

JOELSIO JOSÉ LAZZAROTTO

**DESEMPENHO ECONÔMICO E RISCOS ASSOCIADOS À
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Economia Aplicada,
para obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L432d
2009

Lazzarotto, Joelsio José, 1972-

Desempenho econômico e riscos associados à integração
lavoura-pecuária no Estado do Paraná / Joelsio José Lazzarotto.
– Viçosa, MG, 2009.
xviii, 176f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Maurinho Luiz dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 148-161.

1. Economia agrícola. 2. Administração rural. 3. Sistemas
Agrícolas. 4. Administração financeira. 5. Administração de
projetos - Agricultura. 6. Carteiras (Finanças) - Administração.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 338.1

JOELSIO JOSÉ LAZZAROTTO

**DESEMPENHO ECONÔMICO E RISCOS ASSOCIADOS À
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de fevereiro de 2009.



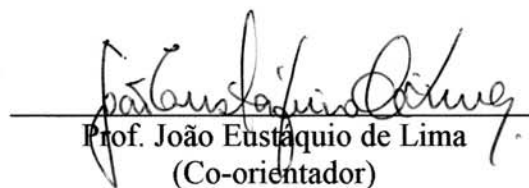
Prof. Alexandre Lopes Gomes



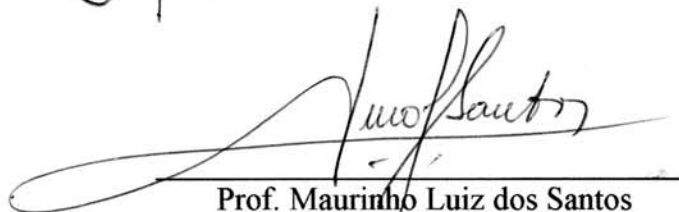
Prof. Bricio dos Santos Reis



Prof. José Luis dos Santos Rufino



Prof. João Eustáquio de Lima
(Co-orientador)



Prof. Maurinho Luiz dos Santos
(Orientador)

Aos meus pais, Fátima e Sérgio
À minha esposa Lissandra
Ao meu filho Gabriel

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por tornar tudo possível.

Aos meus pais, Fátima e Sérgio, pelo exemplo de vida.

À minha esposa Lissandra, pelo companheirismo, pela confiança, pelo carinho e pela compreensão, especialmente nos momentos mais difíceis.

Ao meu filho Gabriel, pela compreensão e pelo carinho.

A todos os demais familiares, em especial às minhas irmãs Cleonice e Rosângela, que, apesar da distância, torceram e agora dividem comigo a alegria pela conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Economia Rural, pela oportunidade de realizar um ótimo curso de pós-graduação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela liberação e pelos apoios institucional e financeiro para a realização do curso de doutorado.

Ao professor Maurinho Luiz dos Santos, pela orientação, pelo apoio permanente, pela confiança e pela amizade, que foram fundamentais para cumprir as diversas etapas do curso.

Aos conselheiros Aníbal de Moraes e João Eustáquio de Lima, pela amizade conquistada e, principalmente, pelos suportes fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos professores Alexandre Lopes Gomes, Bricio dos Santos Reis e José Luiz dos Santos Rufino, integrantes da banca examinadora, pelas críticas e sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Economia Rural, pelo conhecimento e pelas orientações transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Economia Rural, em especial a Brilhante, Carminha, Cida, Graça, Helena, Luíza e Tedinha, pela dedicação nos serviços prestados.

Aos colegas dos cursos de Mestrado e Doutorado, em especial a Adelson, Adriano, Alan, Alessandro, Aline, Beatriz, Camila, Carlos André, Cristiane, Denis, Eduardo, Eliane, Francisco, Flaviane, Heloísa, Jair, João Ricardo, Kilmer, Leonardo, Marcelo Brandão, Marcelo Valente, Marine, Norberto, Piacenti, Roberta, Rosângela, Sara, Thiago e Valéria, pela amizade e pelo companheirismo, que tornaram as dificuldades mais amenas.

Ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná e à Cooperativa Agrária Agroindustrial, de Guarapuava - PR, pelos dados e pelas informações imprescindíveis para a realização deste estudo.

Ao Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná, pelos dados fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos profissionais da Cooperativa Agrária Agroindustrial, em especial a Celso Volpeto e Silvino Caus, pela grande presteza demonstrada na etapa de coleta de dados.

A Antônio Carlos Roessing e Heveraldo Camargo Mello, pela amizade e pelos incentivos à realização do curso.

A Luiz Fernando Brondani, da Emater-PR, pelo auxílio na realização deste trabalho.

A todos os amigos que fiz em Viçosa, em especial a Caio Marcos, Clélia, Edvaldo, Maria Luíza, Damião e Marquinho.

A todos que, de alguma forma, contribuíam para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

JOELSIO JOSÉ LAZZAROTTO, filho de Fátima Daboit Lazzarotto e Sérgio Lazzarotto, nasceu em São Lourenço do Oeste-SC, em 1º de outubro de 1972.

Entre agosto de 1993 e março de 1999, cursou Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria-RS.

Em maio de 1999, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Administração Rural, em nível de Mestrado, do Departamento de Economia e Administração, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG. A conclusão do mestrado ocorreu em setembro de 2000.

Nos anos de 2001 e 2002, atuou como docente de cursos de graduação de três instituições: Faculdade Educacional do Sudoeste do Paraná (Pato Branco-PR), Fundação Educacional de Guarapuava (Guarapuava-PR) e Universidade do Oeste de Santa Catarina (São Miguel do Oeste-SC). Em junho de 2002, mudou-se para Londrina-PR, onde passou a exercer a função de pesquisador, na área de economia rural, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, em nível de Doutorado, do Departamento de Economia Rural, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. A temática da integração lavoura-pecuária	6
1.3. O problema e sua importância	9
1.4. Hipótese	12
1.5. Objetivos	13
1.6. Estrutura de desenvolvimento deste estudo	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15

2.1. O processo de tomada de decisão	15
2.2. Investimentos de capital	19
2.3. Tomada de decisão sob condições de riscos e incertezas	25
2.3.1. A teoria da utilidade esperada	30
2.3.2. A teoria do portfólio	36
2.4. Comentários finais sobre os principais fundamentos teóricos	47
3. METODOLOGIA	48
3.1. Considerações principais referentes ao objeto de estudo	48
3.2. Análise financeira dos investimentos nos sistemas de produção	51
3.2.1. Indicadores financeiros sob condições determinísticas	52
3.2.2. Indicadores financeiros sob condições de incertezas	55
3.2.3. Procedimentos operacionais para desenvolver a análise financeira	57
3.3. Análise da volatilidade dos resultados econômicos	65
3.3.1. A contribuição das atividades sobre os riscos de mercado	65
3.3.2. O <i>value-at-risk</i> para os sistemas de produção	68
3.3.3. Procedimentos operacionais para desenvolver a análise de volatilidade	74
3.3.3.1. Os retornos econômicos das atividades agropecuárias	74
3.3.3.2. Estimação das matrizes de variâncias e covariâncias	77
3.3.3.3. Obtenção dos valores efetivos associados com as medidas de risco	78

3.4. Fontes de dados e recursos computacionais	82
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.1. Caracterização dos sistemas de produção	84
4.1.1. Considerações gerais e dinâmicas de funcionamento dos sistemas	85
4.1.2. Desempenho e componentes tecnológicos dos sistemas de produção	89
4.1.3. Outras considerações sobre as estruturas dos sistemas de produção	95
4.2. Análise financeira dos sistemas de produção	98
4.2.1. Investimentos nos sistemas de produção	99
4.2.2. Indicadores financeiros sob condições determinísticas	101
4.2.3. Análises de sensibilidade	104
4.2.4. Indicadores financeiros sob condições de incertezas	109
4.3. Análise de volatilidade dos retornos dos sistemas de produção	114
4.3.1. Participação das atividades no custo total de cada sistema	115
4.3.2. O comportamento dos retornos esperados dos sistemas de produção	116
4.3.2.1. Os retornos com produtividades constantes	117
4.3.2.2. Os retornos com produtividades variáveis	125
4.3.3. Impactos das atividades agropecuárias nos riscos de mercado	130
4.3.4. O <i>value-at-risk</i> e a relação risco/retorno de cada sistema	134

5. RESUMO E CONCLUSÕES	140
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
APÊNDICES	162
APÊNDICE A	163
APÊNDICE B	165
APÊNDICE C	167

LISTA DE QUADROS

		Página
1	Área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários do Brasil	5
2	Área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários da microrregião de Guarapuava - PR	51
3	Composição anual dos sistemas em termos de atividades comerciais e atividades-meio	86
4	Produtividades de soja, milho e trigo no Brasil, na Região Sul, no Paraná e nos sistemas de PV e ILP - kg/ha	90
5	Indicadores técnicos médios da produção de bovinos de corte nos sistemas de ILP e BC	92
6	Insumos agrícolas usados nos sistemas de PV, ILP e BC para as produções das pastagens permanente e cultivada (quantidades/ha)	94
7	Demanda de mão-de-obra (número de trabalhadores) nos sistemas	96
8	Investimentos necessários para os sistemas de produção (em R\$)	99

9	Indicadores financeiros determinísticos dos sistemas de PV, ILP e BC	101
10	Impactos de variações nos investimentos sobre o VPL dos sistemas	105
11	Impactos das variáveis chave de receitas e despesas sobre o VPL	107
12	Indicadores financeiros obtidos com simulações dos fluxos de caixa dos sistemas de PV, ILP e BC	110
13	Participação das atividades agropecuárias no custo total de cada sistema de produção	116
14	Valores esperados, com produtividades constantes, para atividades e sistemas de produção	118
15	Estatísticas associadas aos retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, das atividades e sistemas de produção	121
16	Valores esperados, com produtividades variáveis, para atividades e sistemas de produção	126
17	Estatísticas associadas aos retornos esperados (LT/CT), com produtividades variáveis, das atividades e sistemas de produção ...	128
18	Correlações simples médias, com produtividades constantes, entre as séries de retornos esperados (LT/CT) das atividades presentes nos sistemas de PV e ILP	132
19	Coeficientes de variância relativa e contribuições das atividades, com produtividades constantes, para a variância dos retornos esperados (LT/CT) dos sistemas de PV e ILP	133
20	Valores anuais esperados para os sistemas de PV, ILP e BC	135
21	Estimativas do <i>value-at-risk</i> (VaR), associadas com os retornos esperados (LT/CT), para cada sistema de produção	137

22	Estimativas da pior margem de contribuição (PMC), associadas com os retornos esperados (MC/CV), para cada sistema de produção	138
23	Estimativas da relação risco/retorno medida pelo ISA	139
1C	Insumos agrícolas usados nos sistemas de PV, ILP e BC para as produções de soja, milho (comercial e/ou para silagem) e trigo	167
2C	Insumos usados nos sistemas de ILP e BC para a produção de bovinos de corte	168
3C	Principais operações agrícolas desenvolvidas nos sistemas de produção (em número de operações/ha)	169
4C	Bens de capital necessários para o funcionamento dos sistemas de produção	170
5C	Fluxos de caixa do sistema de produção vegetal	171
6C	Fluxos de caixa do sistema de integração lavoura-pecuária	172
7C	Fluxos de caixa do sistema de bovinocultura de corte	173
8C	Variáveis independentes submetidas à análise de sensibilidade	174
9C	Coeficientes de correlação simples entre o VPL e as variáveis chave de cada sistema	175
10C	Avaliação da acurácia das estimativas do VaR	176

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Distribuições de probabilidades dos retornos de dois ativos	27
2	Risco como função do tempo	28
3	Função de utilidade de um agente econômico avesso ao risco	32
4	Função de utilidade de um agente econômico propenso ao risco	34
5	Função de utilidade de um agente econômico indiferente ao risco ..	35
6	Preferências em relação ao risco	36
7	Possibilidades de risco e retorno para vários portfólios de ativos	44
8	Seleção de carteira pela curva de indiferença	45
9	Impacto da diversificação sobre o risco de carteiras de investimento	46
10	As microrregiões do Estado do Paraná	50
11	Distribuição de probabilidade a partir do método <i>Latin Hypercube</i>	62

12	Resultados de cinco iterações com o método de Monte Carlo	63
13	Resultados de cinco iterações com o método <i>Latin Hypercube</i>	64
14	Ilustração do <i>value-at-risk</i>	71
15	Funções de distribuição de probabilidade acumulada ($F(X)$) do VPL	112
16	Valores de VPL frente a diferentes níveis de probabilidade	113
17	Séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, dos sistemas de produção	123
18	Representações das frequências relativas e acumuladas das séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes	124
19	Representações das frequências relativas e acumuladas das séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades variáveis	129
20	Séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, das atividades e sistemas de PV(a) e ILP(b)	131

RESUMO

LAZZAROTTO, Joelsio José, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Desempenho econômico e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná.** Orientador: Maurinho Luiz dos Santos. Co-orientadores: Aníbal de Moraes e João Eustáquio de Lima.

No setor agropecuário brasileiro, há grande diversidade e heterogeneidade de sistemas de produção, que tendem a ser cercados por amplo número de fatores de riscos operacionais e de mercado. Embora esses riscos não possam ser completamente eliminados, eles podem ser minimizados mediante a adoção de algumas estratégias, como a diversificação. Dentro da diversificação, tem-se a integração lavoura-pecuária, que corresponde à condução de sistemas em que são conjugadas atividades agrícolas e pecuárias, que possuem um mínimo de interação entre si. No entanto, apesar de existirem na literatura diversos trabalhos que demonstram as vantagens técnicas em combinar explorações vegetais e animais, no Brasil ainda é grande a carência de resultados científicos que evidenciem os benefícios e riscos econômicos, sobretudo para o longo prazo, da condução de práticas de integração agropecuária. Diante disso, buscou-se analisar, de forma comparativa e considerando situações de riscos operacionais e

de mercado, a viabilidade financeira, os efeitos da diversificação e a volatilidade, ao longo do tempo, dos retornos econômicos de sistemas de produção com integração lavoura-bovinocultura de corte frente a sistemas caracterizados apenas pela exploração de grãos ou pela especialização na bovinocultura de corte. Em termos metodológicos, desenvolveram-se dois tipos de análises: financeira e de volatilidade. Na primeira, foram obtidos indicadores de longo prazo, como o valor presente líquido e a taxa interna de retorno. Na análise de volatilidade, calcularam-se medidas, sobretudo de curto prazo, como os coeficientes de impactos da diversificação de atividades, o *value-at-risk* e a relação risco/retorno esperados. Para realizar essas análises, utilizaram-se dados históricos relativos ao período de janeiro de 1995 a agosto de 2007. Esses dados contemplam informações técnicas e econômicas acerca das estruturas e dos funcionamentos dos sistemas em questão, explorados na microrregião de Guarapuava - PR. A partir dos resultados da análise financeira, são destacadas duas conclusões: 1) no longo prazo, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) constitui a alternativa que resulta nos melhores indicadores financeiros; e 2) frente a riscos operacionais e de mercado, o sistema de produção vegetal (PV) gera maior risco (52,3%) de o produtor não obter resultados suficientes para ao menos cobrir os custos de oportunidade do capital; para os sistemas de bovinocultura de corte (BC) e ILP, esses riscos são, respectivamente, de 39,2% e 26,0%. Por sua vez, os resultados da análise de volatilidade conduzem a duas conclusões principais: 1) a combinação de atividades no sistema de ILP propicia, em relação àquela do sistema de PV, maiores benefícios associados com a redução dos riscos não-sistemáticos; e 2) o sistema de ILP gera, também no curto prazo, melhores resultados, pois, mesmo em condições operacionais e/ou mercadológicas desfavoráveis, esse sistema apresenta a relação mais favorável entre retornos e riscos.

ABSTRACT

LAZZAROTTO, Joelsio José, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2009. **Economic performance and risks associated to integrated crop-livestock system in the state of Paraná.** Adviser: Maurinho Luiz dos Santos. Co-advisers: Aníbal de Moraes and João Eustáquio de Lima.

In the Brazilian agriculture, there is a great diversity and heterogeneity of production systems which tend to be subject to a wide number of operational and market risk factors. Although these risks cannot be completely eliminated, they can be minimized by adopting some strategies including diversification, such as crop-livestock integration, i.e., systems combining agricultural and livestock activities with a minimum of integration between them. However, although several works available in the literature show the technical advantages of combining plant and animal explorations, Brazil still lacks scientific work results evidencing the economic benefits and risks, especially in the long run, of conducting crop-livestock practices. This work aimed to analyze, considering operational and market risk situations, the financial viability, diversification and volatility effects of the economic returns of integrated crop-beef cattle systems compared to systems characterized by grain cultivation or beef cattle

specialization. In methodological terms, two types of analyses were developed: financial analysis and volatility analysis. In the first, long term indicators were obtained, such as the net present value and the return internal rate. In the volatility analysis, measurements were made, especially short term ones, of the activity diversification impact coefficient, the *value-at-risk* and the risk/return relation expected. To carry out these analyses, historical data related to the period January 1995/August 2007 period were used. These data concern technical and economic information on the structures and functioning of the systems under study, explored in the micro-region of Guarapuava - PR. Based on the financial analysis results obtained, two conclusions were reached: 1) in the long run, the crop-livestock integration system (CLI) is the alternative providing the best financial indicators; and 2), in view of the operational and market risks, the plant production system (PP) offers the greatest risk (52.3%) for the producer, in terms of not providing sufficient results to at least cover the capital opportunity costs; regarding the beef cattle (BC) and CLI systems, these risks are, respectively, 39.2% and 26.0%. Regarding the volatility analysis results, two major conclusions were reached: 1) the combination of activities in the CLI system, provides, compared to that of the PP system, greater benefits, associated with the reduction of non-systematic risks; and 2) the CLI system, also generates better results in the short-term, for, even under unfavorable operational and/or market conditions, this system presents the most favorable return/ risk relation.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O agronegócio tem papel fundamental para o desenvolvimento da economia brasileira. Isso porque, além de responder por cerca de 30% do produto interno bruto do País (CEPEA, 2007), contribui com 36% das exportações brasileiras. Esta acentuada participação no comércio exterior tem sido responsável, também, pela manutenção do superávit na balança comercial nacional (CONAB, 2007).

Com base nesses números, pode-se enfatizar que o agronegócio brasileiro acaba dinamizando amplo conjunto de atores, atividades e segmentos organizacionais ligados aos setores primário, secundário e terciário. Em relação ao setor primário, destaca-se o fato de que no Brasil há grande diversidade e heterogeneidade de sistemas de produção, que apresentam distintas características em função de inúmeros fatores. Esses fatores, em geral, estão vinculados a alguns pontos principais, como: objetivos e características socioeconômicas dos produtores rurais, disponibilidade e qualidade dos recursos produtivos, grau de intensificação do uso da terra, tecnologia de produção e condições mercadológicas e agroecológicas regionais.

Devido à grande diversidade que cerca o setor agropecuário nacional, são observados, também, resultados técnicos bastante distintos para determinadas explorações. Por exemplo, enquanto no Nordeste a produtividade média de feijão é de apenas 424 kg por hectare, no Centro-Oeste esta produtividade é da ordem de 2.033 kg; para o caso do milho, as produtividades nas regiões Nordeste e Sul são, respectivamente, de 1.267 kg e 4.880 kg/ha (CONAB, 2007). As diferenças nos desempenhos técnicos acabam tendo grandes reflexos sobre os resultados econômicos dos estabelecimentos agropecuários.

Com base nessas considerações preliminares, pode-se inferir que, dadas as características e condições particulares que envolvem os diversos tipos de propriedades rurais, para que estas se mantenham viáveis, técnica e economicamente, no curto, médio e longo prazos, é fundamental a utilização de planos referentes, sobretudo, aos investimentos em bens de capital e às etapas de produção e comercialização dos produtos agropecuários. Esses planos são justificados pelo fato de as organizações em questão tenderem a ser circundadas por amplo número de fatores de riscos, relacionados, principalmente, com a produção e o mercado. Embora esses riscos não possam ser completamente eliminados, eles poderiam ser, de certa maneira, minimizados mediante a adoção de algumas estratégias.

Dentre as estratégias que podem ser adotadas pelos agricultores para reduzir os riscos inerentes aos seus sistemas de produção, destacam-se quatro: seguro agrícola, *hedging*, irrigação e diversificação. O foco deste estudo relaciona-se com a estratégia de diversificação de atividades produtivas, que pode reduzir a variabilidade dos resultados técnicos e econômicos dos estabelecimentos agropecuários como um todo. Nessa linha, Mishra *et al.* (2004) ressaltam que, nos Estados Unidos, é comum os produtores diversificarem suas propriedades por meio de explorações conjuntas, por exemplo, de milho e bovinos de corte.

Embora a diversificação tenha grande potencial para diminuir a variabilidade dos resultados decorrentes da exploração agropecuária, práticas de especialização na produção de certos produtos ainda são adotadas de forma

generalizada no Brasil. A condução de sistemas produtivos baseados nessas práticas pode resultar em problemas significativos, tanto nos custos de produção como nos índices de produtividade (SANTOS *et al.*, 1993). Esses problemas são atribuídos a diversos fatores, como: diminuição da disponibilidade de determinados nutrientes em função de degradação das propriedades físicas e químicas do solo; aumento dos desequilíbrios biológicos associados a esse recurso produtivo; diminuição do crescimento do sistema radicular; acúmulo de substâncias tóxicas específicas ou inibidoras de crescimento; e aumento de doenças, pragas e plantas daninhas específicas (SILVA & DHEIN, 1994; RIZZARDI, 1994; SANTOS & REIS, 2001).

A baixa diversificação de atividades pode, de certo modo, ser atribuída ao fato de os produtores, para diversificar seus sistemas produtivos, precisarem de informações acerca da tecnologia e de quais atividades devem ser exploradas para captar os reais benefícios em termos de resultados econômicos (POPP & RUDSTROM, 2000). Nessa linha de pensamento, partindo do pressuposto de que a conjugação de atividades de produção animal e vegetal representa estratégia de diversificação que pode trazer grandes benefícios técnicos e econômicos, é que está inserido este trabalho.

Operacionalmente, a integração lavoura-pecuária pode ser definida como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão, de forma harmônica, de atividades de agricultura e de pecuária (ALVARENGA & NOCE, 2005), ou seja, refere-se a sistemas de produção em que participam atividades agrícolas e pecuárias, com um mínimo de interação entre si (MORAES *et al.*, 2007). Portanto, nesses sistemas busca-se captar, sobretudo, sinergias agroecológicas e econômicas, que surgem da produção balanceada resultante de culturas agrícolas, pastagens e animais (SULC, 2007). De outra maneira, é possível inferir que esses sistemas podem contribuir efetivamente para que, ao longo do tempo, ocorra um contínuo desenvolvimento rural sustentável, que consiste na geração de benefícios econômicos, melhoria dos indicadores sociais e preservação dos recursos naturais.

Os sistemas de produção caracterizados pela integração lavoura-pecuária podem ser muito vantajosos, pois, entre outras coisas, diversificam as fontes de receitas, diminuem riscos relacionados com frustrações de produção e/ou de preços (ALVARENGA & NOCE, 2005; CANZIANI & GUIMARÃES, 2007) e podem reduzir impactos negativos ao meio ambiente (ROTZ, 2007; SULC, 2007; TRACY, 2007).

Na prática, diante das condições agroecológicas e dos objetivos do produtor rural, existem distintos modelos que podem ser empregados para desenvolver os sistemas de integração lavoura-pecuária. Dentre esses modelos, podem ser destacados dois: *consórcio grãos-pastagens tropicais* e *consórcio grãos-pastagens subtropicais*. O primeiro modelo, conhecido como Sistema Santa Fé, é uma tecnologia que permite o uso intensivo de áreas agrícolas, principalmente, na região do Cerrado brasileiro. Isso porque proporciona o aproveitamento, durante todo o ano, das terras cultivadas com lavouras anuais na safra de verão. O sistema permite o cultivo consorciado de grãos, como milho, sorgo e soja, com pastagens tropicais (sobretudo braquiárias). Assim, após a colheita do grão ao final da safra de verão, a produção forrageira servirá para a alimentação do gado durante a entressafra. As práticas que compõem esse sistema minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais e permitindo, após sua colheita, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade, que poderá abrigar parte representativa do rebanho bovino no período seco (inverno). É importante salientar que, no Sistema Santa Fé, são produzidos grãos em quantidades equivalentes ao sistema solteiro, pois a técnica preconiza minimizar a competição da pastagem com a cultura anual (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003).

O segundo modelo, utilizado principalmente na Região Sul do Brasil, apresenta características de funcionamento com certas similaridades ao Sistema Santa Fé. A grande diferença consiste, predominantemente, na utilização, para o período de inverno, de pastagens subtropicais (sobretudo a aveia e o azevém) como base forrageira dos sistemas de integração lavoura-pecuária (NICOLOSO, 2005).

Em termos nacionais, é relevante destacar que, embora seja baixa a utilização de sistemas de produção baseados nos princípios fundamentais da integração lavoura-pecuária, existe uma enorme área potencial para a exploração desses sistemas. Nesse sentido, mediante os dados apresentados no Quadro 1, é possível perceber o grande potencial de produção integrada de carne, leite e grãos.

A respeito dos dados dispostos no Quadro 1, deve-se salientar, ainda, que a exploração efetiva de sistemas de integração lavoura-pecuária ocupa apenas uma pequena parcela das áreas associadas com lavouras temporárias e pastagens cultivadas. Na região do Cerrado brasileiro¹, por exemplo, grande parte da área destinada às lavouras anuais (arroz, feijão, milho, soja e sorgo) é ocupada apenas no período do verão.

Quadro 1 - Área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários do Brasil

Utilização	Área total (hectares)	%
Lavouras permanentes	7.541.625,59	2,13
Lavouras temporárias	34.252.828,91	9,69
Lavouras temporárias em descanso	8.310.028,69	2,35
Pastagens naturais	78.048.463,08	22,07
Pastagens cultivadas	99.652.008,62	28,18
Matas e florestas naturais	88.897.582,42	25,14
Matas e florestas artificiais	5.396.015,93	1,53
Terras produtivas não utilizadas	16.360.085,34	4,63
Terras inaproveitáveis	15.152.600,16	4,29
Total	353.611.238,74	100,00

Fonte: IBGE (2007).

Tomando como base a Região Sul do Brasil, Moraes *et al.* (2007) destacam que, nos últimos anos, da área correspondente a cerca de 12,5 milhões de hectares cultivados com as principais culturas de verão (soja, milho e arroz), apenas em torno de 3,5 (28%) milhões de hectares têm sido utilizados no cultivo

¹ O Cerrado brasileiro é um ecossistema de 204 milhões de hectares (24% da área total do Brasil), que possui grande destaque nos cenários agrícolas nacional e mundial (EMBRAPA, 2007).

de importantes culturas (milho e feijão safrinhas, trigo, aveia branca, cevada, triticale e centeio) que sucedem à safra de verão. O restante da área (em torno de 72%), em função das características dos sistemas de produção agropecuária predominantes, não gera praticamente nenhuma renda durante todo o período do inverno.

1.2. A temática da integração lavoura-pecuária

Para discutir mais profundamente a temática da integração lavoura-pecuária, é importante enfatizar, previamente, alguns aspectos relevantes sobre o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com a sustentabilidade, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, de sistemas de produção agropecuária.

Ao analisar vários trabalhos científicos (CALEGARI *et al.*, 1992; SANTOS *et al.*, 1993; TORRES *et al.*, 1997; IAPAR, 1997; DAROLT, 1998; SAMAHA *et al.*, 1998; EMBRAPA..., 2000; SCALÉA, 2000; EMBRAPA..., 2001; GASSEN & HASS, 2001; SANTOS & REIS, 2001; JANTALIA *et al.*, 2003; RODRIGUES, 2005; LLANILLO *et al.*, 2006; LACERDA & SILVA, 2007), pôde-se observar a obtenção de resultados que demonstram a importância em adotar, sobretudo, determinadas práticas de plantio e de rotação de culturas. Por meio da condução dos referidos estudos, os resultados, em geral, têm evidenciado que as práticas de plantio direto, em que não são utilizadas as operações de aração e gradagem do solo, trazem maiores vantagens ecológicas, técnicas e, possivelmente, econômicas, em relação àquelas associadas com o plantio convencional. Quanto aos sistemas de rotação de culturas, que corresponde à sucessão ordenada de diferentes culturas num espaço de tempo, no mesmo campo ou gleba, obedecendo a finalidades definidas, também, têm sido evidenciadas grandes vantagens técnicas frente aos sistemas caracterizados pelo monocultivo, pois, entre outras coisas, a rotação de culturas pode aumentar a estabilidade produtiva e maximizar os resultados da atividade rural.

Apesar do amplo número de pesquisas que demonstram as vantagens técnicas, no Brasil ainda há grande limitação na condução de trabalhos científicos que evidenciam a viabilidade econômica de certas práticas agropecuárias. Além disso, a maioria dos trabalhos dessa natureza (SORRENSON, 1989; FONTANELI *et al.*, 1994; SANTOS *et al.*, 1994; SILVA & DHEIN, 1994; RUEDELL, 1995; PORTILLO, 1997; AMBROSI *et al.*, 1998; FONTANELI *et al.*, 1998; RICHETTI & MELO FILHO, 1998; RUEDELL, 1998; SAMAHA *et al.*, 1998; MELO FILHO & MENDES, 1999; ZANETTA, *et al.*, 1999; HAVERROTH, 2000; MATTOSO *et al.*, 2001; LEAL *et al.*, 2005), desenvolvidos mediante o emprego de diversas metodologias (análises de custos de produção e fluxos de caixa; análise da média variância da receita líquida; e outras), tem gerado resultados que, em geral, não permitem obter conclusões, principalmente para o médio e longo prazos, sobre o comportamento econômico das propriedades rurais, que pode ser associado à adoção de determinados sistemas ou práticas de produção agropecuária.

Essa problemática nos resultados econômicos já havia sido destacada por Brandão (1981), pois, segundo esse autor, fica muito difícil captar os efeitos de determinadas práticas em sistemas produtivos simplesmente por meio da efetivação de análises de dados para um pequeno número de anos ou de análises de dados do tipo “cross-section”.

Ainda relacionado com práticas de produção agropecuária, é importante ressaltar que, embora na literatura nacional seja bastante reduzido o número de estudos que envolvem análises econômicas ao longo do tempo, existem interessantes resultados de pesquisa que demonstram as viabilidades técnica e econômica em diversificar as explorações agropecuárias das propriedades rurais (FONTANELI *et al.*, 1994; SANTOS *et al.*, 1994; CARRIERI *et al.*, 1995; LIMA *et al.*, 1995; AMBROSI *et al.*, 1998; FONTANELI *et al.*, 1998; MELLO, 1998; LAZZAROTTO, 2000; COSTA *et al.*, 2006).

A diversificação em questão é plenamente justificada pois, dependendo das atividades incluídas em um sistema de produção, existe tendência de redução de riscos não-sistemáticos, ou seja, riscos associados com possíveis mudanças

específicas nos preços e/ou nas produtividades dos produtos explorados pelos agricultores (WEISENSEL & SCHONEY, 1989; POPP & RUDSTROM, 2000). Seguindo essa mesma perspectiva, Mishra *et al.* (2004) ressaltam que a diversificação, além de ser uma estratégia de administração de riscos que os produtores podem utilizar para reduzir os possíveis impactos adversos decorrentes de causas naturais e/ou de fatores de mercado, amplia as possibilidades para, ao longo de todo o ano, melhorar a utilização dos recursos naturais da propriedade rural.

Na linha da diversificação, a adoção de sistemas produtivos que contemplem práticas de rotação grãos/pasto pode representar excelente alternativa, pois equaciona problemas de monocultivos e/ou possibilita a renovação de pastagens degradadas (KICHEL *et al.*, 1996; SCALÉA, 2000). Portanto, a integração de lavouras com atividades de pecuária pode beneficiar, principalmente, dois grandes tipos de sistemas de produção: aquele baseado somente no monocultivo de grãos e aquele com exploração apenas de pecuária, sobretudo, em áreas com degradação de pastagens (YOKOYAMA *et al.*, 1999; KICHEL & MIRANDA, 2001; MORAES *et al.*, 2004; SACOMAN, 2004).

Em regiões tipicamente agrícolas, a pecuária pode entrar como opção de diversificação das propriedades, possibilitando a utilização, na alimentação animal, de plantas de cobertura (pastagens anuais e/ou perenes), em rotação com cultivos anuais de grãos. Em regiões tipicamente pecuárias, a implantação de lavouras, como a soja e o milho, pode representar interessante opção para a reforma de pastagens (KICHEL & MIRANDA, 2001; MORAES *et al.*, 2004).

Diversos resultados de pesquisas têm apontado que os sistemas de integração, quando conduzidos de forma adequada, observando certos aspectos técnicos relacionados com os manejos da área, dos animais e das lavouras, trazem relevantes benefícios, como: diminuição dos riscos inerentes a uma propriedade rural baseada apenas nos cultivos agrícolas; recuperação da capacidade produtiva das áreas destinadas às pastagens que, muitas vezes, apresentam índices zootécnicos muito aquém do potencial; minimização de problemas associados com a ocorrência de plantas daninhas, pragas e doenças

nas lavouras (KICHEL & MIRANDA, 2001; ASSMANN *et al.*, 2004; CARVALHO & BELLO, 2004; MORAES *et al.*, 2004); melhoria da fertilidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica e às alterações na reciclagem e absorção de nutrientes (LUSTOSA, 1998; BONA FILHO, 2002; MORAES *et al.*, 2004; SACOMAN, 2004; CARVALHO *et al.*, 2005); e desenvolvimento de sistemas de produção mais estáveis, sobretudo dentro de uma perspectiva agroecológica (KICHEL & MIRANDA, 2001; MORAES *et al.*, 2004; ZANINE *et al.*, 2006; ROTZ, 2007; TRACY, 2007; SULC, 2007).

Alguns trabalhos envolvendo análises econômicas de sistemas de integração lavoura-pecuária (FONTANELI *et al.*, 1994; AMBROSI *et al.*, 1998; FONTANELI *et al.*, 1998; YOKOYAMA *et al.*, 1999; KICHEL & MIRANDA, 2001; SACOMAN, 2004; SANTOS *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2006; CANZIANI & GUIMARÃES, 2007; CONSALTER, 2008) evidenciam vantagens em relação a sistemas de produção baseados apenas na exploração de grãos ou no desenvolvimento da bovinocultura de corte tradicional. Apesar disso, no Brasil ainda é bastante incipiente a realização de estudos dessa natureza. Adicionalmente, a maior parte deles, além de não contemplar análises de riscos, utiliza resultados de experimentos conduzidos somente por um a dois anos, não efetivando, portanto, análises que consideram o curto, o médio e o longo prazos.

Diante da escassez e/ou das limitações no desenvolvimento de trabalhos científicos envolvendo análises econômicas associadas com a integração lavoura-pecuária, é que foi definido o problema de pesquisa, tratado no item a seguir.

1.3. O problema e sua importância

Visando a contribuir para equacionar a problemática destacada acima, verifica-se a necessidade de conduzir estudos baseados em dados resultantes de vários anos de pesquisas. Esses dados, juntamente com o emprego de métodos de mensuração de riscos, são fundamentais para avaliar os impactos que as principais variáveis determinantes dos resultados econômicos dos sistemas de produção exercem, ao longo do tempo, sobre esses resultados. Estudos dessa

natureza podem contribuir também para a avaliação de diferentes técnicas analíticas, que venham auxiliar a configuração de sistemas de produção circundados por menores incertezas inerentes às atividades rurais. Com base em diversas técnicas, geram-se, por exemplo, maiores subsídios para facilitar a identificação das atividades que, frente aos benefícios e riscos associados, poderiam ser adicionadas ou excluídas de um sistema produtivo.

Adicionalmente, é importante destacar que, embora existam grandes vantagens aparentes, a utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária ainda é vista com certos receios por muitos produtores rurais (CARVALHO & BELLO, 2004). Nessa perspectiva, cabe salientar que esses sistemas, em relação aos especializados em atividades agrícolas ou animais, tendem a ser mais complexos em termos operacionais. Isso porque, para ter eficiência no desenvolvimento de práticas de integração agropecuária, em geral, são demandados maiores conhecimentos técnicos e mercadológicos acerca de um maior conjunto de explorações agropecuárias.

Os receios por parte dos produtores e as complexidades operacionais que estão relacionadas com os sistemas em questão constituem, portanto, outros relevantes argumentos para justificar a necessidade de desenvolver maior volume de pesquisas a respeito desse tema. O desenvolvimento de novas pesquisas é fundamental para, entre outras coisas, ampliar as informações úteis para a transferência de tecnologias realizada, sobretudo, por meio dos serviços de assistência técnica e extensão rural.

Diante dessas inferências, e baseado em dados da agropecuária paranaense², buscaram-se respostas mais específicas acerca do seguinte problema de pesquisa, composto por quatro questões principais: *1) os sistemas de integração lavoura-bovinocultura de corte, frente aos sistemas de produção*

² Optou-se por trabalhar com o Paraná por duas razões principais: 1) o Estado responde por expressiva parcela da produção agropecuária nacional (em 2002, contribuiu com 7,3% da produção brasileira de carne bovina; em 2006, respondeu por cerca de 27,1%, 20,9% e 50,5% respectivamente, das produções nacionais de milho, soja e trigo) (CONAB, 2007; SEAB, 2007); e 2) no Paraná existem dados de pesquisas técnicas de vários anos acerca dos sistemas de integração lavoura-pecuária.

caracterizados apenas pela exploração de grãos³ ou pela especialização na bovinocultura de corte, sob condições de riscos operacionais e de mercado⁴, constituem melhores alternativas financeiras quando considerado um horizonte de planejamento de longo prazo? 2) quais as variáveis que, ao longo do tempo, causam maiores impactos sobre os desempenhos econômicos desses sistemas? 3) nos sistemas diversificados (integração e exploração de grãos), qual a contribuição de cada atividade para a redução (ou não) dos riscos de mercado? e 4), especialmente para o curto prazo, qual o grau de volatilidade dos retornos econômicos dos sistemas estudados?

Ainda como justificativas para desenvolver análises acerca deste problema, é relevante enfatizar que, atualmente no Brasil, a temática da integração lavoura-pecuária vem recebendo destaque especial também no âmbito governamental. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), por meio da portaria nº162, de 19 de junho de 2006, criou o Comitê Nacional de Integração Lavoura Pecuária e os Comitês de Integração Lavoura Pecuária nas Unidades da Federação. Esses comitês constituem instrumentos institucionais técnicos assessores para tratar de assuntos relativos à gestão do Projeto de Integração Lavoura Pecuária (Pilp), que compõe o Programa de Manejo e Conservação de Solos na Agricultura. O Comitê Nacional de Integração Lavoura Pecuária tem três objetivos principais: 1) elaborar e encaminhar, para deliberação do Mapa, propostas relativas a políticas e diretrizes para o Pilp; 2) articular, com outros órgãos e instituições, a promoção do Pilp; e 3) acompanhar a implementação do Pilp. Por sua vez, aos Comitês de Integração Lavoura Pecuária nas Unidades da Federação são atribuídas algumas funções, como: 1) elaborar e encaminhar ao Comitê Nacional de Integração Lavoura Pecuária propostas de políticas e diretrizes para aperfeiçoamentos do Pilp; 2) discutir e propor direcionamentos para a implementação do Pilp nas distintas Unidades da

³ Nos sistemas de integração e de especialização na produção de grãos, ao longo do ano, existe sucessão na exploração de atividades (exemplo: soja no verão e bovinocultura de corte no inverno ou soja no verão e trigo no inverno).

⁴ Neste estudo, a noção de risco operacional está associada com possíveis problemas em termos de produtividades físicas das atividades agropecuárias. Por sua vez, riscos de mercado estão vinculados, basicamente, aos problemas decorrentes de flutuações que podem ocorrer, ao longo do tempo, nos preços pagos e recebidos pelos produtores rurais.

Federação; 3) contribuir na identificação das demandas de treinamento para o suporte técnico ao projeto em questão; 4) apontar necessidades de geração e aperfeiçoamento de pesquisas e tecnologias relativas à integração lavoura-pecuária; e 5) propor aos órgãos estaduais competentes a elaboração e a implementação de políticas de incentivo à adoção da integração lavoura-pecuária (MAPA, 2007).

Além do Pilp, pode-se salientar ainda que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) instituiu, em 14 de julho de 2006, o Programa de Integração Lavoura-Pecuária (Prolappec). Dentre os objetivos almejados com esse programa de financiamento, de abrangência nacional, destacam-se sete: 1) intensificar o uso da terra em áreas já desmatadas, por meio do estímulo à adoção de sistemas de produção que integrem a agricultura e a pecuária; 2) tornar a produção sustentável sob os pontos de vista econômico e ambiental; 3) disponibilizar recursos para investimentos necessários à implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária; 4) estimular a adoção do plantio direto; 5) diversificar a renda do produtor rural; 6) assegurar condições para o uso racional e sustentável das áreas agrícolas e de pastagens, reduzindo problemas ambientais causados pela utilização da prática de queimadas, erosão, monocultura e/ou redução do teor de matéria orgânica do solo; e 7) diminuir a pressão pelo desmatamento de novas áreas. São passíveis de financiamento por meio desse programa, a uma taxa de juros de 8,75% a.a., investimentos fixos e semifixos e de custeio vinculados a projetos de implantação ou ampliação de sistemas de integração de agricultura com pecuária (BNDES, 2006).

1.4. Hipótese

Os sistemas de integração lavoura-bovinocultura de corte, em comparação com os sistemas caracterizados apenas pela exploração de grãos ou pela especialização na bovinocultura de corte, além de constituírem melhores alternativas financeiras, geram retornos econômicos que são, ao longo do tempo, menos voláteis, diminuindo assim a relação risco/retorno esperada.

1.5. Objetivos

Como objetivo geral, buscou-se analisar o comportamento econômico, ao longo do tempo, de sistemas de produção com integração lavoura-bovinocultura de corte frente a sistemas caracterizados apenas pela exploração de grãos ou pela especialização na bovinocultura de corte.

Em termos específicos, foram definidos cinco objetivos:

1. caracterizar os três sistemas de produção estudados, destacando suas dinâmicas de funcionamento e seus principais componentes e índices técnicos;
2. mensurar e avaliar indicadores financeiros, sob condições determinísticas e de incertezas, dos sistemas em questão;
3. analisar a contribuição de cada atividade para a redução (ou não) dos riscos de mercado nos sistemas diversificados (integração lavoura-pecuária e cultivo de grãos);
4. mensurar, a partir de estimativas de volatilidade dos retornos econômicos dos sistemas produtivos, o *value-at-risk* (valor em risco) dos diferentes sistemas; e
5. verificar se a integração lavoura-bovinocultura de corte, frente aos demais sistemas, diminui a relação risco/retorno esperada.

Sobre os objetivos específicos, cabe ressaltar que, enquanto o segundo envolve um horizonte temporal de longo prazo, o terceiro, quarto e quinto estão relacionados, principalmente, com análises de curto prazo.

1.6. Estrutura de desenvolvimento deste estudo

Para atingir os objetivos propostos, além da seção introdutória, este estudo contempla quatro capítulos. No capítulo 2, apresenta-se o quadro teórico que norteou a realização da pesquisa.

Os modelos e procedimentos analíticos são tratados em detalhes no capítulo 3. A respeito da metodologia, cabe destacar que foram desenvolvidos dois tipos de análises: financeira e de volatilidade. Na primeira, foram obtidos

vários indicadores financeiros, como o valor presente líquido e a taxa interna de retorno de cada sistema. Na análise de volatilidade, foram calculadas outras medidas, como: coeficientes de impactos da diversificação, que mostram a contribuição de cada atividade agropecuária para a redução (ou não) da variância dos retornos econômicos dos sistemas de produção; e *value-at-risk* (ou valor em risco), mediante o qual foram estimadas as perdas máximas que podem ser esperadas, em um ano agrícola, para cada sistema produtivo. Considera-se que a realização desse segundo tipo de análise constitui importante alternativa metodológica para a avaliação de riscos em atividades agropecuárias, pois é comum efetuar apenas a análise convencional (ou financeira).

Para apresentar e discutir, de forma comparativa, os resultados obtidos com as referidas análises, foi elaborado o capítulo 4.

Por fim, no capítulo 5, são assinaladas as principais conclusões deste trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Como o foco principal deste estudo está relacionado com as análises do desempenho econômico e dos riscos operacionais e de mercado que cercam diferentes alternativas de sistemas de produção agropecuária, foram definidos os pressupostos teóricos que tratam de três grandes pontos: 1) o processo de tomada de decisão nas organizações; 2) as decisões e determinantes de investimentos de capital em diferentes alternativas; e 3) a tomada de decisão sob condições de riscos e incertezas, em que são efetuadas discussões teóricas envolvendo, principalmente, o comportamento dos investidores (teoria da utilidade esperada) e a diversificação de carteiras de investimento (teoria do portfólio).

2.1. O processo de tomada de decisão

Os agentes econômicos são constantemente influenciados por uma gama de fatores objetivos e subjetivos, que condicionam o processo decisório. Nesse processo, a decisão e a ação organizacional representam categorias elementares (LIMA, 1989). Isso porque, enquanto a decisão pode ser vista como um processo de análise e escolha entre várias alternativas disponíveis, a ação representa a implementação efetiva da decisão tomada (MILLER *et al.*, 1996).

Em termos de modelos de decisão, na maioria das organizações predomina aquele que tem estreita ligação com a economia neoclássica. Esse modelo, também conhecido como funcionalista, tem como premissa básica que a tomada de decisão parte de modelos econômicos de escolha racional. Considerando que os indivíduos agem como maximizadores dos objetivos do empreendimento, as decisões são pensadas para alcançar tal maximização por meio de um processo passo a passo, que é tanto lógico como linear (MILLER *et al.*, 1996).

No modelo funcionalista, os tomadores de decisão identificam o problema para o qual uma decisão tem que ser tomada, coletam e classificam informações sobre potenciais *alternativas-solução* e comparam cada solução com o critério predeterminado para avaliar o grau de ajuste. Finalmente, as soluções são organizadas em ordem de preferência e, então, efetua-se uma escolha de maneira a otimizar os objetivos organizacionais. Frequentemente se presume que o estágio de implementação ocorre após a tomada de decisão formal (MILLER *et al.*, 1996).

