apresenta os resultados da alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa.

Tabela 10: Alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa.

Portfólios	Atividades	Alocação de recursos	Alocação de áreas	Risco	Retorno esperado
Safra de verão 2008/2009	Arroz	12,00%	16,67%	0,77%	3,53%
	Milho	12,78%	16,67%		
	Soja	10,18%	16,67%		
	Bovinocultura de corte	65,04%	50,00%		
Safra de inverno 2009	Feijão	33,90%	33,33%	0,50%	4,18%
	Bovinocultura de corte	66,10%	66,67%		
Safra de verão 2009/2010	Arroz	11,27%	16,67%	0,77%	3,53%
	Milho	11,48%	16,67%		
	Soja	9,02%	16,67%		
	Bovinocultura de corte	68,23%	50,00%		
Safra de inverno 2010	Feijão	30,50%	33,33%	0,50%	4,18%
	Bovinocultura de corte	69,50%	66,67%		

Fonte: Resultados da Pesquisa

De acordo com os resultados da Tabela 10, nas safras de verão 2008/2009 e de 2009/2010, conforme a alocação dada pela Embrapa, em termos mensais, para um risco de 0,77%, tem-se um retorno esperado de 3,53%, com 50% dos recursos destinados à bovinocultura de corte, 16,67% à cultura do arroz, 16,67% ao milho e 16,67% à soja.

Para os portfólios referentes às safras de inverno de 2009 e de 2010, os resultados da alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa sugerem que, em termos mensais, para um risco de 0,50%, espera-se um retorno de 4,18%, com 33,33% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 66,67% à bovinocultura de corte.

É importante ressaltar que as diferenças entre a alocação de recursos dada pela otimização do modelo e a alocação de recursos recomendada pela Embrapa, deve-se basicamente às restrições relacionadas às áreas mínimas viáveis.

Ao se comparar os resultados obtidos com a otimização do modelo com os resultados da alocação recomendada pela Embrapa, pode-se observar que a alocação de recursos da Embrapa apresentou riscos sensivelmente maiores nas safras de verão de 2008/2009 e de 2009/2010. Essa diferença deve-se à contribuição da soja na composição do portfólio para o aumento do risco. Além disso, o arroz que é uma cultura que apresentou um nível de risco relativamente baixo tem menor participação no portfólio da Embrapa. Observa-se também que os cultivos de arroz e milho ficaram em patamares abaixo da área mínima viável.

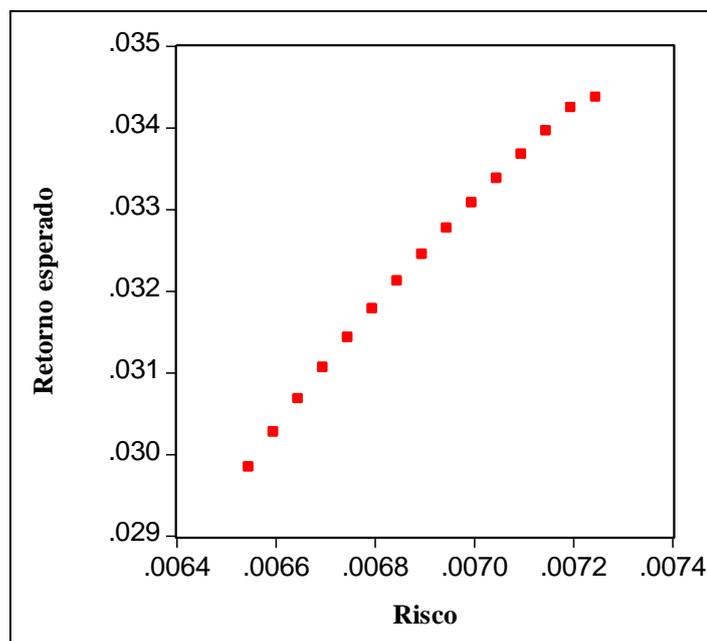
Os resultados da alocação de recursos recomendada pela Embrapa referentes às safras de inverno de 2009 e de 2010 apresentaram riscos menores que os do modelo de otimização. Essa diferença nos resultados pode ser atribuída a uma maior participação do feijão na composição dos portfólios otimizados.

Pode-se verificar que os resultados provenientes da alocação de recursos recomendada pela Embrapa apresentaram valores muito próximos dos obtidos pela otimização do modelo aplicado neste estudo apresentados na Tabela 9.

5.7 Construção das fronteiras eficientes

Após a otimização dos portfólios, construiu-se a fronteira eficiente através da utilização da Teoria do Portfólio de Markowitz (1952). Cada ponto localizado na fronteira eficiente é uma combinação de risco e retorno que perfaz o portfólio, ficando a critério do produtor a escolha da combinação que melhor satisfaça suas necessidades.

O portfólio eficiente oferece o menor nível de risco dado um retorno esperado ou o maior retorno dado um nível de risco aceitável. A Figura 20 mostra o gráfico da fronteira eficiente referente à safra de verão de 2008/2009.

Figura 20: Fronteira eficiente referente à safra de verão 2008/2009

Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme a Figura 20, observa-se que o risco cresce linearmente. A área abaixo da fronteira eficiente representa a faixa onde, hipoteticamente, todos os planos de produção são possíveis. No entanto, o produtor poderá maximizar sua utilidade somente nos pontos situados ao longo da fronteira eficiente. As diferentes combinações de retorno e risco referentes à safra de verão de 2008/2009 que compõem a fronteira eficiente podem ser visualizadas na Tabela 11.

Tabela 11: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de verão de 2008/2009

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporções de recursos				Proporções de áreas			
			Arroz	Milho	Soja	Boi	Arroz	Milho	Soja	Boi
A	0,65%	2,98%	42,14%	16,84%	3,72%	37,29%	50,79%	19,05%	5,29%	24,87%
B	0,66%	3,03%	39,19%	16,54%	3,66%	40,61%	48,09%	19,05%	5,29%	27,57%
C	0,66%	3,07%	36,51%	16,27%	3,60%	43,63%	45,55%	19,05%	5,29%	30,11%
D	0,67%	3,11%	34,04%	16,02%	3,54%	46,40%	43,13%	19,05%	5,29%	32,53%
E	0,67%	3,14%	31,75%	15,79%	3,49%	48,98%	40,82%	19,05%	5,29%	34,84%
F	0,68%	3,18%	29,61%	15,57%	3,44%	51,38%	38,60%	19,05%	5,29%	37,06%
G	0,68%	3,21%	27,61%	15,36%	3,40%	53,63%	36,47%	19,05%	5,29%	39,19%
H	0,69%	3,25%	25,72%	15,17%	3,36%	55,75%	34,40%	19,05%	5,29%	41,26%
I	0,69%	3,28%	23,93%	14,99%	3,32%	57,76%	32,40%	19,05%	5,29%	43,26%
J	0,70%	3,31%	22,24%	14,82%	3,28%	59,67%	30,45%	19,05%	5,29%	45,21%
K	0,70%	3,34%	20,62%	14,66%	3,24%	61,48%	28,56%	19,05%	5,29%	47,10%
L	0,71%	3,37%	19,08%	14,50%	3,21%	63,21%	26,71%	19,05%	5,29%	48,95%
M	0,71%	3,40%	17,60%	14,35%	3,17%	64,87%	24,90%	19,05%	5,29%	50,76%
N	0,72%	3,42%	16,19%	14,21%	3,14%	66,46%	23,13%	19,05%	5,29%	52,53%
O	0,72%	3,44%	15,52%	14,18%	3,11%	66,89%	22,22%	19,05%	5,75%	52,98%

