

**EMBRAPA OPÇÕES REAIS E
DIVERSIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO
AGRÍCOLA: DETERMINAÇÃO DOS
LIMITES DE ENTRADA/SAÍDA E
VALORAÇÃO DE OPÇÕES DE CONVERSÃO
EM INVESTIMENTO EM LAVOURA DE
CULTURAS TEMPORÁRIAS**

CAROLINE MIRIÃ FONTES MARTINS

2009

CAROLINE MIRIÁ FONTES MARTINS

**OPÇÕES REAIS E DIVERSIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA:
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ENTRADA/SAÍDA E
VALORAÇÃO DE OPÇÕES DE CONVERSÃO EM INVESTIMENTO
EM LAVOURA DE CULTURAS TEMPORÁRIAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Administração, área de concentração
em Dinâmica, Estrutura e Gestão de Cadeias
Produtivas, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Junior

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos
Técnicos da**

Martins, Caroline Miriã Fontes.

Opções reais e diversificação na produção agrícola:
determinação dos limites de entrada/saída e valoração de opções de
conversão em investimento de culturas temporárias / Caroline Miriã
Fontes Martins. – Lavras : UFLA, 2009.

213 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Luiz Gonzaga de Castro Júnior.

Bibliografia.

1. Lavoura temporária. 2. Carteira de investimento. 3. Tomada
de decisão. 4. Teoria das Opções Reais. 5. Viabilidade econômica de
investimento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 338.13

CAROLINE MIRIÃ FONTES MARTINS

**OPÇÕES REAIS E DIVERSIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA:
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ENTRADA/SAÍDA E
VALORAÇÃO DE OPÇÕES DE CONVERSÃO EM INVESTIMENTO
EM LAVOURA DE CULTURAS TEMPORÁRIAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Administração, área de concentração
em Dinâmica, Estrutura e Gestão de Cadeias
Produtivas, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 30 de setembro de 2009.

Prof. Dr. Renato Elias Fontes	UFLA
Prof. Dr. Luiz Marcelo Antonialli	UFLA
Prof. Dr. Franscival de Melo Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Bezamat de Souza Neto	UFSJ
Prof. Dr. Fabricio Molica de Mendonça	UFSJ

Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Junior
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

Compartilho a alegria da realização deste trabalho com todos os que de alguma forma fizeram parte deste acontecimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Gonzaga, agradeço pela confiança e apoio incondicional, bem como pelo ajuda na realização deste trabalho.

A Banca Examinadora pelas valiosas observações e considerações.

Ao Aloísio Campos e aos extensionistas da EMATER-MG pelo auxílio em fornecer informações sem as quais este trabalho não seria possível.

Aos agrônomos, revendedores de insumos, máquinas e implemntos de Unai pela disponibilidade e fornecimento de informações indispensáveis para o desenvolvimento desta tese.

Aos colegas, professores e funcionários da UFLA pelos momentos compartilhados.

Ao meus amigos parceiros, em especial, Wanda Bitencourt pela imensa ajuda.

Aos colegas da UFSJ que estiveram ao meu lado nesta jornada.

À minha família por me apoiarem, não somente neste trabalho, como em todos os momentos de minha vida.

Agradeço, com todo o meu amor, os meus pais, minha fonte de eterna inspiração.

Ao Leonardo, meu amor, pela compreensão, amor e dedicação, assim como a sua família pelo carinho constante.

Aos meus alunos pelos desafios a mim impostos e também pela compreensão das minhas faltas. Em especial, agradeço a Naiara Leite que carinhosamente me ajudou.

Agradeço a Deus pela minha vida e por todas essas pessoas existirem na minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE GRÁFICOS.....	ii
LISTA DE QUADROS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Estrutura da tese.....	11
2 MERCADO DAS <i>COMMODITIES</i> AGRÍCOLAS NO BRASIL E NO MUNDO - SOJA, MILHO E FEIJÃO.....	13
2.1 Mercado da soja.....	15
2.1.1 Produção mundial.....	17
2.1.2 Exportação mundial.....	19
2.1.2.1 Soja em grão.....	19
2.1.2.2 Farelo de soja.....	21
2.1.2.3 Óleo de soja.....	22
2.1.3 Consumo mundial.....	22
2.1.4 Cenário da produção e produtividade da soja no Brasil.....	24
2.2 Mercado do milho.....	28
2.2.1 Produção mundial.....	31

2.2.2 Consumo mundial	32
2.2.3 Exportação mundial	34
2.2.4 Produção nacional.....	35
2.2.5 Produtividade nacional	39
2.2.6 Consumo nacional.....	39
2.2.7 Sistemas de produção de milho no Brasil	40
2.3 Mercado do feijão	42
2.3.1 Comportamento dos preços	49
3 DECISÃO DE INVESTIMENTO NA ATIVIDADE PRODUTIVA RURAL	51
3.1 Importância da análise de investimento na atividade produtiva rural e ferramentas de análise de investimento tradicionais.....	51
3.1.1 Valor presente líquido (VPL)	55
3.1.1.1 Definição.....	55
3.1.1.2 Limitações e críticas	57
3.2 Práticas e abordagens de análise de investimento na atividade produtiva rural	61
3.3 Conclusão	64
4 MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE CAPITAL (CAPITAL ASSET PRICE MODEL – CAPM)	67
4.1 Retorno dos ativos	69
4.2 Risco dos ativos	72
4.3 Carteira de investimento	76
4.3.1 Retorno esperado de portfolio.....	79
4.3.2 Risco esperado de portfolio	80
4.3.3 Limitações do CAPM	85

5	TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	87
5.1	Origem das opções reais	87
5.2	Teoria das opções reais: definições e conceitos.....	90
5.3	Tipos e características de opções reais.....	93
5.4	Variáveis que afetam o valor das opções reais	95
5.5	Estudos sobre aplicação do VPL e TOR.....	98
5.6	Limitações da teoria das opções reais.....	110
5.7	Teoria das opções reais: modelos de entrada e saída	111
5.8	Teoria das opções reais: opções de conversão	120
5.8.1	Movimento de reversão à média.....	123
5.8.2	Simulação	124
6	METODOLOGIA.....	127
6.1	Tipificação	127
6.2	Seleção dos produtos agrícolas e do município para elaboração do investimento em propriedade rural com produção diversificada de lavouras temporárias	129
6.3	Descrição dos passos para a construção do modelo de análise de investimento de propriedade rural com produção diversificada em lavouras temporárias empregando a TOR.....	130
6.4	Coleta de dados.....	131
6.5	Fontes de informações	134
6.5.1	Séries de preços da soja, milho e feijão	134
6.5.2	Determinação do investimento de capital.....	137
6.5.3	Custos de produção da soja, milho e feijão.....	139
6.6	Construção da carteira de lavoura temporária segundo CAPM, usando a pesquisa operacional	140

6.7 Modelo teórico de opções reais de entrada e saída em investimento.....	143
6.7.1 Variáveis do modelo de entrada e saída de investimento	145
6.7.2 Desenvolvimento do modelo de entrada e saída de investimento	145
6.7.3 Determinação da forma funcional do valor de um projeto inativo	147
6.7.4 Determinação da forma funcional do valor de um projeto ativo	149
6.7.5 Determinando os pontos de entrada e saída de um investimento	150
6.8 Limitação da pesquisa.....	152
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	153
7.1 Apresentação do município de Unaí-MG	153
7.1.2 A produção de Feijão no estado de Minas Gerais e no município de Unaí	156
7.2 Carteira agrícola de soja, milho e feijão	158
7.3 Modelo de entrada e saída	165
7.3.1 Identificação do valor médio esperado (μ) e a variância do retorno (σ^2) para o produtor.....	165
7.3.2 Determinação do ρ - custo de oportunidade do capital.....	166
7.2.3 Cálculo de α e β	166
7.3.4 Custos de implantação - K.....	167
7.3.5 Custos de Manutenção anual da carteira de soja, milho e feijão	168
7.3.6 Custo de abandono - X.....	170
7.3.7 Preços de entrada e saída no investimento – H e L.....	170
7.4 Opções de conversão	172
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
ANEXOS	193

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Seis variáveis que determinam a análise do valor das opções reais.	97
FIGURA 2 Valor da flexibilidade gerencial.	98
FIGURA 3 Cartografia do Município de Unaí no estado de Minas Gerais.	153

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Conjunto viável de carteiras construídas com vários títulos.	84
GRÁFICO 2 Função $G(P)$	119
GRÁFICO 3 Série de preços deflacionados das culturas de soja, milho e feijão.	159
GRÁFICO 4 Série dos retornos mensais da soja, do milho e da feijão	161
GRÁFICO 5 Série de preços deflacionados e limites de entrada e saída.	172

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Os múltiplos usos do milho (planta, espiga e grão) no Brasil.	29
QUADRO 2 Safras do feijão: período e região.	46
QUADRO 3 Fatores que interferem na formação de preço do feijão.....	50
QUADRO 4 Pressuposto e restrição do VPL frente à flexibilidade gerencial.....	59
QUADRO 5 Comparação entre opção financeira e opção real.	90
QUADRO 6 Opções reais existentes em um projeto de investimento.	95
QUADRO 7 Empresas que empregaram o método das Opções Reais até 2000.	102
QUADRO 8 As opções reais nos estudos acadêmicos brasileiros.....	106
QUADRO 9 Aplicação da TOR em relação às áreas de atividade.	108
QUADRO 10 Críticas à TOR.	110
QUADRO 11 Fonte de dados da pesquisa.....	134
QUADRO 12 Significado dos símbolos das equações (45), (46), (47) e (48).....	151

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Produção brasileira de milho.....	37
TABELA 2 Capital investido para produção de soja, milho e feijão em 400 ha.	138
TABELA 3 Variáveis utilizadas no modelo.	145
TABELA 4 Principais produtos agrícolas mineiros e posição no ranking brasileiro.....	154
TABELA 5 Retorno esperado mensal e variância do retorno esperado mensal dos produtos agrícolas.....	161
TABELA 6 Retorno esperado mensal e variância dos retornos da carteira agrícola inicial e otimizada.	162
TABELA 7 Variação no retorno e variância de cada produto agrícola em relação à carteira otimizada.....	163
TABELA 8 Custo de Implantação da lavouras de Soja, Milho e Feijão em 400 ha.	168
TABELA 9 Custo de Manutenção da Lavoura da Carteira de Soja, Milho e Feijão por hectare.	169
TABELA 10 Parâmetros de cálculo dos sistemas de equações.....	170
TABELA 11 Parâmetros para modelagem de soja, milho e feijão.	174
TABELA 12 Comparação do VPL estático e Dinâmico (VPL/HA).	176
TABELA 13 Opção de Conversão entre pares de produtos.	177

RESUMO

MARTINS, Caroline Miriã Fontes. **Opções reais e diversificação na produção agrícola**: determinação dos limites de entrada/saída e valoração de opções de conversão em investimento em lavoura de culturas temporárias. 2009. 213 p. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A decisão de investimento na atividade agrícolas é realizada em condições de incerteza devido a exposição aos riscos inerentes da própria atividade, tais como: clima, crédito e preço. Associado a esses riscos, observa-se que os projetos de investimentos no setor agrícola requerem um montante expressivo de recursos a serem aplicados no longo prazo. Em função disso, verifica-se que a decisão de realização de investimentos é um ponto decisivo para o sucesso das empresas rurais. Ao tratar em específico de propriedade rural de lavouras temporárias, observa-se que o valor de constituição desse empreendimento, investimento fixo, é de elevada quantia e envolve um longo período para recuperação do capital inicial. O comportamento do produtor rural, em relação a decisão de investimento e a seleção da lavoura a ser cultivada, demonstra-se propício para gerar perdas significativas. De forma geral, os produtores rurais decidem começar o cultivo de determinada lavoura temporária no momento em que os preços dessa commodity estão elevados e se retiram da atividade quando os seus preços apresentam-se baixos. Essa reação não reconhece a existência da incertezas em projeto de investimento, bem como da flexibilidade da tomada de decisão em função das informações reveladas a este agente durante a vida deste projeto. A Teoria das Opções Reais emerge como uma importante ferramenta para fornecer informações mais adequadas em relação a entrada e a saída em projetos de investimento, bem como sobre o valor da opção de conversão entre produtos agrícolas, pois incorpora em sua análise a incerteza ambiental e fornece ao produtor rural a flexibilidade gerencial necessária para atuar nesse ambiente incerto. Por seu turno, o Modelo de Precificação de Ativos de Capital também pode ser um importante instrumento para auxiliar o produtor rural nas suas decisões de investimento, visto que possibilita identificar a composição ótima da carteira de produtos agrícolas cultivados por este agente com vistas a reduzir o risco para dado retorno. Tendo isso em vista, o presente trabalho investigou a aplicação do Modelo de Precificação de Ativo de Capital para a formação de carteira de investimento em lavouras temporárias e a partir dos resultados dessa carteira aplicou o modelo sugerido por Dixit & Pindyck (1994) apresentado no trabalho de Luong & Tauer

* Orientador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Júnior.

(2006) para a identificação dos pontos de entrada e saída da lavoura diversificada da soja, milho e feijão. Nesta pesquisa observou-se que a associação do Modelo de Precificação de Ativos de Capital com a Teoria das Opções reais são ferramentas adequadas para apoiar a tomada de decisão desses agricultores em um ambiente permeado por incertezas.

Palavras-chave: Opções reais. Carteira de investimento. Lavoura temporária.

ABSTRACT

MARTINS, Caroline Miriã Fontes. **Real options and diversification in agricultural production**: determining the limits of input / output and valuation of options for conversion into investments in crop cultivation of temporary. 2009. 213 p. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The decision to invest in agricultural activity is carried out under conditions of uncertainty due to exposure to the risks inherent in the activity itself, such as climate, credit and price. Associated with these risks, it is observed that the investment projects in the agricultural sector require a significant amount of funds to be invested in the long term. As a result, it appears that the decision on investments is a turning point for the success of rural enterprises. When dealing with specific property in rural temporary crops, it is observed that the value at which that enterprise, fixed investment, is a high amount and involves a long period to recover the initial capital. The behavior of the farmer in relation to investment decision and the selection of crops to be grown, it is demonstrated appropriate to generate significant losses. In general, farmers decide to start the cultivation of certain seasonal crop when prices are high this commodity and withdraw from the activity when its prices were low. This reaction does not recognize the existence of uncertainties in the investment project and the flexibility of decision making in light of information disclosed to this agent during the life of this project. The Real Options Analysis emerges as an important tool for providing better information about the entry and exit of investment projects, as well as the value of the conversion of agricultural products, it incorporates into its analysis to environmental uncertainty and provides farmer management flexibility needed to work in this uncertain environment. Furthermore, Capital Asset Price Model can also be an important tool to assist rural producers in their investment decisions as possible to identify the optimum portfolio composed of agricultural products produced by this agent in order to reduce the risk for a given return. With this in mind, this study investigated the application of the Pricing Model Capital Asset for the formation of portfolio investment in temporary crops and from the results of such portfolios applied the model proposed by Dixit & Pindyck (1994) presented the work of Luong & Tauer (2006) to identify the points of entry and exit of diverse crop of soybeans, corn and beans. In this study that the association of Capital Asset Price Model to the The Real Options Analysis are appropriate tools to

* Advisor: Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Júnior.

support decision making of farmers in an environment riddled with uncertainties.

Keywords: Real options. Portfolio. Seasonal crop.

1 INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo passou, nas últimas décadas, por profundas transformações que repercutiram na sua configuração política, social e econômica. Esse novo contexto é marcado pela complexidade advinda da globalização dos mercados, pelo aumento da competitividade, pelos avanços tecnológicos, entre outros aspectos. Tal formatação exige das organizações um nível constante de adaptação, de forma a fazer frente ao acirramento da competitividade, bem como à crescente demanda por qualidade. Desta maneira, torna-se imprescindível que as organizações caminhem para uma gestão eficiente e eficaz.

O ajuste organizacional as essas mudanças tornou-se necessário para vários setores econômicos brasileiro. Em específico, no setor agropecuário essa repercussão foi bastante ampla, uma vez que este apresentava anteriormente com uma forte intervenção do governo e contava com um mercado interno protegido, teve que enfrentar, em função das mudanças do mundo contemporâneo, as conseqüências da saída do Estado na economia, bem como a competição de produtos oriundos de outros países.