Portanto, o pensamento funcional, presente em grande parte dos modelos de gestão, compreende um alto nível de cálculo na conduta em relação a metas singulares, encontrando sua moderna expressão nas técnicas de administração projetadas para aumentar a quantificação e a previsão da tomada de decisão e dos procedimentos organizacionais (BRYMAN, 1984).

Embora os modelos funcionalistas sejam os mais empregados quando se trata do processo decisório, tais modelos apresentam limitações, sobretudo pelo fato de não levarem em conta importantes aspectos subjetivos que cercam as decisões e ações dos atores organizacionais. Nessa perspectiva, insere-se a visão substantiva, segundo a qual o processo em questão, ao invés de ser tratado como um evento arbitrário, deve ser visto como o fluxo de pensamentos e ações interativas, englobando todos os aspectos relacionados ao comportamento, às estruturas e ao ambiente organizacional que orientam as escolhas (LEITÃO, 1997). De acordo com Machado-da-Silva *et al.* (1999), aspectos subjetivos como a política, o poder, a cultura organizacional e mesmo as emoções e o acaso afetam a tomada de decisão organizacional.

A partir da visão substantiva, pode-se resumidamente destacar que, embora os fatores objetivos exerçam grandes influências sobre o pensar e o agir dos atores organizacionais, são os aspectos subjetivos que mais influenciam a tomada de decisão e a escolha estratégica (Child e Smith, 1987, citados por ORSSATTO & CUNHA, 1995). Dentro dessa linha de pensamento, cabe salientar as diferenças nas atitudes dos gerentes. Isso porque diferentes gerentes, ao enfrentarem a mesma situação, dificilmente têm o mesmo comportamento. Tais atitudes, que podem ter um caráter defensivo, combativo e projetivo, são um ponto de partida para a escolha de opções estratégicas, pois elas definem o tipo e o grau de risco que os dirigentes estão dispostos a assumir frente a determinadas situações (RICHERS, 1981). Desse modo, conceber subjetivamente o ambiente significa reconhecer a possibilidade de indivíduos e organizações perceberem de maneira diferente o mesmo contexto institucional e, em consequência, poderem agir de forma diversa na dinâmica de relacionamento entre a organização e o ambiente (MACHADO-da-SILVA *et al.*, 1999).

Intimamente vinculado ao processo decisório estão as estratégias organizacionais, que, conforme Mintzberg e Waters (1982), podem ser formuladas previamente ou se formar ao longo do tempo, apresentando, assim, desde um caráter mais deliberado (diretrizes para o futuro) até um caráter mais emergente (padrões do passado).

Uma estratégia deliberada pode ser definida como a determinação de metas e objetivos básicos de longo prazo de uma empresa, a partir dos quais são adotados cursos de ação e alocados os recursos necessários para atingir tais metas (CHANDLER, 1962). Por outro lado, uma estratégia que segue padrões do passado é aquela que pode emergir ao longo do tempo sem necessariamente ter havido intenções prévias e precisas para sua formação. Assim, de acordo com Mintzberg (1977), as estratégias podem surgir *a priori*, mediante intenções prévias e precisas (planejamento), ou *a posteriori*, em função dos resultados do comportamento decisório frente à evolução de uma situação.

De maneira sintética, pode-se inferir que, independentemente de a estratégia ser deliberada ou emergente, sua configuração ocorre com base no

processo decisório, que é condicionado por inúmeros fatores dos ambientes interno e externo à organização. Em relação ao ambiente interno, destacam-se alguns importantes condicionantes: a *racionalidade limitada* dos gestores⁵; a *cultura organizacional*, que inclui os valores, as crenças, as convicções e as relações sociais e políticas internas; a *aprendizagem organizacional*; os *interesses* e o *processo perceptivo* dos membros organizacionais; e a *tecnologia* e os *recursos produtivos* da organização. Quanto ao ambiente externo, destacam-se as variáveis tecnológicas, políticas, econômicas, legais, sociais, demográficas e ecológicas, que fazem parte do ambiente geral de qualquer organização; há também os consumidores, os fornecedores, os concorrentes e os grupos reguladores, que formam o ambiente de tarefa, ou seja, o ambiente que está mais próximo de uma determinada organização, fornecendo-lhe os recursos (*inputs*) e as informações, bem como permitindo-lhe a colocação e a distribuição de suas saídas (*outputs*) (PETTIGREW, 1977; CHIAVENATO, 1993; GARVIN, 1993; FLEURY & FLEURY, 1997; BULGAVOC, 1998).

Finalmente, partindo dos pressupostos teóricos relacionados com o processo de tomada de decisão e considerando que as propriedades rurais são também organizações que estão em constante interação com o ambiente externo (CARRIERI *et al.*, 1995), pode-se ressaltar que, para a configuração e exploração de qualquer sistema de produção agropecuária, deve-se, previamente, avaliar um amplo conjunto de fatores visando a definir as melhores alternativas possíveis. Além disso, após definidas as alternativas, para a tomada de decisões efetivas de implantação de determinado sistema produtivo é imprescindível analisar os investimentos necessários, bem como os riscos associados, para atingir os objetivos preestabelecidos pelo produtor rural. Nessa linha de raciocínio, foram elaborados os itens a seguir, que tratam fundamentalmente do processo de realização de investimentos de capital e da tomada de decisões dos agentes econômicos sob condições de riscos e incertezas.

⁵ O homem, de acordo com Simon (1971), possui apenas um conhecimento fragmentado das condições que cercam sua ação e ligeira percepção das regularidades dos fenômenos e das leis que lhe permitiriam gerar futuras consequências com base no conhecimento das circunstâncias atuais.

2.2. Investimentos de capital

Para efetuar discussões teóricas acerca dos determinantes da realização privada de investimentos de capital, inicialmente é importante definir o significado do termo investimento. Nessa linha, de acordo com Reilly e Brown (2003), a privação de um determinado nível de consumo presente visando a obter um maior nível de consumo futuro é a principal razão para que os indivíduos efetuem economias de seus rendimentos; as possibilidades de utilizar essas economias, buscando aumentar o seu valor ao longo do tempo, representam as distintas alternativas de investimento. Assim, os autores definem um investimento como uma inversão de recursos monetários que, após determinado período de tempo, gerará pagamentos futuros que compensarão o investidor com relação a três itens fundamentais: 1) o tempo em que esses recursos ficaram investidos; 2) a taxa esperada de inflação; e 3) a incerteza acerca dos pagamentos futuros. Sobre este último ponto, caso não exista certeza com relação ao pagamento futuro associado com um dado investimento, o investidor, em geral, demandará uma maior taxa de retorno.

Em termos de determinantes dos investimentos de capital, conforme a teoria Keynesiana, tem-se principalmente a eficiência marginal do capital (EMC), que corresponde à expectativa de lucro dada uma expectativa de demanda efetiva⁶. A EMC é definida a partir da relação entre o rendimento esperado de um bem de capital e seu preço de oferta ou custo de reposição, ou seja, é dada pela relação entre a renda esperada de uma unidade adicional daquele tipo de capital e seu custo de produção. Mais precisamente, a EMC corresponde à taxa de desconto que torna o valor presente do fluxo de anuidades das rendas esperadas desse capital, durante toda a sua existência, exatamente igual ao seu preço de oferta (KEYNES, 1985). Portanto, a EMC é a taxa de rentabilidade que

⁶ O princípio da demanda efetiva considera a demanda agregada como a principal responsável pela determinação do nível de atividade da economia, ou seja, o que determina a quantidade produzida de um determinado bem não é a capacidade produtiva, mas a demanda efetivamente existente para este bem. A demanda efetiva, segundo Keynes (1985), além de ser formada a partir dos gastos presentes, efetivamente realizados, é constituída pelas expectativas de gastos futuros.

um projeto proporciona depois de deduzidos, das receitas previstas, os devidos prêmios para compensar os riscos e as incertezas (GRASEL, 1996).

Mediante essas primeiras inferências teóricas, fica evidente a importância do conceito de estado de expectativas⁷. Isso porque a EMC representa uma expectativa, um tanto incerta, de renda sobre a qual se sustentam as decisões dos investimentos, isto é, essas decisões são regidas por expectativas de rendimentos e não pelos rendimentos efetivos, embora estes influenciem os níveis de rendimentos esperados. Portanto, os investimentos em capital estão sujeitos a erros e acertos, uma vez que são realizados com base em previsões futuras de retornos (GRASEL, 1996). Como a EMC é um valor esperado (não um valor conhecido), pois é resultante do confronto entre despesas presentes e certas com ganhos estimados futuros, a ocorrência ou não desse valor está associada com probabilidades. Diante disso, os investidores, na seleção dos investimentos a serem realizados, tendem a utilizar estimativas e avaliações prévias dos *trade-offs* entre retornos esperados e riscos, que estão vinculados com as possíveis alternativas de investimentos (REILLY & BROWN, 2003; TRAVERS, 2004).

Embora a EMC seja, na teoria Keynesiana, a principal variável relacionada com as decisões de investimento, a taxa de juros também exerce papel importante nessas decisões. Desse modo, devem ser conhecidas previamente tanto as expectativas de EMC como a taxa de juros de curto prazo (geralmente a melhor opção no mercado financeiro). Essa taxa, definida com base na preferência pela liquidez e na quantidade de moeda em circulação, apresenta-se como um fenômeno puramente monetário, determinado pelo mercado, sem oscilações expressivas no curto prazo (GRASEL, 1996). Sendo a taxa de juros a recompensa pela renúncia à liquidez, Keynes (1985) enfatiza que essa taxa é uma medida de relutância dos que possuem dinheiro para se desfazerem do seu direito de dele dispor. Essa preferência pela liquidez por parte

⁷ Expectativas podem ser vistas como o modo com que os agentes econômicos inter-relacionam o presente com o futuro ou a forma como as previsões sobre o futuro incidem sobre as decisões desses agentes. Como existem dois tipos de decisões básicas dos agentes encarregados do investimento (produzir com um determinado equipamento ou adicionar equipamento ao existente), as expectativas poderão ser de curto e de longo prazos, na medida em que influenciam as produções, respectivamente, corrente e futura. Adicionalmente, cabe ressaltar que, na visão de Keynes (1985), a volatilidade das expectativas é a principal razão que torna a EMC sujeita a flutuações acentuadas.

dos agentes econômicos se justifica por causa da incerteza quanto ao futuro dos eventos econômicos e dos resultados decorrentes dos investimentos passados e presentes. O autor ressalta ainda que a taxa de juros representa um limite ao investimento produtivo, pois constitui um *trade-off* do investidor com relação ao investimento (capital produtivo) e à liquidez (capital monetário).

É importante salientar que essa taxa, segundo a teoria em questão, corresponde apenas a um parâmetro ao qual se comparam as expectativas de retorno, dadas pela EMC. Desse modo, igualando a EMC à taxa de juros de curto prazo (preço de procura por capital) e considerando a EMC decrescente com o volume de investimentos, Keynes chega à conclusão de que o investimento é função decrescente da taxa de juros (SIMONSEN, 1983). Em resumo, o agente econômico somente se decidirá a favor do investimento se, e somente se, a eficiência marginal do bem de capital for maior ou igual à taxa de juros, compensando, assim, o valor investido. Além disso, quando o empresário possui incertezas acerca das expectativas dos retornos futuros decorrentes dos investimentos, ele tende a exigir um prêmio, que consiste em requerer maiores taxas de retorno sobre os investimentos⁸ (REILLY & BROWN, 2003; MESQUITA FILHO *et al.*, 2006).

Nas expectativas de longo prazo, vinculadas ao investimento produtivo, a principal peculiaridade está associada com a maior duração do período de comprometimento do investidor com ativos produtivos duráveis, que possuem baixa liquidez. Assim, em função de dificuldades ou impossibilidades de corrigir erros, a baixos custos, decorrentes de possíveis previsões incorretas dos eventos

⁸ Para auxiliar a compreensão a respeito do prêmio exigido pelos investidores, mediante inferências de Securato (1996) e Reilly e Brown (2003), pode-se considerar que, na presença de expectativas de inflação, a taxa nominal de retorno (*TNR*) deveria ser igual à taxa de retorno real (*TRR*) acrescida da taxa esperada de inflação (*TEI*): $TNR = [(1 + TRR) \times (1 + TEI)] - 1$. Essa expressão, que corresponde à fórmula de Fisher, pode ser rearranjada para representar a *TRR*: $TRR = \left[\frac{1 + TNR}{1 + TEI} \right] - 1$. Nessa perspectiva, para um investidor que efetua uma aplicação com uma *TNR* de 10% a.a. e deseja obter uma *TRR* (taxa que realmente remunera o capital) mínima de 2% a.a., pode-se verificar que esse agente econômico tolera um risco máximo, correspondente à taxa de inflação, de 7,84% a.a. Com esse nível de risco, obtém-se a mínima *TRR* requerida pelo investidor. Mediante esse exemplo, percebe-se, ainda, que a idéia básica da fórmula de Fisher, que pode ser generalizada para captar diversos tipos de riscos, é obter a *TNR* efetiva que deve ser utilizada para realizar uma operação e garantir a remuneração correspondente à *TRR*. Portanto, a *TNR* deve captar os efeitos de um conjunto de fatores de risco que afeta o capital, para, então, remunerá-lo à *TRR*.

futuros da economia, torna-se essencial que os agentes econômicos tomem decisões de investimento seguras, buscando minimizar as incertezas. No entanto, como as incertezas são forças endógenas ao sistema capitalista, os agentes econômicos que possuem ativos, ao invés de eliminá-las, deveriam adotar normas de comportamento convencionais, que consistem em “*supor que a situação existente dos negócios continuará por tempo indefinido, a não ser que tenhamos razões concretas para esperar uma mudança*” (KEYNES, 1985, p.112). Nessa mesma linha, Dixit e Pindyck (1994) ressaltam a necessidade de avaliar previamente, e com bastante critério, as várias possibilidades de investimentos, pois, além de existirem, ao longo do tempo, incertezas com relação aos resultados futuros decorrentes dos investimentos, após estes serem realizados, eles podem ser parcial ou completamente irreversíveis, ou seja, frente a cenários econômicos adversos, um investidor não tem possibilidades de “desinvestir” e recuperar completamente seus dispêndios de investimento.

Em termos operacionais, é pertinente salientar que a realização de investimentos em capital produtivo, geralmente baseados em previsões acerca do comportamento da economia e envolvendo consideráveis somas de recursos, depende de decisões prévias relacionadas com o orçamento de capital, que envolve algumas etapas fundamentais: geração de propostas (ou alternativas) de investimento a longo prazo; avaliação, análise e seleção dessas propostas; e implementação e acompanhamento das alternativas que foram selecionadas. Essas decisões, portanto, devem resultar em alternativas adequadas e coerentes com os objetivos do investidor (BODIE & MERTON, 2002; GITMAN, 2004).

Especialmente relacionado com a etapa de avaliação de projetos, Buarque (1991) enfatiza que ela pode ser feita sob duas perspectivas: financeira (privada) e econômica (social). Na ótica financeira, que é aquela adotada neste estudo, o empresário analisa os retornos que poderá obter em decorrência de um determinado investimento de capital. Por outro lado, na avaliação econômica, o projeto é avaliado sob o ponto de vista de toda a sociedade, buscando verificar, por exemplo, se o investimento analisado leva ao aumento do emprego e/ou da renda, elevando, assim, o bem-estar da coletividade.

Muitos são os motivos que levam à realização de investimentos em capital produtivo: *implantação*, com o qual se pode, por exemplo, abrir uma nova empresa; *expansão*, em que se busca expandir o nível de operações por meio, por exemplo, da aquisição de ativos imobilizados; *substituição*, que consiste na substituição ou renovação de ativos considerados obsoletos ou gastos; *modernização*, que, em sendo frequentemente uma alternativa à substituição, pode incluir a reconstrução, o recondicionamento ou a adaptação dos bens de capital existentes; e *outros motivos*, como dispêndios em relocação, propaganda, pesquisa e desenvolvimento, serviços de consultoria à administração e diversificação com novos produtos (BRAGA, 1992; WOILER & MATHIAS, 1994; BODIE & MERTON, 2002; GITMAN, 2004). Neste trabalho, a realização de investimentos em capital produtivo está vinculada à opção de implantação, pois se assume que os produtores rurais, diante de distintas alternativas de sistemas de produção agropecuária, podem se decidir por investir no sistema que melhor atenda a seus objetivos.

Na prática, a realização efetiva do orçamento de capital ocorre a partir da definição do projeto de investimento. Nessa linha, um projeto pode ser visto como as informações, internas e externas à empresa, que são coletadas e processadas com o objetivo de analisar uma determinada decisão de investimento. Assim, o projeto acaba representando um modelo que, incorporando informações qualitativas e quantitativas, procura simular a decisão de investir e suas principais implicações. Em outras palavras, quando surge a oportunidade para realizar determinado investimento, inicia-se o processo de coleta e processamento de informações que, devidamente analisadas, permitirão testar, por exemplo, sua viabilidade (WOILER & MATHIAS, 1994), ou seja, testar se a execução de ações conjugadas e continuadas possibilita atingir os objetivos preestabelecidos pelos investidores.

De maneira geral, pode-se inferir que a elaboração de um projeto de investimento em capital produtivo, sob a ótica privada, compreende o cumprimento de seis etapas principais: 1) *estudo de mercado*, onde são analisados aspectos relacionados com a oferta e a demanda de um certo produto,

determinando, por exemplo, a capacidade (presente e futura) que a economia possui para absorver esse produto; 2) *definição de escala*, que busca definir, entre outras coisas, o que e quanto produzir, possibilitando, com isso, determinar a capacidade ótima de produção da firma; 3) *definição da localização*, em que são analisados fatores vinculados, principalmente, com a disponibilidade e a qualidade de recursos produtivos e os potenciais consumidores do produto; 4) *engenharia*, em que se trata fundamentalmente da escolha da tecnologia (processos e recursos produtivos) a ser utilizada pela empresa; 5) *determinação dos fluxos financeiros*, que consiste, basicamente, em projetar, para o horizonte de planejamento definido (ou período de tempo estimado durante o qual o empreendimento analisado irá operar), os valores em termos de receitas e despesas decorrentes da implementação do projeto; e 6) *avaliação financeira*, em que, mediante o emprego de técnicas analíticas (valor presente líquido, taxa interna de retorno e outras), pode-se analisar, sob condições determinísticas e de riscos, o mérito (ou rentabilidade) do projeto (BUARQUE, 1991; WOILER & MATHIAS, 1994; REZENDE & OLIVEIRA, 2001). Especialmente em relação à definição do horizonte temporal, Woiler e Mathias (1994) citam três critérios principais que podem ser empregados: 1) a vida útil média do processo; 2) o conceito de depreciação fiscal dos bens de capital; e 3) o tempo para a obsolescência do processo ou do ciclo de vida do produto.

É importante destacar que, pelo fato de a elaboração de projetos ser um trabalho de aproximações sucessivas até a redação final, essas seis etapas não se sucedem independentemente ou com uma dependência linear (BUARQUE, 1991). Além disso, os projetos de investimento em capital produtivo podem ser elaborados e implementados com base em múltiplas alternativas. Dependendo da natureza, duas ou mais propostas podem ser consideradas independentes, dependentes, mutuamente exclusivas (excludentes) ou contingentes (condicionadas) (BRAGA, 1992; SOUZA & CLEMENTE, 1997).

Quando a escolha de uma alternativa de investimento não implica rejeição de nenhuma das alternativas que fazem parte do conjunto analisado, ela é

definida como *independente*. Por outro lado, quando a seleção de uma alternativa é influenciada por outra, ela é dita *dependente*.

Considerando agora que a seleção de uma proposta leva, obrigatoriamente, à exclusão de qualquer outra, tem-se a presença de propostas classificadas como *mutuamente exclusivas*. Isso significa que, de um conjunto possível de opções de investimento, só poderá ser selecionada uma opção. Nesse tipo de classificação, é que se enquadra o objeto desta pesquisa, pois se considera que o produtor rural pode tomar decisões que, para uma determinada área, conduzam à implantação de apenas um dos sistemas de produção analisados.

Por fim, quando a seleção de uma alternativa só pode ser realizada após a implementação de outra alternativa, ela é considerada *contingente*. Embora a implementação de uma determinada alternativa contingente dependa da escolha prévia de outra alternativa, esta independe da condicionada.

2.3. Tomada de decisão sob condições de riscos e incertezas

Na tomada de decisão dos investidores, os riscos e as incertezas exercem papéis fundamentais. Conceitualmente, a partir da literatura relacionada com o referido processo, constata-se que, para a maior parte dos autores, o termo risco tende a ser definido como uma medida do grau de incerteza com relação aos possíveis eventos futuros. Nesse caso, para quantificar o risco, são utilizadas medidas estatísticas, em que se destacam as distribuições de probabilidade (J.P. MORGAN, 1996; SECURATO, 1996; ASSAF NETO, 2003; JORION, 2003; REILLY & BROWN, 2003; VARIAN, 2003; GITMAN, 2004; TRAVERS, 2004). Por outro lado, a incerteza se refere à ocorrência de eventos em que os agentes econômicos não conseguem associar, de forma objetiva, valores de probabilidade. Portanto, toda vez que for possível quantificar a incerteza por meio de uma distribuição de probabilidade dos resultados previstos, diz-se que a decisão está sendo tomada sob uma situação de risco (ASSAF NETO, 2003).

Apesar de essas primeiras inferências teóricas mostrarem que os termos risco e incerteza possuem conceitos um tanto distintos, neste estudo eles são

usados como sinônimos, uma vez que estão sendo associados com medidas probabilísticas. Adicionalmente, é relevante enfatizar que os riscos tratados neste trabalho correspondem àqueles vinculados com os retornos que podem ser obtidos em investimentos no setor agropecuário.

Genericamente, o termo retorno pode ser visto como uma medida do total de ganhos (ou prejuízos) relativos a um dado nível de investimento, realizado para um determinado período de tempo (GITMAN, 2004). Operacionalmente, pelo fato de os investidores, em geral, não terem completa certeza de qual alternativa de investimento proporcionará a maior taxa de retorno, esses agentes econômicos tendem a tomar suas decisões com base no retorno esperado de cada alternativa. A estimativa do retorno esperado para um determinado ativo corresponde à média ponderada dos possíveis retornos (as probabilidades de ocorrência de cada retorno são os fatores de ponderação):

$$E(R_i) = \sum_{j=1}^n p_{ij} R_{ij} \quad (1)$$

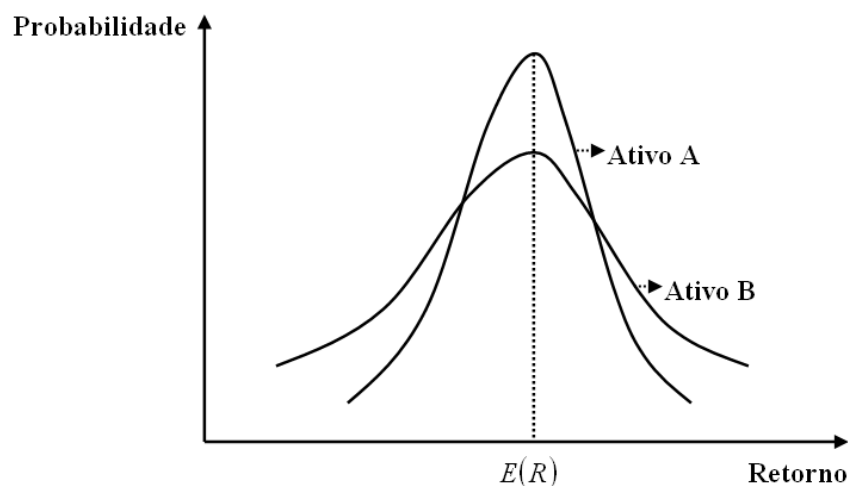
em que: $E(R_i)$ é o retorno esperado para o ativo i ; R_{ij} representa cada um dos possíveis retornos desse ativo; e p_{ij} corresponde à probabilidade de ocorrência de cada um desses retornos (ELTON *et al.*, 2003).

O risco, por sua vez, foi definido por Markowitz (1952) como sendo representado pela variância, que mede a dispersão dos possíveis resultados de um experimento em torno de seu valor esperado (ou média). Assim, o risco de um ativo i , segundo Elton *et al.* (2003), pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{var}(R_i) = \sum_{j=1}^n [p_{ij} (R_{ij} - E(R_i))^2] \quad (2)$$

em que: $\text{var}(R_i)$ é a variância do retorno do ativo i ; $E(R_i)$ é o retorno esperado desse ativo; R_{ij} representa cada um dos possíveis retornos desse ativo; e p_{ij} corresponde à probabilidade de ocorrência de cada um desses retornos.

Na prática, é comum utilizar o desvio padrão, que corresponde à raiz quadrada da variância, como medida do risco associado com um ativo⁹. Portanto, com base no valor do desvio padrão, pode-se avaliar o grau de incerteza vinculado a determinado investimento (REILLY & BROWN, 2003). Nessa mesma linha, Travers (2004) enfatiza que, para criar uma representação numérica do risco, frequentemente a variabilidade dos retornos do investimento é utilizada como uma *proxy*. A partir da Figura 1, pode-se observar que o ativo A, em comparação com o ativo B, apresenta menor variabilidade nos seus retornos, ou seja, para um mesmo valor em termos de retorno esperado, representado por $E(R)$, para o ativo A, existe menor dispersão dos retornos possíveis que podem ser obtidos. Portanto, esse ativo apresenta menor risco.



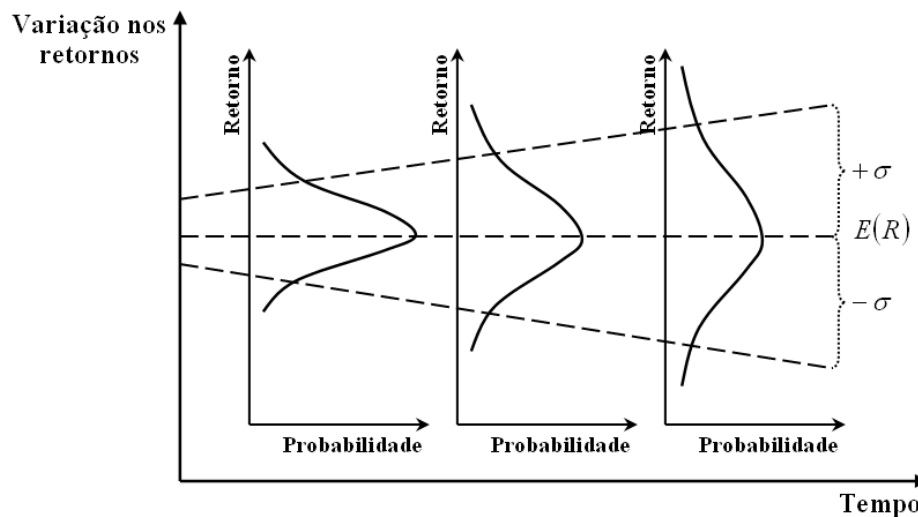
Fonte: Adaptado a partir de Gitman (2004).

Figura 1 - Distribuições de probabilidades dos retornos de dois ativos.

⁹ Para medir o risco em séries históricas de taxas de retorno, podem ser utilizadas as mesmas medidas empregadas sobre o retorno esperado (variância, desvio padrão, coeficiente de variação e outras). No entanto, nesses casos, deve-se considerar o período de tempo. Por exemplo, para calcular a variância dos retornos esperados durante n períodos de tempo, utiliza-se a seguinte expressão: $\sigma^2 = \sum_{t=1}^n [R_t - E(R)]^2 / n$,

em que σ^2 é a variância da série de retornos, $E(R)$ corresponde ao valor esperado durante n períodos de tempo e R_t representa o retorno em cada período de tempo.

O risco associado com os investimentos deve, também, ser considerado como função crescente do tempo. Isso porque a variabilidade dos retornos de um ativo, com o passar do tempo, tende a aumentar. Nessa perspectiva, Gitman (2004) ressalta que, quanto mais duradoura for a vida do investimento em um determinado ativo, maior tende a ser o risco devido a erros de previsão cada vez maiores para um futuro distante. Com base na Figura 2, pode-se perceber que, com o passar do tempo, ocorre a ampliação da área referente a ± 1 desvio padrão (σ) em torno do retorno esperado ($E(R)$).



Fonte: Adaptado a partir de Gitman (2004).

Figura 2 - Risco como função do tempo.

Sobre as incertezas que circundam os investimentos empresariais, também é importante fazer algumas inferências teóricas a respeito das principais origens e tipos de riscos. Nesse sentido, o termo risco está relacionado com uma dimensão multidimensional, pois cobre seis grandes grupos de riscos: mercado, operacional, liquidez, crédito, legal e político (J.P. MORGAN, 1996; DUARTE JÚNIOR, 2001; JORION, 2003; REILLY & BROWN, 2003). Cabe salientar que,

neste trabalho, são contempladas análises que envolvem riscos operacionais e de mercado, que afetam os sistemas de produção agropecuária.

Os riscos de mercado estão vinculados a movimentos nos níveis ou nas volatilidades dos preços de mercado, afetando, assim, os fluxos de caixa (nível de vendas, preços e outros); são, portanto, decorrentes da natureza dos negócios básicos de uma firma qualquer. Dessa forma, para entender e medir possíveis perdas decorrentes de flutuações no mercado, deveriam ser identificadas e quantificadas, o mais corretamente possível, as volatilidades e correlações dos fatores que impactam a dinâmica desses preços.

Quanto aos riscos operacionais, eles estão relacionados, por exemplo, com probabilidades de perdas no sistema produtivo, que podem ocorrer em virtude de controles inadequados, falhas de gerenciamento, problemas tecnológicos, erros humanos ou outros fatores.

Os riscos de liquidez referem-se, por exemplo, a possibilidades de os investidores não conseguirem converter, a qualquer momento, seus investimentos em dinheiro em caixa para ser usado em um consumo corrente ou para realizar outros investimentos.

Riscos de créditos são aqueles que dizem respeito a possibilidades de determinadas obrigações financeiras (financiamentos externos, por exemplo) deixarem de ser cumpridas por parte dos titulares dessas obrigações.

Com relação aos riscos legais, eles se referem às possibilidades de perdas em função da não existência de contratos amparados legalmente. Nesse tipo de risco, podem ser incluídas perdas por documentação insuficiente, insolvência, ilegalidade e falta de representatividade e/ou de autoridade por parte de um negociador.

Finalmente, os riscos políticos são decorrentes de possibilidades de mudanças na política ou no ambiente econômico de um determinado país.

Diante de todas as considerações teóricas envolvendo riscos, incertezas e retornos, fica evidente a necessidade de os investidores, na tomada de decisões acerca da escolha das possíveis alternativas de investimento, além de estabelecerem suas posturas frente ao dilema *risco-retorno*, avaliarem

previamente um amplo número de fatores que podem afetar os resultados. Nessa perspectiva, tomando como base as teorias da utilidade esperada e do portfólio, a seguir são efetuadas discussões a respeito do comportamento dos investidores e da otimização da escolha de alternativas de investimento que melhor atendam aos objetivos desses agentes econômicos.

2.3.1. A teoria da utilidade esperada

Para desenvolver estudos acerca de escolhas sob condições de incertezas, pode-se utilizar o conceito de utilidade, que é uma medida de bem-estar ou satisfação obtida com o consumo de diferentes cestas de bens e serviços. Assim, a utilidade pode ser vista como a representação, por meio de funções matemáticas, das preferências das pessoas. Essas funções possibilitam avaliar a satisfação dos indivíduos diante de diversas possibilidades de consumo, que podem envolver ganhos ou perdas, ou seja, os agentes econômicos, frente a alternativas arriscadas, podem expressar suas preferências em termos da utilidade associada com os possíveis resultados e suas probabilidades de ocorrência (COIMBRA-LISBOA, 2005).

Relacionado com essas considerações teóricas acerca da utilidade, tem-se inserida, em termos formais, a teoria da utilidade esperada (*UE*), que é amplamente utilizada para modelar o comportamento dos agentes econômicos, podendo ser considerada, segundo Cusinato (2003), o *core* da teoria econômica sob incerteza.

A teoria da *UE* tem como premissa central que os agentes econômicos, ao invés de considerarem a opção que gera o maior valor esperado¹⁰ (*VE*), escolhem a opção que possibilita maximizar a *UE*. Nesse caso, a utilidade pode ser escrita como uma soma ponderada de alguma função de consumo em cada estado de

¹⁰ O *VE* constitui a média ponderada de todos os n possíveis resultados (x_i) que podem ocorrer. Matematicamente, essa medida é dada pela seguinte expressão: $VE = \sum_{i=1}^n \pi_i x_i$, em que π_i representa a probabilidade associada com a ocorrência do resultado x_i .

natureza¹¹, $u(x_i)$, em que os pesos são as probabilidades π_i . Assim, a função de UE constitui uma representação da relação de preferências entre bens contingentes por meio dos valores esperados das suas utilidades. Genericamente, a UE , de acordo com Binger e Hoffmann (1998), pode ser representada como:

$$UE = \sum_{i=1}^n \pi_i u(x_i) \quad (3)$$

em que: π_i indica a probabilidade de ocorrência de um determinado resultado; u é a função de utilidade relacionada com cada estado de natureza; e x_i é o resultado associado com π_i .

Considerando o caso de uma aposta envolvendo dois possíveis resultados, Frank (1991) destaca que a UE poderia ser escrita como:

$$UE = \pi u(W_0 + \text{Ganho}) + (1 - \pi) u(W_0 - \text{Perda}) \quad (4)$$

em que: W_0 é a riqueza inicial; u é a função de utilidade; e Ganho e Perda correspondem, respectivamente, ao aumento e à diminuição na riqueza no caso de o jogador vencer ou perder a aposta, com probabilidades π e $(1 - \pi)$.

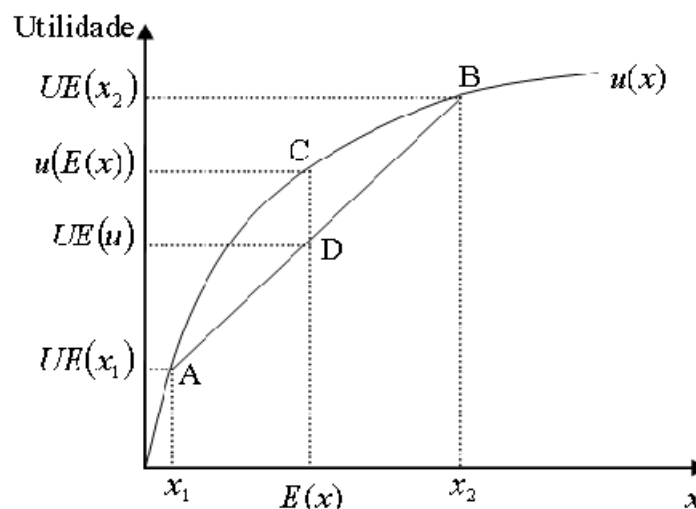
Na escolha sob condições de incertezas, existe um tipo natural de independência entre os diferentes resultados, pois eles devem ocorrer em diferentes estados de natureza. As escolhas que as pessoas planejam fazer em um estado deveriam ser independentes das escolhas que desejam fazer nos outros estados de natureza. Essa hipótese da independência implica que a função de utilidade para consumo contingente deverá ter uma estrutura muito especial: ela deverá ser aditiva nas diferentes cestas de consumo contingente. Quer dizer, segundo Varian (2003), se c_1 , c_2 e c_3 são os consumos em diferentes estados de natureza e π_1 , π_2 e π_3 são as probabilidades de que esses três diferentes estados

¹¹ Estados de natureza correspondem a diferentes resultados associados com um evento aleatório (por exemplo, em uma determinada aposta, o jogador pode perder ou ganhar, sendo esses, portanto, dois estados de natureza) (VARIAN, 2003).

de natureza se materializem, pressupõe-se que a função de utilidade deverá adotar a seguinte forma: $u(c_1, c_2, c_3) = \pi_1 u(c_1) + \pi_2 u(c_2) + \pi_3 u(c_3)$, que corresponde à função de *UE*.

Ainda dentro do escopo da teoria da *UE*, deve-se dispensar atenção especial às preferências dos agentes econômicos frente aos possíveis riscos associados com suas escolhas. Nesse contexto, os tomadores de decisão podem ser classificados em três tipos básicos: *avessos*, *propensos* e *neutros ao risco*.

Para a maioria das pessoas, a utilidade pode ser representada por uma função côncava, $u(x)$ (Figura 3). Nesse caso, a utilidade inicial, $u(E(x))$, indicada pelo ponto C, será rejeitada apenas quando o valor da *UE* for maior. Esse tipo de função, que exibe uma utilidade marginal decrescente para o bem analisado¹², é típico de pessoas com aversão ao risco, indicando que acréscimos do bem propiciarão aumentos cada vez menores na satisfação do indivíduo.



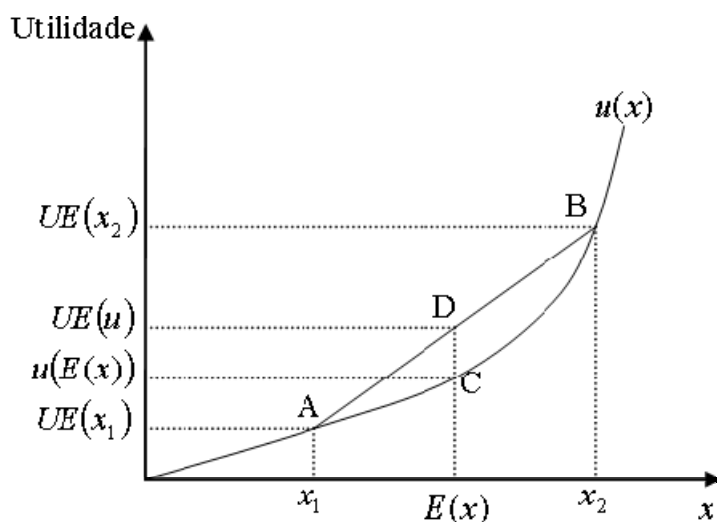
Fonte: Adaptado a partir de Binger e Hoffmann (1998).

Figura 3 - Função de utilidade de um agente econômico avesso ao risco.

¹² A utilidade marginal é a inclinação da função de utilidade.

Considerando x uma variável aleatória que pode assumir dois valores, x_1 e x_2 , com probabilidades de ocorrência, respectivamente, de π e $(1-\pi)$, o valor esperado, obtido a partir de uma função de utilidade elementar côncava, $u(x)$, representando uma combinação convexa de x_1 e x_2 , será dado por $\{E(x) = \pi x_1 + (1-\pi)x_2\}$, que gera uma utilidade igual a $u(E(x))$. Por outro lado, a utilidade esperada, associada com essa função, será dada por $\{UE(u) = \pi u(x_1) + (1-\pi)u(x_2)\}$, que corresponde ao ponto D da Figura 3. Pode-se observar que, ao serem comparados os pontos C e D , a concavidade da função de utilidade elementar implica que a utilidade associada com o valor esperado, $u(E(x))$, é maior do que a utilidade esperada, $UE(u)$. Com relação aos pontos A e B , eles constituem os pontos, localizados sobre a função de utilidade, que representam, respectivamente, as situações associadas com perdas e ganhos em decorrência de o indivíduo participar de uma loteria arriscada. Portanto, na perspectiva de um agente econômico avesso ao risco, o valor da utilidade esperada entre apostar em A (diminuir a riqueza) e B (aumentar a riqueza) é D , que é menor do que a segurança de obter C sem apostar; sendo assim, C será preferido a D .

Embora a maioria dos agentes econômicos seja avessa ao risco, existem aqueles que são mais propensos a aceitar situações mais arriscadas. Nesse caso, dentro do contexto da UE , a função de utilidade para um determinado bem torna-se convexa (Figura 4), existindo, assim, uma utilidade marginal crescente, ou seja, acréscimos no consumo do bem propiciarão aumentos cada vez maiores na satisfação do indivíduo.

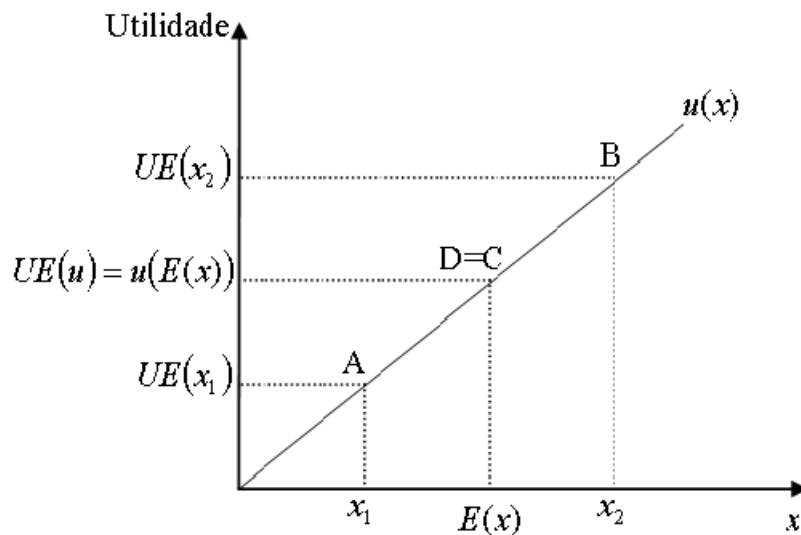


Fonte: Adaptado a partir de Binger e Hoffmann (1998).

Figura 4 - Função de utilidade de um agente econômico propenso ao risco.

Considerando a situação apresentada na Figura 4, na perspectiva de um agente econômico propenso ao risco, o valor da utilidade esperada entre apostar em A (diminuir a riqueza) e B (aumentar a riqueza) é $D [UE(u)]$, que é maior do que a segurança de obter $C [u(E(x))]$ sem apostar. Sendo assim, D será preferido a C , ou seja, a UE obtida com a participação em uma aposta excederá a utilidade de rejeitar a participação na aposta.

Por fim, um indivíduo que é indiferente entre aceitar ou rejeitar a participação em uma loteria é classificado como neutro ao risco. Nesse caso, como a função de utilidade é linear, a UE de uma loteria é exatamente igual à utilidade do valor esperado de não participar do jogo. Com relação à utilidade marginal, esta permanece constante, independentemente de aumentar ou diminuir o consumo do bem (Figura 5).

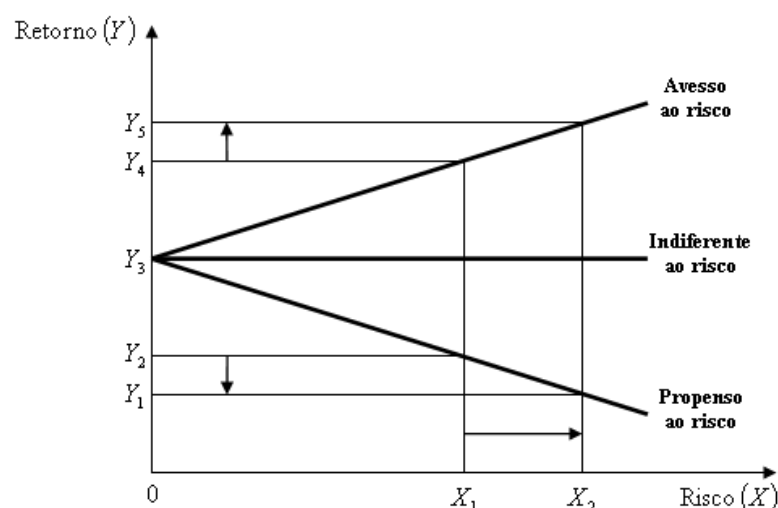


Fonte: Adaptado a partir de Binger e Hoffmann (1998).

Figura 5 - Função de utilidade de um agente econômico indiferente ao risco.

Com base nas preferências relacionadas com o risco, pode-se, ainda, a partir da Figura 6, efetuar algumas considerações adicionais envolvendo o *trade-off* entre risco e retorno:

- para um indivíduo *indiferente ao risco*, o retorno exigido não varia quando o nível de risco vai de X_1 para X_2 , ou seja, o retorno exigido permanece constante em Y_3 ;
- para um indivíduo *avesso ao risco*, o retorno exigido aumenta quando o risco se eleva. Quando o risco passa de X_1 para X_2 , o retorno exigido, visando a compensar uma possibilidade de perda maior, eleva-se de Y_4 para Y_5 ; e
- para um indivíduo *propenso ao risco*, um aumento no risco (X_1 para X_2) ocasiona redução no nível de retorno exigido (Y_2 para Y_1). Isso é justificado pelo fato de indivíduos com esse comportamento tenderem a requerer maiores riscos mesmo diante da possibilidade de obter menores retornos.



Fonte: Adaptado a partir de Gitman (2004).

Figura 6 - Preferências em relação ao risco.

2.3.2. A teoria do portfólio

Um portfólio pode ser visto como a combinação de ativos (financeiros ou não), que visa a atender determinados objetivos. Assim, o termo portfólio, dentro de uma perspectiva financeira, possui significado semelhante à noção de carteira de investimento. Mediante a formação de portfólios, em geral, os investidores buscam obter os maiores ganhos frente aos menores riscos possíveis (ELTON *et al.*, 2003). De acordo com Markowitz (1952), o portfólio que propicia o máximo retorno não é necessariamente aquele que apresenta a mínima variância. Existe uma taxa em que o investidor pode obter um dado retorno frente a um determinado risco, ou reduzir o risco mantendo um certo retorno.

Segundo o princípio geral da teoria do portfólio, a diversificação de uma carteira de investimento pode constituir importante estratégia para reduzir riscos. Isso porque os investidores podem combinar ativos que, ao longo do tempo, diminuam as flutuações no retorno esperado do portfólio sem causar reduções significativas nesse retorno (HADAWAY, 1978).

Em termos aplicados, a teoria do portfólio trata da seleção de alternativas de investimento que, com base nas estimativas de valores para o retorno e o risco esperados, permitam formar carteiras mais apropriadas para o perfil de cada investidor (REILLY & BROWN, 2003). Nessa linha, conforme o J.P. Morgan (1996), para medir o risco relacionado com mudanças no valor futuro de um portfólio, podem ser efetuadas previsões dessas mudanças. Assim, o modelo utilizado deve levar em consideração dois aspectos fundamentais: 1) a dinâmica temporal dos retornos, ou seja, modelar a evolução dos retornos ao longo do tempo; e 2) a distribuição dos retornos em qualquer ponto no tempo. Portanto, uma análise de portfólio começa a partir da utilização de informações acerca dos ativos individuais. Contudo, essa análise deve ser finalizada com conclusões a respeito do portfólio como um todo, pois o objetivo final é identificar a carteira que melhor atenda aos objetivos e ao perfil do investidor (MARKOWITZ, 1991).