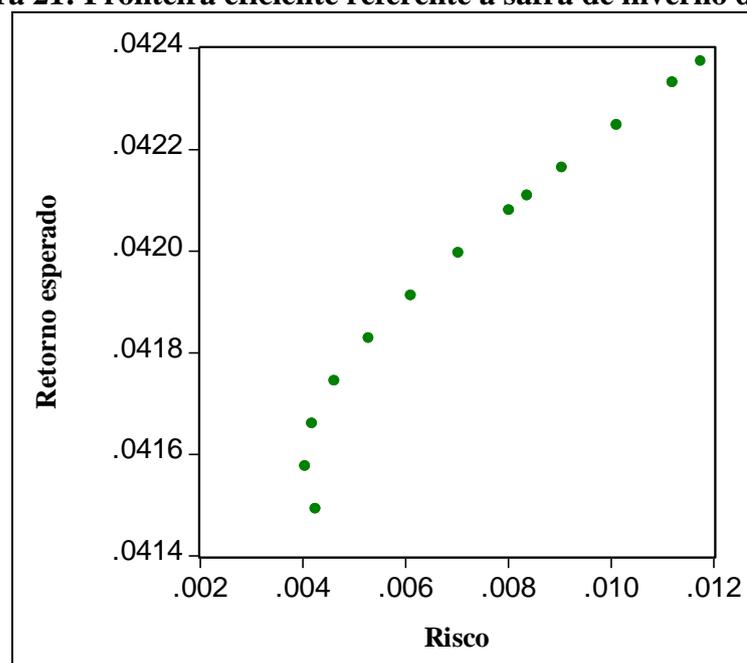
Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados apresentados na Figura 20 e na Tabela 11, em relação à distribuição de áreas, nota-se que o aumento da participação da bovinocultura de corte e a redução da participação do arroz contribuem para o aumento do risco. A soja e o milho mantêm suas respectivas proporções de áreas, devido ao nível de risco individual associado a essas culturas.

Conforme os resultados expostos na Tabela 11, no portfólio A, o nível de risco de 0,65% tem um correspondente retorno esperado de 2,98%. No portfólio B, o nível de risco de 0,66% deve render um retorno esperado igual a 3,03%. Observando que, por ser o risco do portfólio B maior que o risco de A e o retorno esperado de A menor que o retorno esperado de B, o agropecuarista, de posse dessa informação sobre o binômio risco/retorno, deve decidir quanto de risco quer assumir para obter um determinado retorno esperado. Por exemplo, ao escolher o portfólio B em detrimento do portfólio A, observa-se que para cada percentual adicional no nível de risco, espera-se um aumento de 8,58% no retorno esperado. Supondo que o produtor escolha o portfólio C ao invés do portfólio B, para cada percentual adicional no nível de risco, ele pode obter um aumento de 8,09% no retorno esperado. Nesse caso, o aumento do retorno esperado ocorre a uma taxa decrescente com o aumento do nível de risco.

Na safra de inverno de 2009, os recursos foram alocados à cultura do feijão e à bovinocultura de corte. Na Figura 21, pode-se visualizar o gráfico da fronteira eficiente da safra de inverno de 2009.

Figura 21: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009



Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme mostra a Figura 21, nota-se que a fronteira eficiente é uma curva ascendente, onde o retorno, inicialmente, cresce muito em relação ao risco e, posteriormente, cresce linearmente. O formato da fronteira eficiente é justificado pela correlação negativa entre a bovinocultura de corte e o feijão. Na Tabela 12 são apresentadas as combinações de risco e retorno esperado que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009.

Tabela 12: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporção de recursos		Proporção de áreas	
			Feijão	Bovinocultura de corte	Feijão	Bovinocultura de corte
A	0,40%	4,16%	18,38%	81,62%	18,00%	82,00%
B	0,42%	4,17%	24,47%	75,53%	24,00%	76,00%
C	0,46%	4,17%	30,54%	69,46%	30,00%	70,00%
D	0,50%	4,18%	33,90%	66,10%	33,33%	66,67%
E	0,53%	4,18%	36,59%	63,41%	36,00%	64,00%
F	0,61%	4,19%	42,62%	57,38%	42,00%	58,00%
G	0,70%	4,20%	48,64%	51,36%	48,00%	52,00%
H	0,80%	4,21%	54,63%	45,37%	54,00%	46,00%
I	0,84%	4,21%	56,71%	43,29%	56,08%	43,92%
J	0,90%	4,22%	60,61%	39,39%	60,00%	40,00%
K	1,01%	4,22%	66,57%	33,43%	66,00%	34,00%
L	1,12%	4,23%	72,51%	27,49%	72,00%	28,00%
M	1,17%	4,24%	75,47%	24,53%	75,00%	25,00%

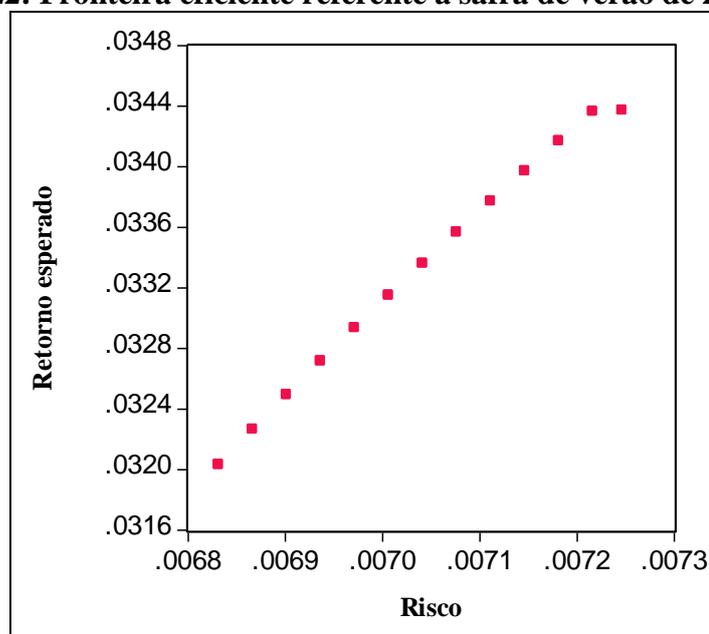
Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando os resultados expostos na Tabela 12, observa-se que o aumento da participação do feijão no portfólio contribui para o aumento do risco e do retorno esperado. O portfólio que apresentou menor risco (0,40%), com retorno esperado de 4,16% é composto por 18,38% dos recursos financeiros destinados ao cultivo de feijão e 81,62% à bovinocultura de corte. O portfólio mais arriscado apresentou um nível de risco de 1,17% para um retorno esperado de 4,24%, com 75,47% dos recursos financeiros alocados à produção de feijão e 24,53% à produção de gado de corte.