Essas modificações deflagraram a saída de muitos produtores ineficientes do mercado, permitindo a permanência daqueles mais eficientes. Ademais, a partir dessa época, o agronegócio brasileiro apresentou grandes melhorias, que garantiram ao setor o reconhecimento mundial de sua competitividade. Entretanto, faz-se mister observar que o competitividade do produtor brasileiro ocorre da “porteira para dentro”, em particular, devido ao desenvolvimento de sementes adequadas a cada região, resistentes às doenças, ao tratamento científico dos solos, ao sistema inovador de plantio direto e à intensa mecanização da lavoura.

É necessário que a melhoria e o desenvolvimento da atividade agropecuária não se restrinjam somente ao progresso nas técnicas de cultivo. O produtor rural deve, também, investir no aprimoramento da gestão empresarial, para, então, diminuir o descompasso entre a evolução no campo e a melhoria nas diversas áreas da gestão empresarial, quais sejam: logística, marketing, estratégia, finanças e outros.

Dentre as áreas de gestão, destaca-se a necessidade de que técnicas modernas de gestão financeira sejam aplicadas a atividade agropecuária, de forma que a propriedade rural seja tratada como uma empresa e, como tal, deve gerar retornos financeiros mais satisfatórios.

A atividade rural possui a peculiaridade de apresentar uma exposição acentuada a riscos de naturezas diversas. Apesar disso, Schouchana (2000) descreve que, na atividade agropecuária, os agricultores e as empresas agropecuárias estão expostos a três tipos de riscos, clima, crédito e preço. Além destes, pode-se elencar outros fatores que aumentam o risco no mercado do agronegócio, a competitividade acentuada e os fatores biológicos.

Ademais, a profissionalização financeira das propriedades rurais torna-se importante devido ao fato dos indivíduos na atividade agropecuária assumirem a posição de tomadores de preços e, em consequência, sofrem os reflexos das possíveis variações nos preços dos seus produtos, uma vez que a produção rural se aproxima de uma estrutura próxima ao modelo de concorrência perfeita. Essa característica expressa que a oferta individual dos agentes envolvidos com a produção não é capaz de influenciar os seus preços de venda e, por isso, choques exógenos nesses preços repercutem sobre suas rentabilidades.

Esse estado de exposição ao risco e a competitividade da atividade agropecuária, associado ao fato dos produtores não conseguirem determinar os preços dos produtos, demonstra que é indispensável usar ferramentas que o

auxiliem a gerenciar as incertezas dos negócios, a otimizar a utilização dos seus recursos e a incorporar a flexibilidade advinda dessas incertezas no seu processo de tomada de decisão.

Nesse sentido, observa-se que o gestor rural pode se proteger da flutuação dos preços, por meio da operação em mercados futuros, bem como via diversificação da sua produção agrícola. A partir da utilização do mercado futuro, por meio do hedge, o produtor consegue determinar um preço de venda do seu produto compatível com a sua expectativa de retorno. Contudo, a utilização desse instrumento requer o conhecimento de seus mecanismo e peculiaridades, a exemplo da identificação da efetividade do hedge para que o agente não se exponha a risco de base e, ainda, os custos de utilização desse instrumento de hedge.

Por outro lado, a diversificação de carteira de produtos agrícolas é outro instrumento importante para a redução de risco, pois possibilita que o produtor rural opere eficientemente em condições de incerteza, com vistas a reduzir o risco da atividade e ampliar o seu retorno. Com o uso da diversificação do plantio é possível utilizar os mesmos fatores de produção (maquinário, mão-de-obra e armazenagem) para se operar com diferentes commodities, a exemplo da soja, do milho e do feijão.

Há de se destacar, ainda, que a gestão financeira eficiente da atividade agropecuária deve iniciar-se com a avaliação da viabilidade econômica do investimento na propriedade rural, uma vez que os produtores realizam consideráveis investimentos de longo prazo e também possuem gastos elevados no curto prazo para propiciar a produção. Com isso, esses agentes precisam de informações atualizadas e adequadas para definirem onde, quando e como aplicar os seus recursos para se sustentarem em um mercado competitivo e dinâmico.

Entretanto, as práticas e a teoria clássica de investimentos utilizadas no mercado agropecuário tendem a expor os produtores a riscos, perdas e ineficiências no uso de seus recursos. No que concernem as práticas de investimento no setor agropecuário pode-se destacar a existência de três praxes na atividade rural, quais sejam: manter-se na atividade produtiva a qualquer preço que o produto agrícola apresentar, entrar na atividade quando o preço do produto estiver no pico e retirar-se quando os preços apresentarem-se em patamares baixos, e, por fim, ingressar no mercado quando o preço da commodity for maior que o custo total unitário e retirar-se quando esse preço for inferior ao custo variável unitário.

Em relação à main stream sobre análise de investimentos, esta preconiza a utilização do método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), o qual se baseia no conceito do valor do dinheiro no tempo em que o retorno advindo de um capital investido em t é resgatado no $t+1$. Neste método estimam-se os fluxos esperados de entradas e saídas ao longo da vida de um projeto, descontando-os a uma taxa que representa o retorno mínimo aceitável e o valor do dinheiro no tempo, denominada taxa de desconto, taxa mínima de retorno, custo de capital ou custo de oportunidade de capital. O FCD pode ser representado, basicamente, por duas técnicas que pautarão a realização ou não de certo investimento, a saber: a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL ou NPV, net present value).

Constata-se que dentre essas duas técnicas, o VPL é a abordagem clássica no processo de análise de investimento. Esta técnica consiste em obter a diferença entre o valor presente dos fluxos de lucros esperado em um investimento e o valor presente dos seus fluxos de gastos, descontando-a uma taxa mínima de retorno. Com base na diferença apurada, determina-se se o investimento deve se esta for superior a zero.

Contudo, a abordagem clássica do VPL é criticada por não incorporar a flexibilidade gerencial em sua análise, o que é inadequada ao mundo real dos investimentos, no qual um projeto pode tanto apresentar um resultado superior ao esperado e, por isso, tende a ser ampliado, como pode também o resultado realizado pode assumir um valor inferior ao esperado, gerando a sua rejeição. Assim, ao não considerar a flexibilidade gerencial o VPL desconsidera que os investidores têm a opção de alterarem sua posição ao longo da vida útil de um projeto, de formar a maximizar seus ganhos e minimizar as suas perdas.

Não obstante, a crítica tecida à abordagem baseada no VPL é que a mesma negligencia as propriedades inerentes de um investimento, as quais compreendem a irreversibilidade total ou parcial do valor investido; a incerteza do retorno futuro gerado pelo investimento e a flexibilidade do momento de realização do investimento.

Tendo em vista, as lacunas da corrente teórica clássica em considerar as características intrínsecas aos investimentos, bem como os riscos e as incertezas característicos da atividade agropecuária, é que se verifica a relevância de se elaborar um modelo financeiro de análise de investimento no setor rural que considere tais aspectos.

Para atender a essas necessidades, no presente estudo é formulado um modelo para a análise da viabilidade econômica em projetos de investimento em propriedade rurais com produção agrícola diversificada realizados sob condições de incerteza, com vistas a reduzir os riscos desta atividade e fornecer ao produtor rural a flexibilidade gerencial necessária para a realização destes projetos. Para tanto, esse modelo conjuga a abordagem da Análise das Opções Reais (ROA, Real Options Analysis, também conhecida como Teoria das Opções Reais, TOR, como será aqui referida) e com a do Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM, Capital Asset Price Model).

No que concerne a TOR, verifica-se que essa adveio da teoria das opções financeiras desenvolvidas por Black et al. (1973) para precificação de derivativos, abordagem esta que ficou conhecida como Modelo Black-Scholes. Os métodos desta abordagem foram estendidos para a solução do problema de decisão de investimento em ativos reais sob condições de incerteza, originando assim a TOR.

A Teoria das Opções Reais possui a capacidade de oferecer melhores ferramentas para a realização de investimentos em um ambiente incerto, devido ao fato de reconhecer as particularidades desses investimentos, a saber: a irreversibilidade total ou parcial do valor investido; a incerteza do retorno futuro gerado pelo investimento e a flexibilidade do momento de realização do investimento.

Ademais, esta teoria é uma tentativa de incorporar ao método tradicional de decisão de investimento, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), a flexibilidade gerencial requerida para atuar em um ambiente sujeito a incerteza. Por isto, utiliza-se a TOR para resolução das alterações que se observam no decorrer de um investimento. Alterações essas que podem tanto tornar o projeto de investimento mais atrativo a ponto de expandir, como menos interessante a ponto de requerer sua contração, diferimento e até abandono. Nesse sentido, o investimento é uma opção de empreender uma ação a um custo predeterminado (preço de exercício) e por um período pré-estabelecido (vida da opção).

Contudo, verifica-se que, embora a TOR produza respostas satisfatórias à decisão de investimento em um ambiente de incerteza e represente uma evolução diante método do FDC, ainda possui utilização restrita no ambiente empresarial. Essa restrição decorre das características apresentadas pela TOR, a saber:

- a TOR utiliza conhecimentos teóricos e matemáticos avançados;

- as informações sobre o ativo básico das opções reais, como preço de mercado, séries históricas e distribuição de probabilidade, não são facilmente obtidas.

Por seu turno, o Modelo de Precificação de Ativos de Capital consiste em uma importante ferramenta no campo das finanças administrativas e da análise de investimento. Esse modelo apresenta que para maximizar a sua riqueza, o investidor pode lançar mão da diversificação, isto é, constituir uma carteira de ativos capaz de reduzir o risco em relação a um retorno determinado. Portanto, para o setor agropecuário, a diversificação de carteira pode consistir em uma estratégia para reduzir os riscos na produção ou no armazenamento de produtos agrícolas.

Conforme apresentado anteriormente, será desenvolvido no presente estudo um modelo de análise da viabilidade econômica em projetos de investimento em propriedade rural com produção agrícola diversificada em lavouras temporárias. Para tanto, selecionou-se a soja, o milho e o feijão como as commodities a serem produzidas e a cidade de Unaí, em Minas Gerais, como referência na identificação dos custos de implantação e de produção para a construção da propriedade rural simulada com estrutura produtiva única que possibilite a produção dos referidos produtos agrícola.

Dessa forma, o Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM, Capital Asset Price Model) foi utilizado para o cálculo, com base nos preços médios recebidos pelos produtores rurais destas commodities, da composição carteira de produtos agrícolas que minimize o risco para dado retorno, isto é, como recurso para gerenciar e minimizar o risco de tal investimento. A partir da composição desta carteira, estimou-se os gastos de implantação da propriedade rural simulada, bem como os custo de produção e utilizou-se a TOR para avaliar as condições de incerteza do ambiente no qual esses projetos se desenvolvem e

com isso, permitir que o produtor rural identifique a flexibilidade gerencial na realização desse tipo projeto.

Especificamente, no modelo desenvolvido nesta tese, a TOR foi utilizada para determinar os preços de entrada e saída em um projeto de investimento em propriedade rural com produção diversificada em lavouras temporárias de verão – a soja, o milho e o feijão - no município de Unaí – Minas Gerais. Não obstante, a Teoria das Opções Reais foi implementada ainda para identificar o valor da opção de conversão entre os pares dos produtos agrícolas (soja-milho, soja-feijão e feijão e milho).

Assim, as questões que norteiam esse estudo são:

- Quais são os limites de entrada e saída em investimento de propriedade rural com produção diversificada de lavouras temporárias?
- Qual o valor da opção de conversão entre os pares de produtos agrícolas?

Com vistas a responder as questões supracitadas que instigam este trabalho, adotou-se como hipótese de pesquisa a viabilidade de aplicação do modelo de opções reais complementado pelo CAPM para a avaliação de investimento em propriedade rural com produção agrícola diversificada em lavouras temporárias.

A seleção da avaliação de investimento em propriedade rural de lavoura temporária, em especial, com propriedade diversificada decorre da escassez de trabalhos utilizando a TOR para análise de investimento em lavouras temporárias diversificadas. Além disso, a escolha da soja, milho e feijão para a produção baseou-se no fato dessas commodities serem lavouras temporárias de verão. Com isso, tais produtos são concorrentes quando da decisão de plantio do

produtor rural, bem como possibilitam que esse agente divida a sua produção entre essas três cultivares em uma mesma safra a fim de diversificar a sua lavoura.

Por sua vez, a escolha de Unai decorreu da importância apresentada por este município no estado de Minas Gerais na produção das commodities selecionadas neste estudo e também devido às condições climáticas, pluviométricas e produtivas favoráveis da cidade que viabiliza a produção na safra de verão de soja, milho e feijão.

O uso da TOR permite considerar as incertezas do negócio na análise de investimento na medida em que novas informações são reveladas e com isso possibilita ao gestor maior flexibilidade. Nesse sentido, neste trabalho será aplicado o modelo de entrada e saída desenvolvido por Long & Tauer (2006), os quais basearam-se na abordagem de Dixit & Pindyck (1994), para determinar as fronteiras de entrada e saída para plantadores de café no Vietnã com o uso da TOR.

Não obstante, a TOR foi implementada nesta tese, também, na forma de opção de conversão (switch option). Esse tipo de opção permite avaliar o valor da flexibilidade de alterar os insumos (matéria-prima) ou as saídas (produtos) de uma atividade, sendo válidas para os casos em que o ativo possibilita a alternâncias dos insumos, produtos ou atividade diante da ausência de custos impeditivos de conversão.

Portanto, no presente estudo foi avaliada, ainda, a opção de conversão entre os pares de produtos de agrícolas na propriedade rural simulada, a qual possui capacidade produtiva para cultivar a soja, o milho e o feijão. Em específico, valoraram-se as opções de conversão entre o cultivo da soja e milho, da soja e feijão e por fim feijão e milho. Entendem-se que, diante dessa análise, o produtor rural poderá avaliar o valor da flexibilidade possuída de alternar a sua produção com vistas a aumentar a sua riqueza.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

De modo geral, o objetivo deste trabalho é determinar os limites de entrada e saída de projeto de investimento em propriedade rural com produção diversificada de soja, milho e feijão e identificar o valor da opção de conversão entres os pares desses produtos no município de Unaí, no Estado de Minas Gerais.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- analisar o mercado das commodities agrícolas selecionadas para realização do investimento: soja, milho e feijão;
- utilizar o CAPM para construir a carteira diversificada das lavouras de soja, milho e feijão;
- aplicar o modelo de entrada e saída desenvolvido por Loung & Tauer (2006) para determinar os limites de entrada e saída em um projeto de propriedade rural com produção diversificada;
- empregar o modelo de opções de conversão para valorar essa opção para o cultivo da soja e milho, da soja e feijão e por fim feijão e milho
- analisar a partir dos resultados a contribuição da diversificação da produção agrícola proposta pelo CAPM para reduzir o risco no investimento em ativos reais dado certo retorno;
- analisar os resultados da determinação dos limites de entrada e saída de projeto de investimento agrícola com uma produção diversificada e da valoração das opções de conversão.

1.2 Justificativa

Este tese tem a relevância e originalidade destacada em função da Teoria das Opções Reais (TOR) ainda ser pouco utilizada na avaliação de investimento, em especial, na atividade agropecuária e, mais destacadamente, em lavouras temporárias.

Além disso, o uso do modelo de carteira de produtos agrícolas demonstrar-se como uma importante ferramenta para a redução do risco para determinado retorno em relação ao cultivo de um produto agrícola individual. Nesse sentido, faz-se mister destacar a ausência de estudo que implementem a TOR sobre carteira de produtos agrícolas, em específico trabalho que avaliem os limites de entrada e saída da atividade produtiva, segundo a TOR, para carteira de investimento de produtos agrícolas.

Outro ponto a ser destacado, ainda, em relação a importância do presente estudo em relação ao emprego da TOR é o número reduzido de trabalhos acadêmicos envolvendo a valoração da opção de conversão na atividade da produção agrícola. Não obstante, problema da produção rural existem elementos necessários para o uso das opções reais: incerteza, flexibilidade e irreversibilidade do investimento.