Para desenvolver a referida análise, podem ser utilizados vários tipos de informação a respeito dos ativos. Dentre essas informações, destacam-se duas: séries históricas envolvendo performances dos ativos individuais; e perspectivas futuras por parte de técnicos especializados na análise do comportamento de ativos (MARKOWITZ, 1991).

O desenvolvimento da teoria do portfólio é baseado em um conjunto razoável de suposições:

- a. os investidores consideram cada uma das alternativas de investimento como sendo representada por uma distribuição de probabilidade dos retornos esperados para um dado horizonte de tempo;
- b. os investidores têm aversão ao risco, ou seja, dado um nível de risco, preferem maiores retornos a menores retornos; ou para determinado nível de retorno esperado, preferem menos riscos a mais riscos;
- c. os investidores, que são tomadores de preço, buscam maximizar suas utilidades esperadas;
- d. as curvas de utilidade dos investidores apresentam utilidade marginal decrescente para a renda;

- e. os investidores estimam o risco das carteiras de investimento com base na variabilidade dos retornos esperados; e
- f. os investidores tomam decisões baseadas apenas no retorno esperado e no risco. Assim, suas curvas de utilidade são funções apenas dos retornos esperados e da variância (ou desvio padrão) desses retornos (REILLY & BROWN, 2003).

Sob essas suposições, um único ativo ou um portfólio de ativos é considerado eficiente se nenhum outro ativo ou portfólio de ativos oferecer maior retorno esperado com o mesmo (ou menor) nível de risco, ou oferecer menor risco com o mesmo (ou maior) retorno esperado (REILLY & BROWN, 2003).

Ainda em relação às referidas suposições, Markowitz (1952) propôs que, ao invés de supor que os investidores buscam maximizar o retorno esperado de seus investimentos, se pensasse em termos de utilidade esperada, em que são levadas em consideração as preferências desses agentes econômicos frente a situações de incerteza. Isso porque, caso seja aceita a suposição de maximização da utilidade esperada, existe, segundo Markowitz (1991), uma base para discutir questões relativas aos critérios a serem empregados na análise de portfólio. Nesse sentido, presume-se que o investidor sempre age com total racionalidade econômica: 1) busca maximizar a utilidade esperada; 2) não comete erros em termos lógicos ou aritméticos; e 3) sempre escolhe um portfólio eficiente na relação entre retorno e risco esperados.

Tendo em vista que a utilidade esperada pode ser expressa como uma função que depende apenas do retorno esperado e de sua variância, Markowitz (1991) também infere que, ao invés de maximizar a função de utilidade do investidor, seria mais conveniente analisar as diversas carteiras apenas em termos dessas duas medidas. Portanto, a função que relaciona retorno e risco poderia ser otimizada por meio da maximização do retorno esperado para um determinado nível de risco ou mediante a minimização do risco frente a um determinado patamar de retorno esperado. Dessa forma, o autor destaca que os portfólios formados a partir desses fundamentos podem ser considerados carteiras de investimento eficientes, pois propiciam, ao mesmo tempo, proteções e

oportunidades para o investidor com relação a uma ampla extensão de possíveis contingências.

Essas considerações de Markowitz (1952, 1991) são plenamente justificadas pelo fato de que, segundo Reilly e Brown (2003), se assume que os investidores são, em geral, avessos ao risco. Uma das grandes evidências de que a maioria dos investidores tem algum grau de aversão ao risco reside no fato de eles tenderem a comprar vários tipos de seguro (seguros de vida, de carro, de saúde e outros). A compra de seguros geralmente envolve o desembolso de um dado valor monetário de maneira a obter garantias contra possíveis eventos incertos, que poderiam levar a grandes desembolsos futuros, ou seja, quando um indivíduo adquire um seguro, ele está querendo pagar um custo corrente conhecido, estabelecido pela política de seguro, para evitar a incerteza de ter que arcar com um possível custo futuro muito expressivo.

Em termos matemáticos, o retorno esperado, quando se trata de uma carteira de investimento, é dado pela média ponderada dos retornos esperados dos ativos individuais. Assim, esse retorno esperado pode ser representado da seguinte maneira (ELTON *et al.*, 2003):

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (5)$$

em que: $E(R_p)$ é o retorno esperado da carteira formada por N ativos; w_i é a participação do ativo i na carteira, ou seja, a fração do portfólio que é investida no ativo i ; e $E(R_i)$ é o retorno esperado desse ativo.

Com relação ao risco vinculado a uma carteira composta por N ativos, da mesma maneira que para os ativos individuais, ele pode ser avaliado a partir da variância (ou desvio padrão) dos retornos dessa carteira. Entretanto, deve-se destacar que, nesse caso, essa variância depende de componentes associados com duas medidas: as variâncias individuais dos retornos de cada ativo e as covariâncias entre os retornos dos ativos que compõem a carteira

(MARKOWITZ, 1952). Em termos matemáticos, Elton *et al.* (2003) demonstram que a variância do portfólio pode ser representada como:

$$Var(R_p) = \sum_{i=1}^N Var(R_i)w_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^N w_i w_s Cov(R_i, R_s), \text{ sendo } i \neq s \quad (6)$$

em que: $Var(R_p)$ é a variância dos retornos da carteira; $Var(R_i)$ corresponde à variância dos retornos de cada ativo que compõe a carteira; w_i é a participação de cada ativo no portfólio, sendo que $\sum_{i=1}^N w_i = 1$ e $w_i \geq 0$; e $Cov(R_i, R_s)$ representa a covariância entre os retornos de dois ativos.

A expressão (6) pode também ser escrita em termos matriciais:

$$Var(R_p) = w' \Sigma w \quad (7)$$

em que: w' é o vetor transposto das participações dos ativos presentes no portfólio (esse vetor tem dimensão $1 \times N$, sendo N igual ao número total de ativos); e Σ representa a matriz de variâncias e covariâncias relativa aos retornos dos ativos (essa matriz é de dimensão $N \times N$).

Os componentes de covariâncias, destacados em (6), possibilitam avaliar, por meio do sinal e da magnitude, se os retornos de dois ativos (i e s) apresentam, ao longo do tempo, comportamentos distintos (ou não). Enquanto valores positivos indicam movimentos na mesma direção, valores negativos evidenciam movimentos em direções opostas. Matematicamente, a covariância é dada pela seguinte expressão:

$$Cov(R_i, R_s) = \sum_{n=1}^N p_n [r_{in} - E(R_i)] [r_{sn} - E(R_s)] \quad (8)$$

em que: $Cov(R_i, R_s)$ é a covariância entre os retornos de dois ativos; $E(R_i)$ e $E(R_s)$ representam os retornos esperados, respectivamente, dos ativos i e s ; r_{in} e

r_{sn} são as enésimas taxas de retornos possíveis, respectivamente, para os ativos i e s ; e p_n é a probabilidade de se verificar as taxas de retorno r_{in} e r_{sn} .

Cabe destacar que a medida da covariância, que depende tanto das variâncias das séries de retornos dos ativos individuais, como da relação entre essas séries, pode ser padronizada. Essa padronização consiste em obter o coeficiente de correlação, cujos valores se situam dentro do intervalo $[-1; +1]$ ¹³: um valor de +1 indica uma perfeita relação linear positiva entre duas séries de retornos, significando que dois ativos apresentam retornos que, ao longo do tempo, apresentam movimentos similares; um valor de -1 representa uma perfeita relação linear negativa entre duas séries de retorno, o que indica que dois ativos, ao longo do tempo, tendem a apresentar retornos que movem-se de maneiras completamente distintas entre si (REILLY & BROWN, 2003). Em termos matemáticos, o coeficiente de correlação pode ser representado como:

$$Cor(R_i, R_s) = \frac{Cov(R_i, R_s)}{\sigma_{R_i} \sigma_{R_s}} \quad (9)$$

em que: $Cor(R_i, R_s)$ é a correlação entre os retornos dos ativos i e s ; $Cov(R_i, R_s)$ corresponde à covariância entre os retornos desses dois ativos; e σ_{R_i} e σ_{R_s} representam os desvios padrão dos retornos relativos, respectivamente, aos ativos i e s .

Na formação de um portfólio, Markowitz (1952) também ressalta que os investidores devem evitar investir em ativos que apresentam altas covariâncias positivas entre si, ou seja, os investimentos deveriam ser diversificados com ativos de empresas com diferentes características econômicas, pois existem maiores possibilidades de serem baixas as covariâncias entre os retornos dos ativos dessas empresas. A principal justificativa para essas considerações reside no fato de a fórmula da variância de um portfólio, com grande número de ativos,

¹³ Para a diversificação de ativos resultar em maior efeito na minimização dos riscos, de acordo com a teoria do portfólio, os ativos devem apresentar, entre si, coeficientes de correlação mais próximos de -1 (ver demonstração no Apêndice A).

tender a se reduzir para a soma das covariâncias ponderadas. Por exemplo: enquanto uma carteira composta por 3 ativos apresenta 3 termos de variâncias e 3 de covariâncias, uma carteira formada por 10 ativos terá 10 termos de variâncias e 45 de covariâncias. Portanto, ao adicionar um novo ativo a um portfólio que já contenha um certo número de outros ativos, o fator mais importante a ser considerado não é a variância do próprio ativo, mas sua covariância média com todos os outros ativos presentes no portfólio (ROSS *et al.*, 1995; REILLY & BROWN, 2003; HATTINGH, 2004).

Ainda a respeito das medidas de risco, Reilly e Brown (2003) destacam que, quando duas ou mais alternativas de investimento não são similares, isto é, se existem, por exemplo, diferenças nas taxas esperadas de retorno e/ou nos desvios padrão associados com essas taxas, para comparar tais alternativas, é necessário usar uma medida da variabilidade relativa. Nesse sentido, salientam que o coeficiente de variação (CV) é uma medida amplamente utilizada para indicar o risco por unidade de retorno esperado, pois é calculada da seguinte forma:

$$CV = \frac{\text{Desvio padrão dos retornos}}{\text{Retorno Esperado}} \quad (10)$$

Seguindo os pressupostos estabelecidos na teoria do portfólio, a escolha de uma carteira ótima também pode ser feita mediante duas formas: 1) solução de um problema de minimização do risco de investimento, dado um certo nível de retorno esperado (equação 11); e 2) solução de um problema de maximização, em que se busca encontrar o portfólio que apresenta a mais alta razão do retorno excedente (retorno esperado menos a taxa de retorno de ativos livres de risco) pelo desvio padrão, satisfazendo as duas restrições destacadas na expressão (12) (ELTON *et al.*, 2003).

$$\text{Minimizar } \text{Var}(R_p) = \sum_{i=1}^N \text{Var}(R_i) w_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^N w_i w_s \text{Cov}(R_i, R_s)$$

sujeito a

$$(1) E(R_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (11)$$

$$(2) \sum_{i=1}^N w_i = 1$$

$$(3) w_i \geq 0, \forall i$$

ou

$$\text{Maximizar } \theta = \frac{E(R_p) - R_F}{\sigma_p}$$

sujeito a

$$(1) \sum_{i=1}^N w_i = 1$$

$$(2) w_i \geq 0, \forall i$$

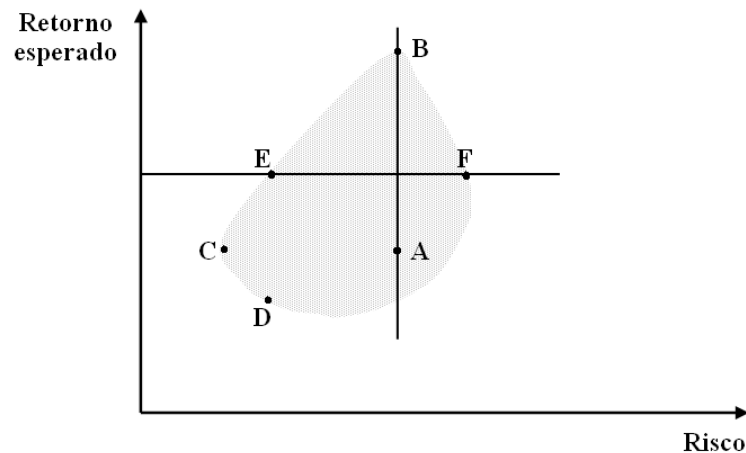
(12)

em que: $\sigma_p = \sqrt{\text{Var}(R_p)}$; e R_F é a taxa de retorno de ativos livres de risco.

Para auxiliar a compreensão das melhores combinações de ativos, podem ser utilizadas interpretações geométricas. A partir da Figura 7, é possível fazer algumas inferências mais relevantes a respeito dos possíveis portfólios a serem escolhidos por um investidor:

- examinando os portfólios A e B, nota-se que B (o que propicia o maior retorno, sendo, em geral, composto de um único ativo) é preferido a A, pois oferece maior retorno com o mesmo nível de risco;
- o portfólio C, que apresenta a menor variância, também deve ser preferido ao A, pois oferece menos risco com o mesmo nível de retorno;
- nenhum portfólio apresentado na Figura 7 é capaz de dominar os portfólios B, C e E;
- analisando o portfólio D, verifica-se que ele é dominado pelos portfólios E (maior retorno com o mesmo risco) e C (maior retorno com menos riscos);
- examinando o portfólio F, embora seja externo no espaço *risco-retorno esperado*, ele é dominado pelo E, pois neste se verifica menor risco para o mesmo nível de retorno; e

- portanto, para qualquer ponto contido no espaço *risco-retorno esperado*, busca-se mover tão longe quanto possível na direção de aumento do retorno esperado e tão longe quanto possível na direção de decréscimo do risco.



Fonte: Adaptado a partir de Elton *et al.* (2003).

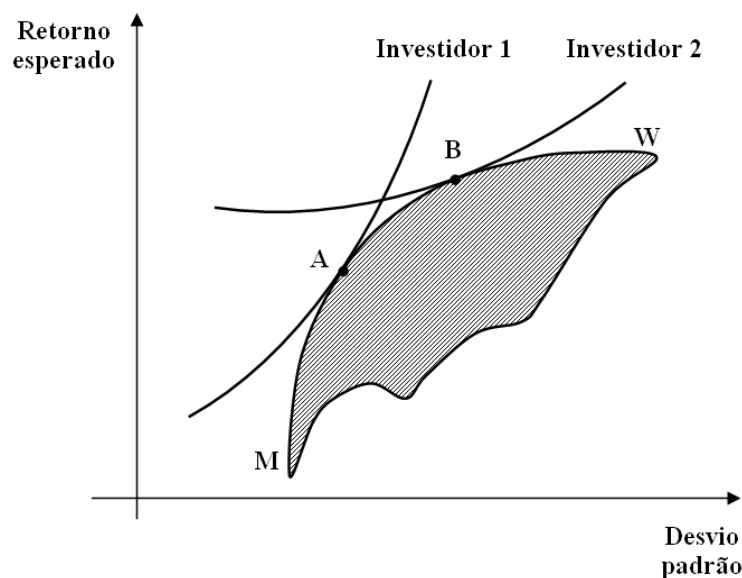
Figura 7 - Possibilidades de risco e retorno para vários portfólios de ativos.

Com base na Figura 7, pode-se finalmente obter um conjunto eficiente de possíveis portfólios a serem escolhidos. Este conjunto, também chamado de fronteira eficiente, consiste na curva envelope que engloba todos os portfólios situados entre o portfólio com a mínima variância (C) e o portfólio que propicia o máximo retorno (B).

Para melhor ilustrar a fronteira eficiente, tem-se também a Figura 8. O segmento MW representa a referida fronteira, que insere todas as carteiras racionais possíveis de serem construídas. A escolha da melhor carteira é determinada pela postura demonstrada pelo investidor diante do dilema entre risco (expresso pelo desvio padrão) e retorno esperado. Considerando os investidores 1 e 2 e suas respectivas curvas de indiferença, que refletem as posturas perante o risco, pode-se identificar o ponto ótimo de escolha de cada

investidor. Diante do mesmo conjunto de combinações de ativos, o investidor 2, pelo fato de ser menos avesso ao risco, seleciona o ponto B, em que a utilidade é maximizada frente à fronteira eficiente possível. Analogamente, o investidor 1 seleciona o ponto A, que representa uma carteira que gera risco e retorno menores. Em síntese, a conjunção entre a fronteira eficiente e a curva de indiferença determina qual portfólio particular, situado sobre essa fronteira, melhor condiz com um determinado perfil do investidor, ou seja, o portfólio ótimo a ser escolhido é definido no ponto de tangência entre a fronteira eficiente e a curva com a mais alta utilidade possível.

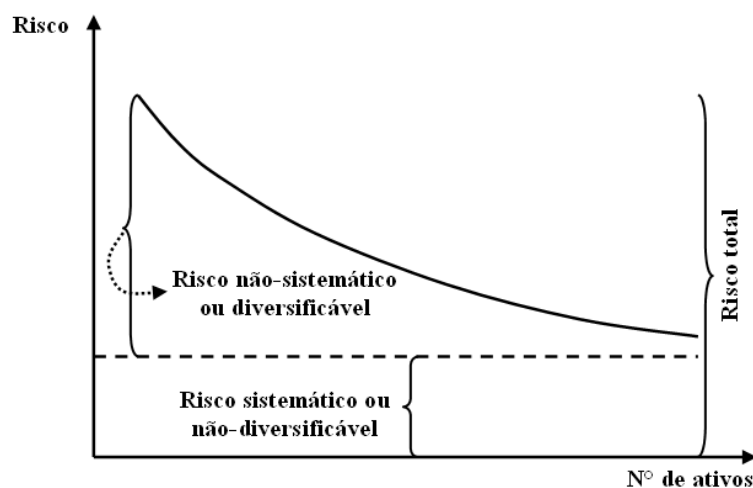
Ainda referente à Figura 8, pode-se observar que, ao se mover para cima, ocorre decréscimo na inclinação da curva que representa a fronteira eficiente. Isso significa que, ao adicionar incrementos iguais de risco, são observados incrementos decrescentes no retorno esperado. A avaliação desse comportamento pode ser feita mediante o cálculo da inclinação da fronteira eficiente. Esse cálculo é dado por: $\Delta \text{Retorno esperado} / \Delta \text{Desvio padrão}$.



Fonte: Adaptado a partir de Assaf Neto (2003).

Figura 8 - Seleção de carteira pela curva de indiferença.

Embora a diversificação tenha importante papel para otimizar a escolha de um determinado portfólio, deve-se ressaltar que essa estratégia não consegue eliminar completamente os riscos que cercam as carteiras em questão. Isso se justifica pelo fato de o risco, em geral, ser subdividido em não-sistemático e sistemático. O risco não-sistemático é específico para certos ativos, estando associado principalmente com as atividades econômicas dos setores desses ativos. Por outro lado, o risco sistemático é aquele que pode afetar todos os ativos da economia, pois resulta de variáveis macroeconômicas que têm impactos sobre o sistema econômico. Desse modo, segundo Ross *et al.* (1995), a diversificação possui capacidades para eliminar apenas os riscos não-sistemáticos. Essa inferência pode ser visualizada na Figura 9, na qual se observa que um aumento do número de ativos que compõem uma determinada carteira promove a queda do risco total¹⁴. No entanto, essa queda é limitada em função de a diversificação não ter impactos sobre os riscos sistemáticos.



Fonte: Adaptado a partir de Ross *et al.* (1995).

Figura 9 - Impacto da diversificação sobre o risco de carteiras de investimento.

¹⁴ O risco total corresponde ao risco que se assume ao manter o investimento em um único ativo.

2.4. Comentários finais sobre os principais fundamentos teóricos

Com base nas discussões realizadas ao longo deste capítulo, fica evidente que a tomada de decisões organizacionais, normalmente, ocorre em ambientes cercados por amplo número de incertezas. Desse modo, pode-se inferir que a configuração e exploração de sistemas de produção agropecuária dependem fundamentalmente de escolhas associadas com decisões e ações administrativas dos produtores rurais. Adicionalmente, essas duas categorias elementares da ciência administrativa (LIMA, 1989), além de estarem de acordo com os objetivos desses agentes econômicos, devem ser coerentes com as necessidades efetivas de realização de investimentos em capital produtivo.

Admitindo também que os produtores rurais possuem, em geral, um comportamento caracterizado por aversão ao risco (MENDES & PADILHA JUNIOR, 2005; GODINHO & CARVALHO, 2006) e que os investimentos referidos são, segundo a teoria Keynesiana, circundados por incertezas quanto aos resultados futuros que podem gerar, é imprescindível a utilização de estratégias organizacionais que busquem minimizar os riscos de insucesso na escolha de certos sistemas produtivos.

Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para minimizar riscos, destaca-se a diversificação de atividades agropecuárias. Isso porque, baseando-se nos pressupostos da teoria do portfólio, os produtores rurais podem combinar diferentes atividades que, ao longo do tempo, além de não causarem reduções significativas nos possíveis retornos econômicos, gerem maior nível de certeza com relação a esses retornos.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, são discutidos os principais aspectos relacionados com os modelos e procedimentos analíticos. Estruturalmente, o capítulo é composto de quatro partes. Na primeira, são feitas considerações importantes no sentido de apresentar o objeto de estudo. As partes dois e três tratam, respectivamente, das análises financeira e de volatilidade. Na quarta parte, discorre-se sobre as fontes de dados e os recursos computacionais.

3.1. Considerações principais referentes ao objeto de estudo

Para atingir os objetivos propostos, a partir de resultados históricos de pesquisas gerados durante vários anos pelo Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e pela Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR, foram definidos, como objeto de estudo, três sistemas de produção agropecuária: *produção vegetal* (PV), *bovinocultura de corte* (BC) e *integração lavoura-bovinocultura de corte* (ILP).

Com relação a esses sistemas, é importante enfatizar que eles constituem modelos teóricos bem ajustados à realidade da microrregião de Guarapuava - PR. Isso porque foram estruturados mediante a realização de consultas junto a pesquisadores das citadas instituições que, há mais de uma década, vêm

desenvolvendo, anualmente e de forma conjunta, uma série de pesquisas, principalmente de natureza técnica¹⁵, visando à identificação de diferentes alternativas de sistemas de produção, que sejam adequados à realidade agropecuária do Estado do Paraná. Portanto, baseado nos resultados dessas pesquisas, foram definidas as áreas, atividades agropecuárias, estruturas de produção, tecnologias e dinâmicas de funcionamento dos três sistemas analisados neste trabalho.

Especialmente em relação às atividades agropecuárias presentes nesses sistemas, é pertinente fazer três comentários principais: 1) no *sistema de PV* ocorre especialização da propriedade rural na exploração de atividades agrícolas (soja e milho no verão e trigo no inverno); 2) no *sistema de BC*, o estabelecimento agropecuário é especializado na produção de carne bovina, mediante a compra de animais (bezerros) para desenvolver as fases de recria e engorda, em período inferior a um ano; e 3) no *sistema de ILP*, em distintos períodos do ano, existem produções sucessivas de grãos (soja e milho no verão e trigo no inverno) e carne bovina (verão e inverno), ou seja, ao longo de todo o ano, em virtude da rotação de atividades, há partes da área exploradas com atividades agrícolas e outras destinadas à atividade de pecuária, que também é caracterizada pela compra de bezerros para, em período inferior a um ano, desenvolver as fases de recria e engorda¹⁶.

Referente à microrregião de Guarapuava¹⁷, situada no centro-oeste do Paraná (Figura 10), cabe salientar que, além de ter na agropecuária a base principal para o seu desenvolvimento, ela é muito representativa da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária nesse Estado.

¹⁵ Entende-se por estudos de natureza técnica aqueles que têm como foco principal a avaliação da estrutura técnica de produção. Nessa estrutura, incluem-se, por exemplo, as propriedades físicas e químicas do solo, as técnicas de preparo, manejo e cultivo do solo e a avaliação dos índices de produtividade física.

¹⁶ No objeto de estudo deste trabalho, a integração lavoura-pecuária não está, portanto, direcionada para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, que são consequências do desenvolvimento da pecuária extensiva tradicional.

¹⁷ Neste estudo, se assume que, para a microrregião de Guarapuava - PR, tecnicamente é viável explorar cada um dos sistemas de produção definidos, ou seja, na prática, a escolha final de qual sistema será efetivamente explorado depende apenas das preferências do produtor rural. Essas preferências, em geral, estão associadas com os fatores que afetam o processo de tomada de decisões.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2004).

Figura 10 - As microrregiões do Estado do Paraná.

A partir do Quadro 2, pode-se notar que o setor agropecuário da microrregião em questão é bastante diversificado em atividades agropecuárias. Os dados do censo agropecuário brasileiro de 1996 mostram que as lavouras temporárias, representadas, sobretudo, pelas culturas da soja, do milho e do trigo, respondiam por 25,1% da área total da microrregião de Guarapuava. Associando com as áreas em descanso, verifica-se que as lavouras temporárias correspondiam a cerca de 29,5% da área total. Quanto às áreas de pastagens cultivadas e naturais, dedicadas, principalmente, às explorações das bovinoculturas de corte e leite e da ovinocultura, constata-se que elas ocupavam, respectivamente, 18,3% e 11,7% da referida área.

Quadro 2 - Área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários da microrregião de Guarapuava - PR

Forma de ocupação	Área (ha)	%
Lavouras temporárias	323.402,49	25,1
Matas e florestas naturais	285.549,96	22,2
Pastagens cultivadas	235.345,80	18,3
Pastagens naturais	150.297,95	11,7
Matas e florestas artificiais	112.992,67	8,8
Terras inaproveitáveis	71.712,41	5,6
Lavouras temporárias em descanso	57.214,77	4,4
Terras produtivas não utilizadas	38.597,34	3,0
Lavouras permanentes	12.543,47	1,0
Total	1.287.656,85	100

Fonte: IBGE (2007).

Em síntese, partindo da importância da agropecuária desenvolvida na microrregião de Guarapuava, PR, e da existência de resultados de vários anos de pesquisas, foram estruturados para o estudo os três sistemas de produção agropecuária supracitados. A partir dessa estruturação, foram levantados os dados históricos secundários, que contêm informações relacionados com níveis de produtividade e componentes tecnológicos utilizados em cada atividade agropecuária, bem como de preços pagos e recebidos pelos produtores rurais. Finalmente, com base nos dados de cada sistema, foram desenvolvidas as análises financeira e de volatilidade relacionadas com os resultados econômicos. Para isso, nos itens 3.2 e 3.3 são discutidos os principais fundamentos e procedimentos metodológicos referentes a essas análises.

3.2. Análise financeira dos investimentos nos sistemas de produção

Na análise financeira busca-se avaliar, sob o ponto de vista privado e considerando um horizonte de planejamento de longo prazo, a viabilidade financeira de implantar determinado projeto de investimento. Para tanto, partindo

de fluxos físicos (insumos e produtos) e preços de mercado, obtêm-se os fluxos financeiros, que são a base para desenvolver a análise em questão. Nessa perspectiva, após a obtenção dos fluxos relativos a cada sistema de produção estudado, foram gerados importantes indicadores financeiros mediante o emprego de cinco técnicas principais: a taxa média de retorno (TMR), o período de *payback* (PP) descontado, o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e a razão benefício/custo (B/C). Assim, nos subitens seguintes, além de serem efetuadas discussões sobre essas técnicas em condições determinísticas e de incertezas, são destacados os principais procedimentos operacionais para efetivamente desenvolver a análise financeira.

3.2.1. Indicadores financeiros sob condições determinísticas

Dentre as técnicas de análise financeira, a TMR é uma das mais simples, pois consiste em calcular o retorno de um determinado projeto a partir da divisão do fluxo de caixa médio (receitas menos despesas operacionais), após deduzidos os tributos, pelo investimento médio. Para as demais técnicas mencionadas anteriormente, partindo-se dos fluxos de caixa líquidos (entradas menos saídas de caixa), pode-se avaliar o efeito do tempo sobre o custo do capital envolvido com o projeto analisado. Para tanto, utiliza-se a noção da taxa mínima de atratividade (TMA), que, segundo Gitman (2004), representa o retorno mínimo que a empresa deve obter em determinado projeto para que seu valor de mercado permaneça inalterado. Portanto, a TMA, conhecida também como o custo de oportunidade ou a taxa de desconto do capital, é utilizada para representar os fluxos de caixa em termos de valores presentes.

O PP descontado, obtido sobre os fluxos de caixa descontados, corresponde ao período de tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial no projeto (GITMAN, 2004). De outra forma, o PP descontado pode ser visto como o espaço de tempo compreendido entre o início do projeto e o momento em que o fluxo de caixa descontado acumulado torna-se

positivo (SANVICENTE, 1999). Em termos matemáticos, essa técnica pode ser escrita como:

$$PP_{descontado} = \frac{\left[\sum_{t=0}^k FC_t / (1+i)^t \right] \times (-1)}{FC_{k+1} / (1+i)^{k+1}} + k \quad (13)$$

em que: t é o período de tempo; $k+1$ é o período de tempo onde o fluxo de caixa (FC) descontado acumulado se torna maior do que zero; e i representa a TMA.

O VPL é um método de análise que consiste em calcular o valor presente de uma série de pagamentos (ou recebimentos), iguais ou diferentes, a uma taxa conhecida (NORONHA, 1987; SOBRINHO, 1997; VERAS, 1999; GITMAN, 2004). Quanto aos resultados, podem ser obtidos três: a) *VPL maior do que zero*, que indica que o projeto é financeiramente viável; b) *VPL igual a zero*, indicando que é indiferente entre investir no projeto ou na melhor alternativa considerada, pois os retornos serão iguais; e c) *VPL menor do que zero*, que significa que o projeto é inviável financeiramente. Matematicamente, obtém-se o VPL a partir do uso da seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

em que: t é o período de tempo correspondente a um certo fluxo de caixa (FC); e i corresponde à TMA.

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas ao valor presente das saídas de caixa, ou seja, é a taxa que anula o VPL do investimento analisado. Em termos de resultados, será atrativo o investimento cuja TIR for maior do que a TMA do investidor (NORONHA, 1987; SOBRINHO, 1997; VERAS, 1999; GITMAN, 2004). A expressão da TIR pode ser representada da seguinte forma:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (15)$$

Sobre os indicadores financeiros do VPL e da TIR, é importante ressaltar que, para projetos de investimento mutuamente exclusivos, ocorrendo discrepâncias nas conclusões finais associadas com esses indicadores (ou seja, podem levar a conclusões distintas sobre qual projeto representa a melhor alternativa financeira), poderá ser necessário calcular também a Taxa de Fisher (TF). A justificativa para o cálculo da TF é baseada em duas situações: 1) se entre dois ou mais projetos, o que apresentar a maior TIR for aquele que possuir o maior valor de investimento, então ele deve ser o escolhido; e 2) se o projeto com menor investimento apresentar a maior TIR, não se deve concluir, com base nesse indicador, que ele é melhor. Ocorrendo essa segunda situação, deve-se obter a TF, que corresponde ao cálculo da TIR a partir dos valores resultantes das diferenças entre os fluxos de caixa dos projetos com maior e menor custos de investimento (REZENDE & OLIVEIRA, 2001). Com os resultados da TF, existem duas conclusões possíveis: caso a TF seja maior que a TMA, opta-se pelo projeto que apresentou a menor TIR; caso contrário, opta-se pelo projeto cuja TIR foi maior. É pertinente enfatizar que a TF sempre conduz para a mesma conclusão do VPL, demonstrando que, dos indicadores financeiros discutidos neste item, o VPL, independentemente do nível de investimento, constitui o principal a ser considerado na avaliação financeira final de um projeto.

Quanto à técnica da razão B/C, ela também possibilita obter informações relevantes acerca da viabilidade de determinados projetos. Isso porque, mediante a comparação das entradas e saídas, convertidas em valores presentes durante o período de tempo considerado, é possível identificar as alternativas que apresentam maiores retornos financeiros. Uma razão B/C maior do que 1 indica que o projeto é financeiramente viável, pois as entradas são superiores às saídas de caixa (NORONHA, 1987; SOUZA *et al.*, 1995), dado um certo custo de oportunidade, que é representado pela TMA. A técnica em questão pode ser escrita como:

$$B / C = \frac{\sum_{t=0}^n EC_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n SC_t (1+i)^{-t}} \quad (16)$$

em que: t indica o período de tempo; EC_t é a entrada de caixa no período t ; SC_t representa a saída de caixa no período t ; e i refere-se à TMA.

3.2.2. Indicadores financeiros sob condições de incertezas

Tendo em vista que, na prática, os resultados dos fluxos de caixa tendem a não ocorrer de forma determinística (como assumido, de maneira implícita, no item anterior), a maior parte das decisões de investimentos deve ser tomada com considerável grau de incerteza. Isso porque existe amplo número de fatores que aumentam as incertezas quanto à obtenção de determinados resultados. Assim, para conseguir maior confiabilidade nos resultados que podem ser obtidos com a implementação de determinados projetos de investimento, torna-se fundamental o uso de métodos que consideram os riscos nas avaliações financeiras. Com o emprego de métodos dessa natureza, em geral busca-se atingir quatro objetivos principais: 1) identificar os fatores que podem ocasionar maiores impactos nos resultados do projeto; 2) quantificar o impacto possível de cada fator; 3) definir uma referência para os fatores não controláveis do projeto; e 4) minimizar os impactos negativos por meio de ajustes nos fatores controláveis (BRUNI *et al.*, 1998; ODA *et al.*, 2007).

Para realizar as análises em condições de riscos, algumas abordagens podem ser adotadas. Dentre essas abordagens, que necessitam do conhecimento prévio dos possíveis eventos futuros, bem como das suas probabilidades de ocorrência, destacam-se duas: análise de sensibilidade e simulação.

Na análise de sensibilidade, que é uma forma bastante simples de avaliação de riscos, usa-se um número de valores possíveis para uma dada variável visando a avaliar seu impacto sobre os resultados da empresa. Com o emprego dessa abordagem, ao se variar, por exemplo, o preço de venda do

produto, pode-se observar o que acontece com o VPL. Portanto, a análise de sensibilidade é muito útil para identificar as variáveis chave, ou seja, aquelas que podem causar maiores impactos sobre os resultados finais da empresa (BUARQUE, 1991; GITMAN, 2004; PAMPLONA & MONTEVECHI, 2007).

Apesar da grande utilidade, a avaliação de riscos mediante a mensuração da sensibilidade, além de analisar cada variável apenas de forma individual, o que dificulta a visualização de relações de interdependência, não incorpora a probabilidade de ocorrência de um valor dentro de determinados intervalos possíveis (ODA *et al.*, 2007). Para resolver esse problema, recomenda-se utilizar a abordagem relacionada com simulação, em que a avaliação de riscos está fundamentada no estudo de distribuições de probabilidades.

Nos métodos de simulação, as formas de investigação estão baseadas na percepção do risco a partir do emprego de distribuições de probabilidades predeterminadas¹⁸ e números aleatórios, que possibilitam projetar, ao longo do tempo, o comportamento de certos indicadores (GITMAN, 2004).

Como resultados finais do emprego da simulação em avaliações de projetos de investimento, podem ser obtidos alguns importantes parâmetros, como o VPL e a TIR esperados e os seus respectivos desvios padrão. Com base nesses parâmetros, é possível gerar uma série de resultados de interesse para o analista: a probabilidade de inviabilidade de um determinado investimento; o intervalo de confiança em relação aos resultados obtidos; o valor mínimo do indicador para o nível de significância adotado; e outros (PAMPLONA, 2003).

Portanto, a abordagem envolvendo simulação permite superar as limitações da análise de sensibilidade, pois, além de incorporar as combinações possíveis entre as variáveis, leva em consideração probabilidades de ocorrência dos valores de cada variável chave. Essa abordagem, pelo fato de forçar o analista do projeto a refletir sobre as principais incertezas e interdependências relacionadas com os diversos fatores de risco, é indicada para projetos complexos e com grande número de variáveis inter-relacionadas (ODA *et al.*, 2007).

¹⁸ As distribuições de probabilidades, em geral, são definidas apenas para as variáveis identificadas como chave na análise de sensibilidade.

3.2.3. Procedimentos operacionais para desenvolver a análise financeira

Para efetivamente desenvolver a análise financeira relacionada com os sistemas de produção estudados, é fundamental destacar os principais procedimentos empregados. Esses procedimentos dizem respeito, sobretudo, à elaboração e às análises referentes aos fluxos de caixa anuais, sob condições determinísticas e de incertezas.

Tomando como base dados históricos mensais do período de 1995 a 2007, que contêm informações técnicas e econômicas relacionadas com os sistemas de produção investigados, foram elaborados, para cada sistema, fluxos de caixa anuais para um horizonte de planejamento de 13 anos. A justificativa para utilizar esse horizonte temporal baseia-se na noção de obsolescência de grande parte dos bens de capital, que neste estudo foram considerados como apresentando vida útil média de 13 anos. Portanto, assume-se que, após o final desse horizonte, haja necessidade de realizar novos investimentos em bens de capital. Assim, cada sistema contempla um período que vai do Ano 0 ao Ano 13. Definiu-se o Ano 0 como aquele em que foram realizados apenas os investimentos de capital produtivo. Quanto aos anos 1 a 13, eles representam os anos destinados ao desenvolvimento das atividades produtivas de cada sistema.

A respeito das informações técnicas dos sistemas em estudo, elas tratam, sobretudo, das produtividades agropecuárias e dos componentes tecnológicos. Esses componentes estão associados com os fatores de produção empregados no ciclo produtivo, ou seja, correspondem aos tipos de recursos produtivos, com as respectivas quantidades, utilizados em cada atividade agropecuária e que acabam sendo grandes determinantes dos níveis de produtividade observados.

Quanto às informações econômicas, elas se referem aos investimentos necessários e aos preços recebidos e pagos pelos produtores rurais. Sobre essas informações, inicialmente deve-se salientar que, diante de limitações no tamanho da amostra de dados e para não reduzir o horizonte de planejamento, para definir os valores dos investimentos no Ano 0, optou-se por utilizar os preços reais (preços deflacionados) dos bens de capital observados em janeiro de 1995. Por

outro lado, para determinar os demais valores dos fluxos de caixa nos anos subsequentes (Anos 1 a 13), empregaram-se as médias de preços reais observadas em cada ano (período de 1995 a 2007).

A respeito dos valores de investimentos, a partir das características e estruturas dos sistemas de produção, estimaram-se as necessidades iniciais de inversão de capital em recursos produtivos com vida útil maior do que um ano (benfeitorias, máquinas, equipamentos e outros recursos).

Com relação à terra, é pertinente destacar que, para a exploração de cada sistema, em função de se assumir que já existe uma disponibilidade de 300 hectares de área agricultável¹⁹, esse recurso produtivo não foi incluído para calcular o montante de investimentos necessários. Adicionalmente, é importante ressaltar que, embora na avaliação de muitos projetos de investimento na agropecuária deve-se considerar, na formação dos fluxos de caixa, o custo de oportunidade da terra, que é representado pelo valor que poderia ser obtido ao empregar esse recurso produtivo no melhor uso alternativo (arrendamento, por exemplo) (NORONHA, 1987), nesta pesquisa, esse custo foi desconsiderado por três razões principais: 1) os três sistemas constituem usos alternativos da terra, ou seja, na área agricultável, assume-se que o produtor rural pode tomar decisões que levem à implantação de um dos sistemas estudados; 2) neste estudo, buscou-se efetuar análises comparativas entre os resultados financeiros que podem ser obtidos com três distintas alternativas tecnológicas, representadas pelos sistemas de produção agropecuária; e 3) pelo fato de se considerar que o custo de oportunidade da terra seria o mesmo para os três sistemas, pois, caso não fosse implantado nenhum dos sistemas, a terra poderia, por exemplo, ser arrendada para terceiros desenvolverem uma determinada atividade agropecuária.

Sobre os preços recebidos e pagos pelos produtores, eles também foram fundamentais para estimar os fluxos anuais de entradas e saídas de caixa dos diferentes sistemas produtivos. Nessa perspectiva, as receitas, que correspondem às entradas de caixa, dividem-se em diretas e indiretas. Para um determinado

¹⁹ O estabelecimento de 300 hectares de área agricultável para explorar cada sistema foi definido a partir de discussões com pesquisadores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR.

período de tempo, a receita direta, que é formada pelas vendas de produtos agropecuários (milho, soja, trigo, carne bovina etc.), pode ser representada como:

$$RD_t = \sum_{i=1}^k P_i Q_i \quad (17)$$

em que: RD_t corresponde à receita direta no período t ; P_i é o preço recebido pela venda do produto i ; e Q_i representa a quantidade vendida do produto i .

As receitas indiretas são constituídas pela soma do valor residual dos bens de capital. O valor residual corresponde ao montante de recursos financeiros que a propriedade rural pode obter ao final do horizonte de planejamento. Assim, no último ano do fluxo de receitas, são agregadas as rendas provenientes das vendas dos bens, ou seja, o produtor rural pode vender seus bens de capital e, ainda, recuperar os recursos em dinheiro disponíveis em caixa (BUARQUE, 1991). O cálculo do valor residual total, ou seja, do valor resultante da possível venda de todos os bens de capital, foi realizado com base na seguinte expressão:

$$VR_{total} = \sum_{i=1}^k D_i (VU_i - HP) \quad (18)$$

em que: D_i e VU_i representam, respectivamente, a depreciação anual e a vida útil (em anos) do bem de capital i ; e HP corresponde ao horizonte de planejamento.

É relevante salientar que, para calcular o valor residual de cada sistema, foram utilizados apenas os valores dos bens de capital que possuem vida útil superior ao horizonte de planejamento.

Sobre a depreciação, cabe destacar que, embora não constitua um desembolso efetivo, ela representa o custo decorrente do desgaste dos ativos imobilizados (benfeitorias, máquinas e equipamentos), que deve ser considerado para definir a base de cálculo dos tributos incidentes sobre o lucro operacional da empresa. Neste trabalho, a depreciação foi calculada pela seguinte equação:

$$D_i = VN_i / VU_i \quad (19)$$

em que: D_i , VN_i e VU_i representam, respectivamente, a depreciação anual, o valor novo e a vida útil do bem de capital i .

Além das receitas, a exploração de qualquer um dos sistemas implica diversas despesas operacionais que, juntamente com os investimentos, formam as saídas de caixa. Neste estudo, as despesas em questão são classificadas como fixas e variáveis. As despesas fixas são formadas pelos desembolsos anuais efetivos relacionados com a mão-de-obra permanente e com o seguro e a manutenção dos bens de capital. Especialmente em relação aos desembolsos associados com seguro e manutenção, anualmente, eles corresponderam, respectivamente, a 1% e 3% dos valores novos dos referidos bens.

As despesas variáveis são constituídas por gastos relacionados com insumos consumidos no processo produtivo (corretivos, fertilizantes, defensivos, sementes, alimentos para animais e outros), operações agrícolas (mão-de-obra operacional, óleo diesel, lubrificantes e transportes de animais e das produções agrícolas) e outros itens, como mão-de-obra temporária, assistência técnica, recepção dos produtos e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR, que corresponde a 2,3% do valor da produção agropecuária).

Ainda relacionado aos desembolsos, salienta-se que, para calcular os fluxos de caixa líquidos, com base no lucro operacional anual, foram descontados os pagamentos de dois tributos²⁰: imposto de renda e contribuição social sobre o lucro líquido²¹.

Para a obtenção dos indicadores financeiros, é pertinente também ressaltar que foram realizadas análises ex-post, baseadas em dados históricos de

²⁰ Para definir a base de cálculo dos tributos, o lucro operacional anual representa a diferença entre receitas diretas e despesas operacionais. Para calcular esse lucro, desconsiderou-se o valor residual; por outro lado, os custos com depreciação, embora não constituam desembolsos efetivos, foram considerados pelo fato de reduzirem a base de cálculo dos tributos em questão.

²¹ Para a pessoa jurídica, seja comercial ou civil o seu objeto, a alíquota do imposto de renda (IRPJ) que incide sobre o lucro real (ou lucro operacional anual) é de 15%. Além disso, a parcela do lucro real que exceder o valor resultante da multiplicação de R\$20.000,00 pelo número de meses do respectivo período de apuração, sujeita-se à incidência de adicional de IRPJ à alíquota de 10%. Por sua vez, o valor da contribuição social sobre o lucro líquido (CSSL) é calculado com base na alíquota de 9%, que também incide sobre o lucro real. Essas normas de apuração aplicam-se, inclusive, à pessoa jurídica que explore atividade rural (PORTAL..., 2008).

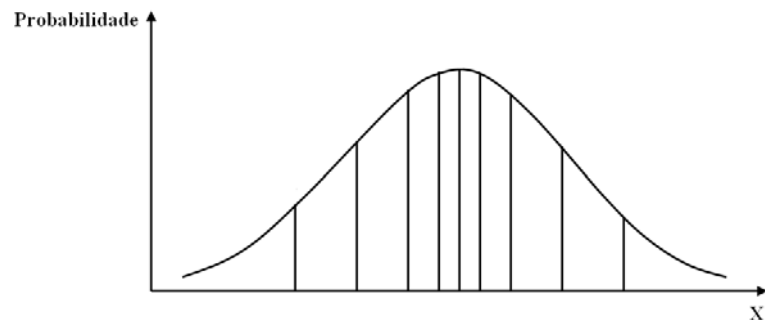
produtividades e preços recebidos e pagos pelos produtores. Adicionalmente, para efetuar avaliações dos fluxos de caixa em condições de incertezas, inicialmente foram identificadas as variáveis chave mediante a realização de análises de sensibilidade do VPL. Optou-se por medir a sensibilidade desse indicador em virtude de, conforme enfatizado no item 3.2.1, sua análise possuir fundamental relevância em estudos que envolvem decisões de escolha entre diferentes alternativas de projetos de investimento.

No desenvolvimento das análises de sensibilidade, para cada variável independente, assumiu-se uma variação individual (condição *ceteris paribus*) de 10% sobre o valor médio utilizado para calcular os fluxos de caixa determinísticos. É necessário salientar que as variações foram promovidas na direção em que causam impactos negativos sobre os resultados da variável dependente, representada pelo VPL, ou seja, enquanto para as produtividades e preços recebidos foram utilizadas variações negativas de 10%, para os preços pagos foram consideradas variações positivas de 10%. Finalmente, as variáveis avaliadas que causaram impactos negativos iguais ou superiores a 5% no VPL foram definidas como chave.