A escolha do portfólio dependerá do perfil do agropecuarista, o qual irá escolher, em todo o intervalo da curva, aquela combinação que melhor satisfaça suas necessidades. Dada a hipótese de que o agropecuarista escolha o portfólio B ao invés do portfólio A, observa-se que para cada percentual adicional no nível de risco, há um aumento de 0,63% no retorno esperado. Supondo que o produtor escolha o portfólio E em detrimento do portfólio D, para cada percentual adicional no nível de risco, há um aumento de 0,12% no retorno esperado.

Na safra de verão de 2009/2010, os recursos foram alocados entre as atividades de bovinocultura de corte, cultivo de arroz, milho e soja. A Figura 22 mostra o gráfico da fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010.

Figura 22: Fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010



Fonte: Resultados da pesquisa

A Figura 22 mostra que o risco e o retorno esperado crescem linearmente. As diferentes combinações de retorno e risco referentes à safra de verão de 2009/2010 que compõem a fronteira eficiente podem ser visualizadas na Tabela 13.

Tabela 13: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporções de recursos				Proporções de áreas			
			Arroz	Milho	Soja	Boi	Arroz	Milho	Soja	Boi
A	0,68%	3,20%	26,72%	14,00%	3,06%	56,23%	37,04%	19,05%	5,29%	38,62%
B	0,69%	3,23%	25,39%	13,85%	3,02%	57,74%	35,57%	19,05%	5,29%	40,09%
C	0,69%	3,25%	24,11%	13,71%	2,99%	59,19%	34,14%	19,05%	5,29%	41,52%
D	0,69%	3,27%	22,89%	13,57%	2,96%	60,58%	32,74%	19,05%	5,29%	42,93%
E	0,70%	3,29%	21,72%	13,44%	2,93%	61,91%	31,36%	19,05%	5,29%	44,30%
F	0,70%	3,32%	20,59%	13,31%	2,91%	63,19%	30,01%	19,05%	5,29%	45,65%
G	0,70%	3,34%	19,50%	13,19%	2,88%	64,43%	28,69%	19,05%	5,29%	46,97%
H	0,71%	3,36%	18,45%	13,07%	2,85%	65,63%	27,39%	19,05%	5,29%	48,27%
I	0,71%	3,38%	17,43%	12,96%	2,83%	66,78%	26,11%	19,05%	5,29%	49,55%
J	0,71%	3,40%	16,45%	12,85%	2,81%	67,90%	24,85%	19,05%	5,29%	50,82%
K	0,72%	3,42%	15,50%	12,74%	2,78%	68,98%	23,60%	19,05%	5,29%	52,06%
L	0,72%	3,44%	14,58%	12,64%	2,76%	70,03%	22,38%	19,05%	5,29%	53,28%
M	0,72%	3,44%	14,51%	12,67%	3,02%	69,79%	22,22%	19,05%	5,78%	52,95%

Fonte: Resultados da pesquisa

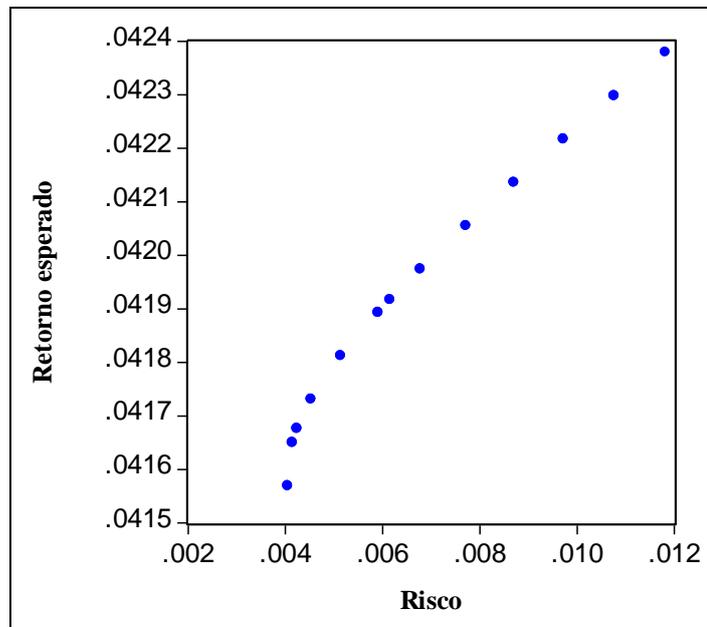
De acordo com os resultados expostos na Tabela 13, o portfólio menos arriscado apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, com 26,72% dos recursos

alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte. Enquanto a relação que apresentou maior risco e retorno, 0,72% e 3,44% respectivamente, em termos mensais, com 14,51% dos recursos alocados à cultura do arroz, 12,67% ao milho, 3,02% à soja e 69,79% à bovinocultura de corte.

Supondo que o agropecuarista selecione o portfólio C em detrimento do portfólio B, há um aumento de 6,51% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco. Ao passo que se o produtor escolher o portfólio M ao invés do portfólio L, há um aumento de 0,27% no retorno esperado para cada percentual adicional no nível de risco.

Na Figura 23 pode ser visualizada a fronteira referente à safra de inverno de 2010, onde o portfólio é composto pelas atividades de bovinocultura de corte e plantio de feijão.

Figura 23: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.



Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com a Figura 23, pode-se observar que inicialmente, o retorno esperado aumenta a uma taxa maior do que o risco e, posteriormente, risco e retorno esperado crescem linearmente. Na Tabela 14, observam-se as várias combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.