Em relação, ao setor agropecuário destaca-se a sua importância para economia brasileira. Este setor é responsável pelo desempenho econômico dos setores a montante e a jusante do Complexo da Agroindústria. Em 2008, na pauta de exportação brasileira, a agropecuária totalizou 35% das exportações nacionais em termos monetário, o que corresponde US\$69.317.667 (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009a).

1.3 Estrutura da tese

No intuito de atingir os objetivos propostos, a presente tese foi estruturada em nove capítulos, além das referências bibliográficas e anexos. No

primeiro capítulo, introdução, no intuito de contextualizar o leitor com a problemática que envolve esta pesquisa realizou-se uma discussão dos aspectos relativos as técnicas de análise de investimento, em especial, para o setor agropecuário. Para tanto, apresentaram-se o problema e sua importância para a realização desta pesquisa, bem como os objetivos gerais e específicos.

A fundamentação teórica que sustenta este estudo é apresentada nos capítulos de dois a cinco. Nesses capítulos discute-se o mercado de commodities agrícolas, as decisões de investimento na empresa, a carteira de investimento e opções reais, este item subdividido em: modelo de entrada e saída em investimento e opções de conversão.

O sexto capítulo consiste na definição da metodologia e da apresentação de suas etapas. Na primeira são descritos os procedimentos empregados em cada etapa, é caracterizada a amostra, são definidos os instrumentos de pesquisa e apresentada a coleta de dados. Em seguida, à descrição do modelo de entrada e saída segundo a Teoria das Opções Reais desenvolvidos por Luong & Tauer (2006) baseado no modelo de Dixit & Pindyck (1994) e Hull (1997).

A apresentação, a análise e a discussão dos resultados estão localizadas no sétimo capítulo, o qual, por sua vez, é subdividido em duas partes. A primeira refere-se à análise dos resultados da carteira de investimento de produtos agrícolas de soja, milho e feijão. Na segunda parte, por sua vez, são analisados os limites de entrada e saída da TOR de um portfolio compostos por soja, milho e feijão.

Finalmente, no oitavo capítulo são efetuadas as considerações finais pertinentes e apontada possibilidade para pesquisa futura.

2 MERCADO DAS *COMMODITIES* AGRÍCOLAS NO BRASIL E NO MUNDO - SOJA, MILHO E FEIJÃO

O complexo agroindustrial (agribusiness) é representado por um composto abrangente de atividades que se inicia antes mesmo da porteira da fazenda e se estende até o consumidor final. Os elementos que compõem este complexo são representados por:

- a) fornecimento de insumos e bens de produção;
- b) produção agropecuária;
- c) processamento e transformação;
- d) distribuição;
- e) consumo;
- f) serviços de apoio.

A cadeia agroindustrial pode ser compreendida como um recorte dentro do complexo agroindustrial, uma vez que corresponde à seqüência de atividades e insumos específicos para obtenção de um determinado produto agropecuário, com vista a sua produção e distribuição (Marques & Mello, 1999).

Diante das modificações sofridas nas últimas décadas pelo setor agrícola, marcado pela concorrência dos mercados internacionais, verifica-se que os elos à frente e depois da porteira têm apresentado maior agilidade na adaptação. Os produtores rurais, contudo, em função de sua acentuada pulverização, têm se movimentado mais lentamente nesse ambiente de transformações (Nassar, 1996).

Adicionalmente, observa-se que a agropecuária possui algumas características intrínsecas que a tornam um verdadeiro jogo de incertezas, mostrando-se um investimento com elevado risco financeiro (Marques, 2000).

Essas características estão relacionadas, principalmente, à dependência dos fatores climáticos, ao elevado tempo de retorno do investimento de algumas culturas, à dificuldade de comercialização pela alta perecibilidade dos produtos, à volatilidade e à incerteza do preço de recebimento do produto.

Ademais, ressalte-se que as atividades agropecuárias encontram-se mais voltadas para a produção de commodities, que são mercadorias padronizadas e de baixo valor agregado. Uma peculiaridade deste setor é que, em geral, as organizações operam com poucas variedades de commodities, estando sujeitas às freqüentes oscilações de produção, qualidade e preço. Esse fato torna a agroindústria vulnerável às variações de poucos ativos (Bignotto et al., 2004).

Dessa forma, observa-se que, na Cadeia Agroindustrial, enfrentam-se tanto os riscos de produção como os de preços, que podem resultar na instabilidade de todos os membros da cadeia. No setor agropecuário, os mercados futuros se mostram uma forma eficaz de eliminar os riscos relacionados aos preços, de outra forma incertos em tempo futuro, no momento de comercialização da produção.

Além disso, constata-se que a produção rural apresenta uma estrutura próxima ao modelo de concorrência perfeita. Nesse tipo de estrutura econômica, a oferta individual dos agentes envolvidos na produção não é capaz de influenciar o preço de venda e, por isso, choques exógenos nos preços repercutem sobre a rentabilidade. Portanto, esses indivíduos assumem, na atividade agropecuária, a posição de tomadores de preços e, em consequência, sofrem os reflexos das possíveis variações nos preços dos seus produtos.

A abertura econômica e a desregulamentação dos mercados agropecuários impuseram aos agentes econômicos a necessidade de conhecer os fatores do processo de produção, comercialização e de formação de preço que são determinantes no comportamento dos custos, preços e produtividade de seus

produtos, bem como aprimorar a utilização de ferramentas e técnicas de gestão de financeira.

Um ponto de relevância do presente estudo é a sua contribuição para a análise de investimento no mercado agropecuário, setor que apresentou nos últimos anos volumes expressivos de exportação e participação significativa na formação do PIB.

Nesse sentido, Spolador & Fontana (2006) indicam que o desempenho do agronegócio tem posição de destaque na economia brasileira, pois consegue sustentar taxas de crescimento elevadas, mesmo em períodos de baixo crescimento econômico, colaborando, assim, para a expansão do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro.

Nassar (1996) aponta que, anteriormente às mudanças estruturais observadas na economia brasileira, a formação de preços ocorria de forma regional, associada ao balanço de oferta e demanda do produto primário agropecuário. No entanto, as recentes alterações do cenário econômico resultaram em um sistema de formação de preços mais complexo, em que há forte influência do comportamento dos preços internacionais.

2.1 Mercado da soja

A soja é uma cultura originária do Oriente, em especial costa leste da Ásia, havendo indícios de que seu cultivo há mais de cinco mil anos. Esta variedade antiga de soja era resultado do cruzamento entre duas espécies de soja rasteiras que foram domesticadas e melhoradas cientificamente (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2004).

No mundo ocidental, a soja se tornou conhecida a partir da sua exploração comercial pelos Estados Unidos da América (EUA). Neste país, inicialmente, essa cultura era produzida para ser utilizada como forragem e, só posteriormente, na primeira metade do século XX, o grão passou a ser produzido

com fins de comercialização direta. Este tipo de produção rapidamente suplantou a produção de soja para forragem, levando a um crescimento exponencial do cultivo da soja em todo o mundo (EMBRAPA, 2004).

No Brasil, a produção da soja foi primeiramente introduzida na Bahia, por volta de 1882. Na década seguinte, a produção do grão foi expandida para a região Sul do país e para o estado de São Paulo. Assim como nos EUA, a soja brasileira era, predominantemente, concebida como cultura forrageira e, eventualmente, produzida em grãos para consumo de animais de propriedade. Somente a partir de 1960, houve, no Brasil, um grande aumento na produção da soja, um expressivo incremento da área cultivada e de produtividade, de modo que, apenas a partir disso, a soja começou a ter expressividade na produção nacional (EMBRAPA, 2004).

Na década de 1970, produção da soja brasileira ocorria, principalmente, nos estados da região Sul, responsáveis por cerca de 80% da produção nacional. A partir da década de 1980 até os dias atuais, ocorreu uma alteração na representatividade regional da soja, com a região Centro-Oeste passando a ter grande expressividade na produção do grão (EMBRAPA, 2004). Esta região, na safra de 2007/2008, respondeu por 49% da produção nacional da soja (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009c).

A soja figura como um dos principais produtos agrícolas exportáveis do Brasil. Essa commodity se destaca por fazer do país um dos grandes produtores e exportadores mundiais do grão e, por isso, ocupa papel de destaque na pauta de exportação brasileira. O Complexo Agroindustrial da Soja é um dos principais responsáveis pelo ingresso de divisas no país, além de movimentar grande volume de recursos financeiros na economia brasileira, especialmente no setor de máquinas, implementos, mão-de-obra, armazenamento, crédito, entre outros.

Desde a sua introdução no ocidente até os dias atuais, a soja apresentou um aumento significativo em sua produção, principalmente por constituir em

uma importante fonte de proteína. Observa-se que, a partir do seu grão, são derivados diversos produtos amplamente aplicados na nutrição humana e animal.

A partir do processo de industrialização da soja, se obtêm, principalmente, dois derivados, o óleo e o farelo de soja, que, ao lado da soja em grão, são os produtos mais comercializados no mercado internacional.

O farelo de soja é utilizado na produção de ração animal, servindo também de insumo para a produção de carne bovina, suína e aviária. Este emprego do farelo de soja aumentou significativamente nos últimos anos, devido à alta incidência de doenças no rebanho de vários países causadas pela utilização de insumo animal para fabricação de ração. O óleo de soja, por seu turno, é utilizado principalmente na alimentação humana, como óleo vegetal e na produção margarinas, halvarinas, cremes vegetais, maioneses, molhos prontos, entre outros.

Além disso, a soja possui outros tipos de aplicação, como a lecitina, amplamente utilizada na alimentação para formulação de molhos, bebidas e outros, sendo digna de nota também a produção de farinha de soja e biocombustível.

Segundo o United States Department of Agriculture - USDA (2008), os derivados da soja são a maior fonte de proteína e a segunda maior fonte de óleo vegetal no mundo. Esses fatos dão uma amostra da utilidade e da importância da soja na economia mundial.

2.1.1 Produção mundial

No cenário mundial, o Brasil ocupa papel de destaque no que concerne à produção de soja. Há longo tempo, a classificação dos maiores produtores mundiais é, em ordem decrescente: EUA, Brasil, Argentina e China. Pode-se constatar uma grande centralização da produção da soja no mundo, pois, em

conjunto, esses países foram responsáveis por cerca de 89% da produção mundial do produto no ano de 2007.

Com a expansão da produção nacional de soja a partir da década de 70, o Brasil vem se consolidando como grande produtor mundial, ficando atrás somente dos EUA. Este país tem se mantido na liderança da produtividade muito antes pela concessão de subsídios aos produtores norte-americanos do que pelo domínio de boas práticas agrícolas. Nessa realidade, Brasil e Argentina encontram-se em situação competitiva desfavorável, que tem impacto negativo para o crescimento desses países no comércio agrícola mundial.

Os produtores norte-americanos operam em um ambiente de garantia de obtenção de preço mínimo, o que os incentiva a aumentarem suas produções. O governo norte-americano, em 1998, definiu o preço mínimo da soja em US\$ 5,25 por bushel (um bushel corresponde a 27,22 quilos). Em 2001, este governo destinou aos produtores rurais, na forma de subsídios, um total de US\$ 32 bilhões (Oliveira, 2008).

Esse quadro de desfavorecimento dos países sul-americanos, entretanto, tende a ser amenizado pelo fato de que os países do Hemisfério Norte, especialmente os EUA e os países da Europa, encontram-se no limite de sua produção agrícola, tanto em termos de espaço físico quanto de tecnologia (e biotecnologias) (Oliveira, 2008).

Apesar das limitações impostas pelos países do Hemisfério Norte, o Brasil apresenta uma situação favorável à produção agropecuária. Segundo o USDA (2008), os fatores que contribuem para o bom desempenho da agricultura brasileira estão relacionados à desvalorização da moeda, aos baixos custos de produção, aos rápidos avanços tecnológicos e aos investimentos estrangeiros e nacionais na expansão da capacidade de produção brasileira. O USDA aponta os produtos em que o Brasil é mais competitivo no mercado internacional: soja, leite de soja, açúcar, carne de aves, café, tabaco, suco de laranja concentrado,

óleo de soja e etanol. Além disso, este departamento governamental ressalta que o Brasil é pioneiro na produção de biodiesel e líder mundial no uso deste tipo de combustível.

O MAPA (Brasil, 2007a) aponta que, do período de 1989/1990 a 2005/2006, ocorreu um desbalanceamento do volume de produção mundial de soja no sentido Norte-Sul: com o aumento da participação da América do Sul na produção mundial da soja, esta região passou a desempenhar um papel central na produção do grão.

Já no processamento e consumo de soja, o desbalanceamento operou no sentido Oeste-Leste: atualmente, a Ásia possui o título de maior zona de processamento e consumo de soja, título antes detido pela Europa Ocidental (Brasil, 2007a).

Em função desse deslocamento da produção e do consumo mundial da soja, o MAPA (Brasil, 2007a) alerta para o fato de que são esperadas futuramente alterações nos processos de formação dos preços desse grão e de seus derivados. O Ministério aponta ainda que essa modificação ocorre devido ao risco de base, que corresponde a uma modificação da correlação esperada entre o preço de uma mercadoria no mercado físico, à vista, e o preço dessa mercadoria pactuado no mercado futuro. Essa modificação pode se dever a razões diversas, tais como os custos de logística e de transação (Brasil, 2007a).

2.1.2 Exportação mundial

2.1.2.1 Soja em grão

Os líderes mundiais na exportação da soja em grão são, em ordem decrescente, EUA, Brasil e Argentina. Na safra de 2007/2008, esses países, juntos, foram responsáveis por 89% das exportações mundiais.

Ao longo dos anos, o Brasil vem aumentando consistentemente sua participação no mercado externo da soja em grão. No início dos anos 90, a

parcela brasileira neste mercado era da ordem de 15%; já na safra 2007/2008, o Brasil deteve algo em torno de 33% das exportações mundiais de soja (USDA, 2008 citado por Agriannual -Anuário da Agricultura Brasileira, 2009).

Nos últimos anos, o Brasil aumentou sua participação do mercado externo de maneira mais intensa. Esse aumento pode ser atribuído, especialmente, ao aumento recente da demanda da apresentada pelos países asiáticos, a redução gradual dos excedentes exportáveis dos EUA, bem como as mudanças na tributação brasileira (Brasil, 2007a).

Pontualmente, pode-se identificar que a elevação da participação brasileira no mercado internacional de grãos de soja ocorreu a partir do ano 1996, após a publicação da Lei Complementar 87/1996. Esta Lei exonerou o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) sobre a exportação de produtos básicos, o que inclui a soja em grãos.

De acordo com o MAPA (Brasil, 2007a), essa Lei fez com que o Brasil se consolidasse, cada vez mais, como fornecedor de matéria-prima para a indústria processadora mundial, o que inclusive prejudicou o desenvolvimento da infra-estrutura de processamento interna.

Essa nova Lei provocou distorções no Complexo da Soja, bem como em outras cadeias produtivas. Após sua publicação, tornou-se mais lucrativo para as indústrias brasileiras exportar a soja em grão diretamente do estado produtor, do que processar essa matéria-prima. Esse fato alterou a estrutura de mercado do Complexo da Soja, em que se observou um aumento significativo da comercialização externa da soja em grão, frente a uma redução na exportação do farelo de soja e estagnação no comércio internacional do óleo de soja brasileiro.

2.1.2.2 Farelo de soja

Embora o Brasil tenha elevado, expressivamente, a quantidade de farelo de soja exportado, reduziu de maneira significativa o seu market share mundial. Segundo dados do MAPA (Brasil, 2007a), em 1990/1991, o Brasil possuía uma participação de 32% no mercado internacional. Em 2007/2008, essa participação foi reduzida para 22%, segundo dados da Agrianual (2009).