Após identificadas as variáveis chave, foram definidas, com base nos valores históricos, as distribuições de probabilidade que melhor representam essas variáveis. A partir das referidas distribuições, realizaram-se simulações, com 5.000 iterações dos fluxos de caixa dos sistemas em estudo, para obter os valores de três indicadores sob condições de riscos: VPL, TIR e razão B/C. Optou-se por analisar, em condições de riscos, apenas esses três indicadores pelo fato de que, ao levarem em conta o valor do capital ao longo do tempo, fornecem informações mais relevantes para auxiliar na tomada de decisão envolvendo escolha entre diferentes alternativas de investimento de capital.

Para as simulações, empregou-se o método *Latin Hypercube*, haja vista que ele trabalha segmentando a distribuição de probabilidade das variáveis em um número de intervalos não sobrepostos, cada um possuindo igual probabilidade de ocorrência. Para cada intervalo, é selecionado um valor aleatório que, de acordo com a distribuição de probabilidade, esteja dentro do

intervalo. O conjunto de valores forma, então, a amostra aleatória obtida com o *Latin Hypercube*. Nesse sentido, a Figura 11 ilustra como a distribuição da variável X pode ser fracionada em 10 partes.

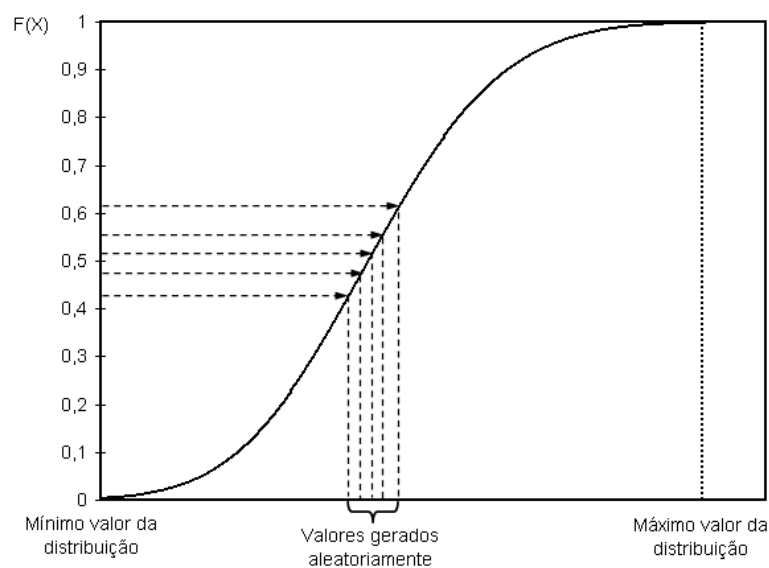


Fonte: Adaptado a partir de Decisioneering (2007).

Figura 11 - Distribuição de probabilidade a partir do método *Latin Hypercube*.

A justificativa para utilizar o *Latin Hypercube* deve-se ao fato de, em comparação com o método de Monte Carlo (outra alternativa muito usada para efetuar simulações), tender a ser mais preciso para gerar amostras aleatórias, pois a totalidade da área da distribuição é amostrada de forma mais uniforme e consistente. Assim, um número menor de iterações possibilita alcançar a mesma acurácia obtida com o método de Monte Carlo aplicado a um grande número de iterações (PALISADE CORPORATION, 2002a; DECISIONEERING, 2007). Seguindo essa linha de pensamento, Palisade Corporation (2002a) ressalta que, quando se utiliza o método de Monte Carlo em amostras com menor número de iterações, existe um problema de tendência de concentração, ao redor de um valor central, dos valores gerados aleatoriamente. Nesses casos, muitos possíveis valores, que causam significativos impactos nos indicadores a serem obtidos com a simulação, poderiam ser desconsiderados pelo fato de apresentarem menores probabilidades de ocorrência.

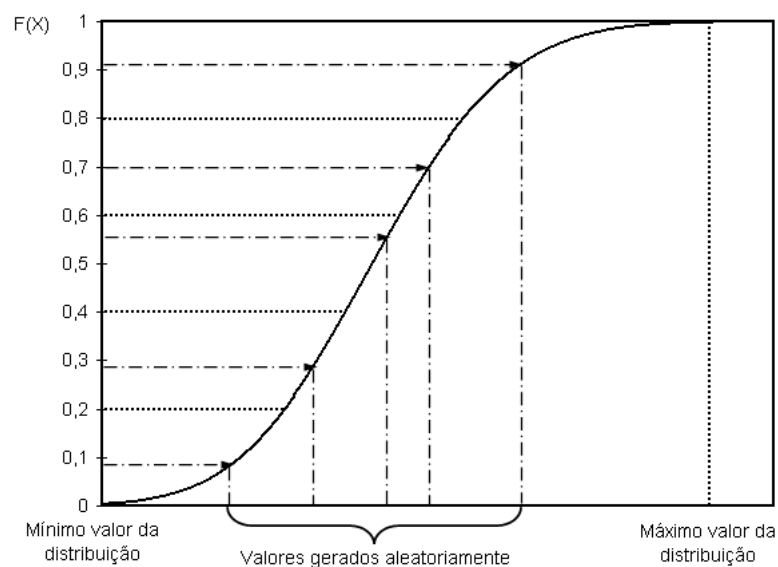
Para ilustrar essas considerações acerca dos métodos de Monte Carlo e *Latin Hypercube*, foram elaboradas as Figuras 12 e 13, que apresentam resultados hipotéticos obtidos com apenas 5 iterações. Na Figura 12, constata-se que, pelo método de Monte Carlo, os valores gerados aleatoriamente para a variável X tendem a se concentrar próximos do valor associado com 50% da função de distribuição de probabilidade acumulada ($F(X)$) dessa variável.



Fonte: Adaptado a partir de Palisade Corporation (2002a).

Figura 12 - Resultados de cinco iterações com o método de Monte Carlo.

Considerando agora os valores gerados aleatoriamente com o uso do método *Latin Hypercube* (Figura 13), verifica-se que existe melhor distribuição desses valores. Isso porque, a partir da definição de cinco intervalos iguais relacionados com a $F(X)$, bem como cinco iterações, foi gerado um valor aleatório para cada um desses intervalos.



Fonte: Adaptado a partir de Palisade Corporation (2002a).

Figura 13 - Resultados de cinco iterações com o método *Latin Hypercube*.

Finalmente, de acordo com inferências de Noronha (1987), é pertinente destacar que, como os fluxos de caixa foram obtidos com base em preços reais (preços deflacionados), foi definida uma taxa mínima de atratividade (TMA) também em termos reais. A TMA adotada neste estudo correspondeu à média da taxa real de juros Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) entre o período de janeiro de 1995 a março de 2008. Nesse período, essa média foi de 12,0% a.a.

O emprego da taxa Selic para definir o custo de oportunidade do capital pode ser justificado por dois aspectos principais: 1) a taxa em questão serve de referência para todas as demais taxas de juros da economia brasileira; e 2) diversos trabalhos científicos envolvendo análises de projetos de investimento na agropecuária (COELHO, 2005; BELTRAME, 2006; FACCIONI *et al.*, 2006; FIGUEIREDO *et al.*, 2006; MARTINS & ASSIS, 2007; PIMENTEL *et al.*, 2007; ARIEIRA *et al.*, 2008) têm considerado como adequado utilizar essa taxa

como retorno mínimo que uma empresa deve obter ao implementar determinado projeto de investimento.

3.3. Análise da volatilidade dos resultados econômicos

Neste estudo, a análise de volatilidade consiste basicamente em avaliar, sobretudo para o curto prazo (até um ano agrícola), a variabilidade dos retornos econômicos que podem ser obtidos com as distintas alternativas de configuração de sistemas de produção. Para tanto, partindo da construção de séries históricas de receitas, custos e lucros, são obtidas, para as diferentes atividades agropecuárias, séries de retornos, que possibilitam estimar valores esperados e matrizes de variâncias e covariâncias associados com os retornos de cada sistema. Nessa perspectiva, nos subitens seguintes, além de serem realizadas discussões a respeito de medidas de impacto da diversificação agropecuária sobre os riscos de mercado, bem como dos valores em risco dos sistemas estudados, são destacados os principais procedimentos operacionais usados para efetivamente desenvolver a análise de volatilidade.

3.3.1. A contribuição das atividades sobre os riscos de mercado

Para as avaliações relacionadas com a contribuição das atividades agropecuárias para a redução (ou não) dos riscos de mercado, foram calculados, sobre as séries de retornos econômicos dos sistemas diversificados (integração lavoura-pecuária e produção vegetal), dois coeficientes de risco²²: média da correlação simples (Θ) e variância relativa (β).

O coeficiente de correlação simples entre múltiplas atividades pode constituir, para o produtor rural, bom indicativo do impacto que diferentes alternativas de produção poderiam ocasionar sobre os riscos de mercado que cercam o sistema produtivo. Para tanto, de acordo com Popp e Rudstrom (2000),

²² Para o sistema de bovinocultura de corte não foram calculados os coeficientes em questão, pois este sistema apresenta apenas uma atividade comercial (produção de carne bovina).

pode-se calcular a média dos coeficientes de correlação simples do retorno econômico de uma atividade com os retornos econômicos de todas as demais atividades exploradas em um determinado sistema. Em termos de conclusão, quanto menor a média dos coeficientes de correlação simples (ρ_{Ai}) de uma atividade (A) com todas as outras possíveis atividades ($i=1,2,\dots,N$), existem maiores possibilidades de que os riscos de mercado sejam reduzidos mediante a inclusão ou ampliação da proporção da atividade A no sistema produtivo; o contrário também é verdadeiro. Matematicamente, essa média, que pode variar dentro do intervalo $[-1;+1]$, é representada como:

$$\Theta_A = \sum_{i=1}^N \rho_{Ai} / (N-1), \text{ sendo } A \neq i \quad (20)$$

em que: Θ_A é a média do coeficiente de correlação simples da atividade A com as demais atividades; e ρ_{Ai} corresponde ao coeficiente de correlação simples²³ entre as atividades A e i.

A média dos coeficientes de correlação simples pode, portanto, ser usada como critério prévio de seleção de atividades. Isso porque gera possibilidades de ranquear um conjunto de atividades agropecuárias de acordo com seus níveis potenciais para ampliar (maior Θ) ou reduzir (menor Θ) os riscos de mercado (POPP & RUDSTROM, 2000).

Por sua vez, o coeficiente de variância relativa (β) constitui uma medida mais completa para avaliar o impacto de cada atividade na variância dos resultados do sistema produtivo. Mediante a obtenção dos coeficientes β , pode-se verificar se a inclusão de cada atividade aumenta ou diminui a variância dos retornos econômicos do sistema produtivo, visto como um portfólio. Para tanto, são analisadas as matrizes de variâncias e covariâncias (Var-Cov) dos retornos

²³ O coeficiente de correlação simples entre as atividades A e i é dado pela expressão $\rho_{Ai} = \frac{\sigma_{Ai}}{\sigma_A \sigma_i}$, em que σ_{Ai} constitui a covariância entre os resultados econômicos das atividades A e i e σ_A e σ_i representam os desvios padrão dos resultados econômicos relativos, respectivamente, às atividades A e i.

associados com as diversas atividades exploradas nos sistemas de produção. Matematicamente, o valor de β para uma atividade (A) é obtido pela seguinte expressão:

$$\beta_A = \frac{\sigma_{Ap}}{\sigma_p^2}, \text{ sendo } \sigma_{Ap} = \sum_{j=A}^N w_j \sigma_{Aj} \text{ e } \sigma_p^2 = \sum_{j=A}^N \sum_{i=A}^N w_j w_i \sigma_{ji} \quad (21)$$

em que: β_A é o valor do coeficiente β da atividade A ; σ_{Ap} é a variância ponderada dos retornos econômicos da atividade A ; σ_p^2 é a variância dos retornos econômicos do sistema de produção, composto por N atividades agropecuárias; w_j é a participação média do custo total de cada atividade agropecuária no custo total²⁴ do sistema de produção $\left(\sum_{j=1}^N w_j = 1 \text{ e } w_j \geq 0 \right)$; e σ_{ji} corresponde à covariância entre os retornos econômicos das atividades j e i .

Um valor de β_j maior do que 1 implica que a atividade j aumenta a variância dos retornos econômicos do sistema produtivo. Por outro lado, um β_j menor do que 1 indica que a atividade j diminui a referida variância. Diante disso, assumindo que os produtores rurais, em geral, possuem aversão ao risco, eles deveriam incluir, em seus sistemas de produção, atividades com menores β s, ou diminuir a participação de atividades com altos β s até um nível em que os retornos médios ponderados estejam de acordo com as suas preferências em termos de relação risco/retorno (POPP & RUDSTROM, 2000).

Ao calcular os coeficientes de variância relativa, pode-se obter também o termo $\frac{w_A \sigma_{Ap}}{\sigma_p^2}$, que representa a contribuição percentual da atividade A para a variância total dos retornos econômicos do sistema no qual esta atividade está presente (POPP & RUDSTROM, 2000).

²⁴ Adotando um raciocínio de certa maneira similar àquele desenvolvido por Popp e Rudstrom (2000), neste trabalho o custo total é visto como um investimento de capital de curto prazo.

Sobre os coeficientes Θ e β , cabe destacar que, embora este último seja mais complexo de ser obtido devido ao grande número de cálculos, ele representa uma medida mais completa com relação à participação de cada atividade na variância dos resultados econômicos do sistema produtivo. Isso porque na matriz *Var-Cov* estão presentes tanto os termos de variâncias como os de covariâncias dos retornos econômicos das atividades, que compõem um determinado sistema (POPP & RUDSTROM, 2000).

3.3.2. O *value-at-risk* para os sistemas de produção

A técnica do *value-at-risk* (VaR) é considerada por muitos como o último passo na evolução das ferramentas de administração de risco (MANFREDO & LEUTHOLD, 1999; JORION, 2003; TRAVERS, 2004). Essa técnica vem sendo amplamente empregada, sobretudo em instituições financeiras para medir sua exposição a eventos adversos, bem como mensurar o valor esperado das possíveis perdas monetárias (ELTON *et al.*, 2003; TRAVERS, 2004).

Em termos práticos, considerando um determinado nível de confiança e período de tempo preestabelecidos, o VaR, sob condições normais de mercado, mede a máxima perda monetária esperada em decorrência de movimentos adversos nos preços, que afetam os ativos de um portfólio (HENDRICKS, 1996; J.P. MORGAN, 1996; MANFREDO & LEUTHOLD, 1999; ODENING & HINRICHS, 2003; JORION, 2003; ALARCON, 2005).

Com base nessa definição, constata-se que os dois componentes mais importantes dos modelos de gerenciamento de risco, baseados em VaR, são o nível de confiança e o intervalo temporal definidos pelo gerenciador de riscos (HENDRICKS, 1996; J.P. MORGAN, 1996). Esses componentes são determinados de forma discricionária. Ao considerar um dado intervalo temporal, assume-se que a composição do portfólio sobre o qual o VaR será calculado permanecerá estável. Essa suposição força a utilização de intervalos temporais curtos, pois a composição de portfólios de ativos pode variar com frequência. Adicionalmente, destaca-se o fato de o VaR, geralmente, ser expresso em

percentis relacionados com certo nível de confiança (no gerenciamento de risco, 95% e 99% são os níveis de confiança usualmente utilizados) (HENDRICKS, 1996).

Portanto, é possível inferir que a metodologia do VaR é bastante apropriada por duas razões principais: 1) pelo fato de resumir, num único valor de fácil compreensão, a exposição total ao risco de mercado de uma instituição qualquer; e 2) porque expressa o risco de mercado diretamente em valores monetários (HENDRICKS, 1996; NYGAARD, 2000; JORION, 2003).

A título de ilustração, pode-se utilizar o seguinte exemplo: um VaR diário de R\$2.000,00, relativo a um nível de significância de 5% de um investimento financeiro de R\$100.000,00, indica que, para cada cem dias de negociações, espera-se que apenas cinco apresentem uma perda maior ou igual a R\$2.000,00; de outro modo, pode-se dizer que, sob condições normais de mercado, e para o nível de confiança de 95%, o máximo que o investidor poderá perder em um dia será R\$2.000,00 (HENDRICKS, 1996; ALARCON, 2005).

É importante ressaltar que, embora o VaR tenha sido desenvolvido para utilização em instituições financeiras, atualmente essa técnica vem sendo muito empregada em instituições não financeiras para auxiliar, por exemplo, em operações de comercialização e *hedge*, alocação de recursos e administração de fluxos de caixa (MANFREDO & LEUTHOLD, 1998; MANFREDO *et al.*, 1999; LEISMANN, 2002; JORION, 2003; MÓL, 2003; WIEDEMANN *et al.*, 2006). Nessa linha de pensamento, Manfredo e Leuthold (1998) e Bignotto (2000) ressaltam que existem, também, várias aplicações potenciais do uso do VaR no contexto da administração de riscos agropecuários. Tais aplicações são justificadas pelo fato de os preços de produtos e insumos agropecuários tenderem a apresentar altas variações, pois são continuamente afetados por diversos fatores, como taxa de câmbio, clima, oferta e demanda.

Partindo dessas considerações prévias a respeito do VaR, pode-se efetuar um tratamento mais formal acerca dessa técnica, bem como dos procedimentos empregados para seu cálculo. Formalmente, o VaR descreve o percentil da distribuição de retornos projetada sobre um determinado horizonte temporal. Se c

representa o nível de confiança selecionado, o VaR corresponderá ao $(1-c)$ percentil da distribuição. Por exemplo, com c igual a 95%, o número de observações com valores monetários menores que a estimativa do VaR deve ser igual a 5% (JORION, 2003).

Para calcular o VaR de uma carteira, define-se W_0 como o investimento inicial e R como sua taxa de retorno. O valor da carteira no final do horizonte temporal considerado será $W = W_0(1 + R)$. O retorno esperado e a volatilidade (desvio padrão) de R são representados por μ e σ . A partir da distribuição dos retornos e da determinação do nível de confiança c , define-se o menor valor da carteira como $W^* = W_0(1 + R^*)$, em que R^* corresponde ao retorno crítico. Com base nesses valores, pode-se obter o VaR *relativo*, que é definido como a pior perda monetária esperada relativa à média do valor da carteira ($E(W)$). Portanto, descobrir o VaR equivale a identificar o valor mínimo W^* ou o retorno crítico R^* associado com um nível de confiança predeterminado (JORION, 2003):

$$VaR(média) = E(W) - W^* = -W_0(R^* - \mu) \quad (22)$$

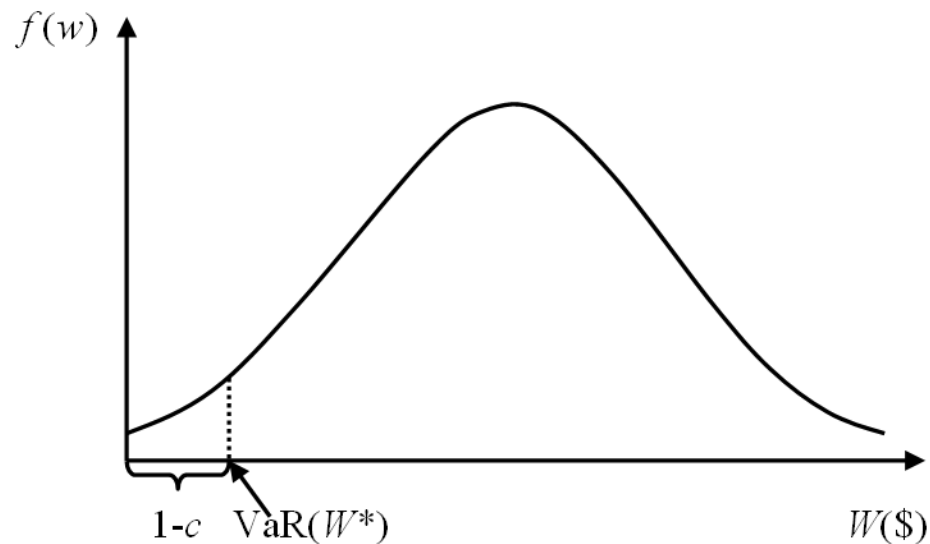
Em sua forma genérica, o VaR pode, segundo Jorion (2003), ser derivado da distribuição de probabilidade do valor futuro da carteira de investimento, $f(w)$. Para determinado nível de confiança c , deseja-se descobrir a pior realização possível, W^* , tal que a probabilidade de exceder esse valor seja c (expressão 23) ou tal que a probabilidade de um valor menor que W^* seja $1-c$ (expressão 24).

$$c = \int_{W^*}^{\infty} f(w)dw \quad (23)$$

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w)dw \quad (24)$$

Em outras palavras, a área desde $-\infty$ até W^* deve somar $p = 1 - c$. O valor W^* é também chamado de *quantil* da distribuição e corresponde a um valor de

corte cuja probabilidade de ser excedido é fixa. Na cauda esquerda da Figura 14, tem-se a área de perdas associadas com o nível de confiança c .



Fonte: Adaptado de Manfredo e Leuthold (1999).

Figura 14 - Ilustração do *value-at-risk*.

Considerando que se conheça a distribuição de probabilidade dos retornos de uma carteira de investimento, pode-se estimar o VaR de forma mais precisa. Isso porque, para determinar a pior perda esperada, ao invés de ser realizada uma simples leitura de um quantil da distribuição empírica dos retornos, devem-se estimar parâmetros estatísticos, como o desvio padrão, que é uma medida de volatilidade dos retornos. Para tanto, Jorion (2003) ressalta que a questão chave consiste em definir o tipo de distribuição de probabilidade mais realista para determinado conjunto de dados. Assumindo, por exemplo, que o valor futuro da carteira de investimentos, presente na expressão (24), siga a distribuição normal

padronizada²⁵, que possui média zero e desvio padrão igual a 1, o VaR pode ser definido como:

$$VaR = W_0 \alpha \sigma \sqrt{\Delta t} \quad (25)$$

em que: W_0 é o valor inicial investido no portfólio; α é o fator de ajuste, que indica o número de desvios padrão associados com o nível de confiança preestabelecido²⁶; σ corresponde à estimativa do desvio padrão (volatilidade) dos retornos do portfólio; e Δt é o intervalo de tempo considerado.

Em outras palavras, de acordo com a expressão (25), o VaR é simplesmente o desvio padrão da distribuição, multiplicado por um fator de ajuste, diretamente relacionado com o nível de confiança, e pelo horizonte temporal. É importante destacar que, segundo Jorion (2003), além da função normal, esse procedimento de cálculo do VaR se aplica a outras funções de probabilidade desde que toda a incerteza esteja contida em σ . No entanto, outras distribuições envolverão outros valores de α .

A respeito do cálculo efetivo do VaR, cabe salientar que ele pode ser feito com base em duas abordagens principais: paramétrica e não-paramétrica. Na abordagem paramétrica, estão os modelos analíticos, com destaque para a metodologia delta normal que, pressupondo a presença de normalidade nas séries de retornos dos ativos, possibilita estimar o desvio padrão (volatilidade) a partir da distribuição desses retornos. Por outro lado, a abordagem não-paramétrica

²⁵ Diz-se que uma variável aleatória contínua X se distribui normalmente se a sua função de distribuição

de probabilidade tiver a seguinte forma: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$, em que $X \in \Re$ e μ e σ^2

representam, respectivamente, a média e a variância da variável X . Dentre as propriedades da distribuição normal, destaca-se o fato de que ela é simétrica em torno de seu valor médio. Por sua vez, a distribuição normal padronizada consiste em converter a variável X em uma nova variável Z , que possui média zero e variância 1. Essa conversão, que facilita o cálculo de probabilidades, é dada do seguinte modo: $Z = (x - \mu) / \sigma$, em que σ representa o desvio padrão da variável X . Assim, a função de distribuição

normal padronizada é representada como: $f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}}$, cujos valores de probabilidades são

tabelados para diferentes valores de Z (GUJARATI, 2000).

²⁶ Para uma distribuição normal padronizada, os valores de α são de 1,28, 1,65 e 2,33 para os níveis de confiança unicaudal, respectivamente, de 90%, 95% e 99%.

envolve modelos, como os de simulação histórica e de Monte Carlo, que se baseiam na análise dos retornos passados dos ativos, determinando o *VaR* em função do conjunto dos piores retornos para um dado percentil (DONANGELO *et al.*, 2000).

Em comum, para o cálculo do *VaR*, as duas abordagens citadas necessitam da definição de um horizonte de tempo, do nível de significância e dos retornos relacionados com os ativos (DUARTE JÚNIOR, 2001). Adicionalmente, destaca-se o fato de que, embora os gerentes de risco empreguem diferentes abordagens para calcular o *VaR* de portfólios, na maioria delas são utilizados dados históricos para estimar as potenciais mudanças no valor futuro de um portfólio qualquer (HENDRICKS, 1996; DONANGELO *et al.*, 2000).

Os métodos analíticos referidos anteriormente partem da suposição de que os retornos seguem uma distribuição de probabilidades conhecida. Portanto, para estimar o *VaR*, deve-se identificar a distribuição que melhor se ajusta às mudanças observadas nos fatores do mercado (ODENING & HINRICHS, 2003).

Na metodologia de simulação histórica, considerada a mais simples metodologia de determinação do *VaR* (NYGAARD, 2000), as séries efetivamente observadas de retornos são diretamente usadas como cenários para calcular o risco (DUARTE JÚNIOR, 2001; ODENING & HINRICHS, 2003). Nessa simulação, em que não se assume nenhuma hipótese quanto à forma da distribuição ou quanto à independência serial dos retornos, os retornos históricos reais são ordenados de forma crescente, ou seja, do menor para o maior retorno observado. Assim, pressupondo que esse histórico se repetirá no futuro, podem-se representar, por exemplo, os retornos em um histograma, que possibilita identificar, para determinado nível de confiança, a ocorrência de certo nível de retorno (NYGAARD, 2000).

Na simulação de Monte Carlo, os cenários são gerados aleatoriamente (DUARTE JÚNIOR, 2001). Assim, enquanto na simulação histórica o risco é quantificado a partir da reprodução de uma trajetória histórica específica de evolução do mercado, na simulação de Monte Carlo são geradas várias trajetórias hipotéticas relacionadas com os retornos de mercado. Para tanto, utilizam-se um

processo estocástico definido (por exemplo, se assume que as taxas de juros seguem um passeio aleatório) e parâmetros estatísticos (por exemplo, a média e a variância da variável aleatória) que dirigem este processo (J.P. MORGAN, 1996; ALARCON, 2005).

Com base nessas considerações acerca do VaR, neste trabalho esta medida foi calculada mediante aplicações dos métodos analítico e de simulação histórica. No próximo subitem, são destacados os procedimentos operacionais efetivos para calcular as medidas de volatilidade, em que se inclui o VaR, associadas com os resultados econômicos dos sistemas de produção estudados.

3.3.3. Procedimentos operacionais para desenvolver a análise de volatilidade

Para obter as estimativas dos coeficientes de correlação simples (Θ) e de variância relativa (β), bem como do VaR associado com os resultados econômicos dos sistemas de produção, neste subitem são assinalados os procedimentos empregados, que podem ser enquadrados em três pontos principais: 1) definição dos retornos econômicos; 2) estimação das matrizes de variâncias e covariâncias dos retornos econômicos; e 3) obtenção dos valores efetivos dos coeficientes Θ e β e do VaR²⁷.

3.3.3.1. Os retornos econômicos das atividades agropecuárias

Para obter os retornos econômicos relativos a cada atividade agropecuária explorada nos três sistemas de produção, primeiramente foram calculadas as séries de receita total (RT), custo total (CT) e lucro total (LT). O LT corresponde à diferença entre RT e CT.

Baseado em preços históricos mensais recebidos e pagos pelos produtores rurais, que compreendem o período de janeiro de 1995 a agosto de 2007, totalizando 152 observações, foram elaboradas séries históricas de RT e CT para

²⁷ Grande parte dos procedimentos empregados neste trabalho foi baseada nos estudos desenvolvidos por Manfredo e Leuthold (1999) e Popp e Rudstrom (2000).

cada atividade e, conseqüentemente, obtidas séries de LT. Sobre essas séries, é importante salientar que, para fins de ampliação de dados amostrais, considera-se que cada observação representa um ano agrícola (exemplo: considerando as observações de janeiro e fevereiro de 1995 e agosto de 2007, elas representam, respectivamente, o 1º, o 2º e o 152º anos agrícolas, ou seja, assume-se que os preços observados nos citados meses são aqueles que teriam ocorrido nos “supostos” 1º, 2º e 152º anos agrícolas). Essa pressuposição é justificada por três razões: 1) para a maior parte dos produtores, em cada ano agrícola realiza-se apenas uma operação de venda relativa a cada um dos produtos agropecuários produzidos; 2) em cada ano agrícola, e para cada um dos insumos, a maioria dos agricultores efetua somente uma operação de compra; e 3) principalmente, pela necessidade de conseguir amostras maiores, possibilitando, portanto, efetuar melhores estimativas acerca do comportamento e da volatilidade dos retornos econômicos ao longo do tempo. É relevante ressaltar também que, para a elaboração das séries em discussão, foram utilizadas séries históricas que contêm informações técnicas e econômicas relacionadas com os sistemas de produção investigados.

A respeito das informações técnicas, elas referem-se, sobretudo, às produtividades agropecuárias e aos componentes tecnológicos. Esses componentes, mantidos fixos ao longo de todo o período de análise, estão relacionados com os fatores de produção empregados no ciclo produtivo. Quanto às produtividades, partindo de dados históricos anuais resultantes da condução de pesquisas com os sistemas em estudo, foram consideradas duas situações distintas para calcular os resultados econômicos. Na primeira, para todas as 152 observações, foram utilizadas as produtividades esperadas (médias) das atividades agropecuárias. Na segunda situação, com base nas distribuições de probabilidade que melhor representam as produtividades históricas observadas nos três sistemas de produção²⁸, para cada ano agrícola, foram gerados, por meio de simulação com o método *Latin Hypercube*, 100 diferentes valores de

²⁸ As distribuições de probabilidade associadas com as produtividades foram aquelas identificadas na análise financeira.

produtividades físicas, o que totaliza 15.200 observações. Assim, enquanto a utilização de produtividades constantes possibilitou o desenvolvimento de análises envolvendo apenas os impactos de fatores de mercado sobre os desempenhos econômicos dos sistemas de produção, o uso de produtividades variáveis permitiu avaliar os efeitos conjuntos decorrentes de mudanças em fatores operacionais e de mercado sobre os referidos desempenhos.

Matematicamente, as séries de LT podem ser representadas da seguinte forma:

$$LT_{jt} = RT_{jt} - CT_{jt} \quad (26)$$

em que: LT_{jt} é o lucro total da atividade j , no período t ; RT_{jt} corresponde à receita total dessa atividade, que é resultante da multiplicação do preço de venda pela produtividade do produto observados no período t ; e CT_{jt} é o custo total da atividade j , formado pelos custos fixos e variáveis no período t .

Os custos fixos, que independem do nível de atividade da empresa, são representados pelo somatório dos valores anuais associados, principalmente, com mão-de-obra permanente, depreciação, seguro e manutenção dos bens de capital. Por outro lado, os custos variáveis correspondem ao somatório dos gastos relacionados com insumos consumidos no processo produtivo, operações agrícolas e outros itens, como mão-de-obra temporária, assistência técnica, recepção do produto e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR). Utilizando uma TMA real de 12,0% a.a., aos custos fixos e variáveis foram também adicionados, respectivamente, os custos de oportunidade dos capitais imobilizado e mobilizado (capital consumido no processo produtivo).

Para calcular os resultados econômicos de cada atividade agropecuária, deve-se salientar ainda que foram utilizados critérios de rateio, descritos no Apêndice B, para fazer a distribuição dos custos fixos não vinculados diretamente com determinada atividade (exemplo: custos com administração da propriedade rural e com manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas).

Finalmente, a partir das séries de CT e LT, foram geradas as séries de retornos esperados, expressos pela relação LT/CT, para os três sistemas de produção. Esses retornos são representados pela seguinte equação:

$$E(R_{st}) = \sum_{j=1}^N w_j R_{jt}, \text{ sendo } R_{jt} = \frac{LT_{jt}}{CT_{jt}} \quad (27)$$

em que: $E(R_{st})$ é o retorno esperado, para o período t , do sistema de produção composto por N atividades agropecuárias comerciais; w_j é a participação média do custo total de cada atividade agropecuária no custo total do sistema de produção $\left(\sum_{j=1}^N w_j = 1 \text{ e } w_j \geq 0 \right)$; e R_{jt} corresponde ao retorno da atividade j , no período t .

3.3.3.2. Estimação das matrizes de variâncias e covariâncias

Tomando como base as séries de retornos, foram desenvolvidos os procedimentos que visavam a gerar resultados acerca dos coeficientes de correlação simples e de variância relativa, bem como do VaR. Utilizando produtividades esperadas, inicialmente foi estimada a matriz *Var-Cov* dos retornos econômicos de cada sistema. Essa matriz pode ser representada como:

$$Var - Cov = \sigma_p^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N w_j w_i \sigma_{ji} = \begin{bmatrix} w_A^2 \sigma_{AA} & w_A w_B \sigma_{AB} & \cdots & w_A w_N \sigma_{AN} \\ w_B w_A \sigma_{BA} & w_B^2 \sigma_{BB} & \cdots & w_B w_N \sigma_{BN} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_N w_A \sigma_{NA} & w_N w_B \sigma_{NB} & \cdots & w_N^2 \sigma_{NN} \end{bmatrix} \quad (28)$$

em que: σ_p^2 é a variância dos retornos econômicos de cada sistema de produção, composto por N atividades agropecuárias; w_j é a participação média do custo total de cada atividade agropecuária no custo total do sistema de produção

$\left(\sum_{j=1}^N w_j = 1 \text{ e } w_j \geq 0 \right)$; e σ_{ji} corresponde à covariância entre os retornos econômicos das atividades j e i .

As estimativas das matrizes em questão foram realizadas com base nas amostras totais de dados. Assumindo que os retornos das atividades que compõem os sistemas de produção estudados são normalmente distribuídos, foram estimadas as variâncias e covariâncias mediante o emprego, respectivamente, das expressões (29) e (30).

$$\sigma^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_t - \bar{R})^2 \quad (29)$$

em que: σ^2 é a variância dos retornos de uma determinada atividade, levando em consideração o total de observações disponíveis, que é igual a T ; e R_t e $\bar{R}$ correspondem, respectivamente, ao retorno observado no período t e à média aritmética dos retornos dessa atividade.

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_{it} - \bar{R}_i)(R_{jt} - \bar{R}_j) \quad (30)$$

em que: σ_{ij} é a covariância entre os retornos das atividades i e j , considerando o total de observações disponíveis; R_{it} e R_{jt} correspondem, respectivamente, aos retornos das atividades i e j observados no período t ; e $\bar{R}_i$ e $\bar{R}_j$ são as médias aritméticas, respectivamente, dos retornos das atividades i e j .

3.3.3.3. Obtenção dos valores efetivos associados com as medidas de risco

A partir das séries de retornos e das estimativas das matrizes de variâncias e covariâncias, foram gerados os resultados efetivos dos coeficientes Θ e β , que medem a contribuição das atividades agropecuárias para a redução (ou não) dos

riscos de mercado, bem como do VaR dos sistemas de produção estudados. Para calcular os coeficientes citados, utilizaram-se as matrizes de variâncias e covariâncias estimadas para os retornos esperados dos sistemas diversificados (produção vegetal e integração lavoura-pecuária). Por sua vez, os valores do VaR foram obtidos mediante o emprego de três métodos distintos: simulação histórica com produtividades constantes, delta normal e simulação histórica com produtividades variáveis. Nessa perspectiva, cabe salientar que, embora o VaR constitua uma medida usada para avaliar os riscos de mercado, neste trabalho, ao variar as produtividades físicas, essa medida foi também adotada para capturar efeitos conjugados, que estão vinculados com riscos operacionais e de mercado.

Nos métodos de simulação com produtividades constantes e variáveis, as séries efetivamente observadas dos retornos esperados, relativas aos três sistemas de produção, foram ordenadas de forma crescente. Após esse ordenamento, obteve-se, para cada série, o retorno esperado correspondente ao percentil de 5%; o valor obtido representa o pior retorno esperado para o nível de confiança de 95%. Com relação ao método delta normal, para calcular o VaR de cada sistema, foram utilizados os resultados decorrentes do emprego das expressões (29) e (30). É importante destacar que, neste estudo, a utilização dos métodos de simulação histórica e delta normal é plenamente justificada. Isso porque, dadas as distribuições de probabilidade específicas que cercam os retornos econômicos dos três sistemas de produção, pode-se, mediante os empregos do primeiro e segundo métodos, minimizar a ocorrência de possíveis problemas de estimativas do VaR associadas com retornos que sigam, respectivamente, distribuições não-normal e normal (KONDAPANENI, 2005).

Especialmente em relação ao VaR, é necessário efetuar alguns comentários adicionais acerca dos cálculos, da verificação da acurácia desta medida e da sua utilização para avaliar a relação entre risco e retorno. Pelos métodos de simulação histórica e delta normal, os cálculos do VaR de cada sistema foram realizados com base, respectivamente, nas expressões (31) e (32). A respeito desses cálculos, embora se utilize a expressão VaR, é pertinente assinalar que esta, na verdade, é uma medida do lucro em risco, pois se buscou

avaliar a variabilidade, ao longo do tempo, de resultados econômicos de empresas agropecuárias. Seguindo os procedimentos principais ressaltados por Wiedemann *et al.* (2006), neste trabalho o VaR representa o pior lucro total que o sistema de produção pode apresentar, em um ano agrícola, ao se assumir um nível de confiança de 95%. Assim, têm-se:

$$VaR_{Histórico} = CT_{Médio} \times R^* \quad (31)$$

$$VaR_{DN} = CT_{Médio} \times (\mu - 1,65\sigma) \quad (32)$$

em que: $CT_{Médio}$ corresponde ao custo total médio estimado para cada sistema; R^* é o retorno crítico, associado com o percentil 5%, do sistema de produção; μ representa o retorno médio da série de retornos de cada sistema; σ é o desvio padrão relativo à série de retornos de cada sistema; e 1,65 indica, para uma distribuição normal padronizada, o número de desvios padrão associado com o nível de confiança unicaudal de 95%.

Quanto à acurácia das estimativas do VaR, foram utilizados dois testes estatísticos (Kupiec e Z) para avaliar o número de violações ocorridas. Foram consideradas violações o número de períodos em que o lucro total efetivamente calculado foi menor que aquele previsto a partir da estimativa do VaR. Para obter a taxa ou percentual de violações, esse número foi, então, dividido pelo tamanho da amostra em análise. Para que a estimativa do VaR apresentasse acurácia significativa, essa taxa deveria estar próxima ao nível de significância preestabelecido para o cálculo desta medida de risco (GOORBERGH & VLAAR, 1999). Neste trabalho, eram esperadas 5% de violações.

Para avaliar se, estatisticamente, a hipótese nula de que a proporção verdadeira de violações p do modelo é igual ao nível de significância $\alpha\%$ utilizado para o cálculo do VaR, Kupiec (1995), citado por Goorbergh e Vlaar (1999), desenvolveu um teste de razão de verossimilhança (LR), representado em (33), em que a estatística LR , sob a hipótese nula, tem, assintoticamente, distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade.

$$LR = 2 \left\{ \ln \left[\left(\frac{N}{T} \right)^N \left(1 - \frac{N}{T} \right)^{T-N} \right] - \ln [p^N (1-p)^{T-N}] \right\} \sim \chi_1^2 \quad (33)$$

Para determinados níveis de significância e diferentes tamanhos de amostras, podem-se construir intervalos de não rejeição da hipótese nula. Por exemplo, assumindo p igual a 5% e uma amostra com 150 observações, o intervalo de não rejeição da hipótese nula será: $3 \leq N \leq 13$, em que N é o número de vezes em que o valor observado foi pior do que o VaR da amostra de tamanho T .

Por sua vez, Mahoney (1996), citado por Manfredo e Leuthold (1999), destaca que o teste Z também permite avaliar se o número de violações ocorridas é estatisticamente igual (ou não) ao número de violações previstas. Baseado em uma distribuição de probabilidade binomial, esse teste, que para grandes amostras é normalmente distribuído, tem a seguinte representação:

$$Z_{\text{calculado}} = \frac{L_{\text{realizado}} - N(1-c)}{\sqrt{Nc(1-c)}} \sim N(0,1) \quad (34)$$

em que: $L_{\text{realizado}}$ representa, para um determinado nível de confiança c , o número de violações ocorridas; N é o número de observações que compõem a amostra; $N(1-c)$ constitui o número de violações previstas, associadas com a estimativa do VaR; e $Nc(1-c)$ corresponde à variância da referida estimativa.

Com os resultados do teste Z , é possível chegar a três conclusões: 1) quando o $Z_{\text{calculado}}$ é estatisticamente igual a zero, não se rejeita a hipótese nula, ou seja, o modelo usado para estimar o VaR está prevendo adequadamente os riscos; 2) para um $Z_{\text{calculado}}$ estatisticamente maior do que zero, conclui-se que o modelo subdimensiona os riscos; e 3) quando o $Z_{\text{calculado}}$ é estatisticamente menor do que zero, diz-se que o modelo superdimensiona os riscos.

Finalmente, após encontrado o VaR de cada sistema de produção, com base em procedimentos similares ao empregados por Costa (2003), foram

efetuadas comparações estatísticas entre os resultados dos diferentes sistemas. Utilizando o Índice Sharpe Adaptado (*ISA*), definido pela equação (35), foi gerado um valor que permitiu analisar, para cada configuração possível de sistema produtivo, a relação entre risco e retorno esperados, em que um menor valor do *ISA* indica que um determinado sistema apresenta retornos menos voláteis ao longo do tempo.

$$ISA_k = \frac{VaR_k}{E(R_k)} \quad (35)$$

em que: ISA_k é o Índice Sharpe Adaptado referente ao sistema de produção k ; VaR_k corresponde, em termos percentuais, ao *value-at-risk* do referido sistema; e $E(R_k)$ representa o retorno esperado, em termos percentuais, no sistema k .

3.4. Fontes de dados e recursos computacionais

As informações técnicas para a estruturação dos modelos de sistemas de produção estudados foram provenientes de resultados de pesquisas gerados pelo Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná e pela Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR.

A respeito dos dados históricos relativos aos preços recebidos e pagos pelos produtores rurais, eles foram obtidos no Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Especialmente sobre os preços pagos, deve-se ressaltar que, embora na grande maioria dos meses compreendidos entre janeiro de 1995 e agosto de 2007 tenham sido coletados os dados efetivos para todas as variáveis utilizadas neste estudo, para completar as séries de dados, em alguns meses desse período e para algumas observações desses preços, foi necessário definir os valores com base em variações nos preços de variáveis similares, ou seja, devido a problemas de falta de coleta de dados em alguns meses, foram utilizadas, como referência para definir os valores das observações faltantes, as variações nos preços de variáveis

que têm comportamentos muito semelhantes àqueles das variáveis originais (por exemplo: fertilizantes 00-20-20 e 00-22-20 são variáveis que, ao longo do tempo, apresentam preços com comportamentos muito similares). Essas variações foram, então, acrescidas aos valores das variáveis originais.

A partir das informações e dos dados coletados, para desenvolver a análise financeira, além da planilha eletrônica Microsoft Excel, utilizaram-se os softwares @Risk e BestFit, versões 4.5.2, desenvolvidos pela Palisade Corporation (2002a). Quanto à análise de volatilidade, ela foi realizada mediante o emprego da planilha eletrônica Microsoft Excel e do software BestFit.

É importante salientar que, para desenvolver as análises em questão, os preços históricos foram deflacionados, com o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas, para março de 2008.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, a apresentação e a discussão dos resultados da pesquisa estão organizadas em três seções principais. A primeira trata da caracterização, sob os pontos de vista operacional e técnico, dos três sistemas: produção vegetal (PV), integração lavoura-pecuária (ILP) e bovinocultura de corte (BC). Na seção dois, são desenvolvidas análises relacionadas com indicadores financeiros, decorrentes da implantação dos três sistemas. Por fim, a análise de volatilidade, que está associada com os retornos econômicos dos sistemas produtivos em questão, é realizada na terceira seção.

4.1. Caracterização dos sistemas de produção

A exploração de qualquer sistema de produção agropecuária requer, por parte do produtor rural, um conhecimento prévio de importantes características relacionadas, sobretudo com a infraestrutura, a tecnologia de produção e os desempenhos técnicos das atividades produtivas que compõem esse sistema. Diante disso, efetua-se, a seguir, uma caracterização envolvendo os principais aspectos operacionais e técnicos dos sistemas definidos como objeto de estudo, destacando-se os aspectos gerais e as dinâmicas de funcionamento dos sistemas,

os desempenhos e componentes tecnológicos e, finalmente, algumas considerações adicionais acerca das estruturas dos sistemas em questão.

4.1.1. Considerações gerais e dinâmicas de funcionamento dos sistemas

Considerando que a disponibilidade de terra é condição imprescindível para a exploração agropecuária, foi fixada, para cada sistema, uma área para lavouras e pastagens de 300 hectares. No entanto, ao analisar o Quadro 3, observa-se que, ao serem somadas as áreas empregadas nas atividades comerciais e nas atividades-meio²⁹, a área efetiva anual dos sistemas de PV e ILP supera os 300 hectares. Isso se justifica, pois, em determinadas áreas, são efetuadas duas explorações anuais (por exemplo, milho no verão e trigo no inverno).

Ao serem comparados os sistemas de PV e ILP, constata-se ainda que as áreas comerciais destinadas às atividades agrícolas são menores no sistema de integração. Essa constatação deve-se ao fato de que parte da área deve ser destinada à exploração da bovinocultura de corte, ou seja, é necessário estabelecer uma área de pastagem permanente de verão, que fica indisponível para as culturas agrícolas comerciais. Em função da atividade de pecuária, na ILP as áreas de soja, milho e trigo são 20% menores que aquelas utilizadas no sistema de PV. No sistema de integração, além das áreas de pastagem cultivada, são destinados, anualmente, 60 hectares exclusivos (52,1 ha de pastagem permanente mais 7,9 ha de milho para silagem) para a produção de carne bovina.

²⁹ Neste estudo, as explorações de carne bovina, milho, soja e trigo são definidas como atividades comerciais, pois têm como finalidades principais obter produtos comercializáveis. Por outro lado, as pastagens permanente e cultivada, o milho para silagem e o confinamento representam as atividades-meio, que são desenvolvidas com o objetivo de fornecer suportes fundamentais para viabilizar, tecnicamente, as produções relacionadas com as atividades comerciais dos três sistemas.