Tabela 14: Combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporção de recursos		Proporção de áreas	
			Feijão	Bovinocultura de corte	Feijão	Bovinocultura de corte
A	0,40%	4,16%	15,68%	84,32%	17,48%	82,52%
B	0,41%	4,17%	21,02%	78,98%	23,27%	76,73%
C	0,42%	4,17%	22,78%	77,22%	25,15%	74,85%
D	0,45%	4,17%	26,45%	73,55%	29,06%	70,94%
E	0,51%	4,18%	31,95%	68,05%	34,85%	65,15%
F	0,59%	4,19%	37,54%	62,46%	40,64%	59,36%
G	0,62%	4,19%	39,18%	60,82%	42,33%	57,67%
H	0,68%	4,20%	43,21%	56,79%	46,43%	53,57%
I	0,77%	4,21%	48,96%	51,04%	52,22%	47,78%
J	0,87%	4,21%	54,80%	45,20%	58,01%	41,99%
K	0,97%	4,22%	60,74%	39,26%	63,80%	36,20%
L	1,08%	4,23%	66,76%	33,24%	69,59%	30,41%
M	1,18%	4,24%	72,88%	27,12%	75,38%	24,62%

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados da Tabela 14 e da Figura 23, observa-se que à medida que se aumenta a participação do feijão no portfólio, há o aumento concomitante do risco e do retorno esperado do portfólio.

Os resultados da Tabela 14 mostram que no portfólio A, para o nível de risco de 0,40% tem-se retorno esperado de 4,16%. No portfólio B, o nível de risco de 0,41% apresenta um retorno esperado igual a 4,17%. Ao escolher o portfólio B em detrimento do portfólio A, espera-se um aumento de 0,85% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco. Caso o produtor escolha o portfólio C ao invés do portfólio B, ele poderá obter um aumento de 0,27% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco.

A escolha do portfólio ocorrerá de acordo com a preferência do agropecuarista diante dos portfólios dispostos na fronteira eficiente. Diante do mesmo conjunto de possibilidades, o produtor mais conservador, ou seja, mais avesso ao risco, selecionará o portfólio que apresente menor nível de risco. No entanto, o produtor que tenha maior tolerância ao risco escolherá o portfólio com maior retorno, assumindo maior nível de risco.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando um agropecuarista decide implantar um projeto de integração lavoura-pecuária, a questão que se coloca a princípio refere-se à distribuição dos recursos. A proposta deste trabalho foi oferecer uma maneira alternativa que possa auxiliar a alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária, com a utilização de uma abordagem baseada em Programação Linear, aplicada a Teoria do Portfólio, desenvolvida por Harry Markowitz.

A presente pesquisa buscou complementar o trabalho que vem sendo desenvolvido pela Embrapa ao longo das últimas décadas, ao identificar a proporção de recursos que deve ser alocada a cada atividade adotada no projeto de integração lavoura-pecuária.

A realização deste trabalho exigiu o conhecimento da taxa de retorno esperado de cada uma das atividades agropecuárias que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária, do risco, quantificado pelo desvio-padrão, e do desempenho relativo dos retornos de cada atividade em relação ao agrupamento de atividades.

Observou-se que no portfólio referente à safra de verão de 2008/2009, a melhor relação entre risco e retorno esperado, 0,65% e 2,98%, respectivamente, é obtida quando 42,14% dos recursos disponíveis são alocados à cultura do arroz, 16,84% ao milho, 3,72% à soja e 37,29% à bovinocultura de corte. Na safra de inverno de 2009, para um risco de 0,84%, tem-se um retorno esperado de 4,21%, com 43,29% dos recursos destinados à bovinocultura de corte e 56,71% ao cultivo do feijão. A safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, com 26,72% dos recursos alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte. Na safra de inverno de 2010, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19%, com 39,18% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 60,82% à bovinocultura de corte.

Supondo que o produtor rural estivesse disposto a investir um montante de 500 mil reais em um projeto de integração lavoura-pecuária, na safra de verão de 2008/2009, a receita gerada poderia variar de R\$513.650,00 à R\$516.150,00. Na safra de inverno de 2009, a receita poderia variar de R\$519.450,00 à R\$522.650,00, na safra de verão de 2009/2010, de R\$514.700,00 à R\$ 517.300,00 e na safra de inverno de 2010, de R\$519.800,00 à R\$522.100,00.

Foram calculados os riscos e os retornos referentes à alocação de recursos recomendada pela Embrapa, para comparar com o desempenho da alocação de recursos

gerada pela otimização do modelo de Markowitz. Nas safras de verão 2008/2009 e de 2009/2010, conforme a alocação dada pela Embrapa, para um risco de 0,77%, tem-se um retorno esperado de 3,53%, com 50% dos recursos destinados à bovinocultura de corte, 16,67% à cultura do arroz, 16,67% ao milho e 16,67% à soja. Nas safras de inverno de 2009 e de 2010, para um risco de 0,50%, espera-se um retorno de 4,18%, com 33,33% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 66,67% à bovinocultura de corte.

Observou-se que a alocação de recursos da Embrapa apresentou riscos maiores nas safras de verão de 2008/2009 e de 2009/2010, haja vista que a maior participação da soja na composição do portfólio contribuiu para o aumento do risco e o arroz que é uma cultura que apresentou um nível de risco relativamente baixo teve menor participação no portfólio da Embrapa. Entretanto, as safras de inverno de 2009 e de 2010 apresentaram riscos menores do que os do modelo de otimização, devido à maior participação do feijão na composição dos portfólios otimizados.

Foram geradas as fronteiras eficientes dos respectivos portfólios. Para diferentes níveis de retorno, têm-se diferentes níveis de risco, cabendo ao agropecuarista detectar a melhor opção relacionada ao seu perfil.

A fronteira eficiente disponibilizou diferentes combinações de risco e retorno, entretanto a escolha do agropecuarista em relação ao risco é pessoal e não existe uma resposta única para todas as situações. Observou-se que nas fronteiras eficientes das safras de verão, o retorno cresceu linearmente e nas safras de inverno, o retorno inicialmente crescia muito em relação ao risco e, a partir de certo ponto, o retorno crescia linearmente. Essa diferença pode ser atribuída ao fato que nas safras de verão, os portfólios eram compostos por atividades positivamente correlacionadas, enquanto que nas safras de inverno, as atividades eram negativamente correlacionadas.

É necessário ter-se claro que a dificuldade de obtenção de dados referentes à implantação de projetos de integração lavoura-pecuária limitou a formulação do modelo, visto que a inclusão de outras variáveis poderia contribuir para a melhor aplicação do modelo. Também há que se considerar, que a presente pesquisa refere-se ao recorte temporal compreendido entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.

Com relação ao método utilizado nesta dissertação, que foi modelado para ser aplicado em projetos de integração lavoura-pecuária, em que se procurou estudar a relação retorno esperado e risco, foi bem sucedido no que diz respeito aos objetivos iniciais propostos. O objetivo principal, que visou disponibilizar uma ferramenta para auxiliar os agropecuaristas

na alocação dos recursos em cada uma das atividades implantadas no projeto de integração lavoura-pecuária, foi inteiramente alcançado, pois indicou de forma clara, baseando-se em dados históricos, diferentes possibilidades de combinações de atividades agropecuárias, com seus respectivos riscos e retornos esperados.