Além disso, conforme ponderou o MAPA (Brasil, 2007a), embora o Brasil seja o segundo maior produtor e exportador mundial de soja em grão, o país importa soja com frequência. Essa importação ocorre devido às condições impostas pela legislação tributária brasileira, a qual torna mais lucrativo importar a soja em grão de outros países, com vista a processá-la no país e, posteriormente, exportá-la, do que comprar a soja em outro estado brasileiro para fazer o mesmo processo (processamento e exportação). Por exemplo, é mais vantajoso a uma indústria situada no Paraná realizar uma operação de draw-back, ou seja, importar a soja do Paraguai, para processá-la e, em seguida, exportar o farelo e o óleo de soja produzidos, do que comprar a soja no Mato Grosso do Sul para realizar o mesmo processo, pois irá incorrer em ICMS pela compra interestadual. A recuperação desse imposto é difícil para quem realiza a operação de exportação (Brasil, 2007a).

De maneira inversa, a Argentina mostrou-se mais competitiva que o Brasil no mercado mundial de soja e passou a ocupar a posição de principal exportador mundial de farelo de soja. Em 1990/1991, de acordo com o MAPA (Brasil, 2007a), a Argentina apresentou um market share de 19,3% no comércio de farelo. Esta participação, em 2007/2008, aumentou para quase 50%.

A Argentina vem ampliando a sua capacidade de processamento e possui uma elevada facilidade logística de transporte da soja pela hidrovia do Rio Paraguai. Já no Brasil, o reduzido investimento na capacidade de processamento da soja em grão, acompanhado de uma expressiva elevação do

consumo interno do farelo desde 1990, fez com que o excedente exportável se reduzisse, mesmo diante do significativo crescimento da produção da soja em grão (Brasil, 2007a). O MAPA destaca, ainda, que, no mercado de farelo de soja, a China apresenta potencial para se tornar um grande exportador, tendo em vista a sua elevada capacidade de esmagamento.

2.1.2.3 Óleo de soja

Com relação ao óleo de soja, o Brasil, nas duas últimas décadas, não apresentou crescimento significativo de suas exportações, que se mantiveram em patamares próximos aos do início da década de 90. Tal fato pode ser atribuído à restrita capacidade de processamento do óleo no Brasil devido, principalmente, à legislação tributária. Com isso, o espaço ficou aberto para que a Argentina, mais uma vez, ampliasse sua fatia no mercado mundial do Complexo da Soja. O Brasil, em 1990/1991, apresentava a um market share de 20% no comércio de óleo de soja, que se manteve, em 2007/2008, no patamar de 21% (Anuário da Agricultura Brasileira - Agriannual, 2009).

2.1.3 Consumo mundial

Em todo o mundo, o crescimento da produção de soja ao longo do tempo foi capaz de atender à demanda mundial total da commodity, que é a principal fonte de proteína vegetal para a indústria da alimentação animal. No período de 1980 a 2005, a demanda mundial de soja se expandiu em 174,3 milhões de toneladas, ou seja, em 2,8 vezes (Brasil, 2007a).

Ao tratar da relação entre crescimento da produção e consumo da soja, Siqueira (2004 citado por Rüdell & Prieb, 2008) chama a atenção para a possibilidade de um aumento futuro do consumo. Uma das razões para esse aumento se deve ao fato de que soja um é produto acessível inclusive aos consumidores de faixas de renda mais baixas. Segundo este autor, embora a

produção tenha apresentado expressivo aumento nas últimas décadas, o consumo mundial ainda é reduzido, o que possibilita futuros aumentos de produção.

Quanto aos principais países importadores da soja em grão no cenário mundial, observa-se que a China ocupa posição de destaque, seguida pelos países Europeus, pelo Japão e pelo México. As exportações do Brasil estão significativamente concentradas na China, Países Baixos e Espanha. No ano de 2008, o total das compras desses países representou 79% das exportações brasileiras da oleaginosa (USDA, 2008 citado por Agrianual, 2009).

Na liderança do consumo mundial da soja em grão no período de 2001 a 2008, estavam à frente Estados Unidos, China, Argentina, Brasil, Países Europeus e Países da Ásia. A China, principal comprador da soja em grão do Brasil, em 2008, absorveu cerca de 60% das exportações brasileiras. Em termos monetários, isso corresponderá ao ingresso de US\$ 4.078.617 mil, o que representa 53% das divisas recebidas com a exportação da soja em grão no país (Agrianual, 2009).

A China possui uma das economias que mais crescem no mundo e, nos últimos anos, tem consolidado a posição de uma das maiores e mais dinâmicas economias mundiais. Em janeiro de 2009, o PIB desse país foi de US\$ 3,76 trilhões, superando a Alemanha e ocupando a posição de terceira maior economia do mundo (Agrosoft Brasil, 2009). Segundo Negri (2005 citado por Rüdde & Prieb, 2008) atualmente, a China representa um importante mercado para exportações mundiais e que o acesso a esse mercado pode incrementar, substancialmente, as exportações de muitos países, inclusive Brasil.

A expectativa do aumento do consumo chinês de soja decorre de seu emprego na produção do tofu, alimento bastante difundido no país, e do crescimento do consumo da carne bovina, suína e aviária no país, o que eleva a demanda de soja para composição de ração animal (Rüdde & Prieb, 2008).

A relação comercial com a China apresenta uma ótima oportunidade para o Brasil. Ressalte-se, contudo, que, em termos do comércio amplo, a exportação brasileira para China se pauta, principalmente, na vendas de produtos primários, com grande concentração das transações na exportação da soja em grão. Observa-se que os produtos brasileiros industrializados não penetram no mercado chinês.

O inverso ocorre em relação às exportações chinesas para o Brasil, em que há um predomínio de comercialização de produtos industrializados. Em decorrência disso, a indústria brasileira percebe a China como um forte adversário comercial.

2.1.4 Cenário da produção e produtividade da soja no Brasil

No que concerne à composição da Cadeia Agroindustrial da Soja, Lazzarini & Nunes (2000) apontam que os produtos que compõem essa cadeia podem ser agrupados em quatro categorias, quais sejam: commodities para o mercado externo, commodities para o mercado interno, produtos de maior valor agregado para o mercado interno e outros produtos. As commodities para o mercado externo consistem essencialmente em soja em grão, o farelo de soja e o óleo bruto e refinado. Por seu turno, as commodities para o mercado interno são representadas destacadamente pela soja em grãos e pelo farelo de soja, empregados na indústria de rações/carnes, bem como pelo óleo bruto e refinado, sujeito a reprocessamento posterior. Já os produtos da soja de maior valor agregado, destinados principalmente ao mercado interno, correspondem aos produtos elaborados a partir do óleo e que, em grande parte, possuem maior diferenciação em relação às commodities, produtos de reduzida diferenciação e comercializados em volumes elevados; nesse grupo estão as margarinas, halvarinas, cremes vegetais, maioneses, molhos prontos, entre outros. Finalmente, a categoria de outros produtos engloba o uso alternativo da soja em

mercados de dimensão mais reduzida e/ou pouco definidos, como no caso da lecitina, utilizada na alimentação sob a forma de molhos, bebidas e outros, a farinha de soja, o óleo com fins energéticos (biodiesel), etc.

O cultivo da soja no Brasil foi introduzido, conforme observado anteriormente, por volta de 1882, no estado da Bahia e, posteriormente, foi difundido para o sul do país. Inicialmente, o grão era cultivado para forragem e, somente depois, para consumo animal. A partir de 1960, a soja em grão, no Brasil, apresentou um aumento expressivo da produção e o que possibilitou ao país se tornar um dos principais produtores e exportadores dessa commodity na atualidade.

No Brasil, inicialmente, a produção da soja concentrou-se na região Sul, posteriormente ganhou expressividade no Centro-Oeste. De acordo com a EMBRAPA (2004), a soja teve um importante papel na interiorização e desenvolvimento da região Central, possibilitando a sua ocupação e o seu crescimento econômico. Além disso, essa cultura foi importante também para a mecanização das lavouras do país, para a modernização do sistema de transportes, para a expansão das fronteiras agrícolas, para alavancagem do comércio internacional, para o desenvolvimento e a interiorização da agroindústria brasileira, assim como para o desenvolvimento da avicultura e suinocultura no país.

O Sistema Agroindustrial da Soja possui papel de destaque no agronegócio brasileiro. Em 1997, estimou-se que esse sistema, que vai desde o setor de insumos até o consumidor final, gerou, a partir suas transações no mercado interno e externo, cerca de US\$ 24,50 bilhões, quase 10% do PIB do agronegócio do país (Roessing & Santos, 1997 citado por Lazzarini & Nunes, 2000).

É possível observar, ainda, a importância que o Complexo Agroindustrial da Soja possui para a economia nacional, haja vista que, segundo

dados do Agriannual (2009), no consumo nacional de fertilizantes, a cultura, no ano de 2006, absorveu 34% das vendas, frente aos 17% do milho, 15% da cultura da cana-de-açúcar, 8% do café e 5% do algodão. Em conjunto, essas cinco culturas adquiriram cerca de 79% dos fertilizantes vendidos no país.

Não obstante, pode-se verificar que o complexo da soja apresenta, frente aos outros produtos agrícolas, a maior demanda por máquinas e equipamentos, por fertilizantes, por defensivos, por armazenamento e por recursos financeiros de crédito rural (Canziani & Guimarães, 2006 citado por Oliveira, 2008). Destaca-se, ainda, que essa cultura é responsável pela produção do óleo vegetal mais consumido pela população brasileira (Oliveira, 2008).

A soja possui uma expressiva representatividade na pauta de exportação brasileira, os produtos do Complexo da Soja que mais se destacam na pauta de exportações são a soja em grãos e o farelo de soja. Em 2008, o Complexo Agroindustrial da Soja continuou a prosperar no mercado brasileiro, representando uma importante fonte de divisas para o país. Segundo dados da Secretaria do Comércio Exterior (SECEX) citados pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2009b), as exportações dos produtos da soja foram responsáveis por aproximadamente 26% das exportações do agronegócio brasileiro – responderam por US\$ 17.986.409 mil do total de US\$ 69.317.667 mil arrecadados em exportações do setor. Nesse ano, as exportações brasileiras totalizaram US\$ 197.942.443 mil, dos quais 9% ficaram a cargo do complexo da soja.

Com relação às peculiaridades do cultivo da soja, Oliveira (2008) aponta que a cultura absorve o nitrogênio do ar com vistas a melhorar a fertilidade do solo e, ainda, que requer adubos para o seu desenvolvimento, como o fósforo e o potássio. Quanto aos fatores que prejudicam o desempenho da cultura, destaca-se a doença da ferrugem asiática, um fungo que prejudica consideravelmente a produtividade da planta. A ferrugem é uma doença da soja originária da Ásia e é

causada pelo fungo denominado *Phakopsora pachyrhizi*. No Brasil, os primeiros registros do fungo foram observados em maio de 2001 e, devido a sua facilidade de disseminação pelo vento, esse fungo contaminou rapidamente as principais regiões brasileiras produtoras do grão, o que comprometeu o desempenho dessa safra.

O ciclo de produtivo da soja no Brasil apresenta as seguintes características: em geral, o cultivo ocorre do final do mês de outubro ao início do mês de novembro; a colheita inicia-se a partir de fevereiro e, na segunda quinzena de março, atinge seu pico, encerrando-se em abril.

Observa-se que, no período de 1991/1992 a 2006/2007, a soja brasileira apresentou um crescimento expressivo tanto em termos de produtividade como de produção e de área plantada. De 1991 a 2007, a produtividade da soja testemunhou um crescimento de 795,70 kg/ha, isto é, uma melhoria de 39% (CONAB, 2009c). No mesmo período, a produção da soja no Brasil cresceu em 39 milhões toneladas, uma elevação de 201%. O aumento na produção foi acompanhado de perto pelo aumento no espaço destinado ao plantio da soja, que incorporou uma área de 11,1 milhões de hectares, um incremento de 116%. As regiões Centro-Oeste e Nordeste se destacaram no aumento da área plantada, com um acréscimo de 6,2 milhões de hectares no Centro-Oeste e 1 milhão de hectares no Nordeste. Esses fatos representam a consolidação dessas regiões como fronteiras agrícolas da soja (CONAB, 2009c).

Com relação ao desenvolvimento do grão na região Nordeste, o Anuário Brasileiro da Soja (2006 citado por Rüdell & Prieb, 2008) pondera sobre o avanço da produção soja nesta região, em especial, na Bahia. Segundo o Anuário, o Oeste Baiano constitui-se em campo fértil para produção agrícola de diversos produtos, devido à elevada disponibilidade de água, à topografia plana e ao clima com duas estações bem-definidas (uma seca e outra chuvosa, com média de 1800 milímetros anuais entre outubro e abril).

No período de 1992 a 2007, há de se ressaltar que a região Sul também apresentou um expressivo crescimento na área destinada à cultura da soja, com a incorporação de 2,7 milhões de hectares, especialmente na tradicional região produtiva da oleaginosa (CONAB, 2009c). O MAPA (Brasil, 2007a) aponta que esse fenômeno ocorreu devido à substituição das pastagens e de parte da área de plantação do milho por lavouras de soja. O Ministério adverte que, em médio e longo prazo, a região Sul apresenta limitações na capacidade de incorporação de novas áreas para a produção de soja. Em função disso, as futuras expansões no cultivo da soja no Brasil tenderão a ocorrer predominantemente nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

O MAPA (Brasil, 2007a) relata que a expansão da cultura da soja no Brasil ocorreu em detrimento do cultivo do milho na safra de verão, cuja área plantada recuou muito nos últimos anos. Entre 1976/1977 e 2004/2005, houve uma forte correlação negativa entre o cultivo da soja e o do milho da safra de verão, que chegou a -70%.

Essa situação, contudo, não afeta a produção do milho safrinha, muito utilizado como segunda safra da soja. Embora o cultivo do safrinha seja reduzido em relação ao da variedade de verão, em 2006/2007, o primeiro correspondeu a 40% do total de milho produzido, segundo dados da CONAB (2009b). O cultivo da soja tem, portanto, contribuído para normalizar a oferta de milho no Brasil, devido ao estímulo da produção de milho na segunda safra (Brasil, 2007a).

2.2 Mercado do milho

O milho pode ser utilizado tanto para o consumo humano como para a formulação de ração animal. Em função disso, observa-se que esse grão é o insumo de diversas cadeias produtivas ou sistemas agroindustriais. Para compreender a dinâmica de seu mercado, bem como o desenvolvimento da

produção é necessário analisar também as cadeias de que participa. Em especial, deve-se examinar a cadeia produtiva de suínos e aves, para os quais é destinada grande parte do milho produzido no mundo e no Brasil. Em nível mundial, cerca de 70% do milho produzido é absorvido nestas cadeias, que consomem de 70 a 80% da produção de milho nacional (EMBRAPA, 2007a). Para que seja utilizado com essas finalidades, é preciso que o milho passe por transformações na fazenda ou indústria.

No Quadro 1, exposto abaixo, são apresentadas as principais aplicações do milho.

QUADRO 1 Os múltiplos usos do milho (planta, espiga e grão) no Brasil.

Destinação	Forma/Produto Final
Uso Animal Direto	Silagem; Rolão; Grãos (inteiro/desintegrado) para aves, suínos e bovinos.
Uso Humano Direto de Preparo Caseiro	Espiga assada ou cozida; Pamonha; Curau; Pipoca; Pães; Bolos; Broas; Cuscuz; Polenta; Angus; Sopas; Farofa.
Indústria de Rações	Rações para aves (corte e postura); outras aves; Suínos; Bovinos (corte e leite); Outros mamíferos.
Indústria de Alimentos Produtos Finais	Amidos; Fubás; Farinhas comuns; Farinha pré-cozidas; Flocadas; Canjicas; Óleo; Creme; Pipocas; Glicose; Dextrose.
Indústria de Alimentos Intermediários	Canjicas; Sêmola; Semolina; Moído; Granulado; Farelo de germe.
Xarope de Glucose	Balas duras; Balas mastigáveis; Goma de mascar; Doces em pasta; salsichas; salames; Mortadelas; Hambúrgueres; Outras carnes processadas; Frutas cristalizadas; Compotas; Biscoitos; Xaropes; Sorvetes; Para polimento de arroz.
Xarope de Glucose com alto teor de maltose	Cervejas
Corantes Caramelo	Refrigerantes; Cervejas; Bebidas alcoólicas; Molhos.
Maltodextrinas	Aromas e essências; Sopas desidratadas; Pós para sorvetes; Complexos vitamínicos; Produtos achocolatados.
Amidos Alimentícios	Biscoitos; Melhoradores de farinhas; Pães; Pós para pudins; Fermento em pó; Macarrão; Produtos farmacêuticos; Balas de goma.
Amidos Industriais	Para papel; Papelão ondulado; Adesivos; Fitas Gomadas; Briquetes de carvão; Engomagens de tecidos; Beneficiamento de minérios.