Quadro 3 - Composição anual dos sistemas em termos de atividades comerciais e atividades-meio

Atividades comerciais	Período	PV	ILP	BC
Soja (ha)	Verão	200,0	160,0	0,0
Milho (ha)	Verão	100,0	80,0	0,0
Trigo (ha)	Inverno	100,0	80,0	0,0
Bovinocultura de corte (cab)	--	0	495	1.350
Atividades-meio	Período	PV	ILP	BC
Pastagem permanente de tifton (ha)	Verão	0,0	52,1	278,5
Pastagem cultivada de aveia/azevém (ha)	Inverno	200,0	220,0	300,0
Milho para silagem (ha)	Verão	0,0	7,9	21,5
Confinamento (cab)	--	0	495	1.350

Fonte: Pesquisa de campo.

Notas: 1) Neste trabalho, os períodos de verão e inverno representam, respectivamente, os períodos de novembro a abril e de maio a outubro; e 2) PV, ILP e BC indicam, respectivamente, os sistemas de produção vegetal, integração lavoura-pecuária e bovinocultura de corte.

Na composição dos sistemas, verifica-se também que, durante o inverno, enquanto na ILP toda a área disponível é utilizada com finalidade comercial, no sistema de PV apenas 33,3% da área agricultável é explorada com esse fim. Esse dado é plenamente justificado em função de que, na região de Guarapuava (PR), os produtores que desenvolvem o sistema de PV e que apenas cultivam, de forma comercial, trigo no inverno, tendem a explorar a triticultura em somente parte da área. Esse uso parcial da área deve-se a problemas de rentabilidade e de riscos climáticos, que comumente cercam esta cultura. No restante da área, são cultivadas apenas pastagens de inverno visando à cobertura do solo.

Sobre o sistema de BC, é pertinente inferir que, na prática, ele é pouco adotado pelos produtores rurais da região em estudo. Contudo, ele é um sistema tecnicamente viável e que, neste estudo, tem significativa importância, sobretudo para gerar indicadores econômicos muito úteis para efetuar comparações com outras alternativas de sistemas de produção.

Ao analisar o sistema de BC, é fácil perceber que ele é especializado em apenas uma atividade comercial. Adicionalmente, a comparação entre os sistemas de BC e PV mostra que eles apresentam características estruturais e funcionais muito distintas. Isso porque, enquanto no sistema de BC toda a área agropecuária é direcionada para a pecuária (278,5 ha de pastagem permanente e 21,5 ha de milho para silagem), no sistema de PV essa área é exclusiva para as atividades agrícolas. Por sua vez, ao comparar os sistemas de BC e ILP, também são percebidas importantes diferenças: enquanto o primeiro é o mais especializado, o de ILP é o mais diversificado dos três sistemas, pois contempla todas as atividades presentes nos demais sistemas analisados.

Especialmente relacionado com a bovinocultura de corte, é relevante assinalar que, nos sistemas de ILP e BC, ela é explorada de maneira tecnológica muito similar, isto é, nos dois sistemas as fases de recria e engorda³⁰ dos animais são efetuadas por meio da utilização, respectivamente, de pastagens e confinamento. A maior diferença na condução da atividade de pecuária nos dois sistemas reside, principalmente, no tamanho da exploração: à medida que no sistema de ILP são adquiridos, anualmente, cerca de 495 bezerros, no sistema de BC esse número é da ordem de 1.350. Com esses números, busca-se manter lotações equilibradas nas áreas de pastagens de verão e inverno dos dois sistemas, ou seja, manter lotações que não resultem em problemas técnicos, como compactação do solo e baixa oferta de alimentos para os animais.

Ainda referente ao Quadro 3, é pertinente efetuar, também, alguns comentários gerais a respeito das atividades-meio, representadas pelas pastagens permanente e cultivada, pelo milho para silagem e pela atividade de confinamento. Quanto à pastagem permanente de tifton, ela está implantada apenas nos sistemas em que a bovinocultura de corte constitui atividade comercial. Essa pastagem, que tem vida útil de cerca de 15 anos, visa basicamente a fornecer alimentos para os animais durante boa parte do período de verão.

³⁰ Enquanto a fase de recria compreende o período desde a aquisição dos animais (aproximadamente 180 kg de peso vivo) até o início da fase de engorda (peso vivo em torno de 400 kg), esta termina quando os animais atingem cerca de 450 kg de peso vivo.

O cultivo e a utilização da pastagem de aveia/azevém são realizados no período de inverno. Para tanto, são utilizadas conjuntamente sementes de aveia e de azevém. Isso porque a aveia, embora apresente crescimento mais rápido, possui ciclo mais curto que o azevém, podendo ser utilizada entre maio e junho. Por outro lado, o azevém, apesar do crescimento mais lento, permite prolongar a oferta de forragens de boa qualidade, pois pode ser utilizado entre os meses de junho a outubro. Portanto, a mistura de aveia e azevém visa a associar os picos de produção de massa verde das diferentes espécies, estendendo o período de produção e evitando a flutuação da oferta de forragens (ROSO *et al.*, 1999).

Dependendo do sistema de produção adotado, a implantação de pastagens de inverno pode ter diferentes objetivos: *no sistema de PV*, visa a produzir massa verde para a cobertura do solo, favorecendo, assim, a proteção deste recurso produtivo e o uso da técnica de plantio direto da soja e do milho; *no sistema de ILP*, a implantação em questão, além dos mesmos objetivos destacados para o sistema de PV, é imprescindível para a produção de alimentos para os bovinos; e *no sistema de BC*, a pastagem de aveia/azevém tem como finalidade atender à demanda alimentar dos animais no período do inverno.

Ainda associado com a pastagem de inverno, ressalta-se que, para os sistemas de ILP e BC analisados neste trabalho, a aveia e o azevém, além de serem cultivados em parte da área explorada com culturas de verão, são implantados anualmente sobre a pastagem permanente de tifton. Essa técnica de cultivo sobre a pastagem permanente é conhecida como sobressemeadura, que constitui importante alternativa de ajuste no fornecimento de forragem, pois permite a ocupação das áreas durante todo o ano, tornando mais eficiente a utilização de pastagens (ROCHA *et al.*, 2007) sem destruir a vegetação existente. A sobressemeadura é apropriada para áreas formadas com capins de clima tropical (capim braquiarião, capim-braquiária, capim elefante e outros) ou subtropical (capim-coastcross, grama-estrela, capim tifton e outros), aproveitando melhor a área na época em que este recurso produtivo ficaria ocioso devido ao crescimento limitado da pastagem permanente. A principal vantagem dessa tecnologia, segundo Oliveira *et al.* (2005), é a redução de custos. Seu uso,

por exemplo, faz com que seja menor a necessidade de suplementação com concentrados, pois as forragens produzidas são de alta qualidade.

A produção de milho para silagem, do mesmo modo que a pastagem de tifton, está presente apenas nos sistemas que possuem bovinos de corte. O objetivo da silagem é fornecer alimentos para os animais na fase de engorda (após a recria), por meio de confinamento durante um curto período de tempo, ou seja, os bovinos são transferidos das áreas de pastagens para uma área de confinamento, onde recebem dietas compostas de volumosos (silagem) e concentrados (ração pronta para engorda). O confinamento, além de permitir que os animais atinjam o peso de abate planejado, tem como principal meta garantir que eles tenham adequado grau de acabamento de carcaça, que é representado por uma espessura de gordura, na 12^a costela, entre 3 e 10 milímetros. A principal função da gordura é, durante o processo de resfriamento, proteger a qualidade da carcaça, pois o frio provoca o encurtamento das fibras musculares, tornando rígidas as carnes mais superficiais.

É importante assinalar que a fase de engorda poderia ser realizada por meio de duas alternativas: confinamento ou semiconfinamento (suplementação alimentar a pasto por meio da utilização de alimentos concentrados, que possuem alta densidade energética e conteúdo de proteína variando entre 18% a 25%) (THIAGO & SILVA, 2000). Neste trabalho, optou-se pelo sistema de confinamento pelo fato de os animais tenderem a ser abatidos mais precocemente.

4.1.2. Desempenho e componentes tecnológicos dos sistemas de produção

Em termos tecnológicos, é possível inferir que os sistemas de produção estudados são altamente tecnificados. Tomando como base registros de campo da Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR, constata-se que, entre as safras 1997/98 e 2006/07, as atividades agrícolas comerciais, desenvolvidas nos sistemas de PV e ILP, apresentaram excelentes desempenhos produtivos. Isso porque, de acordo com os dados apresentados no Quadro 4, as

produtividades médias dos sistemas analisados foram bastante superiores às aquelas registradas pela Conab (2008) para o Brasil, para a Região Sul e para o Estado do Paraná. Usando como referencial comparativo os resultados observados no Paraná (possui médias de soja, milho e trigo superiores às médias nacional e da Região Sul), evidencia-se que as médias históricas de produtividades de soja, milho e trigo, obtidas nos sistemas de PV e ILP, foram 10,6%, 71,8% e 41,5% maiores, respectivamente, que aquelas registradas para as referidas culturas exploradas nesse Estado.

O excelente desempenho das atividades agrícolas exploradas nos sistemas em discussão deve-se a três fatores principais: 1) na região de Guarapuava (PR) existem condições agroecológicas (terra e clima) muito favoráveis para desenvolver a agropecuária de alto rendimento técnico; 2) os produtores rurais que desenvolvem os sistemas em questão, em geral, tendem a ser bastante propensos a empregar altos níveis tecnológicos; e 3) existe na região estudada adequado suporte em termos de assistência técnica.

Quadro 4 - Produtividades de soja, milho e trigo no Brasil, na Região Sul, no Paraná e nos sistemas de PV e ILP - kg/ha

Atividade	Produtividade	Brasil	Região Sul	Paraná	Sistema (PV e ILP)
Soja	Média	2.512	2.287	2.713	3.000
	Máxima	2.823	2.850	3.060	3.200
	Mínima	2.245	1.538	2.340	2.600
Milho	Média	3.183	3.990	4.949	8.500
	Máxima	3.855	5.462	6.680	9.500
	Mínima	2.713	3.150	3.700	7.000
Trigo	Média	1.722	1.708	1.767	2.500
	Máxima	2.227	2.211	2.350	3.900
	Mínima	1.130	1.111	737	1.600

Fontes: Registros da Cooperativa Agrária Agroindustrial e relatórios da Conab (2008) para o período compreendido entre as safras 1997/98 e 2006/07.

A partir do Quadro 4, se observa que os sistemas de PV e ILP possuem as mesmas produtividades agrícolas. Isso ocorre em função de que, embora esses sistemas apresentem algumas diferenças importantes na composição e na dinâmica de funcionamento, os insumos agrícolas (e suas respectivas quantidades) usados nas produções de soja, milho e trigo não apresentam diferenças (Quadro 1C do Apêndice C), ou seja, a tecnologia empregada na exploração das atividades agrícolas em questão é similar nos dois sistemas. A não existência de diferenças relacionadas com o emprego de insumos deve-se ao fato de que, para obter altos rendimentos, o produtor, independentemente de desenvolver o sistema de PV ou ILP, tende a seguir recomendações técnicas na forma de "pacotes tecnológicos" associados com as culturas agrícolas em discussão.

Especialmente em relação ao milho para silagem, produzido nos sistemas de ILP e BC, cabe salientar que, na maior parte do processo de produção, a tecnologia é semelhante àquela adotada para a produção do milho comercial. A diferença fundamental está na fase final, onde a cultura, ao invés de seguir o seu ciclo natural até a colheita de grãos bem secos (com umidade em torno de 14%), tem seu ciclo de desenvolvimento interrompido, ou seja, passa pelo processo de ensilagem, que consiste basicamente em cortar a planta inteira quando os grãos estiverem no ponto farináceo-duro. O produto resultante desse corte, que é armazenado em silos, constitui alimento volumoso de alta qualidade para ser utilizado na alimentação dos bovinos. Em média, espera-se uma produção de silagem de milho da ordem de 48 toneladas de matéria verde por hectare.

Quanto à exploração da bovinocultura de corte, no Quadro 5 estão os principais indicadores técnicos associados com esta atividade, presente na composição dos sistemas de ILP e BC. A tecnologia empregada na produção de bovinos de corte é também muito similar nos dois sistemas supracitados. As diferenças técnicas fundamentais na condução da exploração estão associadas com as taxas de lotação das pastagens permanente e cultivada.

Quadro 5 - Indicadores técnicos médios da produção de bovinos de corte nos sistemas de ILP e BC

Indicador técnico	Medida	ILP	BC
Peso de aquisição dos bezerros	kg de peso vivo	180	180
Peso de venda dos animais para o abate	kg de peso vivo	450	450
Fase de recria (pastagens)	dia	270 ¹	270 ¹
Fase de engorda (confinamento)	dia	45	45
Tempo total (recria e engorda)	dia	315	315
Ganho de peso total/animal	kg de peso vivo	270	270
Ganho médio de peso vivo	kg/animal/dia	0,86 ²	0,86 ²
Lotação na pastagem permanente (verão)	animais/ha	9,50	4,85
Lotação na pastagem cultivada (inverno)	animais/ha	2,25	4,50
Total de animais	cab	495	1.350
Rendimento de carcaça	%	53,0	53,0
Taxa de mortalidade de animais	%	1,0	1,0

Fonte: Pesquisa de campo.

¹ Do total de 270 dias, os animais ficam em torno de 135 dias em cada pastagem (permanente e cultivada).

² Admite-se que o ganho de peso diário pode variar, para mais ou para menos, até cerca de 10%.

Para não comprometer a qualidade e o desenvolvimento das pastagens, deve-se dispensar atenção especial à lotação animal. Nessa linha, a pastagem permanente de verão, em relação à pastagem cultivada (aveia/azevém), é menos suscetível a apresentar problemas de desenvolvimento decorrentes de cargas animais excessivas. Essa menor suscetibilidade deve-se ao fato de que as pastagens permanentes, em geral, têm um crescimento mais acentuado e, sendo bem formadas e manejadas com adubações e lotações adequadas, enfrentam menores riscos de sofrer com o pisoteio de uma alta carga animal (MORAES & LANG, 2006). Diante disso, utilizando resultados de pesquisas, determinou-se o número de animais em cada sistema a partir da definição das lotações máximas. Para o sistema de ILP, a lotação no inverno foi estabelecida como 2,25 animais/ha, o que resulta em um total de 495 animais no sistema (220 ha de pastagem cultivada x 2,25); a lotação no verão ficou em 9,5 animais/ha (495 animais ÷ 52,1 ha de pastagem permanente). Para o sistema de BC, estabeleceu-se, como lotação máxima para o período do inverno, o dobro da lotação utilizada no sistema ILP, ou seja, 4,5 animais/ha, o que totaliza 1.350 animais no sistema

(300 ha de pastagem cultivada x 4,5); a lotação no verão foi de 4,85 animais/ha (1.350 animais ÷ 278,5 ha de pastagem permanente). É importante destacar que as lotações de 9,5 e 4,5 animais/ha, respectivamente, nas pastagens permanente e cultivada, estão próximas aos limites superiores, a partir dos quais as pastagens estão mais sujeitas a apresentar problemas de desenvolvimento associados, por exemplo, com compactação do solo em períodos mais chuvosos.

A partir dos ajustes de lotações, foram estabelecidas as produtividades esperadas. Devido a diferenças de lotações entre os dois sistemas, na pastagem de verão foram admitidos ganhos médios (kg de peso vivo/animal/dia) de 0,70kg e 0,80kg, respectivamente, nos sistemas de ILP e BC; para a pastagem de inverno, esses ganhos ficaram definidos como 0,90kg e 0,80kg, respectivamente, nos sistemas de ILP e BC. Quanto à produtividade no período de confinamento, considerou-se, para os dois sistemas, um ganho da ordem de 1,2kg de peso vivo/animal/dia. Finalmente, tomando como base as produtividades nas pastagens e no confinamento, bem como o tempo de permanência dos animais em cada local, chegou-se a uma produtividade ponderada diária, para os dois sistemas, da ordem de 0,86kg/animal. De outra maneira, pode-se mostrar que, como os animais são adquiridos e vendidos com pesos médios, respectivamente, de 180kg e 450kg de peso vivo, a produtividade diária por animal será de 0,86kg, pois no período de 315 dias espera-se um ganho de peso de 270kg/animal.

Para a produção de bovinos de corte nos sistemas de ILP e BC, são utilizados diversos insumos (Quadro 2C do Apêndice C), como: bezerros desmamados, produtos veterinários e concentrado para engorda. Além dos insumos, conforme já discutido anteriormente, são utilizadas pastagens (permanente e cultivada) e silagem de milho. Enquanto as pastagens são utilizadas, em média, por um período de 270 dias, a silagem de milho é fornecida por 45 dias, que corresponde ao período de confinamento, visando à engorda e ao acabamento dos animais.

Sobre o confinamento, cabe destacar que ele é conduzido principalmente com o fornecimento de silagem de milho e concentrado para engorda. Durante cerca de 45 dias, os animais são alimentados, sobretudo com uma dieta contendo

uma relação *volumoso* (silagem):*concentrado*, baseada na matéria seca (MS), de 60:40; as quantidades de MS da silagem e do concentrado são, respectivamente, da ordem de 35% e 90%. Em termos de administração da dieta, diariamente os animais recebem uma quantidade de alimentos, relativa à MS, correspondente a cerca de 2,4% do seu peso vivo.

A respeito das pastagens, foi elaborado o Quadro 6, que apresenta os principais insumos empregados para sua formação. A partir desse Quadro, pode-se observar que, além das sementes (aveia e azevém) e mudas (tifton), a utilização de nutrientes químicos (fertilizantes e adubação de cobertura) constitui aspecto fundamental para a adequada produção forrageira. Na pastagem cultivada dos sistemas de ILP e BC, emprega-se o dobro dos nutrientes utilizados para formar essa mesma pastagem no sistema de PV. Isso se justifica pelo fato de que, nos sistemas de ILP e BC, a pastagem visa tanto à alimentação animal como à formação de biomassa, que serve para proteger o solo e viabilizar tecnicamente o plantio direto das culturas subsequentes.

Quadro 6 - Insumos agrícolas usados nos sistemas de PV, ILP e BC para as produções das pastagens permanente e cultivada (quantidades/ha)

Pastagem	Insumo	Nome comercial	Unidade	PV	ILP	BC
Cultivada	Semente de aveia	Aveia	kg	40,00	40,00	40,00
	Semente de azevém	Azevém	kg	20,00	20,00	20,00
	Fertilizante	08-30-20	t	0,05	0,10	0,10
	Adubação de cobertura	Uréia	t	0,04	0,08	0,08
Permanente	Muda de tifton	Tifton	muda	0,00	10.000	10.000
	Fertilizante	05-25-25	t	0,00	0,05	0,05
	Adubação de cobertura	Uréia	t	0,00	0,08	0,08

Fonte: Pesquisa de campo.

Notas: 1) As quantidades dos insumos, com exceção das mudas de tifton, são utilizadas anualmente; 2) o plantio de novas mudas de tifton é realizado a cada 15 anos; e 3), nos sistemas de ILP e BC, são utilizadas duas aplicações anuais de uréia nas pastagens permanente e cultivada (cada aplicação é de 40kg/ha).

Sobre os dados apresentados no Quadro 6, deve-se inferir que, embora a pastagem cultivada no sistema de PV tenha como finalidade a formação de cobertura vegetal do solo, também são utilizados nutrientes químicos por duas razões principais: 1) garantir uma boa produção de massa verde; e 2) reaproveitar, para as culturas subsequentes (soja e milho), parte dos nutrientes empregados nessa pastagem.

Para desenvolver as diversas atividades que compõem os sistemas em estudo, são necessárias ainda várias operações agrícolas, como plantio, aplicações de defensivos, calagem (aplicação de calcário para melhorar a qualidade do solo) e colheita. O Quadro 3C do Apêndice C mostra uma síntese do conjunto das operações realizadas em cada sistema. Com exceção da implantação da pastagem de tifton, todas as demais operações são desenvolvidas de acordo com os princípios da técnica de plantio direto, ou seja, não são utilizadas as operações de aração e gradagem.

Especialmente em relação à pastagem de tifton, é necessário fazer alguns comentários adicionais. Para implantar, além das duas gradagens aradoras e uma niveladora, no preparo do solo são efetuadas duas operações de calagem (em cada operação, são aplicadas cinco toneladas de calcário). Após implantado, desde que mantido, anualmente, um correto manejo em termos de lotação animal e nutrição química, o tifton pode produzir forragens de boa qualidade por um período de cerca de 15 anos.

4.1.3. Outras considerações sobre as estruturas dos sistemas de produção

Para executar as várias atividades e operações (administrativas, técnicas e comerciais), foram também definidas as demandas de mão-de-obra de cada sistema. Na composição da mão-de-obra, dividida em permanente e temporária, há quatro tipos de empregados: 1) *operário rural*, que tem por objetivo desenvolver e/ou auxiliar as diversas operações (agrícolas e/ou pecuárias) que fazem parte do cotidiano da propriedade rural; 2) *operador de máquinas*, cuja função principal está associada com a condução das máquinas agrícolas (trator

e/ou colhedeira) durante as operações que requerem o uso desses bens de capital; 3) *administrador*, que é responsável por executar todas as funções administrativas da empresa, ou seja, executar as funções de planejamento, organização, direção e controle das diversas atividades, técnicas ou não, que fazem parte do funcionamento do estabelecimento rural; e 4) *diarista*, que corresponde à mão-de-obra contratada temporariamente para auxiliar a execução de determinadas operações agropecuárias (por exemplo: aplicações de defensivos agrícolas e vacinação dos animais), que demandam maiores quantidades do fator trabalho.

Para os sistemas de PV e ILP, a composição final da mão-de-obra ficou a mesma, ou seja, dois operários rurais, um operador de máquinas, um administrador e 4 diaristas contratados durante 120 dias por ano. Com relação ao sistema de BC, em comparação com os demais sistemas, houve ligeira modificação na composição dos recursos humanos, isto é, se por um lado houve necessidade de incluir mais um operário rural, por outro foi estabelecida menor demanda de mão-de-obra temporária (apenas três diaristas) (Quadro 7).

Quadro 7 - Demanda de mão-de-obra (número de trabalhadores) nos sistemas

Utilização	Período (dias/ano)	Finalidade	PV	ILP	BC
Permanente	365	Operário rural	2	2	3
		Operador de máquinas	1	1	1
		Administrador	1	1	1
Temporária	120	Diarista	4	4	3

Fonte: Pesquisa de campo.

Ainda a respeito da composição da mão-de-obra, cabe assinalar que no sistema de PV há, em relação ao de ILP, uma certa ociosidade do fator trabalho. Isso porque, enquanto na integração utilizam-se 1,2 e 0,8 operário rural

permanente para desenvolver, respectivamente, as atividades agrícolas (soja, milho e trigo) e de pecuária (bovinocultura de corte), no sistema de PV, com base nos mesmos parâmetros da ILP, é necessário em torno de 1,5 operário rural permanente, o que resulta em uma ociosidade de 0,5 homem; na prática, são contratados 2 empregados, pois não é possível contratar exatamente 1,5 empregado. Com relação ao operador de máquinas, no sistema de ILP utiliza-se 0,6 e 0,4 homem para executar, respectivamente, as explorações vegetais e animal. Para o sistema de PV, demanda-se apenas 0,8 operador de máquinas, o que implica ociosidade de 0,2 homem.

No sistema de BC, em relação ao de ILP, também existe certa ociosidade associada com o operário rural permanente. Enquanto na ILP emprega-se 0,8 homem para desenvolver a atividade de bovinocultura de corte, no sistema de BC, em função da maior dimensão dessa atividade, são necessários em torno de 2,5 operários rurais permanentes, havendo, assim, ociosidade de 0,5 homem.

Sobre os bens de capital necessários ao desenvolvimento de cada sistema, eles foram classificados em quatro categorias principais: máquinas agrícolas, equipamentos agrícolas, equipamentos pecuários e instalações. As máquinas agrícolas são representadas por tratores e colhedoras de grãos. Os equipamentos agrícolas são formados por diversos itens: carreta agrícola, distribuidor de calcário, distribuidor de esterco, grade aradora, grade niveladora, pulverizador de defensivos, roçadeira, semeadora-adubadeira e terraceador. Para os equipamentos pecuários, específicos para o desenvolvimento da bovinocultura de corte, têm-se os seguintes bens: desensilador, forrageira de milho, misturador de ração e vagão forrageiro.

Com relação às instalações, nos três sistemas tem-se um barracão de alvenaria (625m^2) para ser usado como local de depósito e garagem de máquinas e equipamentos. Para os sistemas de ILP e BC, existem também instalações específicas para a atividade de pecuária: balança e tronco de contenção, bebedouros, cochos para sal, cercas de arame farpado e elétrica, curral de manejo, infraestrutura de confinamento (silos para silagem e ração, cochos, bebedouros e demais instalações), reservatório de água e poço artesiano.

O Quadro 4C do Apêndice C apresenta uma síntese com os principais bens de capital que compõem a infraestrutura de cada sistema, acompanhados da vida útil empregada para calcular os custos de depreciação e o valor residual.

Além dos itens de máquinas, equipamentos e instalações, existem outros investimentos menores, como: cavalos para serviço (sistemas de BC e ILP), máquinas e equipamentos para transporte de água e pequenos utensílios (agulhas e seringas para vacinação dos animais, enxadas manuais, equipamento para tratamento de sementes, foices, pás e outros), que também foram considerados nas análises econômicas.

Finalmente, sobre os sistemas tomados como objeto de análise, é necessário destacar que, embora eles constituam opções reais para uso por parte dos produtores rurais da região de Guarapuava (PR), na prática, estes agentes econômicos podem tomar decisões que levem à adoção de sistemas que apresentem algumas variações em relação aos discutidos neste estudo. Essas variações podem ocorrer, por exemplo, na composição das atividades e no nível de tecnologia empregada.

4.2. Análise financeira dos sistemas de produção

No setor agropecuário, os resultados financeiros decorrentes de investimentos em distintas alternativas de sistemas de produção podem variar de maneira acentuada. Partindo desse pressuposto, esta seção foi construída com o intuito de desenvolver análises, para um horizonte de planejamento de longo prazo, dos possíveis resultados financeiros associados com a efetivação de investimentos de capital nos três sistemas definidos como objeto de estudo. Estruturalmente, a seção está organizada em quatro partes. Na primeira, tem-se a avaliação dos investimentos necessários para implantar cada sistema. Os indicadores obtidos sob condições determinísticas são apresentados e discutidos na segunda parte. As análises de sensibilidade, que tratam da identificação das variáveis chave, são efetuadas na parte três. Na parte final, discorre-se a respeito

dos indicadores financeiros gerados sob condições de riscos operacionais e de mercado.

4.2.1. Investimentos nos sistemas de produção

Os sistemas de produção avaliados neste estudo são tratados como alternativas mutuamente exclusivas, ou seja, o produtor rural pode tomar decisões que, para uma determinada área, conduzam à implantação de apenas um dos três sistemas: PV, ILP ou BC. Contudo, para esse processo decisório, devem ser analisados diversos aspectos técnicos e econômicos que cercam as diferentes alternativas.

Dentre os aspectos econômicos, merecem atenção especial os investimentos em recursos produtivos de longa duração, pois estes são fundamentais para, entre outras coisas, definir a capacidade produtiva e viabilizar tecnicamente o desenvolvimento das atividades econômicas. Nessa perspectiva, de acordo com os dados apresentados no Quadro 8, constata-se que, para um produtor da região de Guarapuava (PR), que disponha de 300 hectares de área agricultável e que tenha interesse em implementar um dos três sistemas supracitados, os montantes de capital a serem investidos nas distintas alternativas apresentam diferenças importantes.

Quadro 8 - Investimentos necessários para os sistemas de produção (em R\$)

Itens de investimento	PV	ILP	BC
Máquinas agrícolas	664.448	664.448	325.218
Equipamentos agrícolas	143.952	143.952	116.385
Equipamentos para a pecuária	0,0	101.946	101.946
Benfeitoria (barracão de alvenaria)	207.973	207.973	207.973
Instalações para a pecuária	0,0	232.187	323.934
Outros ¹	10.164	15.410	13.612
Total	1.026.537	1.365.916	1.089.068

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Investimentos menores, como: cavalos para serviço (sistemas de BC e ILP), máquinas e equipamentos para transporte de água e pequenos utensílios agropecuários.

A necessidade de inversão de capital no sistema de ILP é cerca de 33% e 25% maior, respectivamente, que aquela necessária para os sistemas de PV e de BC. Na ILP existe maior nível de investimento devido ao fato de que, além de requerer os mesmos investimentos efetuados para desenvolver o sistema de PV, devem ser efetuadas inversões em bens específicos para viabilizar tecnicamente a exploração da atividade de pecuária.

Para os sistemas de PV e de ILP, a maior parte dos investimentos está associada com a aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas: 79% e 59%, respectivamente. Por sua vez, no sistema de BC existe uma distribuição menos concentrada dos investimentos nos diferentes itens que compõem a infraestrutura; por exemplo, do total de recursos de capital, 40% e 39% são investidos, respectivamente, em máquinas e equipamentos agrícolas e em equipamentos e instalações para a pecuária. Sobre as instalações para a bovinocultura de corte, cabe destacar que, devido a diferenças no tamanho da exploração, o montante a ser investido no sistema de ILP é ao redor de 28% menor que aquele do sistema de BC.

Após avaliar as demandas técnicas e de recursos de capital, é imprescindível que o agente econômico, neste estudo representado pelo produtor rural, analise os resultados financeiros que podem ser gerados ao efetuar investimentos nas possíveis alternativas. Para tanto, é relevante que essas análises considerem os resultados em termos de longo prazo. Isso porque no setor agropecuário, em geral, os investimentos em recursos produtivos exigem um período de comprometimento relativamente grande do capital, ou seja, para obter retornos financeiros satisfatórios, compensando os resultados que poderiam ser obtidos com outras possíveis alternativas de investimento (por exemplo: mercado financeiro), podem ser necessários vários anos.

Adicionalmente, é pertinente inferir que, em função de os investimentos na agropecuária normalmente envolverem consideráveis somas, serem cercados por amplo número de fatores de riscos e serem de difícil reversão, as análises em questão são plenamente justificadas. Desse modo, partindo dos aspectos estruturais, técnicos e econômicos associados com os sistemas que são objeto

deste estudo, nos próximos itens são realizadas análises comparativas, sob condições determinísticas e de riscos, acerca dos resultados financeiros que podem ser obtidos em um horizonte de planejamento de longo prazo.

4.2.2. Indicadores financeiros sob condições determinísticas

Utilizando produtividades constantes, representadas pelas produtividades esperadas (Quadros 4 e 5), e as médias de preços reais observadas em cada ano (período de janeiro de 1995 a agosto de 2007), foram calculados indicadores financeiros, que poderiam ser obtidos em decorrência da implementação dos sistemas de produção em estudo (Quadro 9).

Em termos de indicadores que não consideram o valor do capital ao longo do tempo, há a taxa média de retorno (TMR) e o período de payback na sua concepção original³¹ (PP original). Analisando os resultados da TMR, observa-se que o sistema de BC teria um desempenho ligeiramente superior ao observado no sistema de ILP (cerca de 2,9% maior); em relação ao sistema de PV, esse resultado seria da ordem de 9,5% maior. Para os três sistemas, verifica-se ainda que ocorreria um retorno anual, medido pela TMR, superior a 16,5%.

Quadro 9 - Indicadores financeiros determinísticos dos sistemas de PV, ILP e BC

Indicador¹	Unidade	PV	ILP	BC
TMR	%	16,56	17,62	18,13
PP original	Ano	5,79	5,52	5,43
PP descontado	Ano	9,46	9,22	9,54
VPL	R\$	98.951	198.334	165.830
TIR	%	13,99	14,91	14,95
B/C	--	1,018	1,025	1,016

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ As bases dos cálculos são os fluxos de caixa apresentados nos Quadros 5C, 6C e 7C do Apêndice C.

³¹ Na concepção original, a técnica do PP não considera o efeito do tempo. Nesse caso, em relação à expressão (13), não se utiliza nenhuma taxa para descontar os fluxos de caixa.

Sobre o PP original, os valores obtidos apontam para a mesma direção da TMR, pois mostram que, em condições determinísticas, o sistema de BC necessitaria de um período de tempo ligeiramente menor para recuperar o capital investido. Mediante essa medida, o tempo de recuperação do investimento seria de 5,43, 5,52 e 5,79 anos, respectivamente, para os sistemas de BC, ILP e PV.

Apesar de os resultados da TMR e do PP original terem apontado para um desempenho ligeiramente superior do sistema de BC, deve-se salientar que esses indicadores são muito limitados no sentido de serem assumidos como referências chave para a tomada de decisão; eles devem ser usados apenas como indicativos iniciais. A grande restrição dos indicadores em questão deve-se ao fato de que os mesmos desconsideram o efeito do tempo sobre o capital, ignorando, portanto, o custo de oportunidade de investir os recursos monetários em outras possíveis alternativas. Para tomar decisões finais, devem ser analisados principalmente os indicadores que levem em conta o custo de oportunidade: PP descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e razão benefício/custo (B/C).

Ao analisar o PP descontado, observa-se que houve, para os três sistemas, considerável aumento no tempo de recuperação do capital investido, ou seja, esse tempo supera os nove anos. Adicionalmente, este indicador mostra que, ao levar em conta o custo de oportunidade do capital, o sistema de ILP passa a constituir, em relação aos outros dois sistemas, a melhor alternativa financeira. Essa constatação é também corroborada pelo VPL, haja vista que, frente a uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 12,0% a.a., o valor presente do sistema de ILP foi da ordem de 100,4% e 19,6% maior, respectivamente, que aqueles calculados para os sistemas de PV e BC.

A respeito do VPL, é possível ressaltar que, em condições determinísticas, os valores gerados nos três sistemas permitem superar o custo de oportunidade do capital, representado pela TMA de 12,0% a.a. Caso os fluxos de caixa líquidos de cada ano fossem aplicados a essa taxa, os valores obtidos nos sistemas de ILP, BC e PV seriam aumentados, respectivamente, em cerca de R\$198.334,00 R\$165.830,00 e R\$98.951,00.

A constatação de que o sistema de ILP gera melhor retorno financeiro que os demais sistemas é ainda comprovada pelo indicador B/C, pois este mostra que, para cada unidade de custo, obtêm-se para os sistemas de ILP, PV e BC, respectivamente, 1,025, 1,018 e 1,016 unidades de benefício.

Por fim, ao analisar os resultados da TIR, evidencia-se que a rentabilidade dos três sistemas supera o custo de oportunidade do capital. No entanto, existe uma discrepância com os resultados do VPL: enquanto pela TIR o sistema com maior retorno financeiro é o de BC, pelo VPL o sistema de ILP seria a melhor alternativa. Em virtude dessa divergência e devido ao fato de o valor do investimento no sistema de ILP ser superior ao do sistema de BC (Quadro 8), tornou-se necessário calcular a Taxa de Fisher (TF).

Ao calcular a TF a partir da diferença entre os fluxos de caixa dos sistemas de ILP e BC, chegou-se ao valor de 14,73%. O fato de a TF ter superado a TMA indica que o valor de R\$276.848,00, que corresponde à diferença entre os investimentos nos dois sistemas, será mais bem remunerado se aplicado no sistema de ILP. Essa conclusão é semelhante à do VPL, que mostra que o sistema de ILP, em relação ao de BC, apresenta maior viabilidade financeira.

Embora a maior parte dos indicadores apresentados no Quadro 9 aponte para o sistema de ILP como a melhor alternativa financeira, a decisão de investir em um dos três sistemas requer, por parte do produtor rural, análises criteriosas que considerem outros importantes aspectos, como as possíveis variações nas produtividades e nos preços de vendas de produtos e de compras de insumos. Essas análises são fundamentais pelo fato de o setor agropecuário ser afetado por uma série de riscos operacionais e de mercado. Diante disso e em virtude de os indicadores dispostos no Quadro 9 serem gerados sob condições determinísticas, as análises financeiras, realizadas até o momento, não permitem tirar conclusões definitivas sobre qual das opções de sistemas propicia, na prática, os melhores resultados ao serem admitidas possíveis variações nas principais variáveis técnicas e econômicas, que afetam os fluxos de caixa anuais.

Uma das grandes limitações dos indicadores gerados deterministicamente reside no fato de serem mantidos constantes os desempenhos técnicos, ou seja,

terem sido considerados apenas os níveis de produtividades esperados das atividades agropecuárias (soja, milho, trigo e bovinocultura de corte). Essa limitação é muito significativa, pois se sabe que, na agricultura, os desempenhos técnicos podem variar de maneira acentuada, influenciados por inúmeros fatores, associados, por exemplo, com clima, qualidade do solo, doenças e pragas. Como consequência dessas variações, podem-se observar mudanças altamente expressivas nos resultados econômicos.

Para superar as limitações discutidas, bem como verificar se existe confirmação dos indicativos apresentados no Quadro 9, nos próximos dois itens são desenvolvidas análises que levam em conta possíveis variações probabilísticas nos valores das principais variáveis que afetam os fluxos de caixa dos três sistemas. Essas análises são realizadas a partir de resultados gerados sob condições de riscos operacionais e de mercado.

4.2.3. Análises de sensibilidade

Para avaliar o comportamento dos indicadores financeiros sob condições de riscos, inicialmente foram desenvolvidas análises para testar a sensibilidade do VPL de cada sistema de produção frente a variações individuais em variáveis técnicas (produtividades agropecuárias) e econômicas (preços pagos e recebidos pelos produtores). Mediante essas análises, foram determinadas as variáveis chave, ou seja, aquelas que, em decorrência de sofrerem variações de 10% na direção em que reduzem o VPL, causam impactos negativos iguais ou superiores a 5% no valor desse indicador.

As variáveis independentes, submetidas à análise de sensibilidade, estão listadas no Quadro 8C do Apêndice C. Observa-se que, das 91 variáveis avaliadas, 59 (64,8%) e 32 (35,2%) estão presentes na estrutura dos fluxos de caixa, respectivamente, de dois e três sistemas. No sistema de ILP, em virtude de contemplar todas as atividades agropecuárias que compõem os demais sistemas, estão presentes as 91 variáveis; para os sistemas de PV e BC, têm-se, respectivamente, 57 e 66 variáveis independentes.

Ao analisar a sensibilidade do VPL frente a variações no valor dos investimentos em capital produtivo (Quadro 10), evidencia-se que essa variável pode causar efeitos acentuados sobre os resultados financeiros dos três sistemas de produção. No sistema de PV, que requer a menor inversão de capital, um aumento de 10% no valor investido, mantidas constantes as demais variáveis independentes, provoca a maior redução relativa no VPL (-52,3%); nos sistemas de ILP e BC, essas reduções são, respectivamente, de -37,9% e -34,8%.

A constatação de que as variações no investimento causam maiores impactos relativos no VPL do sistema de PV pode ser explicada a partir da estrutura e da composição das atividades dos sistemas. Isso porque, com base nos dados constantes nos Quadros 5C, 6C e 7C do Apêndice C, verifica-se que no sistema de PV a estrutura e a composição das atividades permitem gerar, durante o horizonte de planejamento estudado, um valor final de caixa total que supera em apenas 15,2% o valor do investimento total; para os sistemas de ILP e de BC, esses valores são, respectivamente, 29,1% e 35,7%. Esses dados, de certa forma, são indicativos de que no sistema de PV existe menor eficiência econômica, principalmente sob a perspectiva técnica³², que nos demais sistemas.

Quadro 10 - Impactos de variações nos investimentos sobre o VPL dos sistemas

Sistema	Variação no investimento (%)	Impacto no VPL (%)
Produção vegetal (PV)	10,0	-52,3
Integração lavoura-pecuária (ILP)	10,0	-37,9
Bovinocultura de corte (BC)	10,0	-34,8

Fonte: Resultados da pesquisa.

³² A eficiência econômica é dividida em dois componentes: técnico e alocativo. Enquanto a *eficiência técnica* refere-se à capacidade da firma em obter o máximo de produto, dada a quantidade de fatores disponível, a *eficiência alocativa* diz respeito à capacidade da firma em utilizar os fatores de produção na proporção ótima, minimizando os custos de produção (Farrell, 1957, e Shirota, 1995, citados por Ohira e Shirota, 2005).

Ao estudar os impactos das variáveis associadas com receitas e despesas operacionais dos fluxos de caixa, evidencia-se que, do total de variáveis analisadas em cada sistema, o de PV é aquele cujo VPL pode ser afetado de maneira significativa pelo maior número de variáveis: das 56 variáveis (exclui a variável investimento) independentes, 20 (35,7%) ocasionam reduções superiores a 5% no VPL. No sistema de BC, 12 (18,5%) das 65 variáveis analisadas são consideradas como chave. Por sua vez, na ILP, de um total de 90 variáveis, 15 (16,7%) produzem impactos mais expressivos sobre o referido indicador (Quadro 11).

O menor percentual de variáveis chave no sistema de ILP mostra que, por se tratar do sistema mais diversificado, os impactos individuais das variáveis independentes sobre o VPL tendem a ser reduzidos. Tomando como exemplo as variáveis *"preço de venda do boi gordo"* e *"produtividade de soja"*, é fácil justificar essa afirmativa: as diminuições do VPL dos sistemas de ILP e BC, associadas com queda de 10% no preço de venda do boi gordo, são, respectivamente, de 95,0% e 302,2%; considerando uma perda de 10% na produtividade de soja, as quedas no VPL dos sistemas de ILP e PV são, respectivamente, de 53,0% e 121,1%.

Observando o Quadro 11, nota-se ainda que foram identificadas 10 distintas funções de distribuição de probabilidade para ajustar as séries de dados relativas às 26 variáveis definidas como chave. As funções beta e triangular foram as mais frequentes. Para maiores detalhes sobre todas essas funções, pode-se consultar Law e Kelton (1991) e Palisade Corporation (2002b).

Quadro 11 - Impactos das variáveis chave de receitas e despesas sobre o VPL

Sistema	Nº	Variável	Unidade	Valor esperado (R\$)	Fdp ¹	Varição no VPL (%)
PV	1	Produtividade de soja	kg/ha	3.000,00	Triangular	-121,1
	2	Preço de venda da soja	R\$/sc	39,47	Pearson5	-118,6
	3	Produtividade de milho	kg/ha	8.500,00	Triangular	-82,8
	4	Preço de venda do milho	R\$/sc	19,06	Logística	-82,2
	5	Produtividade de trigo	kg/ha	2.500,00	Triangular	-37,0
	6	Preço de venda do trigo	R\$/sc	28,9	Log-normal	-36,0
	7	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-17,5
	8	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-13,7
	9	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-13,0
	10	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-12,0
	11	Preço do fungicida Folicur	R\$/l	117,55	Beta (Generalizado)	-11,4
	12	Preço do fertilizante 00-20-20	R\$/t	785,95	Beta (Generalizado)	-10,1
	13	Preço do fertilizante 10-26-24	R\$/t	1.007,20	Beta (Generalizado)	-9,1
	14	Preço da semente de milho	R\$/sc	202,72	Triangular	-7,8
	15	Salário do operário rural permanente	R\$	626,17	Log-logística	-7,5
	16	Preço do calcário	R\$/t	60,58	Valor extremo	-5,9
	17	Diária do operário rural temporário	R\$	22,35	Log-logística	-5,4
	18	Preço da semente de soja	R\$/kg	1,38	Weibull	-5,4
	19	Salário do operador de máq. perm.	R\$	884,83	Logística	-5,3
	20	Preço da semente de trigo	R\$/kg	1,08	Pearson5	-5,2
ILP	1	Preço de venda do boi gordo	R\$/@	70,75	Triangular	-95,0
	2	Produtividade de bovino	kg/dia	0,86	Triangular	-72,1
	3	Produtividade de soja	kg/ha	3.000,00	Triangular	-53,0
	4	Preço de venda da soja	R\$/sc	39,47	Pearson5	-51,9
	5	Preço do bezerro	R\$/cab	476,95	Beta (Generalizado)	-41,6
	6	Produtividade de milho	kg/ha	8.500,00	Triangular	-36,3
	7	Preço de venda do milho	R\$/sc	19,06	Logística	-36,0
	8	Produtividade de trigo	kg/ha	2.500,00	Triangular	-16,2
	9	Preço de venda do trigo	R\$/sc	28,9	Log-normal	-15,8
	10	Preço do concentrado para engorda	R\$/kg	0,53	Beta (Generalizado)	-9,3
	11	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-9,0
	12	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-8,9
	13	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-7,8
	14	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-7,1
	15	Preço do fungicida Folicur	R\$/l	117,55	Beta (Generalizado)	-5,0
BC	1	Preço de venda do boi gordo	R\$/@	70,75	Triangular	-302,2
	2	Produtividade de bovino	kg/dia	0,86	Triangular	-229,4
	3	Preço do bezerro	R\$/cab	476,95	Beta (Generalizado)	-132,5
	4	Preço do concentrado para engorda	R\$/kg	0,53	Beta (Generalizado)	-29,5
	5	Preço da muda de tifton	R\$/muda	0,03	Pearson5	-10,9
	6	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-10,2
	7	Preço do sal mineralizado	R\$/kg	1,74	Normal	-9,7
	8	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-8,3
	9	Salário do operário rural permanente	R\$	626,17	Log-logística	-7,2
	10	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-6,5
	11	Preço do calcário	R\$/t	60,58	Valor extremo	-6,1
	12	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-5,1

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Indica, para cada variável chave, a função de distribuição de probabilidade (fdp) com melhor ajuste.

Com base nos dados apresentados no Quadro 11, é possível fazer outras considerações interessantes acerca dos riscos operacionais e de mercado, que podem afetar o VPL dos sistemas em questão. Relacionado com os riscos operacionais, percebe-se que as produtividades agropecuárias estão situadas entre as variáveis chave que causam variações mais expressivas no VPL dos três sistemas. Essa constatação permite inferir que, para o setor agropecuário, a tomada de decisão baseada em análises financeiras determinísticas, mantendo constantes as produtividades, pode conduzir a escolha, entre opções mutuamente exclusivas, de sistemas de produção que, na prática, venham a apresentar resultados econômicos muito sensíveis aos desempenhos técnicos.