É importante ressaltar que os resultados desta pesquisa não constituem uma resposta categórica e definitiva. O presente trabalho buscou contribuir para o processo de tomada de decisão do agropecuarista, ao auxiliar a alocação de recursos financeiros em projetos de integração lavoura-pecuária. Entretanto, o envolvimento de especialistas técnicos e financeiros na formulação do modelo permitirá o aperfeiçoamento e a ampliação do seu potencial de aplicação.

A metodologia empregada nesta dissertação teve sua própria elaboração, portanto, é um estudo pioneiro e sem um referencial literário com a mesma estrutura aqui apresentada, o que tornou o trabalho ainda mais estimulante e desafiador. É essencial destacar que todas as etapas que compuseram a metodologia proposta foram selecionadas de forma separada como objeto de estudo de outras literaturas existentes. Assim, caberá ser novamente testada a metodologia proposta em propriedades rurais em que for possível aplicar tal método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2007. (Embrapa Circular Técnica, 93).
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M.; **A cultura do milho na Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. (Embrapa Circular Técnica, 80).
- ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa, 2005. (Embrapa Documentos, 47).
- ANDRADE, F. W. M. **Desenvolvimento de Modelo de Risco de Portfólio para Carteiras de Crédito a Pessoas Físicas**. 2004. 196 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas). Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2004.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.
- BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. **Linear Programming and Network Flows**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- BENNINGA, S. **Financial modeling**. 2. ed. Massachusetts Institute of Technology, 2000, 622 p.
- BITTENCOURT, M. V. L.; SAMPAIO, A. V. **Análise Teórica dos Modelos de Tomada de Decisão sob Condições de Risco**. UFPR, Paraná, 1998.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. **Fundamentos de investimentos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 632 p.

BODIE, Z.; MERTON, R. C. **Finanças**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 456 p.

BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, p. 307-27, 1986.

BOOS, D. D. Introduction to the Bootstrap World. **Statistical Science**, Vol. 18, No. 2, Silver Anniversary of the Bootstrap, p. 168-174, 2003.

BOX, G. E. P.; PIERCE, D. A. Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models. **Journal of the American Statistical Association**, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, 1970.

BRASIL. **Companhia Nacional de Abastecimento** - CONAB. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 12/12/2010.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** – MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 02/01/2012.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior** – MDIC. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/>. Acesso em: 02/01/2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal 2010**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp>. Acesso em 02/01/2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2010**. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/ppm/ppm2010_Brasil.pdf. Acesso em 02/01/2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo agropecuário: Brasil 1995-1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. v. 1, 366 p.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finances**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em 24/12/2011.

CÉZAR, I. M., YOKOYAMA, L. P. Avaliação Bioeconômica de Recuperação de Pastagens pelo Sistema de Barreirão: Estudo de Casos. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 364-383.

COBUCCI, T.; PORTELA, C. M. O. Manejo de herbicidas no Sistema Santa Fé e na braquiária como fonte de cobertura morta. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 445-458.

CRUZ, S. C. S. **Milho e *brachiaria decumbens* em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2005. 173p.

DIAS-FILHO, M.B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Amazônia Oriental. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258). 2006.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive times series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, 74, p. 427-431, 1979.

EFRON, B. Bootstrap methods: Another look at the jackknife. **Annals of Statistics**. 7, p. 1-26, 1979.

EMBRAPA - ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. Cerrado brasileiro é exemplo de produção agrícola tropical. **Jornal da Ciência**, n.301, 19 de julho de 2006. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=39256>. Acesso em: 18/06/2012.

ENDERS, W. (2004). **Applies econometric time series**. 2. ed. John Wiley & Sons Inc. Hoboken.

ESTEVAM, L. A. **O tempo da transformação: estrutura e dinâmica na formação econômica de Goiás**. Campinas, 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **2050: A third more mouths to feed**. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/35571/icode/>. Acesso em: 27/10/2011.

GASQUES, J. C.; REZENDE, G. C.; VERDE, C. M. V.; SALERNO, M. S.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R.; CARVALHO, J. C. S. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**. Brasília: IPEA, 2004. (Texto para Discussão nº 1009). Disponível em: http://www.ipea.gov.br/pub/td/2004/td_1009.pdf. Acesso em 04/07/2011.

GIMENES, M. J.; DAL POGETTO, M. H. F. do A.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. de S.; SOUZA, E. de F. C. Integração lavoura-pecuária – breve revisão. In: **Revista Trópica, Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 1, 2010, p. 52-60.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745 p.

GOIÁS. Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de Goiás - FAEG. **Custos de produção**. Disponível em: <http://www.faeg.com.br>. Acesso em: 20/11/2010.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento - SEGPLAN; Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas - SEPIN. **Goiás em Dados 2011**. Goiânia: SEGPLAN, 2011. 196 p.

GONTIJO NETO, M. M. **Recuperar ou renovar?** Cultivar Bovinos, Pelotas, v. 2, n. 16, p. 20-23, mar. 2005.

GRINBLATT, M.; TITMAN, S. **Mercados Financeiros e Estratégia Corporativa**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 723 p.

GUANZIROLI, C. E. **Agronegócio no Brasil: perspectivas e limitações**. Economia. Universidade Federal Fluminense, 2006. (Texto para discussão nº 186). Disponível em: http://www.uff.br/econ/download/tds/UFF_TD186.pdf. Acesso em 04/07/2011.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p.

HAIR, J. F., ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L., BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 600 p.

HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R.B.M.; ANDERSON, J. R.; LIEN, G. **Coping with risk in agriculture**. 2. ed. Cambridge: CABI Publishing, 2004.

HARDWOOD, J.; HEIFNER, R.; COBLE, K.; PERRY, J. **Managing Risk in Farming: Concepts, Research and Analysis**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report n° 774, 1999. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/aer774>. Acesso em 27/01/2012.

HELMERS, G.A.; YAMOAHA, C.F.; VARVEL, G.E. Separating the impacts of crop diversification and rotations on risk. **Agronomy Journal**, v.93, p.1337-1340, 2001.

HESTERBERG, T.; MOORE, D.S.; MONAGHAN, S.; CLIPSON, A.; EPSTEIN, R. Bootstrap methods and permutation tests (Capítulo 14). In: MOORE, D.S.; MCCABE, G.P. **Introduction to the practice of statistics**, 5. ed., 2003.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. de, C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. de, M. ; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1978. 325p.

JORDAN, B. D.; MILLER, T. W. **Fundamentals of investments: valuation and management**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 2008.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: **I Simpósio de Gado de Corte**, 1999, Viçosa: UFV, 1999, p. 201-234.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Sistemas de integração pecuária e lavoura como formas de otimização do processo produtivo**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002 (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 74).