Continua...

QUADRO 1 Continuação.

Destinação	Forma/Produto Final
Dextrinas	Adesivos; Tubos e tubetes; Barricas de fibra; lixas; Abrasivos; Sacos de papel; multifolhados; Estampagem de tecidos; Cartonagem; Beneficiamento de minérios.
Pré-Gelatinizados	Fundição de peças de metal.
Adesivos	Rotulagem de garrafas e de latas; Sacos; Tubos e tubetes; Fechamento de caixas de papelão; Colagem de papel; madeira e tecidos.
Ingredientes Protéicos	Rações para bovinos; suínos; aves e cães.

Fonte: Jornal Agroceres (1994, citado por EMBRAPA (2007a).

A fim de que o milho possa se destinado ao consumo humano, é necessário que ele passe por transformações, com exceção do milho verde, ou milho em estado leitoso, que, ao contrário dos grãos secos, pode ser consumido diretamente por seres humanos (EMBRAPA, 2007a).

A industrialização do milho para torná-lo habilitado para o consumo humano pode ocorrer por dois tipos de processo de moagem, moagem úmida e moagem seca. O primeiro processo gera como principal subproduto o amido e seus derivados. Já o processo de moagem seca resulta na obtenção de subprodutos como farinha de milho, fubá, quirera, farelos, farinha integral desengordurada, óleo. No processamento industrial do milho, apenas 5% do seu peso, em média, podem ser obtidos na forma de óleo (EMBRAPA, 2007a).

No que diz respeito à utilização do milho para consumo animal, verifica-se que sua cadeia produtiva tem uma estreita relação com a cadeia produtiva do leite, dos ovos e das carnes bovina, suína e aviária, de modo que alterações nessas cadeias têm impacto na produção do milho. A inclusão do milho nestas cadeias ocorre, especialmente, por três maneiras, a saber (EMBRAPA, 2007a):

- a produção de silagem, para alimentação de vacas em produção de leite, e, atualmente, também na alimentação de gado confinado para engorda no período de inverno;

- a industrialização do grão de milho para obtenção de ração, em especial, para animais domésticos;
- emprego do grão em mistura com concentrados protéicos para a alimentação de suínos e de aves.

Conforme apresentando, o percurso da produção de milho está fortemente relacionado às atividades de criação de aves e suínos, como mencionado anteriormente. As previsões atuais esperam que a demanda mundial dessas carnes mantenha o padrão de crescimento, chegando a atingir, até o ano de 2015, um consumo anual superior a 110 milhões de toneladas de carne suína e quase 70 milhões de toneladas de carne de frango (EMBRAPA, 2007a).

2.2.1 Produção mundial

Em 2007/2008, 75% da produção mundial de milho procederam dos Estados Unidos (332,1 milhões de toneladas), China (151,8 milhões de toneladas), Brasil (51 milhões de toneladas) e União Européia (47 milhões de toneladas). O restante do milho produzido no mundo adveio, principalmente, de países como México, Argentina, Índia, África do Sul e outros países da União Européia. Nesse período, de uma produção total de aproximadamente 789 milhões de toneladas, cerca de 97 milhões foram comercializados internacionalmente, o que corresponde, aproximadamente, a 12%. (USDA, 2008 citado por Agriannual, 2009). Conforme destaca a EMBRAPA (2007a), esses dados demonstram que o milho é absorvido principalmente pelo mercado interno. Uma razão para isso seria o baixo preço de mercado do milho, que faz com que a remuneração da produção seja bastante afetada pelos custos de transporte para regiões distantes dos pontos de consumo. Conseqüentemente, é reduzido o interesse no deslocamento da produção a grandes distâncias ou em condições logísticas de transporte adequadas.

2.2.2 Consumo mundial

O consumo mundial de milho apresentou um crescimento expressivo nos últimos anos passando de 475,83 na safra de 1998/1990 para 773 milhões de toneladas em 2007/2008 (Agrianual, 2009; Brasil 2007b). Segundo dados do USDA (2008 citado por Agrianual, 2009), os principais consumidores em 2007/2008 foram EUA (264 milhões de toneladas), China (149 milhões de toneladas), União Européia (62 milhões de toneladas) e Brasil (43 milhões de toneladas). No período, destacaram-se no consumo também o México (32 milhões de toneladas), a Índia (16,9 milhões de toneladas), o Japão (16,5 milhões de toneladas) e o Canadá (13.800 milhões de toneladas).

O MAPA (Brasil, 2007b) pontua uma ligeira mudança geográfica no consumo mundial do milho, nos últimos anos, esse mercado verificou uma redução na participação da Europa, acompanhada por um aumento na participação da América do Norte, do Leste da Ásia e da América do Sul. Entre os principais países consumidores, constata-se que, no período de 2001/2002 a 2007/2008, os EUA foram o país que registrou o maior incremento no consumo doméstico, aproximadamente 49 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 36%. O Ministério (Brasil, 2007b) afirma ainda que o aumento do consumo norte-americano é impulsionado pela absorção deste grão na produção de ração, mas também pelo elevado consumo do milho para a produção de biocombustível. Nos últimos anos, os Estados Unidos vêm ampliando o processo de produção de biocombustível a partir do milho, o que, conseqüentemente, redundará no incremento do consumo interno desse cereal, bem como reduzirá as quantidades disponíveis para exportação nesse país, que atua como principal negociador internacional do produto (EMBRAPA, 2007a).

Parte significativa do milho consumido no mundo é destinado à alimentação animal. Em 2004/2005, aproximadamente 68% do consumo mundial do cereal foram destinados à produção de ração animal. Em relação aos

anos anteriores, por exemplo, de 1989/1990 a 2004/2005, não houve variação significativa nessa proporção. De fato, nesse período, pode-se perceber uma tendência de estabilidade na utilização do cereal para alimentação animal, não tendo havido uma significativa substituição do milho por outros produtos na produção de ração (Brasil, 2007b).

A China se destaca como um dos países que registraram maior crescimento do consumo doméstico do cereal. Entre os anos agrícolas de 1990/2000 e 2006/2007, o incremento da demanda, em termos absolutos, aproximou-se de 84 milhões de toneladas. Uma das principais razões que sustentaram esse crescimento foi a significativa elevação do rebanho chinês, em especial, o do gado de leite. O MAPA (Brasil, 2007b) indica que, nesse país, o rebanho bovino de leite passou de 1,29 milhão de cabeças, em 1990, para 11,02 milhões de cabeças, em 2005.

A EMBRAPA (2007a) ressalta que a China, como parte de uma agressiva política de exportação, está, nas últimas décadas, diminuindo seus estoques de milho, formados, em grande parte, como estratégia advinda da Guerra Fria. De 2001/02 a 2007/08, reduziu-se em 54% o estoque final do país, que caiu de 84,7 milhões de toneladas para 38,9 milhões de toneladas do cereal, segundo o USDA (2008 citado por Agriannual, 2009). Devido à produção chinesa não ser suficiente para atender sua demanda crescente, em um curto período de tempo, a China, primeiramente, deverá diminuir as exportações, para, em seguida, passar de exportadora a importadora líquida de milho. Esta modificação irá injetar no mercado desse cereal uma demanda de aproximadamente oito ou nove milhões de toneladas, proveniente principalmente de países asiáticos, que atualmente é absorvida pelas exportações chinesas (EMBRAPA, 2007a).

2.2.3 Exportação mundial

Desde a década de 1990, as exportações do milho ficaram concentradas em poucos países. O MAPA (Brasil, 2007b) relata que, em 1995, os quatro maiores países exportadores realizavam 92,3% das exportações mundiais, ao passo que, em 2005, essa concentração foi de 90,8%, seguindo praticamente inalterada em 2007/2008, em que passou para 90,5%.

Em 2007/2008, as exportações de milho foram lideradas pelos Estados Unidos (61,6 milhões de toneladas), Argentina (15,5 milhões de toneladas), Brasil (9 milhões de toneladas) e Ucrânia (2 milhões de toneladas). Nesse sentido, a União Européia passa a não figurar entre os quatro primeiros fornecedores globais, dando lugar à Ucrânia. Além disso, ao longo dos anos, a participação dos EUA nas exportações globais de milho apresentou uma significativa redução, passando de 83%, em 1989/1990, para 63%, em 2007/2008. Ao contrário dos EUA, a Argentina apresentou um significativo aumento no market share, uma vez que, em 1989/1990, as exportações deste país representavam 3,9% das exportações mundiais do milho, saltando para 15,9% em 2007/2008 (Brasil, 2007b).

No que diz respeito aos principais países exportadores, a EMBRAPA (2007a) aponta que o Brasil vem apresentando dificuldade em manter a terceira posição de país exportador do milho no período entre 2005/2006 a 2007/2008, devido à instabilidade cambial e à deficiência da estrutura de transporte até aos portos. Já nos EUA, o comércio externo é beneficiado pela logística favorável, pois este país conta com uma excelente estrutura de transporte. A Argentina, por sua vez, apresenta a vantagem competitiva na exportação desse grão em função da proximidade dos portos (USDA, 2008 citado por Agriannual, 2009).

Segundo o MAPA (Brasil, 2007b), a competitividade do Brasil no comércio internacional decorre da questão cambial e não dos baixos custos de produção. Os preços brasileiros não são tão competitivos quanto os preços dos

demais países exportadores, especialmente em razão da baixa produtividade brasileira, bem como do alto consumo doméstico. Ademais, nota-se que, em períodos como de 2000 a 2004, nos quais a desvalorização da moeda brasileira em relação ao dólar, aliada às altas nos preços internacionais, culminou no aumento das exportações brasileiras. Por outro lado, em períodos de apreciação do real frente ao dólar, como em 2005, a quebra de produção interna de milho e, conseqüentemente, o aumento dos preços no mercado brasileiro ocasionaram uma queda abrupta nas exportações brasileiras.

O MAPA (Brasil, 2007b) indica que o desenvolvimento e a competitividade do milho brasileiro são comprometidos pela fraca coordenação da cadeia produtiva. O Ministério destaca ainda outros componentes que prejudicam o aperfeiçoamento da produção, deixando o país em desvantagem frente aos seus principais concorrentes, quais sejam: a falta de crédito ao setor, a baixa disseminação de tecnologia, a obscuridade na formação dos preços, a quebra de contratos e a ausência de estímulo à produção por parte das indústrias que deveriam coordenar este processo. Há de ser ressaltar, ainda, a flagrante carência de uma estratégia robusta de exportações, tanto do setor privado como do setor público.

2.2.4 Produção nacional

A produção brasileira do milho é concentrada, basicamente, em três regiões brasileiras, quais sejam: Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Essas regiões juntas, responderam em 2007/2008 por, aproximadamente, 90% do volume do cereal. Nesta safra, região Sul teve uma participação de 42%, a região Sudeste participou com 19% e a região Centro-Oeste originou cerca de 28% da produção total (CONAB, 2009d).

No Brasil, a produção de milho é marcada por duas épocas de plantio, quais sejam: plantios de verão, ou primeira safra, e plantio extemporâneo, que

corresponde à safrinha. O primeiro ocorre na época tradicional, ou seja, no período de chuvas. Ressalte-se que o plantio ocorre em épocas diferentes no Brasil, variando em função das características climáticas da região: no Sul, o plantio é realizado de fins de agosto até os meses de outubro/novembro; já no Sudeste e Centro-Oeste, o plantio acontece no início do ano (EMBRAPA, 2007a).

A segunda época de plantio, a safrinha, representa o milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, nos meses fevereiro ou março, em geral após a soja precoce, principalmente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (EMBRAPA, 2007a). Tradicionalmente, a segunda safra apresenta baixa produtividade, contudo, nos últimos anos, esse plantio tem presenciado um aumento em sua produção. A safrinha é naturalmente prejudicada pelas condições adversas do clima, mas os sistemas de produção estão, gradativamente, sendo ajustados a essas condições, de modo a aumentar os rendimentos das lavouras nessa época. Ao mesmo tempo, a primeira safra do milho tem enfrentado a concorrência da soja pelo espaço e, com isso, tem-se reduzido a área plantada nesse período. A perda de espaço da primeira safra e a concepção da rotação de culturas, em especial, entre a soja e o milho de segunda safra, tem fomentado a produção da safrinha no Brasil e a redução do plantio de verão tem, parcialmente, sido compensada pelo crescimento da produção na safrinha (EMBRAPA, 2007a).

Podemos observar, na TAB. 1, a seguir, os números da produção brasileira de milho na primeira e na segunda safra, entre 200/2001 e 2006/2007. Pode-se observar, em alguns anos, uma redução significativa da produção da safra de verão e um aumento da produção de safrinha, de modo que a segunda safra tem aumentando a sua participação na produção total brasileira.

TABELA 1 Produção brasileira de milho.

Safra	2000/ 2001	2001/ 2002	2002/ 2003	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007
Produção (1.000 t)							
Total	42.290	35.267	47.411	42.129	35.007	42.515	58.664
1ª Safra	35.833	29.086	34.614	31.554	27.298	31.809	36.597
2ª Safra	6.457	6.181	12.797	10.574	7.708	10.706	14.773
Área plantada (1.000 ha)							
Total	12.973	12.298	13.226	12.783	12.208	12.964	14.776
1ª Safra	10.546	9.413	9.664	9.465	9.022	9.653	9.494
2ª Safra	2.426	2.885	3.563	3.318	3.186	3.311	4.561
Rendimento (kg/ha⁻¹)							
Total	3.260	2.868	3.585	3.291	2.867	3.279	3.970
1ª Safra	3.398	3.090	3.582	3.334	3.026	3.295	3.855
2ª Safra	2.661	2.142	3.592	3.187	2.419	3.233	3.239

Fonte: CONAB (2009a).

Em 2000/2001, a participação da safrinha na produção total era de 15%; em 2006/2007, essa participação saltou para 25%. Quando se analisa a produção decomposta entre safra de verão e safra sequeira, observa-se que a região Sul é a principal produtora da primeira safra – em 2006/2007, foram produzidos nessa região 51% do total da produção deste tipo de safra. Por outro lado, a região Centro-Oeste foi responsável por 57% do total de milho safrinha produzido no país nesta safra. A região Centro-Oeste pode ser considerado o principal responsável pelo aumento da safrinha no período analisado, pois, devido à difusão da plantação de soja e da rotação de culturas nessa região, tornou-se propício o cultivo do milho de segunda safra após a colheita da soja. Há de se ressaltar, contudo, que a produção da safrinha ainda se mantém em patamares inferiores aos da safra de verão.

Historicamente, a produção do milho apresentava um comportamento cíclico com bruscas oscilações na quantidade produzida, o que repercutia na volatilidade dos preços desta commodity. Tal comportamento decorria do fato de que, em período de safra escassa e, conseqüentemente, de preços elevados, os

produtores se viam estimulados a aumentar sua produção na safra seguinte. O inverso acontecia em período de superprodução – diante de preços reduzidos, os produtores reduziam os seus investimentos na cultura seguinte. Em razão disso, as oscilações bruscas na produção elevavam a incerteza do mercado do milho, refletindo diretamente no preço desta commodity, o que, para o produtor rural, tornava a atividade insegura, estimulando-o a migrar para o mercado da soja (Brasil, 2007b).

O MAPA (Brasil, 2007b) afirma que, a partir do momento em que a safrinha apresentou uma participação na produção do milho brasileiro superior a 20%, os preços apresentaram uma mudança de comportamento, de forma que os valores médios do segundo semestre passaram a ser inferiores do que os valores médios do primeiro semestre.

A EMBRAPA (2007a) descreve que, nos últimos anos, a produção da primeira safra manteve relativa estabilidade, excetuando a safra ano 2004/2005, afetada por problemas climáticos, em especial, nas regiões Sul e Centro-Oeste, principais produtoras do cereal. A importância dessa estabilidade é acentuada por ter ocorrido concomitantemente com a redução de área plantada, em vista da substituição da produção do milho de verão pela soja, nas melhores áreas, pelos agricultores comerciais. A safra de verão é obtida principalmente na região Sul, cuja participação na produção total em 2006/2007 foi de 51%.