A respeito dos riscos de mercado, verifica-se que as maiores sensibilidades do VPL dos três sistemas tendem a estar associadas com os preços recebidos pelas vendas dos produtos agropecuários. Essa observação, juntamente com as análises dos impactos das produtividades, deixam claro que os VPLs desses sistemas são muito mais sensíveis às variáveis chave vinculadas com receitas do que com despesas operacionais.

O fato de as variáveis determinantes das receitas serem aquelas com maiores potenciais de impactar, negativamente, o VPL dos sistemas em estudo constitui justificativa pertinente para que o produtor rural, além de diversificar a produção agropecuária visando a minimizar riscos operacionais, adote planos de comercialização, utilizando, por exemplo, estratégias associadas com mercado futuro e/ou venda antecipada de parte da produção. A necessidade de adotar planos de comercialização, buscando garantir ao menos uma rentabilidade que permita cobrir todos os custos de produção, é também reforçada ao ressaltar que os preços dos produtos e insumos agropecuários, em geral, são muito sujeitos a flutuações, haja vista que têm forte dependência do comportamento da oferta e da demanda desses produtos nos mercados doméstico e internacional.

A partir do conjunto de dados e discussões acerca das análises de sensibilidade, fica evidente que, ao se tratar de escolhas envolvendo distintas alternativas de investimentos na agropecuária, a obtenção de indicadores financeiros sob condições de riscos operacionais e de mercado, normalmente,

deve ser vista como imprescindível para minimizar as chances de optar por alternativas que venham a apresentar resultados financeiros menos estáveis. Nessa linha de pensamento, no item a seguir são desenvolvidas análises baseadas nos resultados oriundos de simulações probabilísticas dos fluxos de caixa. Para realizar essas simulações, foram utilizadas as variáveis chave identificadas em cada sistema de produção.

4.2.4. Indicadores financeiros sob condições de incertezas

Visando a obter os indicadores financeiros sob condições de incertezas, foram realizadas simulações contendo 5.000 iterações dos fluxos de caixa dos sistemas em estudo. Para realizar essas simulações, utilizaram-se, para as diversas variáveis chave listadas no Quadro 11, as funções de distribuição de probabilidade que apresentaram os melhores ajustes. Quanto à variável investimento de cada sistema, para gerar diferentes valores probabilísticos e pelo fato de estar presente apenas no ano zero, optou-se por utilizar a distribuição triangular. Segundo Moura (2004), em estudos de rentabilidade de projetos, quando existe falta de informações que permitam um ajustamento mais criterioso das distribuições, a distribuição triangular, em geral, é aceita como satisfatória. A principal vantagem é sua facilidade de uso, pois para defini-la são necessários apenas três valores: mínimo, máximo e mais provável da variável. Em termos operacionais, para a variável investimento de cada sistema, adotou-se como valor mais provável aquele utilizado para calcular os fluxos de caixa determinísticos. Por sua vez, os valores mínimo e máximo foram assumidos como correspondentes a variações, respectivamente, de -15% e +15% no valor definido como mais provável.

Sobre os resultados dos indicadores em questão, no Quadro 12 são apresentadas as principais estatísticas associadas com o VPL, a TIR e a razão B/C. Avaliando o VPL, verifica-se que, pelo valor esperado (ou média), os resultados apontam na mesma direção do VPL determinístico (Quadro 9), ou seja, os sistemas com maior VPL esperado foram, em ordem decrescente, o de

ILP (R\$114.367,00), BC (R\$81.610,00) e PV (-R\$3.659,00). É interessante notar também que, ao admitir a ocorrência de riscos operacionais e de mercado, os valores esperados do VPL dos três sistemas foram significativamente inferiores àqueles observados em situações determinísticas. As quedas mais e menos expressivas ocorreram nos VPLs, respectivamente, dos sistemas de PV (-103,7%) e de ILP (-42,3%); para o sistema de BC, o VPL sob condições de incertezas caiu -50,8% em relação ao valor determinístico.

Quadro 12 - Indicadores financeiros obtidos com simulações dos fluxos de caixa dos sistemas de PV, ILP e BC

Sistema	Estatísticas	VPL	TIR	B/C
PV	Média	-3.659	12,0%	1,00
	Valor mínimo	-602.133	0,7%	0,89
	Valor máximo	699.853	29,4%	1,12
	Desvio padrão	165.947	3,2%	0,03
	Coeficiente de variação	4535,5%	26,9%	3,0%
	Chance de resultado positivo	47,7%	47,7%	47,7%
	Chance de resultado negativo	52,3%	52,3%	52,3%
ILP	Média	114.367	13,7%	1,01
	Valor mínimo	-558.934	5,0%	0,93
	Valor máximo	743.701	26,0%	1,09
	Desvio padrão	176.585	2,6%	0,02
	Coeficiente de variação	154,4%	18,7%	2,1%
	Chance de resultado positivo	74,0%	74,0%	74,0%
	Chance de resultado negativo	26,0%	26,0%	26,0%
BC	Média	81.610	13,6%	1,01
	Valor mínimo	-1.107.459	-7,6%	0,89
	Valor máximo	1.069.026	32,1%	1,11
	Desvio padrão	315.365	5,6%	0,03
	Coeficiente de variação	386,4%	41,0%	3,1%
	Chance de resultado positivo	60,8%	60,8%	60,8%
	Chance de resultado negativo	39,2%	39,2%	39,2%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quanto às médias da TIR e da razão B/C, é pertinente fazer três comentários principais: 1) elas também indicam menor retorno financeiro para o

sistema de PV; 2) em condições de incerteza, o sistema de PV apresenta rentabilidade esperada muito próxima do custo de oportunidade do capital; e 3) para os sistemas de ILP e BC, apesar de os dois indicadores em questão conduzirem a resultados muito próximos, pode-se inferir que na ILP, devido ao maior nível de investimento e usando a noção da Taxa de Fisher, os resultados em termos de valores esperados são melhores.

Embora a análise dos valores esperados seja importante para a tomada de decisão, é fundamental avaliar a variabilidade dos resultados. Mediante os dados do Quadro 12, percebe-se que, ao serem levados em consideração os valores mínimo e máximo, o sistema de ILP é o que tende a apresentar valores extremos mais próximos das médias esperadas. Para deixar claro essas constatações, usando como referência os resultados em termos de VPL, verifica-se que os valores mínimos correspondem a -75,2%, -86,0% e -103,6% dos valores máximos, respectivamente, dos sistemas de ILP, PV e BC.

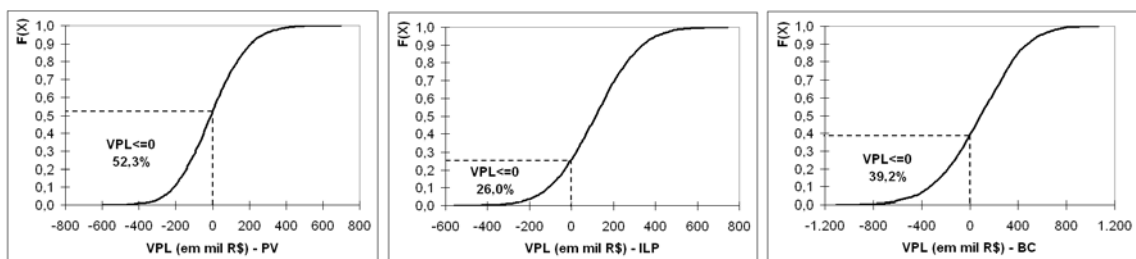
Por meio do coeficiente de variação, verifica-se também que a estrutura e a composição de atividades do sistema de ILP, em comparação com aquelas dos demais sistemas, possibilitam obter indicadores financeiros menos dispersos em torno das médias. Nesse caso, utilizando a TIR como medida de referência, constata-se que o risco por unidade de retorno esperado é de 18,7%, 26,9% e 41,0%, respectivamente, nos sistemas de ILP, PV e BC.

As menores variabilidades nos indicadores financeiros associados com o sistema de ILP, de certa maneira, corroboram importantes inferências destacadas ao longo das análises de sensibilidade. Dentre essas inferências, estão aquelas que tratam, sobretudo, dos impactos individuais, relativos às variáveis chave, sobre os indicadores financeiros.

Ainda com base no Quadro 12, as medidas que determinam as chances de obter resultados positivos e negativos são, também, muito úteis para auxiliar na escolha da alternativa de sistema que propicie os melhores resultados financeiros. Isso porque, neste trabalho, entende-se por chance de resultado positivo os valores das probabilidades de encontrar um VPL maior do que zero, bem como obter uma razão B/C superior a 1 e uma TIR maior do que a TMA de 12,0% a.a.;

a chance de resultado negativo está vinculada às probabilidades de não ocorrerem os valores citados para esses três indicadores. Ao analisar essas medidas probabilísticas, constata-se que o sistema de ILP apresenta a maior probabilidade de ocorrerem resultados positivos, pois, em 74,0% dos fluxos de caixa simulados, o VPL foi maior do que zero, a TIR superou a taxa de 12,0% e a razão B/C esteve acima da unidade; para os sistemas de BC e de PV, essas probabilidades são, respectivamente, de 60,8% e 47,7%.

Usando como comparações as distribuições de probabilidade acumulada do VPL (Figura 15), fica fácil ilustrar que, dos três sistemas, o de PV gera o maior risco (52,3%) de o produtor não obter, ao final do horizonte de planejamento, resultados suficientes para ao menos cobrir os custos de oportunidade do capital; para os sistemas de BC e ILP, esses riscos são, respectivamente, da ordem de 39,2% e 26,0%.

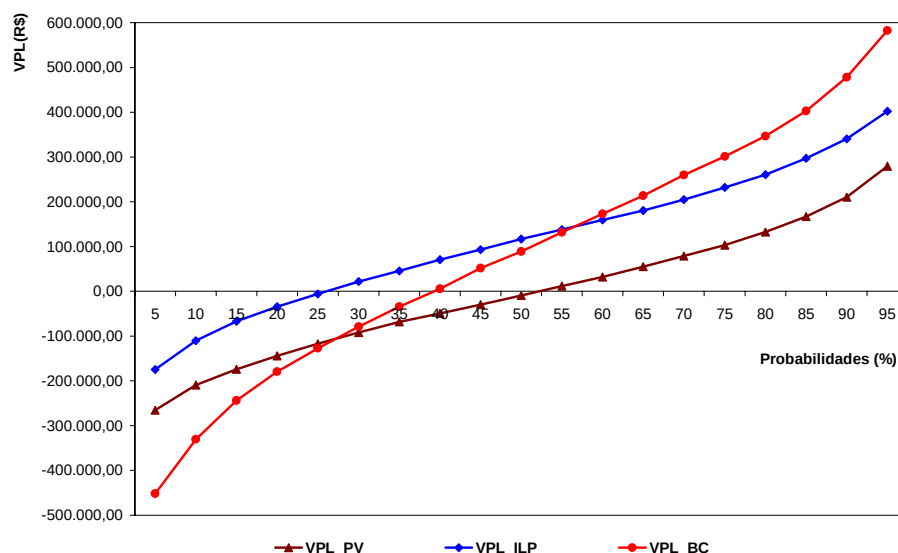


Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 15 - Funções de distribuição de probabilidade acumulada ($F(X)$) do VPL.

A respeito do VPL, foi elaborada ainda a Figura 16, que mostra, para os três sistemas, as várias possibilidades de valores presentes, vinculadas a diferentes níveis de probabilidades. Em nenhum nível de probabilidade, o VPL do sistema de PV supera o da ILP. Quanto ao sistema de BC, pode-se observar

que, em até cerca de 55% de probabilidade, o VPL esperado é menor do que aquele do sistema de ILP.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 16 - Valores de VPL frente a diferentes níveis de probabilidade.

Em termos de relações do VPL com as variáveis chave de cada sistema, a partir dos dados dispostos no Quadro 9C do Apêndice C, é possível efetuar quatro comentários adicionais importantes:

1. nos três sistemas, o VPL é mais influenciado, de maneira individual, por mudanças em variáveis de receitas do que de despesas operacionais. Isso porque a maior parte das variáveis que determinam os valores de receitas, ao contrário daquelas associadas com despesas, tende a apresentar maiores correlações lineares com o VPL. Por exemplo, nos sistemas de PV e de ILP, esse indicador financeiro apresenta a maior correlação positiva (movimento na mesma direção) com o preço de venda da soja: respectivamente, 0,69 e 0,51; para os sistemas de BC e ILP, o preço de venda do boi gordo também

- apresenta destacada correlação positiva com o VPL: 0,74 e 0,46, respectivamente;
2. a maioria das variáveis que determina os valores das despesas operacionais tende a apresentar baixa correlação negativa com o VPL. Esses resultados indicam que, individualmente, as variáveis chave que causam mudanças de sentido contrário no valor presente são, em geral, pouco impactantes no VPL dos três sistemas. Entre as variáveis chave que mais se correlacionam negativamente com o VPL dos sistemas de BC e ILP, destaca-se o preço do bezerro: respectivamente, -0,45 e -0,29; as demais variáveis chave, relacionadas com despesas nos três sistemas, apresentam correlações negativas menores que 0,11;
 3. quanto aos investimentos, eles apresentam correlações negativas que também tendem a ser baixas. Nos sistemas de ILP, PV e BC, essas correlações são da ordem, respectivamente, de -0,38, -0,30 e -0,14; e
 4. os resultados das relações lineares também evidenciam que, as correlações entre o VPL e as variáveis chave são, em geral, maiores nos sistemas mais especializados. Estes são os casos, por exemplo, do preço do bezerro nos sistemas de BC (-0,45) e ILP (-0,29) e dos preços de vendas dos produtos e das produtividades agropecuárias nos três sistemas. Essa constatação permite inferir que os resultados financeiros decorrentes da implantação da ILP são, em relação aos dos outros dois sistemas, menos vulneráveis a variações em variáveis individuais. Portanto, na ILP existe melhor aproveitamento dos benefícios da diversificação no sentido de reduzir riscos não-sistemáticos, que são riscos específicos das atividades que compõem os sistemas.

4.3. Análise de volatilidade dos retornos dos sistemas de produção

O desempenho econômico de um determinado sistema de produção agropecuária pode, ao longo do tempo, variar de maneira significativa. Diante disso, foi construída esta seção com o objetivo de desenvolver análises que indiquem, também para o curto prazo (até um ano), os prováveis retornos e riscos

econômicos com os quais o produtor rural pode se deparar ao adotar qualquer um dos três sistemas de produção estudados. A seção está estruturada em quatro partes principais. A primeira trata da determinação dos coeficientes de participação das atividades agropecuárias no custo total dos sistemas. Na segunda parte, discorre-se a respeito do comportamento temporal dos retornos esperados. As contribuições das diferentes atividades para a redução (ou não) dos riscos de mercado, que cercam os sistemas diversificados (PV e ILP), são destacadas na terceira parte. Na parte final, são efetuadas discussões envolvendo estimativas de perdas monetárias e de relação risco/retorno para cada sistema.

4.3.1. Participação das atividades no custo total de cada sistema

Neste trabalho, as análises de retornos e dos riscos associados foram baseadas, sobretudo, na relação lucro total/custo total. Optou-se por avaliar a performance de cada sistema em relação ao custo total pelo fato de este poder ser visto como um investimento de capital de curto prazo. Considera-se que, mediante as análises em questão, que devem medir a eficiência e os riscos vinculados ao tipo de investimento referido, é possível determinar, por exemplo, as maiores dificuldades econômicas que o produtor pode enfrentar, em certos anos, para se manter na exploração de um dado sistema de produção.

Para calcular anualmente os retornos esperados dos sistemas de PV e ILP, foram definidos os coeficientes de participação das atividades³³. Usando os pressupostos da teoria do portfólio e fazendo uma analogia com uma carteira de ativos, esses coeficientes representam as frações do capital total investidas nas distintas atividades. Para cada atividade, o coeficiente em discussão corresponde à média de participação do custo total da atividade no custo total do sistema.

Com base no Quadro 13, pode-se destacar que o emprego das referidas médias mostrou-se bastante adequado, haja vista que os coeficientes de variação foram baixos, ou seja, nos sistemas de PV e ILP, para todas as atividades, as

³³ Para o sistema de BC, em função de ser especializado na bovinocultura de corte, não se tem a definição de coeficientes para calcular, anualmente, os retornos esperados.

variabilidades dos dados em relação às médias foram inferiores a 5,5%. É possível inferir que os coeficientes de variação são baixos, pois, segundo Gomes (1985), em ensaios agrícolas, eles são classificados como baixos quando menores do que 10%, o que indica grande homogeneidade do conjunto de dados.

A utilização de coeficientes representados pelas médias de participação no custo total é, também, justificada pelo fato de as atividades possuírem níveis muito distintos de custos. Por exemplo, no sistema de PV, o custo médio por hectare de milho é cerca de 34% e 78% maior, respectivamente, que os custos médios por hectare de soja e trigo.

Quadro 13 - Participação das atividades agropecuárias no custo total de cada sistema de produção

Atividade agropecuária	PV (%)		ILP (%)		BC (%)
	Média ¹	CV ²	Média ¹	CV ²	Média
Bovinocultura de corte	0,0	0,0	48,0	4,9	100,0
Milho	32,8	2,2	17,1	5,3	0,0
Soja	48,8	2,0	25,5	4,8	0,0
Trigo	18,4	2,7	9,4	5,4	0,0

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Correspondem às médias associadas com os resultados econômicos de 152 observações, que contemplam preços pagos e recebidos, observados no período de janeiro de 1995 a agosto de 2007, bem como produtividades constantes (esperadas) das atividades agropecuárias.

² CV = coeficiente de variação.

A partir da definição dos coeficientes de participação e dos cálculos de receitas, custos e lucros das atividades, nos próximos itens são efetuadas análises envolvendo o comportamento dos retornos e riscos associados.

4.3.2. O comportamento dos retornos esperados dos sistemas de produção

Para os três sistemas, avaliou-se o comportamento dos retornos esperados sob duas situações distintas de produtividades: constantes e variáveis. Enquanto a

primeira situação possibilitou avaliar apenas os impactos de fatores de mercado (preços pagos e recebidos), na segunda foram feitas avaliações com a inclusão dos efeitos operacionais (desempenhos técnicos) sobre os resultados econômicos.

4.3.2.1. Os retornos com produtividades constantes

Mediante a utilização de produtividades constantes (Quadros 4 e 5) e dos preços pagos e recebidos pelos produtores rurais no período de janeiro de 1995 a agosto de 2007, foram calculadas séries históricas de resultados econômicos, que poderiam ser obtidos em cada sistema de produção.

No Quadro 14, onde têm-se resultados em termos de valores esperados, nota-se que os retornos, medidos pelas relações lucro total/receita total (LT/RT) e lucro total/custo total (LT/CT), das atividades agrícolas (soja, milho e trigo) presentes no sistema de PV são menores que aqueles associados com essas mesmas atividades presentes no sistema de ILP. Como a tecnologia de produção é similar, os desempenhos inferiores no sistema de PV se devem a dois pontos principais: 1) *alocação dos custos da pastagem de aveia e azevém*, pois, enquanto no sistema de PV o custo total dessa pastagem é distribuído apenas para as explorações de soja e milho, no sistema de ILP parte desse custo é alocada para a atividade de bovinocultura de corte; e 2) *a maior ociosidade da estrutura produtiva*, que acaba onerando os custos de produção e, conseqüentemente, diminuindo os retornos. Diante disso, os custos totais médios das sacas de soja, milho e trigo, produzidas no sistema de PV, são cerca de 2,0%, 2,0% e 3,6% maiores, respectivamente, que aqueles observados na ILP.

Relacionado com a discussão sobre ociosidade, é pertinente destacar os trabalhos de Kichel e Miranda (2001), Mello *et al.* (2004), Alvarenga e Noce (2005) e Spera *et al.* (2006). Nesses trabalhos, salienta-se, entre outras coisas, que nos sistemas de ILP existe maior eficiência na utilização dos recursos produtivos, especialmente referentes a máquinas, equipamentos e mão-de-obra, ou seja, há melhor otimização desses recursos, pois durante o ano são utilizados por maiores períodos de tempo. Assim, pode-se inferir que os sistemas de ILP,

em relação aos sistemas de PV e BC, apresentam infraestruturas que tendem a ser mais bem ajustadas às demandas tecnológicas, o que implica menor ociosidade da capacidade instalada.

Quadro 14 - Valores esperados, com produtividades constantes, para atividades e sistemas de produção

SISTEMA PV					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$) ¹	395.256,55	271.102,79	119.979,94	Ausente	786.339,28
CT (R\$)	347.670,80	233.305,93	130.770,21	Ausente	711.746,94
LT (R\$)	47.585,75	37.796,86	-10.790,27	Ausente	74.592,34
LT/RT (%)	12,04	13,94	-8,99	Ausente	9,49
LT/CT (%)	13,69	16,20	-8,25	Ausente	10,48
RT média (R\$/unidade)	39,53	19,14	28,80	Ausente	--
CT médio (R\$/unidade)	34,77	16,47	31,38	Ausente	--
LT médio (R\$/unidade)	4,76	2,67	-2,59	Ausente	--
SISTEMA ILP					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$) ¹	316.241,67	216.931,25	95.995,09	552.213,47	1.181.381,47
CT (R\$)	272.609,84	182.881,15	100.973,45	513.595,19	1.070.059,63
LT (R\$)	43.631,83	34.050,10	-4.978,37	38.618,28	111.321,84
LT/RT (%)	13,80	15,70	-5,19	6,99	9,42
LT/CT (%)	16,01	18,62	-4,93	7,52	10,40
RT média (R\$/unidade)	39,53	19,14	28,80	70,88	--
CT médio (R\$/unidade)	34,08	16,14	30,29	65,92	--
LT médio (R\$/unidade)	5,45	3,00	-1,49	4,96	--
SISTEMA BC					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$) ¹	Ausente	Ausente	Ausente	1.506.034,60	1.506.034,60
CT (R\$)	Ausente	Ausente	Ausente	1.445.856,44	1.445.856,44
LT (R\$)	Ausente	Ausente	Ausente	60.178,17	60.178,17
LT/RT (%)	Ausente	Ausente	Ausente	4,00	4,00
LT/CT (%)	Ausente	Ausente	Ausente	4,16	4,16
RT média (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	70,88	--
CT médio (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	68,05	--
LT médio (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	2,83	--

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Para determinar cada valor de RT esperada, inicialmente foi multiplicado o valor médio da relação LT/CT pelo CT esperado, obtendo-se, assim, o LT esperado; finalmente, ao somar o LT com o CT esperados, chegou-se ao valor da RT esperada.

A respeito do trigo, os resultados obtidos também demonstram que esta cultura tende a apresentar problemas de rentabilidade. Isso porque, nos dois sistemas em que está presente, os retornos médios em termos de relação LT/CT foram negativos: -8,25% e -4,93%, respectivamente, na PV e ILP. É relevante enfatizar que esses dados são corroborados por resultados de pesquisas de duas importantes instituições: Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) e Embrapa Trigo. Baseado em dados da Conab, ao analisar os desempenhos econômicos da triticultura dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, Bracale (2006) mostra que, na maioria das safras agrícolas entre os períodos de 1998/99 e 2005/06, foram registradas rentabilidades negativas, que acabam sendo muito desfavoráveis à exploração da cultura. Nesse mesmo período, estimativas da Embrapa Trigo também confirmam os problemas de rentabilidade do trigo (AMBROSI, 2000; MORI, 2004; MORI, 2006).

Embora o trigo tenda a apresentar retornos esperados negativos, é fundamental destacar que essa cultura desempenha papel importante nos sistemas de PV e ILP. Isso porque as produções das atividades exploradas na sequência (atividades de verão) são favorecidas, por exemplo, pela redução da infestação de plantas daninhas e pela melhoria da qualidade do solo associada com o uso de nutrientes químicos e com a cobertura deste fator de produção.

Com relação à bovinocultura de corte, os dados do Quadro 14 evidenciam que ela apresenta retornos esperados positivos nos sistemas de ILP e BC. Na ILP, tem-se maior desempenho econômico dessa atividade de pecuária, pois, conforme já destacado, existe melhor aproveitamento e utilização dos recursos produtivos. Considerando o custo total médio da arroba do boi gordo, verifica-se que no sistema de BC ele é cerca de 3,2% maior do que aquele calculado para o sistema de ILP.

Ao analisar os sistemas como um todo, pode-se inferir que, no curto prazo, apesar das diferenças, os resultados econômicos médios dos três sistemas possibilitam cobrir todos os custos fixos e variáveis, gerando ainda um lucro positivo. Adicionalmente, mesmo com menores retornos das atividades agrícolas, ao serem assumidas produtividades constantes, o sistema de PV apresenta retorno

esperado muito semelhante àquele observado na ILP. Esse desempenho se justifica pelo fato de as áreas destinadas às culturas da soja e do milho, que apresentam os maiores retornos esperados, serem maiores no sistema de PV.

Por sua vez, em função de a bovinocultura de corte apresentar retornos esperados que superam apenas os da triticultura, o sistema de BC é aquele que apresenta o menor retorno esperado. Usando como referência a relação LT/CT, observa-se que os sistemas de PV, ILP e BC apresentam retornos esperados, respectivamente, de 10,48%, 10,40% e 4,16%.

No tocante à variabilidade dos retornos, foi elaborado o Quadro 15, por meio do qual é possível avaliar a dispersão dos valores relativos às atividades individuais e aos sistemas como um todo. Tomando como referência os coeficientes de variação calculados, percebe-se que, das atividades agropecuárias, o trigo apresenta as maiores variações em torno da média. Como as produtividades são mantidas constantes, pode-se inferir que essa atividade é a mais sensível a mudanças em fatores de mercado. Por outro lado, o milho foi, entre as culturas agrícolas, o que apresentou menor variabilidade frente a mudanças nos fatores citados.

Quanto à bovinocultura de corte, são observados coeficientes de variação bastante distintos quando considerados os sistemas de BC e ILP: 166,35% e 94,41%, respectivamente. No sistema de BC existe maior dispersão dos retornos esperados em virtude de o mesmo ser especializado apenas na atividade de pecuária, que é, portanto, totalmente afetada pelos fatores de mercado que determinam os resultados econômicos do sistema.

A respeito dos sistemas como um todo, ainda usando como medida o coeficiente de variação, nota-se que na ILP existe menor volatilidade dos retornos esperados (109,3%); para os outros dois sistemas, a variabilidade é muito semelhante: em torno de 166,5%. Esses dados, de certa forma, constituem indicativos importantes no sentido de mostrar que, levando em conta as características dos três sistemas estudados, a combinação de atividades agrícolas e de pecuária traz vantagens em termos de redução da sensibilidade dos retornos econômicos frente às oscilações que ocorrem no mercado agropecuário.

Quadro 15 - Estatísticas associadas aos retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, das atividades e sistemas de produção

SISTEMA PV					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema ²
Média (%)	13,69	16,20	-8,25	Ausente	10,48
Máximo (%)	74,58	91,55	58,84	Ausente	70,61
Mínimo (%)	-22,33	-25,94	-34,46	Ausente	-24,65
Desvio padrão (%)	21,78	21,52	14,12	Ausente	17,47
CV ¹ (%)	159,09	132,84	171,15	Ausente	166,70
SISTEMA ILP					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
Média (%)	16,01	18,62	-4,93	7,52	10,40
Máximo (%)	77,09	94,37	63,87	29,23	46,75
Mínimo (%)	-20,72	-24,38	-32,06	-9,45	-13,87
Desvio padrão (%)	22,09	21,92	14,47	7,10	11,37
CV (%)	137,98	117,72	293,51	94,41	109,33
SISTEMA BC					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
Média (%)	Ausente	Ausente	Ausente	4,16	4,16
Máximo (%)	Ausente	Ausente	Ausente	25,61	25,61
Mínimo (%)	Ausente	Ausente	Ausente	-12,75	-12,75
Desvio padrão (%)	Ausente	Ausente	Ausente	6,92	6,92
CV (%)	Ausente	Ausente	Ausente	166,35	166,35

Fonte: Resultados da pesquisa.

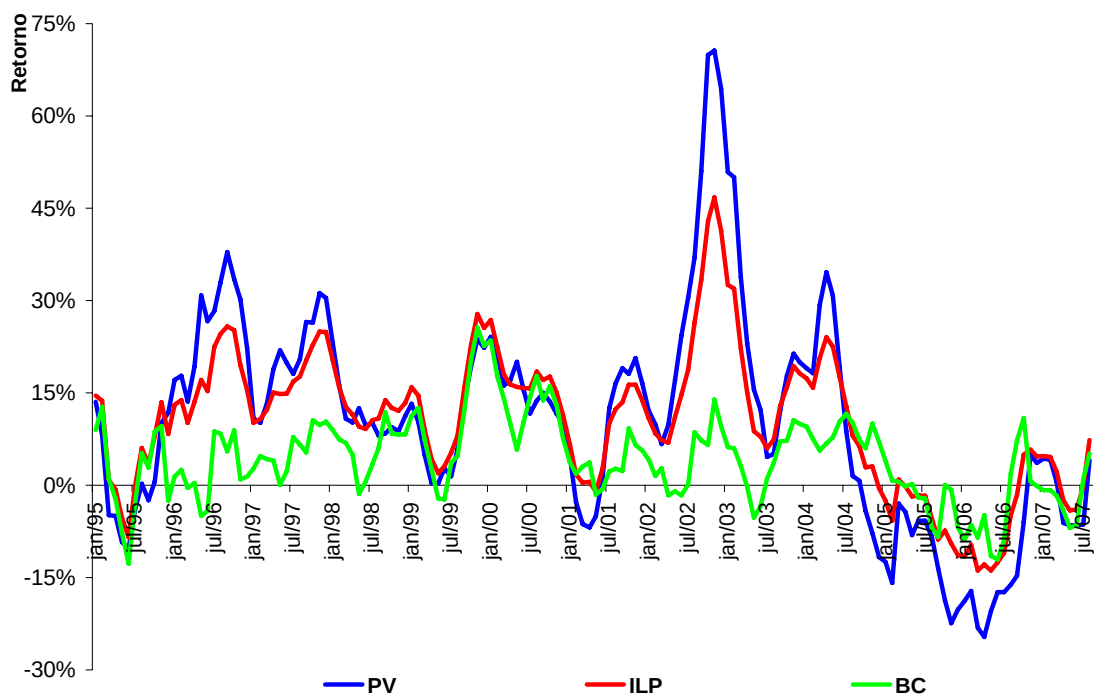
¹ CV = coeficiente de variação.

² Pelo teste t, as médias dos retornos dos sistemas de PV e ILP são, para um nível de significância de 1%, estatisticamente iguais; por outro lado, a média dos retornos do sistema de BC, para esse mesmo nível de significância, difere das médias dos outros dois sistemas.

Apesar das diferenças observadas em termos de variabilidade nos retornos de atividades e sistemas, também baseado no Quadro 15, é pertinente destacar que, no setor agropecuário, as mudanças em fatores de mercado tendem a causar impactos altamente significativos sobre os resultados esperados. Isso porque, para todas as atividades e sistemas, os coeficientes de variação estimados foram muito altos, o que acaba reforçando a justificativa de que os produtores devem adotar estratégias diferenciadas, relacionadas com a compra de insumos, produção e/ou comercialização, visando a minimizar as influências desses fatores. Dentre essas estratégias, podem ser citadas a diversificação da produção e as vendas efetuadas por meio de contratos que apresentem garantias de preços.

Para auxiliar as discussões referentes à variabilidade dos retornos, também foi construída a Figura 17. Visualmente se percebe que, para os três sistemas, os retornos esperados apresentam grandes variações ao longo do tempo. O fato de as variações mais acentuadas serem evidenciadas no sistema de PV permite inferir que as atividades agrícolas (soja, milho e trigo), quando em situações de mercado favoráveis (maior relação preços recebidos/preços pagos), propiciam altos retornos, superando aqueles dos sistemas em que a atividade de pecuária está presente. No entanto, em situações de mercado desfavoráveis, as atividades agrícolas tendem a ser mais afetadas negativamente, provocando, assim, acentuadas quedas nos retornos do sistema. Essas constatações, de certa maneira, vão de encontro aos achados de Canziani e Guimarães (2007), pois, ao estudarem a viabilidade econômica da pecuária de corte no sistema de ILP no Paraná, por meio da utilização de dados mensais que compreendem o período de 1996 a 2006, observaram que, quando os preços pagos pelos produtos agropecuários (milho, trigo e boi gordo) estão baixos, a pecuária aparece como alternativa mais rentável, especialmente para a safra de inverno. Por outro lado, nas situações em que todos os preços destes produtos estão altos, as atividades agrícolas, em geral, resultam em maiores retornos em relação à pecuária.

O sistema de BC, apesar de apresentar o menor retorno esperado e um coeficiente de variação superior ao calculado para o sistema de ILP, é aquele que, visualmente, possui a série de retornos com menos *clusters* de volatilidade, ou seja, não se visualizam claramente, em comparação com as séries de retornos dos outros dois sistemas, períodos com pequenas oscilações alternados com períodos de grandes oscilações nos retornos. Com isso, ao incluir a atividade de pecuária no sistema que antes era especializado na produção vegetal, reduz-se o tamanho das variações na série de retornos. Isso porque, conforme se verifica na Figura 17, a série de retornos do sistema de ILP tende a se situar em uma posição intermediária entre as séries de retornos dos outros dois sistemas, indicando novamente que existem benefícios técnicos (já comprados por diversos trabalhos científicos) e econômicos associados com a combinação das atividades agrícolas e de pecuária.

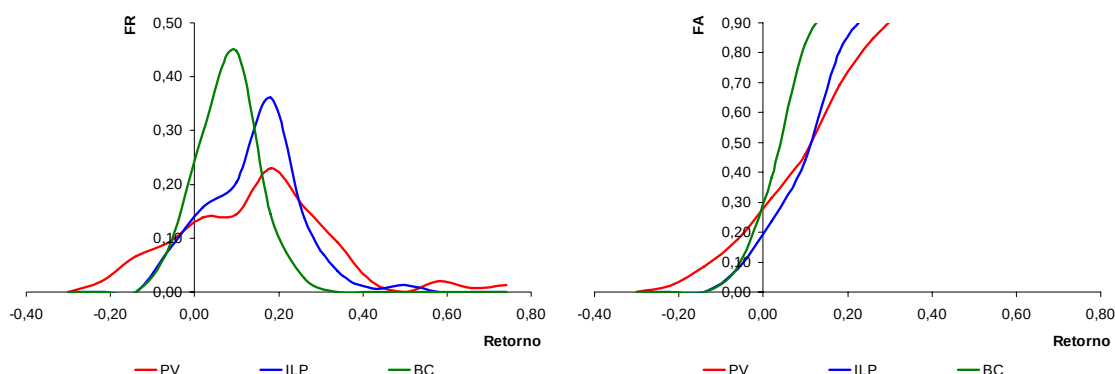


Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 17 - Séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, dos sistemas de produção.

Sobre as séries de retornos apresentadas na Figura 17, foram calculadas também as distribuições de frequências relativas (FR) e acumuladas (FA). Analisando a Figura 18, percebe-se claramente, pela FR, que, enquanto o sistema de BC é aquele que possui os retornos distribuídos mais próximos do valor esperado, no sistema de PV tem-se a maior amplitude de variação em relação a esse valor. Contudo, embora o sistema de BC apresente, visualmente, retornos menos dispersos em relação aos dos outros dois sistemas, é possível perceber que na ILP os retornos se distribuem de forma mais favorável, pois, se por um lado o valor mínimo calculado está muito próximo daquele associado com o do sistema de BC (-13,87% e -12,75%, respectivamente), por outro o valor máximo é bastante superior ao observado nesse sistema (46,75% e 25,61%, respectivamente) (Quadro 15). A partir das representações das frequências

relativas, evidencia-se ainda que o sistema de ILP, em comparação com o de PV, apresenta menor variabilidade nos seus retornos. Isso porque, para retornos esperados muito semelhantes (10,40% e 10,48%), os dois conjuntos de dados são claramente diferentes, sendo muito mais dispersos no sistema de PV.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 18 - Representações das frequências relativas e acumuladas das séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes.

As constatações destacadas no parágrafo anterior são também visualizadas por meio das distribuições de frequências acumuladas. Observa-se que os retornos do sistema de ILP superam os da BC com um nível de probabilidade menor que 10%; por outro lado, o sistema de PV apresenta retornos maiores que os observados para os sistemas de BC e ILP apenas quando considerados os níveis de probabilidade, respectivamente, em torno de 28% e 50%.

Cabe salientar ainda que, sobre as séries de retornos esperados dos três sistemas, foram realizados testes para identificar as funções de distribuição de probabilidade que melhor explicam seus comportamentos ao longo do tempo. Pelo teste de Jarque-Bera, que é um teste assintótico, realizado com base nos coeficientes de assimetria e curtose, visando a avaliar se os dados seguem ou não a

distribuição normal (GUJARATI, 2000), constatou-se que, para os sistemas de ILP e BC, não se rejeita a hipótese nula de que as séries de retornos são normalmente distribuídas. Para a série do sistema de PV, mediante a utilização do programa Best Fit, verificou-se que os dados são mais bem explicados pela função logística. Para essa série, o valor da curtose foi de 4,2 (para uma distribuição normal, o valor esperado é igual a 3,0), caracterizando uma distribuição leptocúrtica, que em geral está presente em séries com heteroscedasticidade (variância não constante) e com agrupamentos (*clusters*) de volatilidade.

Em síntese, as análises e observações realizadas neste item dão conta que, em termos econômicos, a combinação de atividades agrícolas e de pecuária pode trazer vantagens interessantes, especialmente por propiciar, no curto prazo, adequados retornos e reduzir a instabilidade na renda do produtor rural. No entanto, para dar suporte às discussões já efetuadas, e tendo em vista que os resultados econômicos dependem, em muito, das produtividades, é necessário efetuar análises em que se admitem desempenhos técnicos variados. Nessa perspectiva, a seguir são apresentados e discutidos resultados obtidos com simulações de distintos níveis de produtividade das atividades que compõem os sistemas em estudo.

4.3.2.2. Os retornos com produtividades variáveis

Ao variar, por meio de simulação, as produtividades das atividades agropecuárias, constatou-se que os resultados econômicos (Quadro 16) tendem a seguir comportamentos similares àqueles obtidos com a manutenção de desempenhos técnicos constantes (Quadro 14).

As atividades agrícolas (soja, milho e trigo) presentes no sistema de PV continuam apresentando retornos esperados menores (LT/RT e LT/CT) do que aqueles associados com essas mesmas atividades presentes no sistema de ILP. Em relação à bovinocultura de corte, o Quadro 16 também evidencia que os

retornos esperados, embora positivos nos sistemas de ILP e BC, superam apenas os da triticultura.

Quadro 16 - Valores esperados, com produtividades variáveis, para atividades e sistemas de produção

SISTEMA PV					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$)	386.469,66	265.761,79	127.799,45	Ausente	780.030,90
CT (R\$)	347.221,78	233.035,50	131.178,89	Ausente	711.436,17
LT (R\$)	39.247,88	32.726,29	-3.379,44	Ausente	68.594,73
LT/RT (%)	10,16	12,31	-2,64	Ausente	8,79
LT/CT (%)	11,30	14,04	-2,58	Ausente	9,64
RT média (R\$/unidade)	38,65	18,76	30,67	Ausente	--
CT médio (R\$/unidade)	34,72	16,45	31,48	Ausente	--
LT médio (R\$/unidade)	3,92	2,31	-0,81	Ausente	--
SISTEMA ILP					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$)	309.210,35	212.656,25	102.245,36	552.778,50	1.176.890,45
CT (R\$)	272.250,63	182.664,81	101.300,40	514.256,32	1.070.472,15
LT (R\$)	36.959,72	29.991,44	944,96	38.522,18	106.418,31
LT/RT (%)	11,95	14,10	0,92	6,97	9,04
LT/CT (%)	13,58	16,42	0,93	7,49	9,94
RT média (R\$/unidade)	38,65	18,76	30,67	70,95	--
CT médio (R\$/unidade)	34,03	16,12	30,39	66,01	--
LT médio (R\$/unidade)	4,62	2,65	0,28	4,94	--
SISTEMA BC					
Item	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
RT (R\$)	Ausente	Ausente	Ausente	1.507.435,46	1.507.435,46
CT (R\$)	Ausente	Ausente	Ausente	1.447.659,52	1.447.659,52
LT (R\$)	Ausente	Ausente	Ausente	59.775,94	59.775,94
LT/RT (%)	Ausente	Ausente	Ausente	3,97	3,97
LT/CT (%)	Ausente	Ausente	Ausente	4,13	4,13
RT média (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	70,95	--
CT médio (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	68,13	--
LT médio (R\$/unidade)	Ausente	Ausente	Ausente	2,82	--

Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando conjuntamente os dados dos Quadros 14 e 16, constata-se que o trigo foi, entre todas as atividades que compõem os sistemas, a única que apresentou melhoria nos retornos esperados ao se assumirem diferentes níveis de

produtividade; para as demais atividades, esses retornos caíram em consequência das variações nos desempenhos técnicos.

Os retornos médios do trigo, medidos pela relação LT/CT, passaram de -8,25% e -4,93% para -2,58% e 0,93%, respectivamente, nos sistemas de PV e ILP. As melhorias nos resultados da triticultura devem-se ao fato de que, a diferença entre as produtividades esperada e máxima é superior àquela observada entre as produtividades esperada e mínima: 1.400 e 900kg/ha, respectivamente (Quadro 4). Assim, durante o processo de simulação, baseado no método *Latin Hypercube*, em que a totalidade da área da distribuição é amostrada de forma mais uniforme e consistente (DECISIONEERING, 2007), os dados gerados, ao invés de se concentrarem em torno da média, tendem a ser mais bem distribuídos em toda a área delimitada pelos valores extremos (mínimo e máximo).

Em termos de sistemas como um todo, nota-se que, mesmo variando as produtividades, os retornos esperados, apesar de ligeiramente menores que aqueles apresentados no Quadro 14, são positivos, corroborando a idéia de que, no curto prazo, os resultados econômicos médios possibilitam cobrir todos os custos fixos e variáveis. Além disso, com produtividades variadas, o sistema de ILP, em comparação com o de PV, passa a apresentar retornos esperados ligeiramente superiores, indicando, de certa maneira, que os resultados econômicos em sistemas baseados apenas em atividades agrícolas tendem a ser mais afetados por variações nos desempenhos técnicos. Mediante a relação LT/CT, verifica-se que os sistemas de ILP, PV e BC apresentam retornos esperados, respectivamente, de 9,94%, 9,64% e 4,13% (com produtividades constantes, esses retornos são, respectivamente, de 10,40%, 10,48% e 4,16%).

A respeito da variabilidade dos retornos, observa-se que tanto as atividades individuais como os sistemas continuam apresentando altas dispersões em torno das médias (Quadro 17). Frente a diferentes produtividades, ao analisar os coeficientes de variação, é fácil perceber que o trigo possui, entre todas as atividades agropecuárias, os retornos mais dispersos, o que demonstra ser a atividade mais sensível a mudanças em fatores operacionais e de mercado.

Quadro 17 - Estatísticas associadas aos retornos esperados (LT/CT), com produtividades variáveis, das atividades e sistemas de produção

SISTEMA PV					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema¹
Média (%)	11,30	14,04	-2,58	Ausente	9,64
Máximo (%)	84,28	110,39	129,38	Ausente	86,52
Mínimo (%)	-31,24	-37,26	-55,95	Ausente	-32,87
Desvio padrão (%)	21,75	22,11	22,26	Ausente	17,77
CV (%)	192,45	157,46	864,08	Ausente	184,34
SISTEMA ILP					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
Média (%)	13,58	16,42	0,93	7,49	9,94
Máximo (%)	86,91	113,44	136,36	37,08	55,47
Mínimo (%)	-29,80	-35,93	-54,32	-16,03	-20,13
Desvio padrão (%)	22,07	22,53	22,92	7,85	11,58
CV (%)	162,56	137,19	2.456,94	104,76	116,49
SISTEMA BC					
Estatística	Soja	Milho	Trigo	Boi Gordo	Sistema
Média (%)	Ausente	Ausente	Ausente	4,13	4,13
Máximo (%)	Ausente	Ausente	Ausente	33,02	33,02
Mínimo (%)	Ausente	Ausente	Ausente	-18,72	-18,72
Desvio padrão (%)	Ausente	Ausente	Ausente	7,59	7,59
CV (%)	Ausente	Ausente	Ausente	183,78	183,78

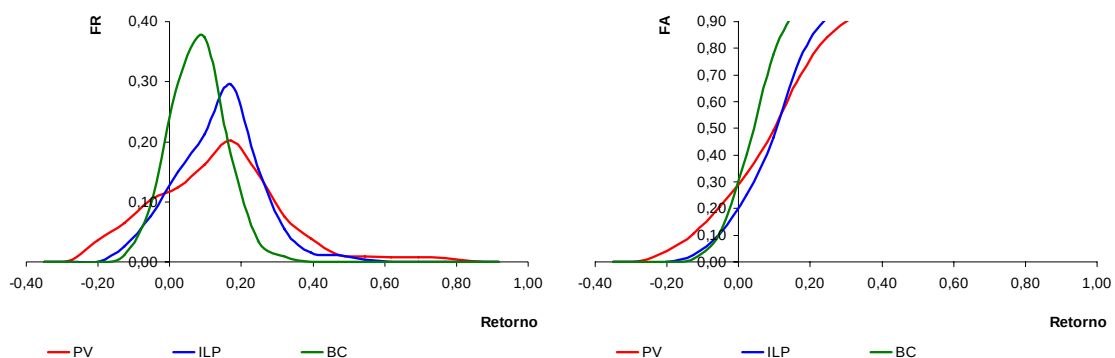
Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Pelo teste t, as médias dos retornos dos três sistemas são, para um nível de significância de 1%, estatisticamente diferentes entre si.

Referente aos sistemas, usando como medida o coeficiente de variação, nota-se novamente que na ILP existe menor volatilidade dos retornos esperados (116,49%); para os outros dois sistemas, a variabilidade é muito semelhante: em torno de 184,0%.

Em resumo, ao serem analisados os dados do Quadro 17, em comparação com aqueles do Quadro 15, constata-se comportamentos muito similares em termos de variabilidade nos retornos de atividades e sistemas. No entanto, ao se variarem as produtividades, ocorrem aumentos significativos nos coeficientes de variação, indicando que, no setor agropecuário, os resultados econômicos são muito influenciados por fatores de ordens técnica e mercadológica.