KIMURA, H. Administração de riscos em empresas agropecuárias e agroindustriais. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n. 7, 2º trimestre, 1998. p. 51-61.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 409-441.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 184-223.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Encarte Técnico: **Informações Agronômicas**, n. 106, junho/2004. Disponível em: <http://www.potafos.org.br>. Acesso em 06/03/2011.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 61-104

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás – Goiás: Embrapa, 2003.1. ed. v. 1, 570 p.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de Integração Lavoura-Pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. Fazendas de referência em integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 539-554.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P. C. B.; SCHMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, 54, p. 159-178, 1992.

LAZZAROTTO, J. J. **Desempenho econômico e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná**. 2009. 176f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

LAZZAROTTO, J. J.; SANTOS, M. L. dos; LIMA, J. E. de; MORAES, A. de. **Viabilidade financeira e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/13/220.pdf>. Acesso em 26/06/2010.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v.65, n.2, p.297-303, 1978.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009 (supl. especial).

MACKINNON, J. G. Critical Values for Cointegration Tests. In: ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. (Eds.). **Long-Run Economic Relationships**, Oxford: Oxford University Press, 1991.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v.7, n.1, p.77-91, 1952.

MARQUES, P. V.; AGUIAR, D. R. D. **Comercialização de produtos agrícolas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 295 p.

MARTHA JR, G. B.; BARCELLOS, A. O.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Integração lavoura-pecuária**. Disponível em: http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=100. Acesso em 05/01/2012.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. **Geo UERJ**, Ano 13, nº. 22, v. 2, 2º semestre de 2011 p. 290-322

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 São Paulo**. São Paulo: 1976.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 369 p.

MOREIRA, V. R. **Gestão dos riscos do agronegócio no contexto cooperativista**. 2009. 208 f. Tese (Doutorado em Administração). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006.

MOTA, B. S.; FERNANDES, M. Desempenho de estimadores de volatilidade na bolsa de valores de São Paulo. **Rev. Bras. Econ.**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 3, Set. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71402004000300006. Acesso em: 21/10/2011.

MUNIZ, L. C. **Avaliação bio-econômica em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; MAGNABOSCO, C. de U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Análise de risco da integração lavoura-pecuária com a utilização de system dynamics**. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/6/842.pdf>. Acesso em 26/06/2010.

ODA, A. L.; GRAÇA, C. T.; LEME, M. F. P. **Análise de riscos de projetos agropecuários: um exemplo de como fundamentar a escolha entre projetos alternativos e excludentes**. Disponível em: <http://www.fearp.usp.br/egna/resumos/Oda&Graca.pdf>. Acesso em 15/05/2010.

OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Implantação e Condução do Sistema Barreirão. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 265-302.

PÁDUA, A. A. S. **Migração, Expansão Demográfica e Desenvolvimento Econômico em Goiás**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial). Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

PEREIRA, S. L.; ALMEIDA FILHO, N. Alterações Estruturais na Economia Goiana e do Sudoeste Goiano. In: **O Agronegócio nas Terras de Goiás**. Uberlândia: Editora Edufu. 1. ed. 2003. 343 p.

PHILLIPS, P. C. B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v.75, n. 2, p. 335-346, 1988.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometria**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 7 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010. 647 p.

PORTES, T. A. de; CARVALHO, S. I. C. de; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos fisiológicos das plantas cultivadas e análise de crescimento da braquiária consorciada com cereais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 305-329.

RAMOS, A. W.; RO, L. L. Procedimentos inferenciais em índices de capacidade para dados autocorrelacionados via bootstrap. In: **Revista Produção**, v. 13, n. 3, 2003, p. 50-62

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios da administração financeira**. 2. ed. São Paulo: 2009. 525 p.

SÁ, G. T. de. **Investimentos no mercado de capitais**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico: Bolsa de Valores, 1979.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 165 p.

SCALÉA, M. J. Plantio direto: Integração agricultura-pecuária. In: **Simpósio sobre ecossistemas de pastagens**. Jaboticabal. SP: UNESP. p. 298 – 317, 1997.

SIMÕES, A. R. P.; MOURA, A. D. de. **Análise de risco do desempenho econômico de um sistema de recria de gado de corte em regime de pastejo rotacionado**. Revista de Economia e Agronegócio, vol. 4, n. 1, 2006, p. 75-97.

USDA. **Risk management.** United States Department of Agriculture – 2007. Farm Bill Theme Papers. Disponível em: <http://www.usda.gov/documents/Farbill07riskmgmtrev.pdf>, Acessado em 10/02/2012.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração entre lavoura e pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 145-170, 2003.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. Impactos socioeconômicos e estratégia de transferência de tecnologia do Sistema Barreirão. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 387-404, 2003.

ZANINE, A. de M., SANTOS, E. M., FERREIRA, D. de J., CARVALHO, G. G. P. de. Potencialidade da integração lavoura-pecuária: relação planta-animal. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Vol. VII, nº 01, 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106.html>. Acesso em: 10/10/2010