De acordo com a EMBRAPA (2007a), esse equilíbrio pode ser atribuído ao incremento da produtividade agrícola nos principais estados produtores, nos quais a produtividade média na safra de verão superou 4500 kg/ha. Quanto à produtividade da safrinha, observa-se, nos últimos anos, uma tendência de crescimento propiciada pelo desenvolvimento de tecnologias de produção adequadas a essa época de plantio, mesmo diante das restrições climáticas.

2.2.5 Produtividade nacional

Com relação à produtividade, verifica-se que a safinha vem conseguindo sustentar aumentos significativos, principalmente na região Centro-Oeste. Segundo a EMBRAPA (2007a), a produtividade média de milho no Brasil pode ser considerada baixa. De acordo com dados da Agriannual (2009), entre 1989/99 a 2007/08, a produtividade média brasileira foi de 3.127,3 kg por hectare. Os Estados Unidos (primeiro maior produtor de milho) e a Argentina (terceiro maior produtor), apresentaram, no mesmo período, produtividade de média de 8.946,3 kg/hectare e 4.954,4 kg/hectare, respectivamente. A produtividade brasileira mostra-se de fato reduzida e não reflete o bom nível tecnológico alcançado por grande parte dos produtores que possuem lavouras comerciais, em vista da grande heterogeneidade das diferentes regiões produtoras, que apresentam lavouras com sistemas de cultivo e finalidades diferentes.

2.2.6 Consumo nacional

No Brasil, verifica-se um aumento interno na demanda de milho. Entre 2000/2001 e 2007/2008, o consumo doméstico do milho cresceu em 29%, passando de 35 milhões de toneladas para 45 milhões de toneladas. Segundo o MAPA (Brasil, 2007b), o consumo entre 1997 e 2005 cresceu a uma taxa média de 1,4% ao ano.

O Ministério aponta que o grande responsável pelo crescimento da demanda doméstica do milho foi o segmento animal. Nas duas últimas décadas, o consumo do milho brasileiro aumentou, especialmente, devido ao desenvolvimento das cadeias produtivas da suinocultura e aves de corte, indústrias que absorveram cerca de 75% do milho consumido no segmento animal (Brasil, 2007b).

Há de se destacar um forte aumento no consumo per capita do frango no Brasil, o que também elevou a demanda por milho. Em 1990, o consumo de carne de frango era de 14,3 kg/habitante/ano e, em 2005, saltou para 34 kg/habitante/ano (Brasil, 2007b).

No Brasil, observa-se que o consumo do milho apresenta duas finalidades, quais sejam: o consumo para subsistência e o consumo comercial. Com relação ao consumo do milho para fins de subsistência dentro da propriedade produtora, verifica-se que esse consumo tem reduzido nos últimos anos, em especial nas regiões Norte e Nordeste. Em consequência, a produção do cereal está assumindo um caráter mais comercial, devido à profissionalização da cadeia e à migração da produção para o Centro-Oeste (Brasil, 2007b).

No Brasil, a localização das unidades industriais de suínos e aves tem passado por um processo de reestruturação, se concentrando no Centro-Oeste devido à importância da região na produção de grãos. Com vistas a reduzir os custos com transporte, há uma tendência de consumir o milho o mais próximo possível das áreas de produção, de forma a reduzir o custo da ração. A região Sul, contudo, ainda concentra grande parte da produção de suínos e frangos, e essas atividades têm apresentado crescimento (EMBRAPA, 2007a).

2.2.7 Sistemas de produção de milho no Brasil

No Brasil, o cultivo do milho apresenta diversos formatos, que vão desde a agricultura tipicamente de subsistência – onde não são empregados insumos modernos e a produção é destinada para o consumo da propriedade, com comercialização dos eventuais excedentes –, até lavouras com recursos tecnológicos sofisticados e produtividade compatível à de países com agricultura mais avançada. Nesse sentido, é possível delinear quatro tipos de sistema de produção de milho, quais sejam: produtor comercial de grãos, produtor de grãos e pecuária, pequeno produtor e produtor de milho safrinha.

O primeiro tipo, em geral, produz em sistema de rotação milho e soja, ou, ainda, utiliza outras culturas. Esse tipo de produtor apresenta as seguintes características: é especialista na cultura de grãos; objetiva a comercialização da produção; é responsável, em grande medida, pelo abastecimento do mercado; emprega a melhor tecnologia disponível, planta lavouras maiores, com predomínio do plantio direto (EMBRAPA, 2007a).

O produtor de grão e pecuária, por outro lado, é caracterizado por: utilizar tecnologia de nível médio, pois considera mais adequado ao custo de produção; realizar, comumente, o plantio de milho com a intenção de renovar as pastagens; produzir milho, mas não necessariamente soja; produzir em lavouras de tamanho médio a pequeno; possuir máquinas e equipamentos agrícolas passíveis de comprometer o rendimento do milho e, finalmente, ter capacidade gerencial restrita, o que pode levá-lo a realizar operações agrícolas em momentos inoportunos, com o insumo ou quantidade inadequados (EMBRAPA, 2007a).

A EMBRAPA (2007a) afirma que este tipo de oferta de milho tende a aumentar, uma vez que está sendo implementado na recuperação em cerca de 50 milhões de pastagens degradadas – o sistema de integração lavoura-pecuária utilizando milho tem se mostrado o mais apropriado para esse fim.

O pequeno produtor de milho, que tem perdido importância no abastecimento do mercado, se distingue por produzir para sua subsistência – isto é, a produção é consumida, basicamente, na propriedade –, empregar reduzido nível tecnológico em sua produção e possuir lavouras de pequeno porte (EMBRAPA, 2007a).

Por fim, quanto à produção do milho safrinha, observa-se que esta produção tem sido importante para a regularização do mercado e está concentrada, especialmente, nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Este milho é semeado extemporaneamente, após a

soja precoce e a época na qual o seu plantio ocorre determinará, em forte medida, o rendimento obtido e o nível tecnológico da lavoura empregado – em plantios mais precoces, utiliza-se um sistema de produção muito semelhante ao da safra normal. Nos plantios tardios, diferentemente, observa-se uma redução do nível tecnológico em função do maior risco da cultura, devido, principalmente, às condições climáticas adversas, tais como frio excessivo, geada e deficiência hídrica. A redução do nível tecnológico refere-se, basicamente, ao tipo de semente utilizado e à redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados(EMBRAPA, 2007a).

2.3 Mercado do feijão

O feijão é um dos alimentos mais antigos utilizados pelos homens. A origem e a domesticação do feijão ocorreu nas Américas, a partir de onde foi difundido para outras regiões, como Ásia, Europa e África. Há relatos da existência do feijão há cerca de 10.000 a.C. na América do Sul, especificamente no Peru. Já na América do Norte, o surgimento do feijão foi observado por volta de 7.000 a.C, no México (EMBRAPA, 2007b).

O feijão é um alimento muito nutritivo; em torno de 100 países cultivam o feijão, que se apresenta em um número variado de espécies. No entanto, este grão possui pouca importância comercial e baixo consumo entre os países do primeiro mundo, o que restringe a expansão do comércio internacional da commodity (Rosa, 2009).

Em relação a essa reduzida comercialização internacional, observa-se que o consumo do feijão é preponderantemente humano e, conforme ressaltam Pelicon et al. (2008), o grão não se constitui em matéria-prima para outros fins ou para aplicações em outras cadeias produtivas. Esse fato restringe a comercialização internacional do feijão, que fica limitada aos países que o consomem diretamente.

Wander (2005) relata que o feijão é uma importante fonte protéica na alimentação humana e é empregado principalmente em países em desenvolvimento das regiões tropicais. As Américas são responsáveis por 43,2% do consumo mundial, seguidas da Ásia (34,5%), África (18,5%), Europa (3,7%) e Oceania (0,1%). Com isso, 86,7% do consumo mundial de feijão podem ser atribuídos a países em desenvolvimento.

De acordo com Wander (2005), a espécie mais cultivada do gênero *Phaseolus* é o feijoeiro comum. Segundo estatísticas da FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, citado pela Secretaria do Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA (Minas Gerais, 2007), considerando todos os gêneros e espécies de feijão, a produção mundial, em 2007, situou-se em torno de 19,3 milhões de toneladas, ocupando uma área de 26,9 milhões de hectares.

O feijão possui um volume de produção mundial reduzido; apesar disso, 14% desse volume foram exportados em 2006 (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2007). Em 2006, cinco países foram responsáveis por 81,46% da exportação: China, com 26,4%; Myanmar, com 23,6%; Estados Unidos, com 12,5%; Canadá, com 10,9%; e Argentina, com 8% (FAO, 2009).

Silva (2008a) relata que, na produção do feijão, o Brasil e a Índia apresentam posição de destaque, visto que, juntos, esses países responderam por cerca de 40% da colheita global em 2007, de acordo com dados da FAO (2007).

O Brasil é o maior produtor mundial, tendo alcançado 3,1 milhões de toneladas produzidas em 2007. Nesse ano, Índia e Mianmar (ex-Birmânia), que ocupam o segundo e terceiro lugares no ranking mundial, produziram respectivamente 3 milhões e 1,7 milhão de toneladas do grão. Além disso, a China, quarto maior produtor, também possui expressividade no cultivo do feijão, tendo gerado, em 2007, cerca de 1,2 milhão de toneladas.

O Brasil é também o maior consumidor mundial do feijão, seguido pela Argentina (Rosa, 2009). Embora a produção brasileira seja a maior do mundo, o país não obstante precisa importar o grão, tendo como principais fornecedores a Argentina e a Bolívia (Agrianual, 2009). A leguminosa é bastante utilizada na alimentação dos brasileiros, principalmente nas classes econômicas menos favorecidas (Wander, 2005). Segundo Agrianual (2009), em 2007/2008, o consumo do feijão no Brasil foi de 18,2 kg/habitante/ano.

Há tendências regionais em relação ao tipo de feijão e à cor preferidos (EMBRAPA, 2007b). Nos estados do Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e, em menor nível, Paraná, Santa Catarina e Espírito Santo, concentra-se o consumo do feijão preto. Já o feijão de cores é mais empregado nos estados centrais do país (Rosa, 2009).

No Brasil, o consumo do feijão é, geralmente, conjugado com o do arroz, compondo a alimentação básica de parte significativa da população brasileira. Essa combinação mostra-se muito saudável, pois a associação dos dois produtos cria uma complementaridade, uma vez que os nutrientes que faltam em um alimento são encontrados no outro. O feijão possui proteína vegetal, ferro, vitaminas do complexo B e demais minerais fundamentais para a saúde, já o arroz é rico em vitaminas do complexo B, carboidratos, cálcio, fósforo e ferro (Silva, 2008b).

Reis (2006) observa que os mercados do feijão e do milho possuem importância histórica na economia do Brasil, bem como na alimentação humana e animal no país. O autor pondera que esses alimentos mostram-se relevantes econômica e socialmente, pois são produtos tradicionais e com fortes raízes culturais, além de comporem a fonte nutricional básica de grande parte da população brasileira.

Wander (2005) relata que no Brasil, historicamente, o feijão é cultivado por pequenos produtores descapitalizados, com reduzido emprego de insumos,

sendo a produção direcionada sobretudo para a subsistência das famílias. Observa-se, contudo, que, nas últimas duas décadas, o mercado do feijão tem recebido produtores com melhores condições econômico-financeiras. Tais produtores empregam tecnologias mais avançadas, que permitem a produção em grande escala, com ganhos de produtividade superiores a 3.000 kg/ha. Essas tecnologias envolvem a irrigação, o controle fitossanitário, bem como a colheita mecanizada. O autor conta ainda que, em grande parte do território nacional, a produção do feijão é realizada no sistema solteiro ou consorciada com outras culturas. Tal fato é prejudicial para a organização da cadeia produtiva dessa leguminosa, em especial, nas regiões em que há o predomínio de pequenos produtores não organizados entre si.

O sistema de comercialização do feijão é bastante variável, porém há um predomínio das transações realizadas por um pequeno grupo de atacadistas, que concentram a distribuição da produção. Esse sistema, em geral, propicia especulações quando ocorrem problemas na safra, mas o acesso à informação de mercado permite aos produtores obter uma melhor comercialização de sua produção (Wander, 2005).

O feijão possibilita até três safras ao longo do ano; por isso, determinadas localidades produzem feijão em qualquer mês, o que favorece o abastecimento interno e reduz a oscilação dos preços (Wander, 2005). Essas três safras são chamadas de safra das águas, safra da seca e safra de inverno. Embora o período de produção do feijão varie de acordo com a região produtora, pode-se sumarizar as três safras em termos de época de colheita e localidade, como mostra o Quadro 2.

Como pode ser observado pela análise do Quadro 2, o feijão é cultivado ao longo do ano em vários estados brasileiro. A primeira safra é colhida entre os meses de novembro e abril. Este plantio se concentra nas regiões Sul e Sudeste e nos estados de Goiás, Tocantins, Maranhã e Piauí. A segunda safra, por sua vez,

acontece principalmente nos meses de abril a junho, em todo o país. Por fim, a terceira safra concentra sua colheita nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe, ocorrendo nos meses de agosto a outubro (Rosa, 2009).

QUADRO 2 Safras do feijão: período e região.

Safra	Período	Região
1ª safra (safra das águas)	Dezembro a março	Sul, Sudeste, região de Irecê (Bahia)
2ª safra (safra da seca)	Abril a junho	Minas Gerais, São Paulo, Goiás/Distrito Federal e Oeste da Bahia
3ª safra (safra de inverno)	Julho a outubro	Minas Gerais, São Paulo, Goiás/Distrito Federal e Oeste da Bahia

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2003).

Ferreira et al. (2003) observam que os períodos de produção de um ano para outro podem sofrer variações. Contudo, a colheita do feijão acontece praticamente ao longo de todo ano, o que proporciona uma constante oferta do produto no mercado.

A maior região produtora de feijão no Brasil é a Região Sul, seguida das regiões Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. No país, o grão é cultivado na forma de culturas de subsistência, bem como em cultivos altamente tecnificados (EMBRAPA, 2008).

O feijão é uma cultura com um ciclo de produção curto, aproximadamente 90 dias, e requer muito cuidado no sentido de controlar pragas e doenças, bem como de fornecer à planta água e nutrientes em quantidades adequadas, fatores que podem comprometer crucialmente a produtividade da leguminosa (Silva, 2008a).

No que diz respeito ao risco de cada um dos três tipos de safra, Silva (2008a) indica que, embora as safras das águas e da seca sejam recomendadas para determinadas regiões, estes são períodos que envolvem riscos

consideráveis. De forma a não onerar os custos de produção, em geral, os produtores reduzem a quantidade de insumos utilizada, o que diminui o rendimento da lavoura.

O risco do período das águas está associado ao fato de que a maior incidência de chuvas favorece o ataque e a propagação de doenças, bem como dificulta e pode até inviabilizar a colheita. Para obter altos rendimentos e produtos de boa qualidade neste período, é necessário que as chuvas sejam bem distribuídas e não ocorram em excesso (Silva, 2008a).

Na safra da seca, por sua vez, o risco advém da possível escassez de chuva e, caso não haja meios para irrigar a lavoura, o rendimento da produção fica comprometido. Além disso, esse é um período de alta incidência de pragas, o que demanda maior controle sistemático (Silva, 2008a).

A safra outono-inverno, ou terceira época, geralmente oferece maiores rendimentos e produtos de melhor qualidade, pois, como o período envolve menores riscos à produção do feijão, é possível empregar mais insumos, porém é preciso ter meios para garantir a irrigação da lavoura (Silva, 2008a).