A partir das séries de retornos esperados, geradas com diferentes níveis de produtividades, calcularam-se também as distribuições de frequências relativas (FR) e acumuladas (FA). Ao avaliar a Figura 19, são feitas constatações muito semelhantes às aquelas assinaladas para a Figura 18. Isso porque, visualmente, percebe-se novamente que os retornos esperados do sistema de ILP, embora um pouco mais dispersos que aqueles do sistema de BC, continuam se distribuindo de forma mais favorável. Por outro lado, evidencia-se que os retornos do sistema de PV são muito mais voláteis frente a variações em fatores operacionais e de mercado, inclusive superando os retornos esperados do sistema de ILP apenas quando se assume um nível de probabilidade da ordem de 55%.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 19 - Representações das frequências relativas e acumuladas das séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades variáveis.

Sobre as séries de retornos esperados, obtidas com variações nos desempenhos técnicos, foram também realizados testes para identificar as funções de distribuição de probabilidade. Enquanto as séries de retornos dos sistemas de ILP e BC continuaram sendo mais bem ajustadas pela distribuição

normal, para a série do sistema de PV, a função log-logística, com curtose estimada em 5,3, passou a ser aquela que melhor explica seu comportamento.

Finalmente, pode-se inferir que o conjunto de resultados e discussões a respeito do comportamento dos retornos esperados, tanto com produtividades constantes como variáveis, mostra diferenças importantes entre os três sistemas de produção. Contudo, para avaliar os possíveis riscos e perdas que os produtores podem enfrentar, especialmente no curto prazo, nos próximos dois itens são desenvolvidas análises mais específicas e avançadas para estudar a volatilidade dos retornos associados com a exploração dos sistemas em questão.

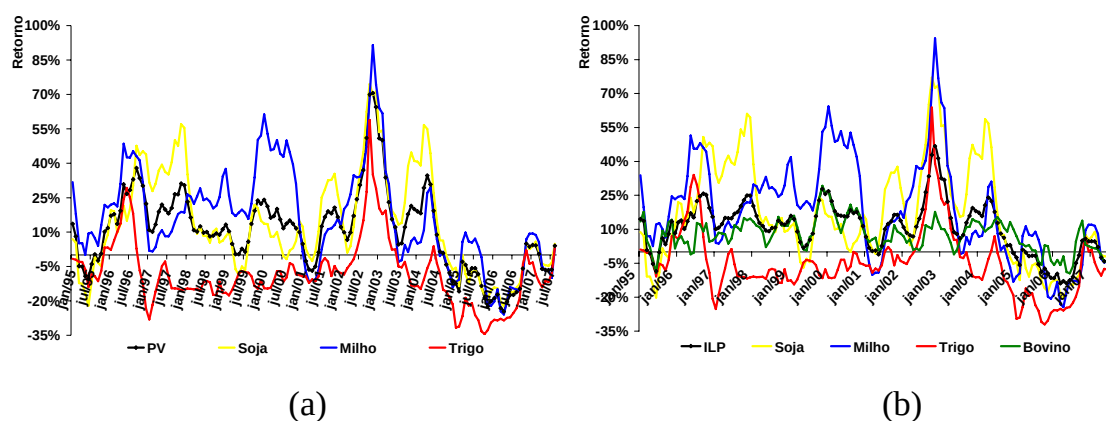
4.3.3. Impactos das atividades agropecuárias nos riscos de mercado

Conforme já discutido em itens anteriores, os resultados econômicos dos sistemas de produção agropecuária são muito influenciados por fatores de mercado. Para minimizar a sensibilidade frente a mudanças nesses fatores, a diversificação com atividades que, ao longo do tempo, tendem a gerar retornos que se movem de maneiras distintas pode constituir alternativa bastante interessante. Assim, utilizando produtividades constantes das atividades que compõem os sistemas de PV e ILP, foram obtidos resultados que mostram a contribuição de cada atividade para a redução (ou não) dos riscos de mercado.

Com base na Figura 20, visualmente se observa que, nos dois sistemas, as atividades agrícolas apresentam comportamentos semelhantes, ou seja, os comportamentos dos retornos da soja, do milho e do trigo explorados no sistema de PV são similares àqueles dessas mesmas atividades desenvolvidas na ILP. Essas semelhanças são plenamente justificadas pelo fato de que, nos dois sistemas, emprega-se a mesma tecnologia de produção agrícola. Ainda a respeito dessas atividades, é pertinente fazer dois comentários adicionais: 1) o trigo é a cultura com maiores problemas de rentabilidade, pois, na maior parte do período analisado, apresentou retornos negativos; e 2) na maioria das oscilações se nota que, tanto na PV como na ILP, os retornos das três culturas agrícolas seguem movimentos um tanto similares. Para os retornos da atividade de pecuária, que

são aparentemente mais estáveis que aqueles das atividades agrícolas, não existe tanta clareza de que sigam movimentos similares aos retornos dessas atividades.

Essas análises referentes à Figura 20 sugerem que a combinação de atividades no sistema de PV propicia, em relação àquela do sistema de ILP, menores benefícios associados com a redução dos riscos não-sistemáticos, isto é, que poderiam ser minimizados por meio da diversificação agropecuária.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 20 - Séries de retornos esperados (LT/CT), com produtividades constantes, das atividades e sistemas de PV(a) e ILP(b)

As considerações feitas a partir da Figura 20 são corroboradas pelos coeficientes que medem as correlações simples médias entre as atividades presentes nos dois sistemas. Isso porque, mediante os resultados dispostos no Quadro 18, evidencia-se que as maiores correlações positivas estão associadas com as séries de retornos esperados das três atividades agrícolas. Para o caso da bovinocultura de corte, foi estimada uma correlação média positiva menor que aquelas obtidas para as demais atividades.

Portanto, embora a atividade de pecuária propicie retornos que, ao longo do tempo, tendem a seguir a mesma direção daqueles associados com as

atividades agrícolas, porém com menores similaridades nos movimentos, existem, de acordo com o Quadro 18, benefícios em combinar produções vegetal e animal. Quando incluída no sistema especializado em lavouras comerciais, a bovinocultura de corte constitui a atividade com maior poder no sentido de contribuir com a redução da variabilidade dos retornos do sistema como um todo.

Quadro 18 - Correlações simples médias, com produtividades constantes, entre as séries de retornos esperados (LT/CT) das atividades presentes nos sistemas de PV e ILP

Sistema	Soja	Milho	Trigo	Bovino
PV	0,545	0,596	0,594	Ausente
ILP	0,504	0,579	0,456	0,389

Fonte: Resultados da pesquisa.

Finalmente, para confirmar ou não as discussões analíticas associadas com a Figura 20 e com o Quadro 18, é fundamental avaliar os resultados em termos de coeficientes de variância relativa (β), pois estes representam, segundo Popp e Rudstrom (2000), uma medida mais completa para avaliar a participação de cada atividade na variância dos resultados do sistema produtivo. Com base no Quadro 19, pode-se concluir que a atividade de pecuária é a que apresenta maior contribuição para reduzir os riscos de mercado que cercam os retornos do sistema de ILP. Isso porque o coeficiente β médio da bovinocultura de corte, além de ser menor do que 1, indicando que a atividade diminui a variância dos retornos do sistema, foi o menor (0,45) entre todos aqueles das atividades que fazem parte da ILP. Sobre as atividades agrícolas, nota-se que, tanto na PV como na ILP, a triticultura, embora tenda a apresentar, ao longo do tempo, rentabilidade negativa, é a única que contribui para reduzir a variância em questão.

Quadro 19 - Coeficientes de variância relativa e contribuições das atividades, com produtividades constantes, para a variância dos retornos esperados (LT/CT) dos sistemas de PV e ILP

Sistema	Medida estatística	Soja	Milho	Trigo	Bovino
PV	Participação no custo total (%)	48,84	32,80	18,37	Ausente
	Coeficiente de variância relativa médio	1,13	1,03	0,60	Ausente
	Contribuição para a variância média (%)	55,40	33,63	10,97	Ausente
ILP	Participação no custo total (%)	25,48	17,11	9,44	47,97
	Coeficiente de variância relativa médio	1,69	1,62	0,83	0,45
	Contribuição para a variância média (%)	42,94	27,74	7,86	21,45

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ainda a respeito dos dados dispostos no Quadro 19, é possível fazer três comentários, em que são analisadas relações entre a participação no custo total e a contribuição de cada atividade para a variância média dos retornos esperados dos dois sistemas supracitados: 1) as culturas de soja e milho aumentam os riscos de mercado nos dois sistemas, pois as contribuições dessas atividades para a variância dos retornos são superiores às participações no custo total; 2) nos sistemas de PV e de ILP, o trigo é a única atividade agrícola que contribui para diminuir os riscos de mercado, haja vista que os valores da participação no custo total são maiores que os da contribuição para a variância média; e 3) a bovinocultura de corte apresenta maior potencial de redução dos riscos de mercado que cercam o sistema de ILP, pois, se por um lado responde por quase 50% do custo total, por outro contribui com apenas 21,45% para a variância média dos retornos esperados.

Em síntese, todas as análises envolvendo os impactos das atividades agropecuárias sobre os riscos de mercado conduzem à mesma conclusão: os retornos esperados do sistema de ILP, em relação aos do sistema de PV, apresentam menor volatilidade frente a variações em fatores de mercado. Assim, é de se esperar que, nas situações mais desfavoráveis do mercado, e considerando as características e dinâmicas de funcionamento dos sistemas, o produtor que

optar pelo sistema de PV, em relação ao de ILP, fique mais sujeito a se deparar com maiores perdas em termos de rentabilidade. A respeito dessas perdas, a seguir, utilizando como medida principal o *value-at-risk*, são desenvolvidas análises que envolvem estimativas probabilísticas das piores perdas esperadas, em termos monetários, para os sistemas de PV, ILP e BC.

4.3.4. O *value-at-risk* e a relação risco/retorno de cada sistema

Antes de discutir as estimativas dos valores críticos, que representam os piores resultados econômicos esperados para um ano agrícola, é necessário fazer, novamente, alguns comentários acerca dos resultados econômicos médios para os três sistemas, isto é, que seriam obtidos mediante a ocorrência de condições normais (ou esperadas) em termos de mercado e produtividades (Quadro 20).

Avaliando a relação margem de contribuição³⁴/custo variável (MC/CV), verifica-se que os sistemas com maior e menor retornos médios seriam, respectivamente, os de PV e BC, haja vista que, nas condições em questão, a atividade de bovinocultura de corte, em comparação com as demais atividades, tende a apresentar menor relação MC/CV. Portanto, ao considerar apenas os custos variáveis, o sistema de PV apresentaria a melhor eficiência econômica média, sob a perspectiva *alocativa*, associada com a utilização dos fatores de produção variáveis. No entanto, ao assumir os custos totais, além de o sistema de BC continuar com o menor retorno, nota-se que as diferenças nas estruturas de produção fazem com que os sistemas de PV e de ILP passem a apresentar retornos muito próximos, medidos pela relação LT/CT. Essas constatações evidenciam que o desempenho do sistema de PV, especialmente em comparação com o da ILP, em geral, é mais afetado negativamente quando se considera toda a estrutura de produção, pois o capital imobilizado é, em termos relativos, maior no sistema de PV. Nesse caso, pode-se dizer que, diante dos fatores de produção fixos e variáveis, o sistema de ILP apresenta a melhor eficiência econômica média, tanto sob a ótica *técnica* como *alocativa*. Essa inferência é justificada por

³⁴ A margem de contribuição corresponde à diferença entre a receita total e o custo variável.

dois aspectos: 1) em termos de composição do CT, no sistema de PV existe maior participação do custo fixo (CF): cerca de 22,1%; para os sistemas de ILP e BC, essa participação é, respectivamente, de 17,5% e 10,5%; e 2) ao dividir a relação LT/CT pela relação MC/CV, obtém-se na ILP o maior valor relativo (30,7%), demonstrando, assim, que esse sistema possui a estrutura fixa menos impactante nos resultados econômicos; para os sistemas de PV e BC, esses valores são, respectivamente, de 25,1% e 25,6%.

Quadro 20 - Valores anuais esperados para os sistemas de PV, ILP e BC

Sistema	Valores esperados com produtividades constantes									
	RT (R\$)	CF (R\$)	CV(R\$)	CT (R\$)	MC(R\$)	LT (R\$)	MC/CV (%)	LT/CT (%)	CF(%)	CV(%)
PV	786.339	157.627	554.120	711.747	232.219	74.592	41,9	10,5	22,1	77,9
ILP	1.181.381	187.750	882.309	1.070.060	299.072	111.322	33,9	10,4	17,5	82,5
BC	1.506.035	152.462	1.293.394	1.445.856	212.640	60.178	16,4	4,2	10,5	89,5
Sistema	Valores esperados com produtividades variáveis									
	RT (R\$)	CF (R\$)	CV(R\$)	CT (R\$)	MC(R\$)	LT (R\$)	MC/CV (%)	LT/CT (%)	CF(%)	CV(%)
PV	780.031	157.627	553.809	711.436	226.221	68.595	40,8	9,6	22,2	77,8
ILP	1.176.890	187.750	882.722	1.070.472	294.169	106.418	33,3	9,9	17,5	82,5
BC	1.507.435	152.462	1.295.198	1.447.660	212.238	59.776	16,4	4,1	10,5	89,5

Fonte: Resultados da pesquisa.

Variando as produtividades, observam-se, para os três sistemas, apenas pequenas oscilações em relação aos resultados obtidos com produtividades constantes. Contudo, nessa nova situação, o desempenho da ILP, avaliado pela relação LT/CT, torna-se ligeiramente superior ao da PV, evidenciando que, frente a variações nos desempenhos técnicos, os resultados econômicos dos sistemas que possuem a atividade de pecuária são menos afetados que aqueles do sistema especializado em produção vegetal. Para dar consistência a esse comentário, constata-se que, variando as produtividades, as menores variações no LT ocorrem no sistema de BC (-0,7%), seguido pelo de ILP (-4,4%); no sistema de PV tem-se a maior variação negativa (-8,0%).

Como síntese geral dos resultados apresentados no Quadro 20, é possível destacar que, mesmo com diferenças importantes entre os três sistemas, os valores esperados para o LT possibilitam cobrir todos os custos de produção (incluindo os custos de oportunidade dos capitais mobilizado e imobilizado), e ainda gerar lucros positivos. Contudo, essas análises são muito limitadas, especialmente por desconsiderar as possíveis variações que, ao longo do tempo, podem ser observadas nos distintos sistemas de produção. Nessa perspectiva, utilizando como referência principal o *value-at-risk* (VaR), que neste trabalho representa o lucro em risco, foram estimados, para um nível de confiança de 95%, os piores lucros esperados que podem ser observados em um ano agrícola.

As estimativas referidas, realizadas pelos métodos *histórico com produtividades constantes* (HPC), *delta normal* (DN) e *histórico com produtividades variáveis* (HPV), mostram que o sistema de PV está sujeito a apresentar os maiores prejuízos. Isso porque, na média das três estimativas, o VaR desse sistema foi de -R\$129.111, que representa, em relação ao CT esperado, um retorno de cerca de -18,1%. Por outro lado, enquanto no sistema de ILP se registrou o menor prejuízo monetário (o VaR médio foi de -R\$100.769), no de BC se estimou o menor prejuízo médio relativo (-7,6%). De outra maneira, pode-se dizer que, para um nível de significância de 5%, os máximos prejuízos que o produtor rural poderá esperar em um ano agrícola são, pelas médias das três estimativas, de R\$129.111, R\$110.254 e R\$100.769 ao optar, respectivamente, pelos sistemas de PV, BC e ILP (Quadro 21).

Ao analisar o Quadro 21, percebe-se que os três métodos citados geraram resultados que conduzem às mesmas conclusões quando são efetuadas comparações entre os sistemas. Além disso, deve-se destacar que os três métodos tenderam a apresentar acurácia significativa, ou seja, com exceção apenas da estimativa do VaR do sistema de BC a partir do método HPV, nas demais estimativas não se rejeitou, pelos testes de Kupiec e Z, a hipótese nula de que a proporção verdadeira de violações era igual ao nível de significância de 5% utilizado para calcular o VaR. Com relação à estimativa do VaR por meio do método HPV no sistema BC, cabe assinalar que, embora apresentou ligeira

superestimação do prejuízo, pois o percentual de violações ocorridas foi de 4,5%, o fato de ser baseada em um grande número de observações (15.200), de certa forma, torna seu resultado consistente. Adicionalmente, é pertinente enfatizar que, embora os retornos obtidos com produtividades esperadas para o sistema de PV apresentaram comportamento mais bem explicado pela distribuição logística e não pela distribuição não-normal, o método DN revelou grande acurácia para estimar a matriz *Var-Cov* desses retornos (Quadro 10C do Apêndice C).

Quadro 21 - Estimativas do *value-at-risk* (VaR), associadas com os retornos esperados (LT/CT), para cada sistema de produção

Sistema	Método ¹	LT esperado (R\$)	LT esperado (% ²)	VaR (R\$)	VaR (% ³)
PV	HPC	74.592,3	10,5	-123.710,9	-17,4
	DN	74.592,3	10,5	-130.594,1	-18,3
	HPV	68.594,7	9,6	-133.028,1	-18,7
ILP	HPC	111.321,8	10,4	-102.276,4	-9,6
	DN	111.321,8	10,4	-89.407,8	-8,4
	HPV	106.418,3	9,9	-110.621,4	-10,3
BC	HPC	60.178,2	4,2	-105.244,7	-7,3
	DN	60.178,2	4,2	-104.837,4	-7,3
	HPV	59.775,9	4,1	-120.681,3	-8,3

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Para as estimativas realizadas pelos métodos HPC e DN, foram utilizadas produtividades esperadas; no método HPV, usando os dados apresentados no Quadro 4 e a função de distribuição de probabilidade triangular, foram gerados, aleatoriamente e para cada observação, 100 diferentes níveis de produtividades das atividades agropecuárias.

² Representa o retorno medido pela relação *LTesperado/CTesperado*.

³ Corresponde ao retorno associado com a relação *VaR/CTesperado*.

As estimativas mostram também que, para os três sistemas, os maiores prejuízos, medidos pelo VaR, ocorrem quando são utilizadas produtividades variáveis. Essa constatação corrobora inferências anteriores, em que se afirma a importância de que, na tomada de decisão a respeito de escolhas de alternativas de exploração agropecuária, sejam analisados com bastante cuidado os diversos

fatores operacionais e de mercado, que podem afetar significativamente os resultados econômicos da propriedade rural.

Com base nas estimativas apresentadas no Quadro 21 e nos valores esperados que formam o Quadro 20, é possível fazer comentários adicionais em que se consideram apenas os resultados em termos de MC. Para tanto, ao somar os valores monetários do VaR com o CF esperado de cada sistema, foram calculadas as piores margem de contribuição (PMC) (Quadro 22). Esses cálculos, de certo modo, evidenciam que, ao avaliar apenas o desempenho econômico em relação aos custos variáveis, o sistema de ILP também apresenta características que o tornam menos sensível a situações desfavoráveis, vinculadas com aspectos técnicos e/ou mercadológicos. Isso porque, pelos três métodos, na ILP, além das menores perdas, observam-se as maiores relações *PMC/MCesperada*; por outro lado, no sistema de PV são evidenciados os menores valores nessa relação.

Quadro 22 - Estimativas da pior margem de contribuição (PMC), associadas com os retornos esperados (MC/CV), para cada sistema de produção

Sistema	Método	MC esperada (R\$)	MC esperada (% ¹)	PMC (R\$)	PMC (% ²)	PMC/MC esperada (%)
PV	HPC	232.219,0	41,9	33.915,8	6,1	14,6
	DN	232.219,0	41,9	27.032,6	4,9	11,7
	HPV	226.221,4	40,8	24.598,6	4,4	10,8
ILP	HPC	299.072,2	33,9	85.474,0	9,7	28,6
	DN	299.072,2	33,9	98.342,6	11,1	32,7
	HPV	294.168,7	33,3	77.129,0	8,7	26,1
BC	HPC	212.640,1	16,4	47.217,2	3,7	22,6
	DN	212.640,1	16,4	47.624,6	3,7	22,6
	HPV	212.237,9	16,4	31.780,6	2,5	15,2

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ Representa o retorno medido pela relação *MCesperada/CVesperado*.

² Corresponde ao retorno associado com a relação *PMC/CVesperado*.

Finalmente, para analisar comparativamente os desempenhos econômicos dos três sistemas de produção, foi elaborado o Quadro 23, em que são apresentados os resultados em termos de relação risco/retorno, medida pela Índice Sharpe Adaptado (ISA). Levando em conta que, quanto menor o valor do ISA, menor é a volatilidade nos retornos, pode-se afirmar que o sistema de ILP, pelos resultados obtidos com os três métodos de estimação, tende a propiciar retornos mais estáveis ao longo do tempo. Para os outros dois sistemas, os valores do ISA são bastante semelhantes.

Quadro 23 - Estimativas da relação risco/retorno medida pelo ISA

Sistema	Método para estimar o VaR			Média
	HPC	DN	HPV	
PV	1,658	1,751	1,939	1,783
ILP	0,919	0,803	1,039	0,920
BC	1,749	1,742	2,019	1,837

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tomando como referência as médias das relações risco/retorno estimadas para cada sistema, pode-se dizer que, no sistema de ILP, para cada unidade de retorno, existe 0,920 unidade de risco associada; para os sistemas de PV e BC, têm-se, respectivamente, 1,783 e 1,837 unidade de risco para cada unidade de retorno. Esses resultados demonstram que, em termos econômicos, a combinação de atividades agrícolas e de pecuária, além de propiciar adequados retornos esperados, pode trazer, em relação aos sistemas especializados em produções vegetal ou animal, maiores estabilidades nesses retornos.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O setor agropecuário nacional é caracterizado por uma grande diversidade de sistemas de produção, cujas configurações são condicionadas por inúmeros fatores agroecológicos, tecnológicos, econômicos e sociais. Quanto aos resultados desses sistemas, eles são, em geral, cercados por vários riscos, dentre os quais merecem atenção especial os de naturezas operacional e mercadológica. Para minimizar esses riscos, a diversificação de atividades agropecuárias pode constituir interessante estratégia, permitindo obter resultados econômicos que, além de atender aos objetivos do produtor, sejam mais estáveis ao longo do tempo.

Essas considerações gerais, juntamente com o fato de este estudo estar focado no desenvolvimento de análises comparativas relacionadas com o desempenho econômico e os riscos associados com diferentes opções de sistemas agropecuários, levaram a estruturar o quadro teórico com três aspectos fundamentais: o processo decisório, os investimentos de capital e a tomada de decisão sob condições de incertezas. Baseado nas teorias do processo decisório, é possível inferir que a escolha de qualquer sistema de produção é um tanto complexa, pois depende de uma gama de fatores objetivos e subjetivos, que condicionam as decisões e ações dos produtores rurais. Sobre os fatores

objetivos, destacam-se as informações associadas com os investimentos de capital e os prováveis retornos e riscos vinculados com esses investimentos.

A respeito das inversões de capital, utilizando os pressupostos da teoria Keynesiana, assume-se que os produtores rurais tendem a adotar sistemas produtivos que, teoricamente, proporcionem taxas esperadas de rentabilidade que ao menos compensem os custos de oportunidade do capital. No entanto, tendo em vista que esses agentes econômicos são, em geral, avessos ao risco, na escolha final da alternativa de sistema são, também, consideradas as principais incertezas que, ao longo do tempo, circundam as expectativas de retornos. Portanto, de posse de informações adequadas, poderão optar pela alternativa que, além de atender a seus anseios socioeconômicos, respeitando as restrições de recursos produtivos, apresente a menor relação risco/ retorno esperados.

Diante do problema de pesquisa e do quadro teórico exposto, admitiu-se como útil empregar modelos analíticos que contemplam dois tipos de análises, denominadas financeira e de volatilidade. Levando em conta um horizonte de planejamento de longo prazo, a análise financeira, baseada em diversos indicadores, como o VPL e a TIR, permitiu medir, tanto em condições determinísticas como de incertezas, a viabilidade financeira decorrente da realização de investimentos de capital em três distintas alternativas de sistemas de produção da região de Guarapuava (PR): produção vegetal (PV), integração lavoura-pecuária (ILP) e bovinocultura de corte (BC). Por outro lado, a análise de volatilidade, seguindo procedimentos comumente empregados no mercado financeiro, possibilitou efetuar avaliações da variabilidade dos retornos esperados, que podem ser obtidos no curto prazo, ou seja, avaliar as possíveis situações econômicas que os produtores rurais podem enfrentar, em cada ano agrícola, ao explorar os sistemas de produção definidos como objeto de estudo.

A respeito das principais conclusões relacionadas com os resultados deste estudo, elas abrangem os seguintes pontos: as características dos sistemas de produção agropecuária, as análises financeira e de volatilidade dos resultados econômicos desses sistemas, os avanços científicos e as limitações e sugestões do estudo.

Sobre os sistemas de produção em questão, embora apresentem muitos componentes tecnológicos em comum, eles possuem diferenças bastante expressivas entre si. Essas diferenças devem-se, sobretudo, à composição das atividades. Enquanto o sistema de BC é especializado apenas na atividade de pecuária e o sistema de PV só contempla atividades agrícolas (soja, milho e trigo), o de ILP é o mais diversificado, pois possui todas as atividades agropecuárias presentes nos outros dois sistemas analisados.

Em termos de complexidade técnica, verifica-se que o sistema de ILP tende a ser o mais complexo, uma vez que requer operações relacionadas com atividades agrícolas e de pecuária. Nessa linha de pensamento, é relevante destacar que, para um produtor que já adota um determinado sistema e que queira passar a explorar outro sistema, são exigidas mudanças importantes, tanto na estrutura de produção como nos conhecimentos tecnológicos. Por exemplo, para um produtor especializado na bovinocultura de corte e que queira adotar a ILP, além da aquisição de certos bens de capital, é necessário buscar previamente, junto aos serviços de assistência técnica e/ou extensão rural, conhecimentos técnicos e mercadológicos fundamentais para o adequado desenvolvimento das atividades agrícolas.

Analisando as estruturas de produção e as dinâmicas de funcionamento, constata-se, ainda, que os sistemas de PV e BC, embora demandem menores estruturas que o sistema de ILP, tendem a apresentar maior ociosidade nos recursos produtivos associados com a mão-de-obra e com os bens de capital. Na ILP há menor ociosidade pelo fato de existir um maior conjunto de operações agropecuárias, o que conduz para uma ocupação mais contínua de toda a capacidade de produção instalada.

Sobre os três sistemas analisados, cabe salientar que, embora tenham sido pesquisados para a região de Guarapuava (PR), em função das características agroecológicas desta região, eles constituem alternativas técnicas viáveis que, desde que adequadamente ajustadas, podem ser utilizadas por amplo número de pequenos, médios e grandes produtores rurais da Região Sul do Brasil.

Como os sistemas apresentam certas complexidades e implicam altos investimentos de capital, além dos aspectos técnicos e estruturais, é fundamental que o produtor analise, com muito critério, os prováveis resultados em termos de viabilidade financeira. Isso porque se sabe que no setor agropecuário, geralmente, os investimentos em bens de capital de longa duração, além de serem de difícil reversão, exigem um período de comprometimento relativamente grande por parte do produtor rural. Diante disso, ao efetuar análises comparativas de indicadores financeiros dos três sistemas de produção, observou-se que, tanto em situações determinísticas como de incertezas, o sistema de ILP é apontado como a melhor alternativa financeira. Ao assumir variações probabilísticas nas principais variáveis que afetam os referidos indicadores, conclui-se que na ILP existe uma probabilidade de 74,0% de obter resultados positivos, representados por um VPL maior do que zero, uma razão B/C superior a 1 e uma TIR maior do que o custo de oportunidade do capital, que foi assumido como 12,0% a.a; para os sistemas de BC e de PV, essas probabilidades são, respectivamente, de 60,8% e 47,7%. Esses resultados financeiros comprovam a primeira parte da hipótese de pesquisa, em que se pressupõe que, para um horizonte de planejamento de longo prazo, o sistema de ILP, em comparação com os sistemas de PV e BC, constitui melhor alternativa financeira.

A análise financeira evidenciou, também, que os fluxos de caixa dos sistemas estudados estão cercados por vários riscos operacionais e de mercado. De maneira significativa, esses fluxos são influenciados por diversas variáveis, dentre as quais se destacam os investimentos, as produtividades e os preços de vendas dos produtos agropecuários. Ao testar a sensibilidade do VPL frente às variáveis independentes, verificou-se que os sistemas de PV e ILP são, em termos relativos, aqueles que apresentam resultados financeiros, respectivamente, mais e menos sensíveis a mudanças em um maior número de variáveis.

Considerando o curto prazo, a análise de volatilidade mostrou que o desempenho econômico dos três sistemas de produção pode, entre intervalos de um ano agrícola, variar significativamente. Entretanto, ao comparar os resultados observados em cada sistema, é possível afirmar que a ILP propicia melhores

resultados também para o curto prazo. Mesmo em situações desfavoráveis, vinculadas com aspectos técnicos e/ou mercadológicos, esse sistema, com base nas medidas de retorno esperado e do *value-at-risk*, apresenta a relação mais favorável entre retornos e riscos. Por sua vez, o sistema de PV é o que apresenta retornos econômicos mais voláteis quando se assume um horizonte temporal de um ano agrícola. Portanto, em termos econômicos, a combinação de atividades agrícolas e de pecuária pode trazer vantagens interessantes, como a redução da relação risco/retorno esperados. Confirma-se, assim, a segunda parte da hipótese de pesquisa, em que se supõe que, para o curto prazo, o sistema de ILP, em comparação com os sistemas de PV e BC, gera retornos econômicos que são menos voláteis, diminuindo a relação risco/retorno esperados.

Na análise de volatilidade, o fato de a ILP apresentar resultados mais favoráveis se deve, em grande parte, à combinação das atividades agropecuárias. Nesse sistema, a partir dos coeficientes que mediram a contribuição de cada atividade para a redução (ou não) dos riscos de mercado, notou-se que a atividade de pecuária é aquela que mais contribui para reduzir a variância dos retornos. Por outro lado, das atividades agrícolas (soja, milho e trigo), apenas o trigo apresentou algum poder de redução dessa variância nos sistemas de PV e ILP.

Especialmente a respeito da triticultura, é fundamental ressaltar que, embora seja importante na configuração dos sistemas de PV e ILP, observou-se que ela tende a apresentar problemas de rentabilidade, o que acaba sendo um fator muito limitante à expansão dessa cultura no Brasil.

A partir dos resultados obtidos com as análises financeira e de volatilidade, conclui-se que, para desenvolver estudos econômicos associados com distintas alternativas de sistemas de produção agropecuária, a combinação de diferentes modelos analíticos pode ser bastante adequada, especialmente quando levam em conta os riscos em termos de curto e longo prazos. Neste trabalho, as análises financeira e de volatilidade conduziram a conclusões semelhantes acerca do sistema que propicia melhores resultados econômicos. Considerando os VPLs obtidos em condições de incertezas (análise financeira) e

as relações risco/retorno medidas pelo Índice Sharp Adaptado (análise de volatilidade), evidenciou-se que, para diferentes horizontes temporais, a diversificação agropecuária baseada na ILP, em comparação com os demais sistemas estudados, constitui a melhor alternativa para o produtor rural.

É relevante assinalar que, dependendo da dimensão temporal (curto ou longo prazo) considerada para desenvolver um determinado estudo econômico, as análises financeira e de volatilidade poderiam conduzir a conclusões distintas. Nessa perspectiva, ao utilizar apenas os resultados da análise financeira para escolher a melhor alternativa de sistema de produção, um produtor rural, dependendo da composição do sistema escolhido, poderia enfrentar sérias dificuldades, em termos de curto a médio prazos, para se manter no setor agropecuário. Essa afirmativa é plenamente justificada, pois, ao levar em conta somente os indicadores financeiros obtidos para um horizonte de planejamento de longo prazo, na tomada de decisão tendem a ser desconsiderados importantes comportamentos econômicos de curto a médio prazos, que podem inviabilizar todo o planejamento do estabelecimento agropecuário. Por outro lado, ao considerar apenas os resultados da análise de volatilidade, há riscos de que a alternativa escolhida traga consequências muito desfavoráveis em termos de longo prazo. Isso porque, embora um determinado sistema de produção apresente, para o curto prazo, menor relação risco/retorno esperados, no longo prazo ele pode gerar resultados insuficientes para cobrir os custos de oportunidade associados com os investimentos de capital de longa duração, que, em geral, requerem um período de comprometimento relativamente grande por parte do produtor rural.

Portanto, no desenvolvimento de estudos que envolvem projetos de investimentos de capital, mesmo existindo a possibilidade de levar a conclusões distintas, a combinação das duas análises (financeira e de volatilidade) pode ser muito pertinente, especialmente por gerar informações fundamentais para a elaboração de planejamentos de curto a longo prazos, minimizando, assim, os riscos de inviabilizar a continuidade de determinado empreendimento.

Esta investigação trouxe, também, importantes avanços científicos relacionados com o tema e o problema de pesquisa. Além de ampliar, na literatura nacional, o número de estudos econômicos baseados em dados de sistemas de produção que contemplam o longo prazo, foram atingidos resultados que reforçam a justificativa de que a ILP constitui relevante opção para contribuir com a sustentabilidade, especialmente sob a perspectiva econômica, das propriedades rurais.

Os resultados de pesquisa podem, ainda, ser considerados muito úteis para os serviços de assistência e extensão rural, que visam a melhorar o processo de gestão e a sustentabilidade das propriedades citadas. Como na prática a opção por implantar determinado sistema depende, fundamentalmente, das preferências e escolhas efetuadas pelo produtor rural, os serviços em questão podem, a partir das informações geradas por este estudo, aprimorar as estratégias de assessoria junto a esses agentes econômicos. Contudo, deve-se ressaltar que muitos produtores rurais, mesmo diante de resultados que mostram que deveriam promover alterações em seus sistemas de produção, têm baixa propensão a processar mudanças significativas na condução desses sistemas (CARRIERI *et al.*, 1995; LAZZAROTTO, 2000). Diante disso, para atingir o sucesso associado com a difusão dos sistemas de ILP, e considerando os fundamentos teóricos relacionados com a visão substantiva do processo decisório, é imprescindível que as estratégias de assessoria sejam elaboradas a partir do conhecimento prévio das principais particularidades objetivas e subjetivas que condicionam o comportamento administrativo dos agricultores.

Este estudo também apresentou contribuições em termos de modelos analíticos. Se por um lado mostrou a relevância em combinar diferentes tipos de análises, por outro, visando a avaliar e gerenciar riscos que cercam os resultados econômicos das atividades agropecuárias, evidenciou a adequada aplicabilidade de técnicas comumente empregadas no mercado financeiro. Dentre essas técnicas, merece destaque o *value-at-risk*, que revelou grande eficiência para estimar, entre intervalos de um ano agrícola, as prováveis perdas monetárias, que estão vinculadas à condução dos três sistemas definidos como objeto de estudo.

Quanto às principais limitações deste trabalho, elas são de ordem metodológica, estando relacionadas com os dados utilizados. Nessa perspectiva, sobretudo para ampliar o número de observações necessárias ao desenvolvimento da análise de volatilidade e diante da restrição de séries temporais mais amplas de preços pagos e recebidos pelos produtores rurais, foi necessário assumir que cada uma das 152 observações mensais, compreendendo o período de janeiro de 1995 a agosto de 2007, representava um ano agrícola, ou seja, assumiu-se que os preços observados nos meses que compõem a amostra de dados são aqueles que teriam ocorrido em distintos anos agrícolas.

Finalmente, considerando que a combinação de atividades agrícolas e de pecuária constitui interessante alternativa para os estabelecimentos agropecuários, podem ser assinaladas quatro sugestões para a realização de novas pesquisas envolvendo os sistemas de ILP: 1) conduzir estudos comparativos vinculados aos resultados econômicos de distintas possibilidades de sistemas de ILP, ou seja, efetuar estudos que contemplem comparações de resultados decorrentes da implantação de possíveis variantes do sistema de ILP tratado neste trabalho; 2) desenvolver pesquisas, de natureza similar a esta investigação, para outras regiões do Brasil visando a avaliar, sob diferentes condições mercadológicas e agroecológicas, o comportamento econômico de distintas alternativas de sistemas de produção agropecuária; 3) realizar pesquisas na área de otimização para definir, dentro do sistema de ILP, as frações de área e/ou de investimentos, para as várias atividades, que resultem na maior relação retorno/risco esperados; e 4) desenvolver estudos socioeconômicos que, adotando procedimentos da pesquisa qualitativa, busquem identificar, junto aos produtores rurais, os principais fatores objetivos e subjetivos que fazem com que esses agentes econômicos sejam resistentes (ou não) a adotar sistemas de ILP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCON, C. M. **Avaliação de modelos de *value-at-risk* para ações**. 2005. 142f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração lavoura e pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 47).

AMBROSI, I. **Custo de produção de trigo, de soja, de milho e de aveia sob sistema plantio direto para o Rio Grande do Sul no ano 2000**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 51). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co51.htm>. Acesso em: 06 de agosto de 2008.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Análise de risco em sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob sistema plantio direto. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 26., 1998, Cruz Alta. **Soja**: resultados de pesquisa, 1997/98. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1998. p.260-267. (Embrapa Trigo. Documentos, 51).

ARIEIRA, J. de O.; CODATO, J. M.; MATOS JUNIOR, M. de; DIAS-ARIEIRA, C. R.; FUSCO, J. P.A. Análise de investimentos para três projetos de produção de soja e milho na região de Umuarama - Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...**, Rio Branco: SOBER, 2008. 1 CD-ROM.

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003. 400p.

ASSMANN, A. L.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; ASSMANN, T. S.; OLIVEIRA, E. B. de; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência

de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.37-44. Jan./Fev. 2004.

BELTRAME, R. T. **Simulação bioeconômica da transferência de embriões em bovinos da raça nelore**. 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

BIGNOTTO, E. C. Comunicação de risco financeiro e perspectivas de aplicação do VaR na agroindústria. **Resenha BM&F**, n.141, p.60-64. 2000.

BINGER, B. R.; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus**. 2.ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1998. 633p.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Programa de integração lavoura-pecuária - PROLAPEC**. Rio de Janeiro. Jul. 2006. (Carta-Circular n. 25/2006). Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/programas/programas.asp>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.

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

BONA FILHO, A. **Integração lavoura x pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2002. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BRACALE, G. **Prospecção para a safra 2006/07 - trigo**. Ano de 2006. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/prospeccao_para_a_safra_2006_07_Trigo.pdf>. Acesso em: 24 de junho de 2008.

BRAGA, R. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1992. 408p.

BRANDAO, A. S. P. **Relatório final de pesquisa: avaliação econômica do plantio direto**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1981. 91p.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. de. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.6, p.62-75. Jan./Mar. 1998.

BRYMAN, A. Organization studies and the concept of rationality. **Journal of Management Studies**, v.21, n.4, p.391-408. 1984.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266p.

BULGACOV, S. Estudos comparativo e de caso de organizações de estratégias. **Organizações e Sociedade**, Rio de Janeiro, v.5, n.11, p.53-89. Jan./Abr. 1998.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JUNIOR, L. **Plantio direto e rotação de culturas: experiência em latossolo roxo (1985 - 1992)**. [S.l.]: COCAMAR/Zeneca, 1992. 64p.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. Análise da viabilidade econômica da pecuária de corte no “sistema de integração lavoura-pecuária” em substituição às culturas de trigo e milho safrinha no Estado do Paraná. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 16p. 1 CD-ROM.

CARRIERI, A. P. *et al.* Práticas agrícolas e práticas administrativas na configuração de sistemas de produção rural. **Caderno de Administração Rural**, Lavras, v.7, n.2, p.83-101. Jul./Dez. 1995.

CARVALHO, D. B. de; BELLO, M. Enfoque sistêmico como estratégia de estudo para expansão da integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava-PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.2, n.1, p.31-34. Jan./Mar. 2004.

CARVALHO, D. B. de; BELLO, M.; PISSAIA, A.; MORAES, A. de; PELISSARI, A.; MARQUES, R.; BONA FILHO, A. Fertilidade do solo em integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava/PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.1, p.57-65. Jan./Mar. 2005.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 10 de julho de 2007.

CHANDLER, A. D. **Strategy and structure**. Cambridge: MIT Press. 1962. 463p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1993. 920p.

COELHO, M. A. S. Análise de custo/volume/lucro e investimentos em carcinicultura de pequeno porte. **Custos e Agronegócio on line**, Recife, v.1, n.1, p.62-84. Jan./Jun. 2005. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br>. Acesso em: 06 de agosto de 2008.

COIMBRA-LISBOA, P. C. **Teoria da escolha envolvendo o risco**: uma abordagem introdutória. Rio de Janeiro: EPGE/FGV, 2005. (Notas de Aula).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas de produtividade de grãos**: safra 1976/77 a 2006/07. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 13 de julho de 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Sétimo levantamento de avaliação da safra 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 17 de abril de 2007.

CONSALTER, M. A. S. **Sistema de produção lavoura-pecuária**: uma abordagem para a construção de indicadores integrados de sustentabilidade. 2008. 224f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSTA, L. B. da.; CERETTA, P. S.; GONÇALVES, M. B. F. Viabilidade econômica: análise da bovinocultura de corte. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.8, p.26-38. Ago. 2006.

COSTA, T. M. T. **Viabilidade da utilização de derivativos agropecuários em carteiras de investimentos de Fundos de Pensão no Brasil**. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CUSINATO, R. T. **Teoria da decisão sob incerteza e a hipótese da utilidade esperada**: conceitos analíticos e paradoxos. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DAROLT, M. R. Considerações gerais e perspectivas de expansão. In: DAROLT, M. R. (Org.). **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p.01-15. (IAPAR. Circular, 101).

DECISIONEERING. **Technote**: when should I use latinH sampling? Disponível em: <http://www.crystalball.com/support/simulation/cbl_gen_008A.html/>. Acesso em: 22 de junho de 2007.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994. 468p.

DONANGELO, A.; SILVA, W. C. P. da; LEMGRUBER, E. F. **Estimadores de volatilidades para modelos de valor em risco de ativos lineares e não-lineares**: investigação para períodos de crises e estáveis no mercado brasileiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2000. 16p. (Relatórios COPPEAD, 328).

DUARTE JÚNIOR, A. M. Risco: definições, tipos, medição e recomendações para seu gerenciamento. In: LEMGRUBER, E. F.; SILVA, A. L. C. da; LEAL, R. P. C.; COSTA Jr., N. C. A. da. **Gestão de risco e derivativos**: aplicações no Brasil. São Paulo: Atlas, 2001. p.103-111.

ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. **Modern portfolio theory and investment analysis**. 6.ed. New York: John Wiley & Sons, 2003. 705p.

EMBRAPA. **Cerrado brasileiro**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/linhas_de_acao/ecossistemas/cerrado/index_html/mostr_a_documento>. Acesso em: 11 de junho de 2007.

EMBRAPA Soja. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja/BASF, 2000. 1 CD-ROM.

EMBRAPA Soja. **Rotação de culturas**. In: TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA - Região Central do Brasil - 2001/2002. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.68-72.

FACCIONI, G. de C.; OLIVEIRA, A. J. de; FIGUEIREDO, C. C. de; SANTO, E. do E. Estudo da viabilidade financeira da implantação de pivô central com a utilização de rotação de culturas no oeste baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza: UNIFOR/SOBER, 2006. 1 CD-ROM.

FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, P. A. dos; SANTOLIN, R.; REIS, B. dos S. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa - MG:

viabilidade econômica e análise de risco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v.44, n.4, p.713-730. Out./Dez. 2006.

FLEURY, A. F.; FLEURY, M. T. L. **Aprendizagem e inovação organizacional: as experiências de Japão, Coréia e Brasil**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1997. 237p.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; DIKESCH, J. A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo com pastagens anuais de inverno, em plantio direto. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1994. p.106-110. (Embrapa Trigo. Documentos, 14).

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e perenes, sob plantio direto. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 26., 1998, Cruz Alta. **Soja: resultados de pesquisa, 1997/98**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1998. p.252-259. (Embrapa Trigo. Documentos, 51).

FRANK, R. **Microeconomics and behavior**. New York: McGraw Hill. 1991. 694p.

GARVIN, D. A. Building a learning organization. **Harvard Business Review**, p.78-91. Jul./Aug. 1993.

GASSEN, D. N.; HASS, F. D. Manejo de plantas daninhas pós-colheita. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.62, p.14-15. Mar./Abr. 2001.

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

GODINHO, M. de L. F; CARVALHO, M. L. S. Contribuição das políticas agrícolas para a sustentabilidade do ambiente num sistema agrícola mediterrâneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza: UNIFOR/SOBER, 2006. 1 CD-ROM.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1985. 467p.

GOORBERGH, R. van den; VLAAR, P. **Value-at-Risk analysis of stock returns: historical simulation, variance techniques or tail index estimation?** Amsterdam: Netherlands Central Bank, 1999. 37p. (DNB Staff Reports, n.40). Disponível em: <<http://www.smartquant.com/references/VaR/var46.pdf>>. Acesso em: 22 de junho de 2007.

GRASEL, D. **Determinantes do investimento no Brasil: 1980/90**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846p.

HADAWAY, S. C. Diversification possibilities in agricultural land investments. **The Appraisal Journal**, v.46, n.4, p.529-537. Oct. 1978.

HATTINGH, J. J. **Portfolio management**: the use of alternative investments for the purpose of diversification. 2004. Dissertation (Magister Commercii in Investment Management) - Rand Afrikaans University, Johannesburg Study, 2004.

HAVERROTH, C. Plantio direto viabiliza a pequena propriedade. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.60, p.12-14. Nov./Dez. 2000.

HENDRICKS, D. Evaluation of value-at-risk models using historical data. **Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review**, p.39-69. Apr. 1996.

IAPAR. **Soja no arenito**: propostas tecnológicas básicas para uma agricultura sustentável. Londrina: IAPAR, 1997. p.34-37.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área dos estabelecimentos na agropecuária** - Brasil - 1996. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>>. Acesso em: 17 de maio de 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2004.

J.P. MORGAN. **RiskMetrics** - technical document. 4.ed. New York: Morgan Guaranty Trust Company, 1996. 284p. Disponível em: <www.riskmetrics.com>. Acesso em: 15 de novembro de 2006.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P. dos; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e nitrogênio do solo sob plantio direto e preparo convencional. **Agronomia**, v.37, n.2, p.91-97. 2003.