ANEXOS

Anexo 1: Custo de produção do milho no Estado de Goiás em fevereiro de 2010.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor atual	%	Comp. Mês ant.
CALAGEM						
Calcário	TON	0,50	42,00	21,00	1,21	0,00
Distribuição do calcário	H/M	0,35	32,93	11,53	0,66	0,00
Mão-de-obra calagem	D/h	0,07	25,00	1,75	0,10	0,00
Subtotal calagem (1)				34,28	1,97	0,00
PRÉ-PLANTIO						
Trator+plantadeira	H/M	0,40		0,00	0,00	
Dessecação+trator+pulverizador	H/M	0,20	34,80	6,96	0,40	0,00
Herbicida (Roundup)	L	5,00	10,30	51,50	2,96	0,00
Herbicida (2-4 D)	L	0,40	9,40	3,76	23,75	0,00
Óleo mineral	L	0,70	5,70	3,99	0,2291	0,00
Subtotal pré-plantio(2)				66,21	3,80	0,00
PLANTIO						
Incorporação	H/M	0,15	0	0,00	0,00	
Semente	KG	20,00	9,00	180,00	10,34	0,00
Tratamento de semente						
Inseticida (<i>Carbofuran</i>)	L	0,40	31,00	12,40	0,71	11,51
Inseticida (Neonicotinóides)	L	0,20	290,00	58,00	3,33	0,35
Adubação de plantio						
Adubo (<i>08-20-18+zn</i>)	TON	0,40	941,67	376,67	21,63	4,78
Semeadeira/Adubadeira	H/M	0,74	67,57	50,00	2,87	0,00
Mão-de-obra plantio	D/h	0,22	25,00	5,50	0,32	0,00
Subtotal plantio (3)				624,57	35,86	3,05
TRATOS CULTURAIS						
Controle de formigas						
Isca formicida	KG	0,50	7,37	3,69	0,21	0,00
Adubação de cobertura						
Adubo (<i>Uréia</i>)	TON	0,10	921,75	92,18	5,29	-1,36
Adubo (Sulfato de Amônio)	TON	0,10	592,50	59,25	3,40	0,04
Aplicação do Adubo	H/M	0,70	45,00	31,50	1,81	0,00
Controle de plantas daninhas						
Herbicida pré-emergente (<i>Atrazina+Metolachlor</i>)	L	4,00	16,00	64,00	3,67	6,67
Pulverização do herbicida	H/M	0,20	34,80	6,96	0,40	0,00
Cultivo mecanizado	H/M	0,40	0,00	0,00	0,00	
Controle de doenças (cercospora)						
Fungicida (Estrubirulina)	L	0,30	125,00	37,50	2,15	0,00
Aplicação por avião (vazão 40l/ha)	há	1,00	20,00	20,00	1,15	0,00
Controle de pragas						
Inseticida Fisiológico	L	0,30	80,50	24,15	1,39	2,29
Inseticida Carbamato	L	0,60	35,00	21,00	1,36	0,00
Pulverização do inseticida	H/M	0,30	34,80	10,44	0,60	0,00
Espalhante adesivo (<i>Extravon</i>)	L	0,50	10,00	5,00	0,29	-16,67
Irrigação	Kw/h	1500,00		0,00	0,00	
Mão-de-obra tratos culturais	D/h	0,56	25,00	14,00	0,80	0,00
Subtotal tratos culturais (4)				389,66	22,37	0,59
COLHEITA						
Colhedeira	%	5,00	1540,00	77,00	4,42	-6,67
Mão-de-obra colheita →						
Subtotal colheita (5)				77,00	4,42	-6,67
PÓS-COLHEITA						
Frete (<i>propriedade</i> → <i>armazém</i>)	SC	100,00	0,60	60,00	3,45	0,00
Armazenamento						
Recebimento/Secagem/Armazenagem (3 meses)	SC	100,00	1,5	150,00	8,61	0,00
Taxa de administração	%	10,00	150,00	15,00	0,86	0,00
Subtotal pós-colheita (6)				225,00	12,92	0,00
SUB-TOTAL				1416,72	81,35	1,09
OUTROS						
Seguro Agrícola (3,9%) - sobre 40%					0,00	
Assistência técnica (2%)				30,80	1,77	
Juros financiamento (16%) - sobre 40%				90,67	5,21	
INSS (2,3% sobre preço de venda)				35,42	2,03	
Custo alternativo terra (<i>arrendamento</i>)-7sacos de soja				168,00	9,65	
Subtotal outros (7)				324,89	18,65	
CUSTO TOTAL R\$/ha (1+2+3+4+5+6+7)				1741,61	100,00	
CUSTO (R\$/60 kg)				15,83		0,67

Fonte: FAEG (2010)

Anexo 2: Custo de produção do feijão no Estado de Goiás em julho de 2010.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor atual	%	Comp. Mês ant
CALAGEM						
Calcário	TON	1,00	42,00	42,00	1,40	0,00
Distribuição do calcário	H/M	0,50	32,93	16,47	0,55	0,00
Mão-de-obra calagem	D/h	0,07	25,00	1,75	0,06	0,00
Subtotal calagem (1)				60,22	2,01	0,00
TERRACEAMENTO						
Conservação	H/M	0,20	36,57	7,31	0,24	0,00
Mão-de-obra terraceamento	D/h	0,03	25,00	0,75	0,03	0,00
Subtotal terraceamento (2)				8,06	0,27	0,00
PREPARO DO SOLO						
Aração	H/M	1,36	63,07	85,78	2,86	0,00
Gradagem (2x)	H/M	1,20	53,07	63,68	2,12	0,00
Controle de plantas daninhas						
Herbicida PPI (<i>Trifluralina</i>)	L	1,80	10,00	11,80	0,39	0,00
Pulverização do herbicida	H/M	0,50	34,80	17,40	0,58	0,00
Mão-de-obra preparo do solo	D/h	0,39	25,00	9,75	0,33	0,00
Subtotal preparo do solo (3)				188,41	6,28	0,00
PLANTIO						
Semente (<i>Pérola</i>)	KG	65,00	6,00	390,00	13,01	0,00
Tratamento de semente						
Inseticida (<i>Ralzer 350 SC</i>)	L	0,90	16,50	14,85	0,50	0,00
Fungicida (<i>Benlate 500</i>)	KG	0,065	50,00	3,25	0,11	0,00
Adubação de plantio						
Adubo (<i>08-20-18 - ZN</i>)	TON	0,50	855,25	427,63	14,26	-2,19
Semeadeira/Adubadeira	H/M	0,70	67,57	47,30	1,58	0,00
Mão-de-obra plantio	D/h	0,15	25,00	3,75	0,13	0,00
Subtotal plantio (4)				886,77	29,58	-1,07
TRATOS CULTURAIS						
Controle de formigas						
Isca formicida	KG	0,50	7,00	3,50	0,12	0,00
Adubação de cobertura						
Adubo (<i>Uréia</i>)	TON	0,105	801,75	84,18	2,81	1,92
Adubo (<i>Cloreto de Potássio</i>)	TON	0,030	937,75	28,13	0,94	-1,98
Adubo (<i>Sulfato de Zinco</i>)	TON	0,025	1480,00	37,00	1,23	-1,33
Adubo (<i>Bórax</i>)	TON	0,015	1850,00	27,75	0,93	0,00
Aplicação do Adubo (2x)	H/M	1,60	45,00	72,00	2,40	0,00
Controle de plantas daninhas						
Herbicida pós-emergente (<i>Flex</i>)	L	0,90	43,00	38,70	1,29	0,00
Herbicida pós-emergente (<i>Basagran</i>)	L	1,20	30,00	36,00	1,20	0,00
Óleo adjuvante (<i>Assist - adição ao Basagran</i>)	L	1,00	5,00	5,00	0,17	25,00
Pulverização do herbicida	H/M	0,50	34,80	17,40	0,58	0,00
Controle de pragas						
Inseticida (<i>Folidol 600</i>)	L	0,46	23,00	10,58	0,35	0,00
Inseticida (<i>Sevin 850</i>)	KG	1,20	44,00	52,80	1,76	0,00
Inseticida (<i>Tamaron BR</i>)	L	1,00	18,70	18,70	0,62	0,00
Pulverização do inseticida (3x)	H/M	1,50	34,80	52,20	1,74	0,00
Controle de doenças						
Fungicida (<i>Cerconil PM</i>)	KG	1,50	25,00	37,50	1,25	0,00
Fungicida (<i>Dacobre PM</i>)	KG	2,50	31,00	77,50	2,59	0,00
Fungicida (<i>Mertin 400</i>)	L	0,50	68,80	34,40	1,15	0,00
Fungicida (<i>Persist</i>)	L	3,60	15,00	54,00	1,80	0,00
Pulverização do fungicida (4x)	H/M	2,00	34,80	69,60	2,32	0,00
Espalhante adesivo (<i>Extravon</i>)	L	0,50	10,00	5,00	0,17	0,00
Irrigação	Kw/h	1000,00	0,39	390,00	13,01	0,00
Mão-de-obra tratos culturais	D/h	0,70	25,00	17,50	0,58	0,00
Subtotal tratos culturais (5)				1169,45	39,01	0,13
COLHEITA						
Colheita manual (<i>arranquio</i>)	D/h	6,00	25,00	150,00	5,00	0,00
Recolhimento/Trilha/Ensaque (<i>Miac</i>)	H/M	1,30	71,48	92,92	3,10	0,00
Mão-de-obra trilha	D/h	0,21	25,00	5,25	0,18	0,00
Sacaria	Unidade	50,00	0,70	35,00	1,17	0,00
Subtotal colheita (6)				283,17	9,45	0,00
SUB-TOTAL				2596,08		-0,31
OUTROS						
Proagro (1,7%) - sobre 40%				0,00	0,00	0,00
Assistência técnica (2%) - sobre 40%				20,77	0,69	-0,31
Juros financiamento (8,75% a.a em 8 meses) - sobre 40%				59,71	1,99	-0,31
INSS (2,2% sobre preço de venda)				99,00	3,30	0,00
Custo alternativo terra (arrendamento)				141,00	4,70	0,00
Custo alternativo variáveis (6% a.a em 8 meses)				81,34	2,71	-0,39
Subtotal outros (7)				401,82	13,40	-0,14
CUSTO TOTAL (1+2+3+4+5+6+7)				2997,90	100,00	-0,29
CUSTO (R\$/60 kg)				59,96		-0,29