Nos últimos anos, a produção total das três safras de feijão no Brasil apresentou um expressivo crescimento. Entre 1997/1998 e 2007/2008, ocorreu um aumento de 58% na produção, que saltou de 2.231 mil toneladas para 3.520 mil toneladas, respectivamente. Nesse período, a produtividade nacional também obteve um crescimento de 58%, saindo de 558 kg/ha para 882 kg/ha. Não se verificou incremento, todavia, em termos de área de produção, que permaneceu em torno de 4.000 mil hectares (CONAB, 2009f). Esse comportamento – aumento da produção e da produtividade sem aumento da área de produção – pode ser atribuído à introdução de variedades de cultivo mais produtivas e resistentes, bem como ao aumento de produtores empregando tecnologia.

O aumento da produção tem-se mostrado insuficiente para atender o mercado interno, visto que, entre os anos agrícolas de 1998/1999 e 2007/2008,

verificou-se um acréscimo de 15% na demanda da leguminosa. Seguindo a análise de Wander (2005), pode-se atribuir esse incremento no consumo ao aumento da população brasileira. Como já apontado anteriormente, embora o Brasil seja o maior produtor mundial de feijão, a sua produção é insuficiente para atender ao consumo nacional, fazendo-se necessária a importação da leguminosa. No ano agrícola de 2007/2008, o país importou 70 mil toneladas, frente a uma produção de 3.544 mil toneladas (Agrianual, 2009).

Para atender à demanda interna por feijão e ampliar a produção nacional, a transgenia – modificação genética de um organismo – emergiu mais recentemente como uma alternativa promissora, e também controversa. Há ainda muito debate sobre os impactos da transgenia nos humanos e no meio ambiente; contudo, nos últimos anos, a produção agrícola, em especial, a produção do feijão, vem adotando progressivamente inovações tecnológicas relacionadas à transgenia. Essas inovações têm por objetivo tornar o cultivo do feijoeiro menos vulnerável, ampliando, assim, tanto a disponibilização da leguminosa ao consumidor, quanto o potencial de rendimentos do produtor rural (Peliçon et al., 2008).

Ressalte-se que a transgenia já vem sendo utilizada há algum tempo nos campos do Brasil e do mundo. O emprego dessa tecnologia possibilita uma maior segurança alimentar, ao gerar grãos mais resistentes a diversas dificuldades que atingem a produção agrícola (Peliçon et al., 2008).

O feijão é cultivado em quase todo o território brasileiro; no entanto, há uma concentração dessa cultura em nove estados, quais sejam: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Ceará, Goiás, Santa Catarina, Pernambuco, Mato Grosso e Rio Grande do Sul, em ordem decrescente de volume de produção. Juntos, esses estados foram responsáveis por cerca de 86% da produção agrícola no ano agrícola de 2007/2008, ano em que atingiram uma safra 3.521 mil toneladas (CONAB, 2009f).

2.3.1 Comportamento dos preços

Hetzel (2009) aponta que o feijão vem se apresentado como uma commodity bem atrativa para o mercado agropecuário, pois, nos últimos anos – em especial, na safra 2008/2009 –, houve uma elevação significativa em seu preço. Nesse ano agrícola, observou-se um reajuste de 65% no preço mínimo do produto, a saca passou de R\$ 48,82 para R\$ 80,00.

Além disso, no mesmo período, como parte do Programa Mais Alimentos, o governo disponibilizou à agricultura familiar uma linha de crédito para investimento em produção com taxa de juros efetiva de 2% ao ano, com prazo de 10 anos para pagamento e carência de três anos.

Em 2008/2009, a cultura do feijão rendeu aos produtores a melhor remuneração da história. No início de 2008, segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria do Estado do Paraná, a saca de feijão carioquinha, em Guarapava, passou do patamar de R\$ 70 s/c para R\$ 270 s/c, em um aumento de R\$ 200 (Hetzel, 2009).

Hetzel (2009) afirma, contudo, que os preços “atuais” não são um novo patamar seguro para o valor do feijão. Com um aumento descompassado na oferta e na demanda – elevação da oferta não acompanhada pela elevação da demanda –, pode haver uma redução futura dos preços desse produto.

Com aumento do tempo de estocagem, a qualidade do feijão tende a se reduzir, pelo que o grão não pode permanecer armazenado por muito tempo. Em vista disto, os preços vigentes no período do plantio, de forma geral, tendem a determinar a oferta da safra seguinte. Tal fato contribui para manter uma certa paridade da oferta com a quantidade demandada.

Outro elemento importante na formação dos preços do feijão diz respeito à valorização dos produtos substitutos. Por ser um alimento rico em proteína, a formação do preço do feijão é inversamente influenciada por variações nos preços de alimentos como frango e outras fontes de proteína

animal. Assim, uma redução no preço do frango, acompanhado de uma elevação na sua procura, diminui substancialmente a demanda pelo feijão, que tem seu preço pressionado para a redução.

O Quadro 3, abaixo, apresenta os fatores que influenciam o processo de formação de preço do feijão tanto no lado da oferta como no lado da demanda.

QUADRO 3 Fatores que interferem na formação de preço do feijão.

Oferta	Demanda
Produção regional	Emprego
Produção nacional	Renda
Sazonalidade da oferta	Preços dos produtos substitutos, de origem animal e vegetal
Adequação da oferta ao mercado	
Condições climáticas	
Fluxos de exportação e importação	

Fonte: Wander (2005).

3 DECISÃO DE INVESTIMENTO NA ATIVIDADE PRODUTIVA RURAL

3.1 Importância da análise de investimento na atividade produtiva rural e ferramentas de análise de investimento tradicionais

A decisão de investimento é um tema de grande relevância no campo acadêmico e empresarial, devido aos impactos que essa decisão gera no patrimônio dos agentes econômicos interessados em empreender projetos, bem como em função dos reflexos que produz sobre o desenvolvimento de uma localidade, região ou país (Brandão, 2002).

Como os riscos e as incertezas são inerentes aos projetos de investimentos, é necessário que o tomador de decisão conheça os fatores que afetam esses projetos. No intuito de garantir a rentabilidade do investimento, é fundamental utilizar técnicas de análise de viabilidade econômica no momento da decisão. Um investimento mostra-se viável se for capaz de gerar fluxo de caixa positivo superior ao seu custo de implementação, o que eleva o valor da empresa e, conseqüentemente, os valores de suas ações.

Nesse sentido, Weston & Brigham (2000) relatam que a decisão de investimento é uma das mais importantes decisões que os gerentes financeiros devem tomar, pois envolvem investimentos elevados em ativos, bem como repercutem sobre o resultado econômico-financeiro da empresa por vários anos. Quanto à aquisição de ativos, os autores sugerem que a avaliação da sua adequada dimensão evita que a empresa realize aquisições desnecessárias ao projeto, bem como subestime a necessidade de ativos – o que, em ambos os casos, resulta em ineficiência e perda de competitividade. Ademais, essa avaliação permite a definição do timing, o momento ideal de investimento, e da qualidade correta dos ativos adquiridos. Com relação aos efeitos que, por um longo período, os investimentos de capital geram sobre o resultado econômico-financeiro da empresa, Weston & Brigham (2000) comentam que esses reflexos

restringem a flexibilidade do tomador de decisões, uma vez que a decisão mantém a empresa atrelada ao projeto pelo período de investimento. Os autores salientam, ainda, que a elaboração do orçamento de capital é importante ao programar a disponibilização dos recursos financeiros substanciais aos aumentos de ativos requeridos pelos projetos de investimento.

No Brasil, o setor rural tem se consolidado como uma importante atividade econômica, demonstrando ser um dos grandes responsáveis pela melhoria no desempenho da balança comercial brasileira. Nas últimas décadas, o setor apresentou expressivos avanços em suas técnicas agrícolas, o que garantiu aumentos de qualidade e produtividade, entre outros aspectos. No campo da administração, contudo, ainda se verifica uma deficiência no sentido de oferecer à atividade rural uma gestão profissional capaz de garantir e ampliar os ganhos econômicos de seus agentes.

Nesse sentido, Santos et al. (2002) reconhecem que o administrador rural precisa ter conhecimento dos fatores internos e externos que impactam os resultados econômicos do agronegócio. Os fatores internos são passíveis de ser modificados diretamente pelo administrador. Conhecer esses fatores possibilita ao gestor, tanto evitar ou minimizar possíveis problemas, quanto se beneficiar de seus elementos positivos. Dentre os fatores internos, esses autores destacam: o tamanho da propriedade; o rendimento dos cultivos e criações; a seleção e a combinação de atividades produtivas, a eficiência da mão-de-obra; a eficiência dos equipamentos, entre outros. Quanto aos fatores externos, como o administrador rural não é capaz de influenciá-los diretamente, deve procurar conhecê-los, para que possa se ajustar a condições adversas e ainda usufruir os seus possíveis benefícios. São exemplos de fatores externos o preço dos produtos, o clima, a existência de mercados para os produtos, as políticas de crédito e de financiamento, o sistema de transporte, a disponibilidade de mão-de-obra, etc. (Santos et al., 2002).

Para Lopes (1992 citado por Figueiredo et al., 2006), o conhecimento dos produtores sobre as variáveis que mais oneram os investimentos ao longo de sua vida útil – como, por exemplo, a possibilidade de uso alternativo de matérias-primas – é bastante reduzido. Assim, segundo Figueiredo et al. (2006), ao simular as condições reais que esses produtores encontram em suas atividades, é possível identificar as variáveis mais representativas do empreendimento, o que permite oferecer a eles uma melhor orientação sobre a viabilidade econômica do seu negócio. Do mesmo modo, esse conhecimento serve de parâmetro para os produtores interessados em ingressar na atividade.

No que concerne especificamente a decisão de investimento na atividade rural, observa-se que o planejamento da produção agrícola e o abastecimento dos mercados sofrem reflexos de fatores instáveis que influenciam significativamente a variabilidade da produção e dos preços, como fatores ambientais, oferta e demanda internas e externas e fatores de comercialização. A esse respeito, Pereira et al. (2007) ponderam que as decisões sobre investimentos devem se pautar na análise de seus retornos, bem como de seus riscos, uma vez que a implantação desses investimentos é afetada por fatores ambientais de difícil previsão, tais como condições climáticas, econômicas e locais. Portanto, a atividade agrícola deve ser avaliada tanto em relação ao nível de rentabilidade das culturas, quanto em termos das incertezas que envolvem. Os principais riscos que afetam essa atividade são os de mercado, responsáveis pelas oscilações de preços, e os de produção, associados a oscilações na produtividade (Pereira et al., 2007).

Tendo em vista a incerteza e os riscos inerentes a projetos de investimentos, em especial, na atividade agrícola, é preciso que as decisões sejam respaldadas por técnicas que avaliem a possibilidade de realização desse projeto. Ademais, destaca-se a necessidade da busca constante por melhoria nos

processos de decisão de investimento, que se mostram de grande importância para a gestão financeira.

As técnicas de decisão predominantes são baseadas na elaboração do fluxo de caixa do projeto obtido por meio de análises qualitativas e quantitativas do investimento. Segundo Weston & Brigham (2000), o fluxo de caixa representa o fluxo líquido real de dinheiro que ingressa ou sai de uma empresa em um dado período. Ressalta-se que, na análise do projeto de capital, a estimativa dos fluxos de caixa – representados pelos dispêndios e entradas do projeto após o início de sua operação – apresenta significativa dificuldade, mas possui um papel fundamental nesse processo. A partir dos fluxos de caixa, são empregadas as técnicas analíticas de viabilidade econômica – isto é, os indicadores de rentabilidade e risco se baseiam essencialmente no fluxo de caixa do projeto. Esses indicadores são utilizados para aceitação ou não do projeto de investimento. Dentre eles, se destacam¹:

- Período de Payback;
- Payback Descontado;
- Valor Presente Líquido (VPL);
- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM).

Nesse sentido, observa-se que, em finanças corporativas, especificamente, em orçamento de capital, o método estimativa do fluxo de caixa é correntemente utilizado para avaliação de investimento, em especial, o método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) (Copeland & Antikarov, 2001; Dixit & Pindyck, 1994). Esse método consiste em estimar, em um ponto no

¹ No presente estudo será utilizada a técnica do VPL, para maiores informações sobre as demais técnicas consultar Weston & Brigham (2000) e Ross et al. (2002).

tempo, a totalidade dos futuros fluxos de entrada e saída esperados de um projeto em função de sua efetivação. O FCD tem como pilar teórico o conceito de valor do dinheiro no tempo, que representa o retorno proveniente de um capital investido no momento t e resgatado no momento $t+1$. Dessa forma, o cerne desse método é descontar de fluxos de caixa futuros uma taxa, a taxa mínima de retorno, que modifica o valor do dinheiro no tempo e indica o retorno mínimo aceitável sobre um investimento. Essa taxa também pode ser denominada de taxa de desconto, taxa mínima de retorno estabelecida, custo de capital ou custo de oportunidade de capital (Horngren et al., 2004).

O FCD pode ser descrito, basicamente, por dois dos indicadores apresentados anteriormente, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). A técnica do VPL é amplamente utilizada na análise de viabilidade econômica de projeto, se mostrando com um dos principais indicadores para decisão de investimento ou a Main Stream da Análise de Investimento.

3.1.1 Valor presente líquido (VPL)

3.1.1.1 Definição

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica de avaliação de proposta de investimento na qual se obtém o valor presente dos fluxos de caixa futuros, descontado o custo de capital da empresa ou a taxa de retorno exigida (Weston & Brigham, 2000).

Esta técnica consiste em confrontar, em um dado momento, o valor presente dos fluxos de lucros esperados em um investimento com o valor presente dos seus fluxos de gastos, descontando do resultado uma taxa mínima de retorno. O resultado obtido, o VPL, indicará se o investimento deve ou não ser efetivado. Para que seja recomendado o investimento, o VPL deverá ser maior que zero, de modo que, segundo Horngren et al. (2004), o retorno desse

projeto seja igual ou exceda o custo do capital, que representa o retorno disponível para o capital em outra modalidade de investimento.

Dessa forma, o VPL equivale à soma do valor presente de cada fluxo de caixa, incluindo entradas e saídas; por sua vez, o valor presente é obtido descontando-se de cada fluxo de caixa o custo de capital do projeto, como representado na equação abaixo:

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

em que: C_t = fluxo líquido do investimento, obtido pela diferença entre as entradas e saídas financeiras gerada pelo investimento; t = período de tempo; n = tempo-limite; i = taxa de desconto pré-determinada

O VPL demonstra, em valores atuais, os recursos gerados pelo investimento. Se o VPL for positivo, o projeto avaliado deve ser aceito. Se for negativo, o projeto deve ser rejeitado. Em projetos mutuamente exclusivos, deve-se selecionar o que apresentar o maior VPL, dentre aqueles que apresentarem VPL positivo.

O VPL zero indica que os fluxos de caixa gerados pelo projeto são capazes de restituir apenas o capital investido à taxa de retorno exigida sobre esse capital. Em projetos com VPL positivo, os fluxos de caixa não só são suficientes para cobrir o serviço da dívida e proporcionar o retorno esperado ao investidor, como geram um acréscimo de caixa que melhora a posição dos acionistas.

Rezende & Oliveira (2001 citado por Figueiredo et al., 2006) relatam que é bastante difundida a utilização do VPL na análise de viabilidade econômica,

este se mostrando um dos principais indicadores para decisões de investimento. Os autores apontam ainda que o VPL é preferido aos demais indicadores por considerar o efeito do tempo sobre o valor dinheiro, bem como por que fluxos líquidos intermediários são reinvestidos à mesma taxa, que representa o custo de oportunidade do capital investido pelo produtor.

Kreuz et al. (2005) mostram que o VPL indica o ganho do projeto em relação à taxa mínima de atratividade (TMA); com isso, esse indicador consiste em uma estimativa do aumento da riqueza gerado por um investimento. Os autores ressaltam, contudo, que, o VPL é expresso em um período não-convencional – o horizonte de tempo do projeto –, fazendo-se necessário ajustá-lo a um horizonte de tempo mais convencional – o ano, por exemplo.

Para Dixit & Pindyck (1994) as questões principais que emergem do cálculo do VPL dizem respeito a: como deve ser estimado o fluxo de lucro esperado de um novo investimento? Qual a taxa de desconto empregada no cálculo do valor presente?