JORION, P. **Value at risk**: a nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro. 2.ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2003. 487p.

KEYNES, J. M. **A teoria geral do emprego, da renda e da moeda**; inflação e deflação. 2.ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. 333p.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Sistema de integração agricultura & pecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 53).

KICHEL, A. N.; TAMBOSI, S. A.; COELHO, K. M. Plantio direto da soja em pastagens. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.34, p.34-35. Jul./Ago. 1996.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

KONDAPANENI, R. **A study of the delta normal method of measuring VaR**. 2005. 87f. Thesis (Master in Financial Mathematics) - Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 2005.

- LACERDA, N. B. de; SILVA, J. R. C. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.2, p.167-172. 2007.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation modeling and analysis. 2.ed. Singapore: McGraw-Hill, 1991. 759p.
- LAZZAROTTO, J. J. **Estratégias e mudanças em unidades de produção rural**: estudo comparativo no município de Pato Branco (PR). 2000. 177f. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; SÁ, M. A. E. de; GOMES JÚNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.298-307. 2005.
- LEISMANN, E. L. **Retornos e riscos na comercialização de milho no Estado do Paraná**: uma aplicação do modelo *value-at-risk*. 2002. 156f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- LEITÃO, S. P. Para uma nova teoria da decisão organizacional. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.91-107. Mar./Abr. 1997.
- LIMA, A. P. de.; BASSO, N.; NEUMANN, P. S. *et al.* **Administração da unidade de produção familiar**: modalidades de trabalho com agricultores. Ijuí: UNIJUÍ, 1995. 175p.
- LIMA, J. B. Decisão e ação: categorias elementares para estudos de organizações rurais. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 1989, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte: ANPAD, 1989.
- LLANILLO, R. F.; RICHART1, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. de F.; FERREIRA, R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.2, p.205-220. Abr./Jun. 2006.
- LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto**. 1998. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- MACHADO-DA-SILVA, C. L.; FONSECA, V. S.; FERNANDES, B. H. R. Um modelo e quatro ilustrações: em análise a mudança nas organizações. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 23., 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Foz do Iguaçu: ANPAD, 1999. 1 CD-ROM.
- MANFREDO, M. R.; LEUTHOLD, R. M. **Agricultural applications of Value-at-Risk analysis**: a perspective. Champaign: University of Illinois at Urbana, 1998. 16p. (Office for Futures and Options Research, n.98-04).

MANFREDO, M. R.; LEUTHOLD, R. M. **Market risk measurement and the cattle feeding margin**: an application of Value-at-Risk. Champaign: University of Illinois at Urbana, 1999. 30p. (Office for Futures and Options Research, n.99-04).

MANFREDO, M. R.; LEUTHOLD, R. M.; IRWIN, S. H. **Forecasting cash price volatility of fed cattle, feeder cattle, and corn**: time series, implied volatility, and composite approaches. Champaign: University of Illinois at Urbana, 1999. 41p. (Office for Futures and Options Research, n.99-08).

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Portaria n.162, de 19 de junho de 2006**: criação do Comitê Nacional de Integração Lavoura Pecuária e dos Comitês de Integração Lavoura Pecuária nas Unidades da Federação. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.

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

MARKOWITZ, H. M. Foundations of portfolio theory. **Journal of Finance**, v.46, n.2, p.469-477. Jun. 1991.

MARTINS, D. S.; ASSIS, E. G. Estudo da viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma granja de perus. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007. Foz do Iguaçu. **Anais...**, Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. 9p.

MATTOSO, M. J.; CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A. Custo de produção em plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.109-116. Jan./Fev. 2001.

MELLO, L. M. M. de; YANO, É. H.; NARIMATSU, K. C. P. *et al.* Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.121-129. Jan./Abr. 2004.

MELLO, M. A. **A trajetória da produção e transformação de leite no oeste catarinense e a busca de vias alternativas**. 1998. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MELO FILHO, G. A. de; MENDES, D. S. **Estimativa de custo de produção de soja, nos sistemas plantio direto e convencional, safra 1999/2000**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 3p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 2).

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B. A seleção de portfólios e a eficiente diversificação da comercialização da soja paranaense. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO DE NEGÓCIOS, 2., 2005, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: FAE, 2005. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/IIseminario/gestao/gestao_03.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2007.

- MESQUITA FILHO, E. M.; ARRAES, R. de A.; COIMBRA, R. A. Determinantes do investimento no Brasil. **Revista Eletrônica de Administração e Contabilidade da FA7**, Fortaleza, v.3, n.1. 2006. (<http://www.fa7.edu.br/rea7/artigos/volume3/artigos/artigo2.doc>).
- MILLER, S. J.; HICKSON, D. J.; WILSON, D. C. Decision-making in organizations. In: CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. (Ed.). **Handbook of organization studies**. London: Sage, 1996. p.293-312.
- MINTZBERG, H. Strategy formulation as a historical process. **International Studies of Management & Organization**, v.7, n.2, p.28-40. 1977.
- MINTZBERG, H.; WATERS, J. A. Tracking strategy in an entrepreneurial firm. **Academy of Management Journal**, v.25, n.3, p.465-499. 1982.
- MISHRA, A. K.; EL-OSTA, H. S.; SANDRETTO, C. L. Factors affecting farm enterprise diversification. **Agricultural Finance Review**, v.64, n.2, p.151-166. 2004.
- MÓL, A. L. R. **Value at risk como medida de risco da volatilidade dos ajustes diários em mercados futuros de café**. 2003. 100f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- MORAES, A. de; ALVES, S. J. ; PELISSARI, A.; CARVALHO, P. C. de F. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...**, Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.1231-1240.
- MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; LANG, C. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no subtropico da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 27p. 1 CD-ROM.
- MORAES, A.; LANG, C. **Integração lavoura pecuária exige manejo de aveia e azevém**. Curitiba: FAEP. 2006 (Boletim Informativo, 920).
- MORI, C. de. **Custo de produção de trigo e de aveia**: estimativa para a safra 2004. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 6p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 117). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co117.htm>. Acesso em: 06 de agosto de 2008.
- MORI, C. de. **Custo de produção de trigo e de aveia**: estimativa para a safra 2005. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 6p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 181). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co181.htm>. Acesso em: 06 de agosto de 2008.
- MOURA, A. D. de. **Avaliação de projetos sob condições de risco utilizando o @RISK**. Viçosa: DER/UFV, 2004. 16p. (Apostila Didática).

NICOLOSO, R. da S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.

NYGAARD, R. **Uma análise da emenda ao acordo da Basiléia e sugestões para implementação no Brasil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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: 13 de maio de 2007.

ODENING, M.; HINRICHS, J. **Using extreme value theory to estimate value-at-risk**. *Agricultural Finance Review*, v.63, n.1, p.55-73. 2003.

OHIRA, T. H.; SHIROTA, R. Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. **Anais...**, Natal: ANPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A142.pdf>>. Acesso em: 28 de agosto de 2008.

OKAWA, H. **Custos administrativos nas propriedades agrícolas**. São Paulo: IEA, 2003. (Análise Conjuntural). Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=638>>. Acesso em: 25 de junho de 2008.

OLIVEIRA, P. P. A. *et al.* **Recomendação da sobressemeadura de aveia forrageira em pastagens tropicais ou subtropicais irrigadas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 7p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 61).

ORSSATTO, C. H.; CUNHA, C. J. C. A. Mudança estratégica organizacional: o caso da S/A Indústria e Comércio Chapecó. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 19., 1995, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa: ANPAD, 1995.

PALISADE CORPORATION. **@RISK - version 4.5: risk analysis and simulation add-in for Microsoft® Excel**. New York, 2002a.

PALISADE CORPORATION. **A concise summary of @RISK probability distribution functions**. New York, 2002b.

PAMPLONA, E. de O.; MONTEVECHI, J. A. B. **Engenharia Econômica I**. Disponível em: <<http://www.iem.efei.br/edson/download.htm>>. Acesso em: 18 de maio de 2007.

PAMPLONA, E. de. O. Gerenciamento de risco em custos. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE COSTOS, 8. Punta Del Leste, Uruguay, 2003. 13p.

PETTIGREW, A. M. Strategy formulation as a political process. **International Studies of Management & Organization**, v.7, n.2, p.78-87. 1977.

PIMENTEL, L. D.; WAGNER JÚNIOR, A.; SANTOS, C. E. M. dos; BRUCKNER, C. H. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.6, p.26-36. Jun. 2007.

POPP, M.; RUDSTROM, M. Crop enterprise diversification and speciality crops. **Agricultural Finance Review**, v.60, n.1, p.85-98. 2000.

PORTAL Tributário. **Resumo dos principais tributos ou sistemas de tributação no Brasil**. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/tributos/irpj.html>>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

PORTILLO, J. L. **Evaluación economica de la siembra directa**. In: CURSO SOBRE SIEMBRA DIRECTA, 1997, Encarnacion. Capitan Miranda: CRIA, 1997. p.175-186. (PROCISUR. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. Proyecto Siembra Directa/BID).

REILLY, F. K.; BROWN, K. C. **Investment analysis and portfolio management**. 7.ed. Cincinnati: Thomson-South Western. 2003. 1162p.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001. 389p.

RICHES, R. Estratégia, estrutura e ambiente. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v.21, n.4, 1981.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. de. **Estimativa de custo de produção de soja, no sistema plantio direto e no plantio convencional, safra 1998/99**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 4p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 33).

RIZZARDI, M. A. Conceituações e terminologias sobre rotação de culturas e adubação verde. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...**, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1994. p.28-33. (Embrapa Trigo. Documentos, 14).

ROCHA, M. G. da. *et al.* Produção e qualidade de forragem da mistura de aveia e azevém sob dois métodos de estabelecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.1, p.7-15. Jan./Feb. 2007.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v.43, n.1, p.135-153. Jan./Mar. 2005.

ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A. B. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.3, p.459-467, 1999.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira:** corporate finance. São Paulo: Atlas, 1995. 698p.

ROTZ, C. A. Modeling integrated farm systems: a tool for developing more economically and environmentally sustainable farming systems. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 14p. 1 CD-ROM.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M. T. B. da. (coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1998. p.1-34.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1995. 134p.

SACOMAN, A. Resultados da integração agricultura x pecuária no Arenito Caiuá. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE 4.; BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...**, Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.1241-1251.

SAMAH, M. J.; GUERREIRO, E.; SANTOS FILHO, J. I. dos. A economia do plantio direto. In: DAROLT, M. R. (Org.). **Plantio direto:** pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p.191-221. (IAPAR. Circular, 101).

SANTOS, H. P. dos. *et al.* **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 39p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 45). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do45_1.htm>. Acesso em: 28 de setembro de 2007.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; ANDIA, L. H. Análise econômica dos sistemas de rotação de culturas para cevada, em plantio direto. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1994. p.82-86. (Embrapa Trigo. Documentos, 14).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: Embrapa Trigo, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.85-103.

SANVICENTE, A. Z. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1999. 288p.

SCALÉA, M. Plantio direto e rotação de culturas: benefícios que se somam. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.56, p.31. Mar./Abr. 2000.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ. **Pecuária:** quadro comparativo (Paraná/Brasil) do rebanho e da produção para o ano de 2002. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cppbr.xls>>. Acesso em: 17 de maio de 2007.

- SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996. 244p.
- SILVA, R. I. da; DHEIN, R. A. Viabilização socioeconômica da rotação de culturas e da adubação verde na COTRIJUI. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1994. p.15-27. (Embrapa Trigo. Documentos, 14).
- SIMON, H. A. **Comportamento administrativo**: estudo de processos decisórios nas organizações administrativas. 2.ed. Rio de Janeiro: FGV, 1971. 277p.
- SIMONSEN, M. H. **Dinâmica macroeconômica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983. 510p.
- SOBRINHO, J. D. V. **Matemática financeira**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 1997. 411p.
- SORRENSON, W. J. **Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. 104p. (IAPAR. Boletim Técnico, 21).
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1997. 142p.
- SOUZA, R. de; GUIMARÃES, J. M. P; VIEIRA, G.; MORAIS, V. A.; ANDRADE, J. G. de. **A administração da fazenda**. 5.ed. São Paulo: Globo, 1995. 211p.
- SPERA, S. T. *et al.* Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1193-1200. Jul./Ago. 2006.
- SULC, R. M. Integrated crop-livestock systems in North America. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 18p. 1 CD-ROM.
- THIAGO, L. R. de S.; SILVA, J. M. **Suplementação de bovinos em pastejo**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. (Texto base para o curso *suplementação em pasto e confinamento de bovinos*).
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GAZZIERO, D. L. P. Avaliação de sistemas de preparo do solo e semeadura da soja. In: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. **Resultados de pesquisa de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1997. p.144-148. (Documentos, 118).
- TRACY, B. F. The ecology of integrated crop-livestock systems. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 10p. 1 CD-ROM.
- TRAVERS, F. J. **Investment manager analysis**: a comprehensive guide to portfolio selection, monitoring, and optimization. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 384p.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: princípios básicos. 6.ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2003. 778p.

VERAS, L. L. **Matemática financeira**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 259p.

WEISENSEL, W. P.; SCHONEY, R. A. An analysis of the yield-price risk associated with specialty crops. **Western Journal of Agricultural Economics**, v.14, n.2, p.293-299. Dec. 1989.

WEST, G. **An introduction to Modern Portfolio Theory**: Markowitz, CAP-M, APT and Black-Litterman. Parktown North: Financial Modelling Agency, 2006. 30p. Disponível em: <<http://davood.rahmanifard.googlepages.com/MPT.pdf>>. Acesso em: 13 de novembro de 2008.

WIEDEMANN, A.; HAGER, P.; ROEHL, A. **Integrated risk management with Cash-Flow-at-Risk/Earnings-at-Risk methods**. Disponível em: <http://www.risknet.de/uploads/tx_bxlibrary/Wiedemann-Cash-Flow-at-Risk.pdf> Acesso em: 05 de outubro de 2006.

WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projeto**: planejamento, elaboração, análise. São Paulo: Atlas, 1994. 294p.

YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P. de; BARCELLOS, A. de. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1335-1345. Ago. 1999.

ZANETTA, D. A.; TARSITANO, M. A. A.; LAZARINI, E.; BASSAN JUNIOR, O. Análise comparativa de custo de produção de soja em sistema de plantio direto e plantio convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...**, Londrina: Embrapa Soja, 1999. 533p. (Embrapa Soja. Documentos, 124).

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 REDVET**, v.7, n.1. Jan. 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 13 de novembro de 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Conforme demonstração de West (2006), a diversificação de ativos resulta em maior efeito na minimização dos riscos quando os ativos apresentam, entre si, coeficientes de correlação mais próximos de -1. Para evidenciar esse efeito, considera-se um portfólio composto por dois ativos de risco e com os seguintes parâmetros estatísticos:

- a) $w_A, w_B \geq 0$, em que w_A e w_B representam as participações, respectivamente, dos ativos A e B no portfólio; sendo $w_A + w_B = 1$;
- b) $E(R_p) = w_A E(R_A) + w_B E(R_B)$, em que $E(R_p)$, $E(R_A)$ e $E(R_B)$ correspondem aos retornos esperados, respectivamente, do portfólio, do ativo A e do ativo B ;
e
- c) $\sigma^2(R_p) = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2w_A w_B \rho \sigma_A \sigma_B$, em que $\sigma^2(R_p)$, σ_A^2 , σ_B^2 , ρ , σ_A e σ_B constituem, respectivamente, a variância dos retornos do portfólio, a variância dos retornos do ativo A , a variância dos retornos do ativo B , o coeficiente de correlação entre os retornos dos dois ativos, o desvio padrão dos retornos do ativo A e o desvio padrão dos retornos do ativo B .

A expressão da variância dos retornos do portfólio pode ser apresentada também em termos matriciais:

$$\sigma^2(R_p) = \begin{bmatrix} w_A & w_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_A & 0 \\ 0 & \sigma_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_A & 0 \\ 0 & \sigma_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_A \\ w_B \end{bmatrix} \quad (1A)$$

Assim, considerando agora três casos especiais para o coeficiente de correlação, são obtidos distintos valores para o risco do portfólio:

a) se $\rho = 1$, então $\sigma^2(R_p) = (w_A\sigma_A + w_B\sigma_B)^2$, que resulta em

$$\sigma(R_p) = w_A\sigma_A + w_B\sigma_B;$$

b) se $\rho = 0$, então $\sigma^2(R_p) = w_A^2\sigma_A^2 + w_B^2\sigma_B^2$; e

c) se $\rho = -1$, então $\sigma^2(R_p) = (w_A\sigma_A - w_B\sigma_B)^2$, que resulta em

$$\sigma(R_p) = |w_A\sigma_A - w_B\sigma_B|.$$

Portanto, com esses três casos, demonstra-se que, quando o valor de ρ é igual a +1 e -1, o portfólio apresenta, respectivamente, o maior e o menor risco.

Como $w_B = 1 - w_A$, pode-se determinar a fração do portfólio a ser investida em cada ativo para gerar o mínimo risco possível:

$$w_A = \frac{\sigma_B^2 - \rho\sigma_A\sigma_B}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\rho\sigma_A\sigma_B} \quad (2A)$$

APÊNDICE B

Na determinação dos custos fixos de cada atividade agropecuária presente nos sistemas de produção vegetal (PV) e integração lavoura-pecuária (ILP), foram rateados os seguintes custos fixos da propriedade rural, pois não estão associados diretamente com determinada atividade: administrativos e depreciação, seguro e manutenção de bens de capital. Para o caso do sistema de bovinocultura de corte (BC), todos os custos da propriedade foram alocados para a atividade de pecuária, haja vista que o sistema é especializado na produção de carne bovina.

Enquanto no sistema de PV os critérios de rateio foram estabelecidos com base nos custos variáveis, no sistema de ILP eles foram definidos a partir da utilização desses custos e também dos níveis de investimentos associados com as atividades agrícolas e de pecuária.

Para o sistema de PV, optou-se por utilizar os custos variáveis como critério para distribuir os custos não específicos (indiretos) pelo fato de existirem diferenças muito significativas entre os resultados econômicos, por unidade de área, das atividades de produção de soja, milho e trigo. Em situações como esta, Okawa (2003) destaca que o critério mais adequado é o do rateio pelo montante dos custos variáveis das culturas. Nessa perspectiva, adotaram-se três procedimentos para determinar os coeficientes de rateio do sistema de PV: 1)

fez-se o somatório, para cada atividade agrícola, dos custos variáveis com insumos, operações agrícolas e outros (transporte e recepção do produto e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural); 2) os custos variáveis de cada atividade foram somados para determinar o custo variável do sistema; e 3) finalmente foram obtidos os coeficientes de rateio mediante a divisão do custo variável de cada atividade pelo custo variável do sistema.

Para o sistema de ILP, foram adotados dois passos principais para chegar aos coeficientes em questão. No primeiro, considerando que a bovinocultura de corte, além de gerar, por hectare, receitas e custos muito superiores àqueles das atividades agrícolas, possui um sistema de exploração muito distinto daqueles empregados nessas atividades, e, para definir seu coeficiente, fez-se uma separação inicial dos investimentos associados com as produções vegetal e animal. Para essa separação, utilizou-se como referência o valor do investimento no sistema de PV e, a partir da multiplicação da relação *área agrícola (soja, milho e trigo) na ILP/área agrícola na PV* pelo valor do investimento no sistema de PV, chegou-se ao valor do investimento relativo associado com as atividades agrícolas no sistema de ILP; o restante do investimento na ILP foi atribuído à atividade de pecuária. Assim, o coeficiente de rateio da bovinocultura de corte correspondeu ao valor da relação *investimento na pecuária/investimento na ILP*. No segundo passo, a proporção restante dos custos fixos indiretos, dada pela diferença *"1-coeficiente de rateio da bovinocultura"*, foi distribuída entre as atividades agrícolas. Para tanto, os coeficientes de rateio foram determinados por meio do emprego de procedimentos similares aos utilizados no sistema de PV, ou seja, para cada atividade agrícola, o coeficiente representa a participação do custo variável da atividade no custo variável associado com as atividades de produção vegetal (soja, milho e trigo) do sistema de ILP.

APÊNDICE C

Quadro 1C - Insumos agrícolas usados nos sistemas de PV, ILP e BC para as produções de soja, milho (comercial e/ou para silagem) e trigo

Atividade	Insumo	Nome comercial	Unidade	Quantidade/ha
Soja	Herbicida dessecante	Roundup Original	l	1,70
	Adjuvante	Assist	l	1,00
	Sementes	Soja	kg	60,00
	Fungicida (sementes)	Cercobin 700PM	kg	0,10
	Micronutrientes	CoMo	l	0,06
	Inoculante	Nitragin	dose	1,00
	Fertilizante	00-20-20	t	0,20
	Adubação de cobertura	Potássio	t	0,08
	Herbicida pós-emergente	Classic	kg	0,04
	Herbicida pós-emergente	Select	l	0,30
	Herbicida pós-emergente	Pivot	l	0,60
	Fungicida ¹	Folicur	l	1,20
	Inseticida	Dimilin	kg	0,05
	Inseticida	Karate	l	0,20
Milho	Herbicida dessecante	Roundup Transorb	l	1,71
	Adjuvante	Energic	l	0,77
	Adjuvante	Assist	l	0,86
	Adjuvante	Óleo mineral	l	0,72
	Sementes	Milho	sc	1,20
	Fertilizante	10-26-24	t	0,28
	Fertilizante	08-30-20	t	0,074
	Inseticida (sementes)	Semevin	l	0,40
	Adubação de cobertura	Uréia	t	0,29
	Herbicida pós-emergente	Gesaprim500	l	2,00
	Herbicida pós-emergente	Basagram600	l	1,20
	Micronutrientes	Starter	l	0,71
	Inseticida	Dimilin	kg	0,04
	Inseticida	Metafós	l	0,62

Continua...

Quadro 1C, cont.

Atividade	Insumo	Nome comercial	Unidade	Quantidade/ha
Trigo	Herbicida dessecante	Roundup Original	l	1,50
	Adjuvante	Assist	l	0,86
	Sementes	Trigo	kg	150,00
	Fertilizante	08-30-20	t	0,20
	Adubação de cobertura	Uréia	t	0,08
	Fungicida (sementes)	Rhodiauram	l	0,46
	Herbicida pós-emergente	Ally	g	4,00
	Inseticida	Match	l	0,10
	Fungicida	Folicur	l	0,62
	Fungicida	Bayfidan	l	0,25

Fonte: Pesquisa de campo.

¹ Na cultura da soja, em geral, são utilizadas duas aplicações de fungicida por hectare (0,6 l/aplicação).

Quadro 2C - Insumos usados nos sistemas de ILP e BC para a produção de bovinos de corte

Insumo	Nome comercial	Unidade	Quantid. - ILP ¹	Quantid. - BC ¹
Bezerro	Bezerro	cab	9,50	4,85
Vermífugo	Ivomec	l	0,10	0,05
Carrapaticida	Cypermil Pour-On	l	0,40	0,25
Matabicheira	Spray matabicheira	500 ml	1,00	0,63
Antibiótico	Agrovet	50 ml	0,90	0,60
Vacinas	Febre aftosa e carbúnculo	dose	19,00	9,69
Sal mineralizado	Sal mineralizado	kg	190,00	96,94
Concentrado para engorda	Concentrado	kg/dia	42,22	21,54
Brinco de identificação	Brinco	un	9,50	4,85
Pastagem permanente de verão	Tifton	ha	52,10	278,50
Pastagem cultivada de inverno	Aveia e azevém	ha	220,00	300,00
Silagem	Milho	ha	7,90	21,50

Fonte: Pesquisa de campo.

¹ As quantidades de insumos, com exceção das pastagens de verão e inverno e da silagem, são aquelas utilizadas para atender aos animais em um hectare de pastagem permanente de verão.

Quadro 3C - Principais operações agrícolas desenvolvidas nos sistemas de produção (em número de operações/ha)

Atividade ou operação	Operações específicas	PV	ILP	BC
Soja	Plantio e aplicação de fertilização	1	1	--
	Aplicação de adubação de cobertura	1	1	--
	Aplicação de herbicida	3	3	--
	Aplicação de inseticida	2	2	--
	Aplicação de fungicida	2	2	--
	Colheita da soja	1	1	--
Milho	Plantio e aplicação de fertilização	1	1	1
	Aplicação de adubação de cobertura	1	1	1
	Aplicação de herbicida	3	3	3
	Aplicação de inseticida	2	2	2
	Colheita e/ou ensilagem do milho	1	1	1
Trigo	Plantio e aplicação de fertilização	1	1	--
	Aplicação de adubação de cobertura	1	1	--
	Aplicação de herbicida	2	2	--
	Aplicação de inseticida	1	1	--
	Aplicação de fungicida	1	1	--
	Colheita do trigo	1	1	--
Aveia e azevém	Plantio e aplicação de fertilização	1	1	1
	Aplicação de adubação de cobertura	1	2	2
Pastagem de tifton	Aplicação anual de fertilizante	--	1	1
	Aplicação anual de adubação de cobertura	--	2	2
Implantação do tifton	Número de gradagem aradora	--	2	2
	Número de gradagem niveladora	--	1	1
Calagem do solo	Número de anos para realizar nova calagem	3	3	3
	Quantidade de calcário (toneladas/ha)	3	3	3

Fonte: Pesquisa de campo.

Notas: 1) A cultura do milho, dependendo do sistema, é explorada para atingir dois objetivos: venda de grãos (PV e ILP) e confecção de silagem para os animais (ILP e BC); e 2) nas áreas de lavouras, relativas aos sistemas de PV e ILP, são também contempladas as operações de construção e manutenção de terraços.

Quadro 4C - Bens de capital necessários para o funcionamento dos sistemas de produção

Categoria	Bem de capital	Quantidade por sistema			Vida útil (anos)
		PV	ILP	BC	
Máquinas agrícolas	Trator	2	2	2	13
	Colhedeira de grãos	1	1	--	13
Equipamentos agrícolas	Carreta agrícola	1	1	1	13
	Distribuidor de calcário	1	1	1	13
	Distribuidor de esterco	--	1	1	13
	Grade aradora	1	1	1	13
	Grade niveladora	1	1	1	13
	Pulverizador	1	1	1	13
	Roçadeira	1	1	1	13
	Semeadora-adubadeira	1	1	1	13
	Terraceador	1	1	--	13
Equipamentos pecuários	Desensilador	--	1	1	13
	Forrageira de milho	--	1	1	13
	Misturador de ração	--	1	1	13
	Vagão forrageiro	--	1	1	13
Instalações	Barracão de alvenaria (m ²)	625	625	625	25
	Balança e tronco de contenção	--	1	1	15
	Bebedouro	--	6	6	13
	Cocho para sal	--	6	6	15
	Cerca de arame farpado (m)	--	8.660	8.140	20
	Cerca elétrica (m)	--	6.928	7.448	15
	Curral de manejo	--	1	1	25
	Infra-estrutura de confinamento	--	1	1	20
	Reservatório de água	--	1	1	13
	Poço artesiano	--	1	1	30

Fonte: Pesquisa de campo.

Notas: 1) Embora nos três sistemas se utilize o plantio direto, nos equipamentos agrícolas estão incluídas uma grade aradora e uma niveladora por duas razões: a) são equipamentos necessários para o preparo inicial do solo, ou seja, são utilizados antes de os sistemas começarem a produzir; e b) porque em determinados anos o produtor pode, dependendo da situação da área, ser obrigado a executar alguma operação que exige maior mobilização do solo; 2) os currais de manejo dos sistemas de ILP e BC possuem dimensões que possibilitam atender, respectivamente, a 250 e 500 animais; 3) os bebedouros utilizados nos sistemas de ILP e BC têm capacidades individuais, respectivamente, de 3.000 e 6.000 litros; 4) os reservatórios de água apresentam capacidades de 50.000 e 100.000 litros, respectivamente, para os sistemas de ILP e BC; 5) para mensurar a quantidade de cerca de arame farpado para os sistemas de ILP e BC, foram levadas em consideração a área externa da propriedade e as áreas de lavouras, ou seja, além de cercar, externamente, toda a propriedade, foram separadas, com cerca de arame farpado, as áreas de pastagem permanente e de lavouras de verão; e 6) nos sistemas de ILP e BC, a propriedade foi dividida em 10 piquetes de aproximadamente 30 hectares (a maior parte dos piquetes foi separada por meio de cerca elétrica).

Quadro 5C - Fluxos de caixa do sistema de produção vegetal

ITENS	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13
RECEITAS														
Vendas de soja	0	315.611	426.048	465.170	362.254	386.055	360.410	398.176	499.041	504.542	484.635	324.139	289.844	315.440
Vendas de milho	0	255.944	310.782	240.347	265.921	298.134	325.089	227.430	338.234	298.366	276.885	235.437	200.703	237.038
Vendas de trigo	0	118.044	141.256	103.133	99.219	116.275	112.186	118.354	155.101	152.622	130.363	95.737	102.248	121.057
Subtotal (A)	0	689.598	878.086	808.650	727.394	800.463	797.685	743.960	992.376	955.529	891.883	655.313	592.796	673.535
Valor residual (B)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	99.827
DESPESAS OPERACIONAIS														
Insumos	0	367.599	366.931	343.328	333.466	398.604	368.076	368.153	385.125	421.694	430.393	383.373	330.384	318.310
Máquinas, equipamentos e operações	0	57.501	54.879	55.553	54.040	59.485	62.971	67.056	74.142	83.388	81.600	86.767	90.630	86.860
Benfeitorias	0	4.435	4.616	4.484	4.338	4.161	3.999	3.949	3.918	3.689	3.713	3.782	3.882	3.539
Mão-de-obra	0	89.110	98.913	100.581	103.836	101.027	91.783	91.854	93.031	87.424	90.100	94.619	101.718	112.430
Outros	0	44.053	56.253	52.290	46.418	51.038	50.484	48.120	63.725	61.725	57.586	41.897	38.122	43.217
Subtotal (C)	0	562.698	581.592	556.235	542.099	614.316	577.314	579.133	619.941	657.920	663.393	610.439	564.736	564.356
Depreciação total (D)	0	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285
INVESTIMENTOS NO SISTEMA														
Subtotal (E)	1.026.537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAT ¹ = A+B-C-D-E	(1.026.537)	55.615	225.209	181.129	114.010	114.862	149.085	93.542	301.149	226.323	157.205	(26.412)	(43.226)	137.720
Imposto de renda sobre (IR)	--	8.342	33.781	27.169	17.101	17.229	22.363	14.031	51.287	33.948	23.581	0	0	5.684
Contribuição social sobre o lucro (CSSL)	--	5.005	20.269	16.302	10.261	10.338	13.418	8.419	27.103	20.369	14.148	0	0	3.410
FLDT ² = FLAT-IR-CSL	(1.026.537)	42.267	171.159	137.658	86.647	87.295	113.305	71.092	222.759	172.005	119.476	(26.412)	(43.226)	128.626
Depreciação total (D)	--	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285	71.285
Valor final de caixa = FLDT+D	(1.026.537)	113.553	242.444	208.943	157.933	158.580	184.590	142.378	294.044	243.291	190.761	44.873	28.059	199.911

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ FLAT = fluxo líquido antes dos tributos (os tributos IR e CSSL foram calculados sobre o saldo de A-C-D); e ² FLDT = fluxo líquido depois dos tributos.

Quadro 6C - Fluxos de caixa do sistema de integração lavoura-pecuária

ITENS	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13
RECEITAS														
Vendas de soja	0	252.489	340.839	372.136	289.803	308.844	288.328	318.541	399.233	403.633	387.708	259.311	231.875	252.352
Vendas de milho	0	204.755	248.626	192.277	212.737	238.507	260.072	181.944	270.587	238.693	221.508	188.349	160.563	189.630
Vendas de trigo	0	94.435	113.004	82.507	79.375	93.020	89.748	94.683	124.080	122.097	104.290	76.589	81.798	96.845
Vendas de boi gordo	0	593.127	510.022	520.840	539.132	599.265	627.347	603.544	610.778	589.284	566.655	470.039	449.419	486.423
Subtotal (A)	0	1.144.806	1.212.490	1.167.759	1.121.047	1.239.635	1.265.495	1.198.713	1.404.678	1.353.707	1.280.161	994.289	923.655	1.025.251
Valor residual (B)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	176.114
DESPESAS OPERACIONAIS														
Insumos	0	719.329	645.217	621.602	626.022	716.345	705.523	738.607	749.219	758.944	727.368	649.916	590.119	607.478
Máquinas, equipamentos e operações	0	51.748	49.294	49.637	48.365	52.880	55.644	58.891	64.791	72.439	71.415	75.518	78.714	75.453
Benfeitorias	0	9.288	9.436	8.987	8.768	8.399	8.043	7.911	7.882	7.383	7.584	7.818	8.202	7.676
Mão-de-obra	0	89.110	98.913	100.581	103.836	101.027	91.783	91.854	93.031	87.424	90.100	94.619	101.718	112.430
Outros	0	56.873	64.717	62.130	57.580	63.198	62.260	59.192	71.509	68.597	65.209	50.024	46.784	51.685
Subtotal (C)	0	926.348	867.577	842.937	844.571	941.848	923.253	956.455	986.433	994.788	961.675	877.895	825.537	854.722
Depreciação total (D)	0	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523
INVESTIMENTOS NO SISTEMA														
Subtotal (E)	1.365.916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAT ¹ = A+B-C-D-E	(1.365.916)	126.934	253.390	233.300	184.953	206.263	250.718	150.734	326.722	267.396	226.963	24.871	6.595	255.120
IR	--	19.040	39.348	34.995	27.743	30.940	38.680	22.610	57.681	42.849	34.044	3.731	989	11.851
CSSL	--	11.424	22.805	20.997	16.646	18.564	22.565	13.566	29.405	24.066	20.427	2.238	594	7.111
FLDT ² = FLAT-IR-CSL	(1.365.916)	96.470	191.238	177.308	140.564	156.760	189.474	114.558	239.637	200.481	172.492	18.902	5.012	236.158
Depreciação total (D)	--	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523	91.523
Valor final de caixa = FLDT+D	(1.365.916)	187.993	282.761	268.831	232.088	248.284	280.997	206.081	331.160	292.005	264.015	110.425	96.536	327.682

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ FLAT = fluxo líquido antes dos tributos (os tributos IR e CSSL foram calculados sobre o saldo de A-C-D); e ² FLDT = fluxo líquido depois dos tributos.

Quadro 7C - Fluxos de caixa do sistema de bovinocultura de corte

ITENS	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13
RECEITAS														
Vendas de boi gordo	0	1.617.620	1.390.968	1.420.471	1.470.361	1.634.358	1.710.946	1.646.030	1.665.757	1.607.137	1.545.423	1.281.925	1.225.688	1.326.609
Subtotal (A)	0	1.617.620	1.390.968	1.420.471	1.470.361	1.634.358	1.710.946	1.646.030	1.665.757	1.607.137	1.545.423	1.281.925	1.225.688	1.326.609
Valor residual (B)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	211.141
DESPESAS OPERACIONAIS														
Insumos	0	1.242.739	1.022.948	1.008.967	1.046.139	1.141.719	1.174.162	1.260.988	1.262.446	1.221.469	1.100.839	987.829	946.436	1.015.642
Máquinas, equipamentos e operações	0	10.024	9.225	8.852	8.627	8.734	8.392	8.447	8.760	9.624	9.994	10.167	9.948	9.553
Benfeitorias	0	11.240	11.445	10.941	10.661	10.212	9.781	9.621	9.581	8.973	9.175	9.428	9.863	9.197
Mão-de-obra	0	95.073	105.895	107.603	111.422	108.392	99.767	100.068	101.252	94.870	97.180	101.878	109.359	121.039
Outros	0	57.463	52.214	53.790	54.177	59.480	58.205	55.020	54.564	50.996	50.599	43.270	42.492	44.530
Subtotal (C)	0	1.416.538	1.201.726	1.190.152	1.231.026	1.328.537	1.350.307	1.434.144	1.436.604	1.385.932	1.267.787	1.152.573	1.118.098	1.199.961
Depreciação total (D)	0	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533
INVESTIMENTOS NO SISTEMA														
Subtotal (E)	1.089.068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAT ¹ = A+B-C-D-E	(1.089.068)	133.549	121.709	162.786	171.802	238.289	293.106	144.353	161.620	153.672	210.103	61.820	40.057	270.256
IR		20.032	18.256	24.418	25.770	35.743	49.277	21.653	24.243	23.051	31.515	9.273	6.009	8.867
CSSL		12.019	10.954	14.651	15.462	21.446	26.380	12.992	14.546	13.831	18.909	5.564	3.605	5.320
FLDT ² = FLAT-IR-CSL	(1.089.068)	101.497	92.499	123.718	130.569	181.100	217.450	109.708	122.831	116.791	159.678	46.983	30.443	256.068
Depreciação total (D)		67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533	67.533
Valor final de caixa = FLDT+D	(1.089.068)	169.030	160.032	191.250	198.102	248.632	284.983	177.241	190.364	184.324	227.211	114.516	97.976	323.601

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹ FLAT = fluxo líquido antes dos tributos (os tributos IR e CSSL foram calculados sobre o saldo de A-C-D); e ² FLDT = fluxo líquido depois dos tributos.

Quadro 8C - Variáveis independentes submetidas à análise de sensibilidade

Nº	Variável	Sistemas	Nº	Variável	Sistemas
1	Custo da assistência veterinária	2 e 3	47	Preço do inseticida Metafós	1, 2 e 3
2	Custo do transporte de bovinos	2 e 3	48	Preço do inseticida Semevin	1, 2 e 3
3	Diária do operário rural temporário	1, 2 e 3	49	Preço do Matabicheira (Spray)	2 e 3
4	Investimento total	1, 2 e 3	50	Preço do micronutriente CoMo	1 e 2
5	Preço do adjuvante Energic	1, 2 e 3	51	Preço do micronutriente Starter	1, 2 e 3
6	Preço da lona (m ²)	2 e 3	52	Preço do óleo diesel	1, 2 e 3
7	Preço da muda de tifton	2 e 3	53	Preço do potássio	1 e 2
8	Preço da semente de aveia	1, 2 e 3	54	Preço do sal mineralizado	2 e 3
9	Preço da semente de azevém	1, 2 e 3	55	Preço do vermífugo Ivomec	2 e 3
10	Preço da semente de milho	1, 2 e 3	56	Preço do inoculante para soja	1 e 2
11	Preço da semente de soja	1 e 2	57	Preço do óleo mineral adjuvante	1, 2 e 3
12	Preço da semente de trigo	1 e 2	58	Produtividade de bovino	2 e 3
13	Preço da uréia	1, 2 e 3	59	Produtividade de milho	1 e 2
14	Preço da vacina para bovino	2 e 3	60	Produtividade de soja	1 e 2
15	Preço de venda da soja	1 e 2	61	Produtividade de trigo	1 e 2
16	Preço de venda do boi gordo	2 e 3	62	Salário do administrador	1, 2 e 3
17	Preço de venda do milho	1 e 2	63	Salário do operador de máquinas permanente	1, 2 e 3
18	Preço de venda do trigo	1 e 2	64	Salário do operário rural permanente	1, 2 e 3
19	Preço do adjuvante Assist	1, 2 e 3	65	Valor da balança e do tronco de contenção	2 e 3
20	Preço do antibiótico Agrovit	2 e 3	66	Valor da bomba para água	2 e 3
21	Preço do aparelho elétrico	2 e 3	67	Valor da carreta agrícola	1, 2 e 3
22	Preço do bezerro	2 e 3	68	Valor da cerca elétrica	2 e 3
23	Preço do brinco para bovino	2 e 3	69	Valor da cerca externa	2 e 3
24	Preço do calcário	1, 2 e 3	70	Valor da colhedeira de grãos	1 e 2
25	Preço do carrapaticida Cypermil Pour-On	2 e 3	71	Valor da construção do poço artesiano	2 e 3
26	Preço do cavalo para serviço	2 e 3	72	Valor da forrageira	2 e 3
27	Preço do concentrado para engorda	2 e 3	73	Valor da grade niveladora	1, 2 e 3
28	Preço do fertilizante 00-20-20	1 e 2	74	Valor da grade pesada	1, 2 e 3
29	Preço do fertilizante 05-25-25	2 e 3	75	Valor da infra-estrutura de confinamento	2 e 3
30	Preço do fertilizante 08-30-20	1, 2 e 3	76	Valor da mangueira 3/4"	2 e 3
31	Preço do fertilizante 10-26-24	1, 2 e 3	77	Valor da roçadeira	1, 2 e 3
32	Preço do fungicida Bayfidan	1 e 2	78	Valor da semeadora/plantadeira	1, 2 e 3
33	Preço do fungicida Cercobin 700 PM	1 e 2	79	Valor do bebedouro para bovino	2 e 3
34	Preço do fungicida Folicur	1 e 2	80	Valor do cocho para sal	2 e 3
35	Preço do fungicida Rhodiauram	1 e 2	81	Valor do conjunto pá/lâmina	2 e 3
36	Preço do herbicida Ally	1 e 2	82	Valor do CUB rural (m ²)	1, 2 e 3
37	Preço do herbicida Basagram600	1, 2 e 3	83	Valor do curral de manejo	2 e 3
38	Preço do herbicida Classic	1 e 2	84	Valor do distribuidor de calcário	1, 2 e 3
39	Preço do herbicida Gesaprim500	1, 2 e 3	85	Valor do distribuidor de esterco	2 e 3
40	Preço do herbicida Pivot	1 e 2	86	Valor do misturador de ração	2 e 3
41	Preço do herbicida Roundop Original	1 e 2	87	Valor do pulverizador	1, 2 e 3
42	Preço do herbicida Roundop Transorb	1, 2 e 3	88	Valor do reservatório de água	2 e 3
43	Preço do herbicida Select	1 e 2	89	Valor do terraceador	1 e 2
44	Preço do inseticida Dimilin	1, 2 e 3	90	Valor do trator	1, 2 e 3
45	Preço do inseticida Karate	1 e 2	91	Valor do vagão forrageiro	2 e 3
46	Preço do inseticida Match	1 e 2			

Sistemas: 1 = produção vegetal; 2 = integração lavoura-pecuária; 3 = bovinocultura de corte.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quadro 9C - Coeficientes de correlação simples entre o VPL e as variáveis chave de cada sistema

	Variável	Correlações negativas	Variável	Correlações positivas
Produção vegetal	Investimentos	-0,30	Preço de venda da soja	0,69
	Preço do óleo diesel	-0,10	Preço de venda do milho	0,39
	Preço do fungicida Folicur	-0,07	Preço de venda do trigo	0,21
	Preço da semente de trigo	-0,06	Produtividade de trigo	0,17
	Preço da uréia	-0,05	Produtividade de soja	0,12
	Preço da semente de milho	-0,05	Produtividade de milho	0,11
	Preço do fertilizante 00-20-20	-0,04		
	Preço da semente de soja	-0,04		
	Preço do fertilizante 08-30-20	-0,04		
	Salário do administrador	-0,03		
	Preço do fertilizante 10-26-24	-0,03		
	Diária do operário rural temporário	-0,02		
	Preço do calcário	-0,02		
	Salário do operador de máquinas perm.	-0,01		
	Salário do operário rural permanente	0,00		
Integração lavoura-pecuária	Investimentos	-0,38	Preço de venda da soja	0,51
	Preço do bezerro	-0,29	Preço de venda do boi gordo	0,46
	Preço do óleo diesel	-0,09	Preço de venda do milho	0,29
	Preço do fungicida Folicur	-0,05	Preço de venda do trigo	0,14
	Preço da uréia	-0,05	Produtividade de trigo	0,13
	Preço do concentrado para engorda	-0,05	Produtividade de bovino	0,12
	Salário do administrador	-0,04	Produtividade de soja	0,10
	Preço do fertilizante 08-30-20	-0,01	Produtividade de milho	0,09
Bovinocultura de corte	Preço do bezerro	-0,45	Preço de venda do boi gordo	0,74
	Investimentos	-0,14	Produtividade de bovino	0,18
	Preço da muda de tifton	-0,09		
	Preço do concentrado para engorda	-0,07		
	Preço da uréia	-0,04		
	Salário do administrador	-0,03		
	Preço do óleo diesel	-0,02		
	Salário do operário rural permanente	-0,02		
	Preço do calcário	-0,01		
	Preço do sal mineralizado	-0,01		
	Preço do fertilizante 08-30-20	0,00		

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quadro 10C - Avaliação da acurácia das estimativas do VaR

Sistema PV			
Método	HPC	DN	HPV
Número de observações	152	152	15.200
Número de violações previstas	7,6	7,6	760
Número de violações ocorridas	7	7	758
% de violações previstas	5,0	5,0	5,0
% de violações ocorridas	4,6	4,6	5,0
Valor médio das violações	-149.063	-149.063	-158.694
Violação máxima	-170.039	-170.039	-225.911
Violação mínima	-133.546	-133.546	-133.139
Teste de Kupiec: LR calculado	0,051	0,051	não calc
Teste de Kupiec: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	não calc
Teste Z: Z calculado	-0,22	-0,22	-0,07
Teste Z: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	Aceita H0
Sistema ILP			
Método	HPC	DN	HPV
Número de observações	152	152	15.200
Número de violações previstas	7,6	7,6	760
Número de violações ocorridas	8	11	731
% de violações previstas	5,0	5,0	5,0
% de violações ocorridas	5,3	7,2	4,8
Valor médio das violações	-124.489	-116.643	-136.882
Violação máxima	-140.824	-140.824	-209.999
Violação mínima	-102.857	-93.057	-110.670
Teste de Kupiec: LR calculado	0,02	1,42	não calc
Teste de Kupiec: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	não calc
Teste Z: Z calculado	0,15	1,27	-1,08
Teste Z: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	Aceita H0
Sistema BC			
Método	HPC	DN	HPV
Número de observações	152	152	15.200
Número de violações previstas	7,6	7,6	760
Número de violações ocorridas	7	7	689
% de violações previstas	5,0	5,0	5,0
% de violações ocorridas	4,6	4,6	4,5
Valor médio das violações	-139.151	-139.151	-162.301
Violação máxima	-212.307	-212.307	-334.546
Violação mínima	-109.667	-109.667	-120.701
Teste de Kupiec: LR calculado	0,051	0,051	não calc
Teste de Kupiec: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	não calc
Teste Z: Z calculado	-0,22	-0,22	-2,64
Teste Z: conclusão	Aceita H0	Aceita H0	Superestima

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: 1) testes estatísticos com nível de significância de 5%; 2) LR tabelado = 3,84; e 3) Z tabelado = 1,96.