Fonte: FAEG (2010)

Anexo 3: Custo de produção da soja no Estado de Goiás em março de 2010.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor atual	%	comp. Mês ant.
1- PRÉ-PLANTIO						
Plantio da cultura de cobertura						
Calcário	TON	0,50	42,00	21,00	1,45	0,00
Semente - Milheto	KG	20,00	1,50	30,00	2,08	0,00
Trator+Plantadeira	H/M	0,60	78,41	47,05	3,26	0,00
Dessecação+trator+pulverizador	H/M	0,20	47,82	9,56	0,66	0,00
Herbicida dessecação(Roundup)	L	4,00	8,00	32,00	2,21	11,11
Herbicida dessecação(Clorimuron)	KG	0,04	27,00	1,08	0,07	6,89
Inseticida dessecação (Cypermetrina)	L	0,08	18,20	1,46	0,10	1,11
Óleo mineral	L	0,50	6,80	3,40	0,24	19,30
SUBTOTAL 1				124,55	8,62	3,18
2- PLANTIO						
Semente (Fiscalizada/Certificada)	KG	60,00	2,00	120,00	8,30	0,00
Fung. para tratamento de sem. (Carboxin+Thiran)	L	0,06	19,90	1,19	0,08	3,11
Micronutriente trat. Sementes (Co + Mo)	L	0,10	120,00	12,00	0,83	0,00
Inoculante	dose	1,00	3,00	3,00	0,21	0,00
Inset. Para trat. Sementes (Cruiser)	KG	0,06	269,00	16,14	1,12	-10,03
Adubação de plantio (02-20-18 + FTE)	TON	0,40	870,00	348,00	24,08	4,69
Trator+Plantadeira	H/M	0,74	56,75	42,00	2,91	0,00
SUBTOTAL 2				542,33	37,53	2,62
3- TRATOS CULTURAIS						
Isca formicida	KG	1,00	7,00	7,00	0,48	-5,02
Herbicida pós (Lactofen)	L	0,30	30,70	9,21	0,64	4,42
Herbicida (Imazetapyr)	L	0,30	15,00	4,50	0,31	1,35
Herbicida Folha Estreita (Galat)	L	0,40	39,00	15,60	1,08	0,00
Trator + Pulverizador	H/M	0,30	35,00	10,50	0,73	0,57
Inseticida (Fisiológico-Nomolt)	L	0,08	73,00	5,84	0,40	0,00
Inseticida (Fosforado)	L	0,50	21,00	10,50	0,73	3,70
Inseticida (carbamato)	L	0,50	41,00	20,50	1,42	2,50
Inseticida (Neonicotinóide)	L	0,20	230,00	46,00	3,18	12,20
Fungicida (estribirulina+triazol)	L	0,30	71,00	21,30	1,47	2,90
Fungicida (triazol) (3aplicações)	L	0,97	80,00	77,60	5,37	0,00
Trator + Pulverizador	H/M	0,15	34,80	5,22	0,36	0,00
Aplicação aérea (inset. + fung.)	HV	0,01	2000,00	20,00	1,38	0,00
SUBTOTAL 3				233,77	16,18	2,91
4- COLHEITA						
Colheitadeira	%	6,00	1395,33	83,72	5,79	-6,56
SUBTOTAL 4				83,72	5,79	-6,56
5 - MÃO-DE-OBRA						
Itens 1+2+3	d/H	1,00	25,00	25,00	1,73	0,00
SUBTOTAL 5				25,00	1,73	0,00
Subtotal				1009,37	69,85	1,86
6 - PÓS-COLHEITA						
Frete (propriedade → armazém)	SC	47,00	0,60	28,20	1,95	0,00
Armazenamento						
Recebimento/Secagem/Exedicação	SC	47,00	0,80	37,60	2,60	0,00
Armazenamento/Conservação (3 meses)	SC	47,00	0,50	23,50	1,63	0,00
Taxa de administração	%	10,00	61,10	6,11	0,42	0,00
Subtotal pós-colheita (7)				95,41	6,60	0,00
SUB-TOTAL				1104,78	76,45	1,69
OUTROS						
Proagro (3,9%) - sobre 40%					0,00	
Assistência técnica (2%)				27,91	1,93	-6,56
Juros financiamento (8,75% a.a em 8 meses) - sobre 40%				70,71	4,89	1,69
INSS (2,3% sobre preço de venda)				32,32	2,24	-6,56
Custo alternativo terra (arrendamento) 7sacos de soja				209,30	14,48	-6,56
Subtotal outros (8)				340,23	23,55	-4,96
CUSTO TOTAL R\$/ha (1+2+3+4+5+6+7+8)				1445,01	100,00	0,05
RECEITA (R\$/ha)				1395,33		-6,56
CUSTO (R\$/60 kg)				30,96		0,05

Fonte: FAEG (2010)