Horngren et al. (2004) explicitam que o método do VPL apresenta a vantagem de poder usar diferentes taxas mínimas de atratividade em anos diferentes. Note-se, contudo, que, como a análise do VPL ocorre em um único momento do tempo, o emprego de diferentes taxas mínimas de atratividade para anos distintos só pode ser realizado previamente, ao se avaliar a aprovação ou não do projeto. Desse modo, a mudança da taxa não é considerada à medida que novas informações vão se revelando ao investidor. Portanto, o método do VPL guia a decisão de investimento restringindo-se ao momento da análise do projeto, com base nos dados levantados na ocasião do planejamento.

3.1.1.2 Limitações e críticas

O método do VPL é o main stream da Teoria de Análise de Investimento. Não obstante, vê-se alvo de várias críticas, entre elas, a de não

considerar em sua avaliação as incertezas do negócio à medida que novas informações são reveladas, não oferecendo ao gestor a flexibilidade requerida pelos tempos atuais. Ademais, Copeland & Antikarov (2001) observam que o VPL apresenta grandes limitações e subestima todas as oportunidades de investimento, particularmente por se basear nos fluxos de caixa futuros esperados e, com isso, não considerar a flexibilidade do valor.

Dixit & Pindyck (1994) pontuam que a corrente teórica predominante de investimentos apresenta falhas ao não fornecer modelos empíricos de análise do comportamento dos investimentos, bem como tende a conduzir a previsões otimistas da efetiva taxa de juros e da política de impostos. Ademais, alertam para o fato de que a abordagem do VPL se baseia em algumas características intrínsecas ao investimento, que são, freqüentemente, negligenciadas. Esse método, ou assume que o investimento é reversível, podendo, com isso, ser liquidado e os gastos, recuperados, ou, então, assume que o investimento é irreversível, de modo que, se a firma não empreender agora, não será capaz de fazê-lo no futuro. Os autores apontam falhas no VPL para a avaliação de investimentos, contudo reconhecem que esse método é válido em situações em que a escolha consiste em investir ou não no momento $t=0$, uma vez que não haveria nenhuma possibilidade de aguardar para investir em outro período. Um exemplo dessa situação seria o investimento devido a entrada antecipada de competidores em um mercado que comporta somente uma firma. Outro exemplo seria o de uma patente ou um arrendamento de jazida de recursos minerais que são suscetíveis de expirar.

Copeland & Antikarov (2001), ao analisarem a sistemática do VPL para avaliar projetos de investimento, argumentam que este método não incorpora a flexibilidade em sua análise. Tal fato não é condizente com o observado no mundo real dos investimentos, pois um projeto, após a sua fase de planejamento, pode apresentar um resultado superior ao que era esperado, pelo que tenderá a

ser expandido ou prorrogado, mas pode também ser rejeitado, se seu resultado não corresponder às expectativas. Essa flexibilidade permite que se maximize o retorno dos investimentos, se as opções forem exercidas de maneira ótima. Para Copeland & Antikarov (2001, p. 6), é ilusório acreditar que o VPL esperado capte o valor da flexibilidade disponível aos tomadores de decisão no empreendimento de um projeto.

Francisco (2007) ratifica o posicionamento de Copeland & Antikarov (2001), argumentando igualmente que o grande problema do VPL é não considerar a flexibilidade gerencial, por não incorporar em sua formulação a possibilidade, freqüentemente disponível aos investidores, de tomar determinadas atitudes ao longo da vida útil do projeto, de forma a maximizar seus ganhos e minimizar suas perdas. A autora afirma ainda que esta abordagem não viabiliza ao gestor rever e adaptar suas decisões após o investimento em resposta a variações inesperadas do mercado. Conforme apresentado em Francisco (2007), são sumarizados no Quadro 4, disposto a seguir, os pressupostos e as restrições do VPL, método amplamente adotado pela Abordagem Clássica de Avaliação de Investimento:

QUADRO 4 Pressuposto e restrição do VPL frente à flexibilidade gerencial.

Pressuposto	Restrição
O projeto de investimento tem início imediato	Não reconhece a opção de espera do início do projeto
O projeto de investimento apresenta operação contínua	Não considera a opção de abandono do projeto
O projeto de investimento é realizado a uma escala determinada	Não explora a opção de contrair ou expandir o projeto até o final da sua vida útil

Fonte: Francisco (2007), adaptado pela autora.

Em suas discussões sobre a adequação às decisões reais da Abordagem Clássica de Investimento, Dixit & Pindyck (1994) indicam que às decisões de investimento compartilham de três importantes características, que devem ser

reconhecidas a fim de que a decisão do investidor seja ótima, quais sejam: a irreversibilidade e a incerteza do investimento e a escolha do timing. A primeira característica, a irreversibilidade, corresponde ao fato de o investimento ser parcial ou completamente irreversível, tendo seu custo inicial parcialmente perdido, pois não poderá ser recuperado. Já a segunda característica, a incerteza, indica que a recompensa futura do investimento é incerta e, em vista disso, a melhor opção seria a avaliação das probabilidades de resultados alternativos para o empreendimento. Por último, a terceira característica inerente à decisão de investimento é a escolha do timing, ou seja, o momento mais adequado para a realização do investimento, que pode ser adiado com vistas a obter maiores informações sobre o futuro. Em relação a esse aspecto, deve-se atentar para o fato de que o nível de informação pode aumentar com o tempo, mas jamais será completo.

Dixit & Pindyck (1994) contam que as decisões de investimento são afetadas, substancialmente, pela irreversibilidade e por sua possibilidade de postergação. Essas características enfraquecem a regra do VPL e, portanto, a fundação teórica do padrão clássico de modelo de investimento.

Com relação à irreversibilidade, Dixit & Pindyck (1994) ressaltam a importância de se compreender os fatores que podem tornar os gastos de investimento um custo perdido ou irreversível. Concluem que os gastos em investimento são perdidos quando realizados em empresas ou indústrias específicas, mas é possível também que ocorra perda de investimentos em firmas não específicas, que são, em geral, parcialmente irreversíveis. É o que acontece, por exemplo, quando uma empresa investe em maquinário, gasto considerado irreversível – pelo menos parcialmente, pois, mesmo se as máquinas forem vendidas posteriormente, não serão obtidos os mesmos valores investidos de início. Essa situação decorre do fato de o mercado de máquinas usadas não avaliar adequadamente a qualidade do item, atribuindo ao mesmo um valor de

qualidade média no mercado. Essa situação atinge vários mercados, como o de carros, caminhões, computadores, e está relacionada com a natureza incompleta ou assimétrica das informações, na seleção adversa (Dixit & Pindyck, 1994).

Considerando o fator do timing, Dixit & Pindyck (1994) advertem que nem sempre as empresas possuem a alternativa de postergar um investimento – por exemplo, quando, por questões estratégicas, é preciso ser o primeiro agente a realizar o investimento, devido a potenciais concorrentes. Nesses casos, deve-se sempre comparar os riscos de se postergar o investimento com o risco da entrada de novas firmas no mercado, ou comparar os fluxos de caixa esperados com os benefícios de se aguardar por novas informações. A decisão de investir ou esperar dependerá dos parâmetros especificados no modelo, sendo os mais importantes a extensão da incerteza (que determina o aspecto negativo do risco evitado pela espera) e a taxa de desconto (que mensura a importância relativa do futuro versus o presente) (Dixit & Pindyck, 1994).

Em síntese, a possibilidade de adiar a decisão de investimento permite evitar perdas que teriam acontecido se o investimento tivesse sido realizado no primeiro momento. Assim, o valor de esperar é um trade-off de investir no período inicial de perda (Dixit & Pindyck, 1994).

3.2 Práticas e abordagens de análise de investimento na atividade produtiva rural

Faz-se mister, ainda, apresentar as práticas de investimento e as abordagens teóricas tradicionais sobre realização de investimentos, predominantemente, empregadas na atividade rural. Nesse sentido, Cardoso (2007) destaca a existência de três abordagens preponderantes empregadas no setor agropecuário para realização de investimentos, a saber:

- o produtor rural ingressa no mercado agropecuário quando o preço do produto agrícola atinge o pico superior dos preços da commodity, bem como saem quando estes preços atingem o pico inferior;
- o produtor rural mantém a sua produção de forma contínua, independentemente do preço de mercado que o produto agrícola apresentar;
- o produtor segue os preceitos da Main Stream sobre investimentos e ingressa no mercado quando o preço de mercado da commodity for superior ao custo total unitário e saem da atividade quando o preço de mercado for inferior ao custo variável unitário.

A primeira abordagem pode resultar em insucesso se adotada por um grande número de produtores, pois a elevação da oferta reflete negativamente na lucratividade de cada produtor. De fato observa-se que, quando os preços de mercado de uma commodity atingem o pico superior, os produtores rurais tendem massivamente a entrar no mercado deste produto. Com isso, ocorre uma elevação acentuada da oferta, a qual geralmente não é acompanhada pela devida elevação da demanda. Em se tratando do setor agrícola, um mercado próximo ao modelo de concorrência perfeita, e tendo em vista as leis de demanda e oferta, observa-se um ajuste nos preços no sentido baixista. Conseqüentemente, os produtores obterão receitas que nem sempre são capazes de cobrir seus custos de produção. Um efeito semelhante é obtido quando os preços atingem o pico mínimo de preços. Ao observar grande redução no preço de determinado produto agrícola, os produtores tendem, de forma geral, a sair de tal atividade e migrar para outra, elevando o preço do produto anteriormente em baixa. Há, com isso, perda de oportunidade e de geração de receita.

Em relação a essa primeira abordagem, há de destacar a existência de um intervalo temporal considerável entre o momento de decisão de plantio e da

realização de parte significativa dos custos, e o momento da produção e comercialização agrícola que impacta significativamente na qualidade da decisão tomada pelo produtor rural.

Na segunda abordagem, em que se procura manter a produção de forma contínua, independentemente do preço de mercado que o produto agrícola possa atingir, encontra-se uma situação de total exposição a riscos e de mínimo gerenciamento do negócio.

A última abordagem, por sua vez, consiste em entrar no mercado no momento em que o preço de mercado for superior ao custo total unitário e se retirar da atividade quando o preço de mercado for inferior ao custo variável unitário, conforme propõe a Main Stream. De acordo com Dixit & Pindyck (1994) tal estratégia apresenta o inconveniente de se basear em pressupostos que negligenciam as características básicas dos investimentos - a incerteza do retorno, a irreversibilidade total ou parcial do investimento e a possibilidade de postergá-lo.

Verifica-se, ainda, que os trabalhos acadêmicos relacionados à Análise de Investimento no Setor Agropecuário centram-se na utilização das técnicas da abordagem predominante, apresentadas neste capítulo, a exemplo do que fazem Figueiredo et al. (2006); Kreuz et al. (2005) e Pereira et al. (2007). Em seu trabalho, Figueiredo et al. (2006) avaliaram o projeto de implantação de um aviário constituído com a utilização de contratos de integração na microrregião de Viçosa, utilizando, para avaliação da rentabilidade e risco, indicadores como VPL, Relação Benefício/Custo (B/C)², TIR e Período de Payback.

Por seu turno, Kreuz et al. (2005) analisaram a viabilidade econômica do negócio da uva para obtenção de vinho e suco no Meio Oeste Catarinense. O trabalho analisou as expectativas de retorno associadas a esse modelo de

² Maiores detalhes, consultar Woiler & Mathias Filho (1996), Figueiredo et al. (2006) e Kreuz et al. (2005).

agronegócio, considerando três sistemas de sustentação: latada, manjedoura e espaldeira. Para avaliação da viabilidade, os autores se basearam no Fluxo de Caixa Descontado (FCD), a partir do qual extraíram os indicadores de retorno e risco. Para determinar o retorno do investimento, foi calculado, a partir do FCD, o VPL, o BC e a Rentabilidade Adicional sobre o Investimento (ROIA)³. O risco do projeto foi calculado por meio da TIR e do Período de Payback. Como resultado, esses autores observaram uma ligeira superioridade da produção de uva destinada para vinho e uma rentabilidade reduzida para os dois produtos analisados, vinho e suco.

Por fim, Pereira et al. (2007) analisaram a viabilidade econômica do cultivo de trigo nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, considerando o risco e a ausência de risco. Os autores utilizaram para análise de viabilidade econômica os indicadores B/C, VPL, TIR e TIRM. Já a análise de risco envolveu a utilização desses indicadores conjugada com o método de Monte Carlo. A conclusão resultante é de que a produção tritícola é economicamente viável, especialmente no estado do Paraná.

3.3 Conclusão

Tendo em vista o exposto neste capítulo, observa-se que o método predominante em finanças corporativa de Análise de Investimento, o VPL, apresenta-se falho em não considerar as incertezas em relação ao investimento proposto no momento em que novas informações ocorrem. Sendo assim, a técnica do VPL não analisa as características intrínsecas às decisões de investimento, tais como: a irreversibilidade e a incerteza do investimento, e a possibilidade de escolha do timing ótimo de sua realização. A decisão do produtor rural pautada nessa abordagem restringe a flexibilidade gerencial

³ Consultar Kreuz et al. (2005) para detalhamentos sobre ROIA.

proporcionada pelas incertezas que são peculiares ao investimento na atividade rural e, conseqüentemente, a qualidade da decisão desse agente é comprometida.

Outro aspecto importante apresentado diz respeito às práticas de investimento do produtor rural que, em geral, ingressa no mercado agropecuário quando o preço do produto agrícola atinge o pico superior dos preços da commodity, bem como sai quando esses preços atingem o pico inferior. Ou, então, o produtor adota a postura de manter sua produção continuamente, indiferente ao preço que o produto agrícola assumir. Ou, por fim, o produtor ingressa no mercado quando o preço de mercado da commodity é superior ao custo total unitário e sai da atividade quando o preço de mercado é inferior ao custo variável unitário.

No presente trabalho, avaliaram-se as restrições e críticas do VPL, bem como as práticas ineficientes de decisão do produtor rural. Com a intenção de depurar o processo de decisão de investimento do produtor rural, utilizou-se a Teoria das Opções Reais (TOR) como abordagem para avaliação de investimento em propriedade rural de lavouras temporárias, visto que essa teoria considera em sua análise as incertezas e as características inerentes aos investimentos e que, em função disso, possibilita a flexibilidade gerencial do administrador rural.

Na gestão empresarial, a decisão é um fator crucial para o sucesso e a continuidade de uma organização. Nesse processo, o gestor deve utilizar informações de alto valor, qualitativas e/ou quantitativas, que promovam a tomada de decisão ótima. O valor da informação está atrelado diretamente à sua capacidade de reduzir a incerteza no processo decisório, de apresentar benefício superior ao seu custo de obtenção e, por fim, de elevar a qualidade da decisão (Padoveze, 2007). Nesse sentido, considerando as incertezas e os riscos da atividade produtiva rural, nesta tese, empregou-se, ainda, o Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM) com o objetivo de minimizar os

riscos da produção agrícola por meio da diversificação das commodities produzidas na propriedade rural de lavouras temporárias. Para tanto, nos dois capítulos seguintes, são apresentados o CAPM e a TOR.

4 MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE CAPITAL (CAPITAL ASSET PRICE MODEL – CAPM)

A trajetória do retorno das ações é um tema tradicionalmente pesquisado na área de finanças. Os teóricos dessa área se empenham em descrever o comportamento do retorno das ações, assim como os riscos a que tais ativos estão expostos. Nesse sentido, Markowitz (1952) preceitua que as variáveis retorno e risco são suficientes para compreender o comportamento dos retornos das ações e orientar as decisões de investimentos dos agentes do mercado.

No intuito de oferecer uma ferramenta capaz de auxiliar as decisões financeiras no ambiente empresarial, Harry Markowitz e William Sharpe desenvolveram o Modelo de Precificação de Ativos, Capital Asset Pricing Model (CAPM). Esse modelo busca analisar e dimensionar o risco e o retorno de ativos. O CAPM fundamenta-se na hipótese de mercado eficiente para compreender a Teoria do Portfolio ou carteira de títulos, a diversificação do risco e a seleção de carteira, tendo em vista a relação risco-retorno.

Segundo Bernstein (1997), estudos a respeito do risco começaram no Renascimento, quando as pessoas se libertaram das restrições do passado e desafiaram abertamente as crenças consagradas. Desde então, muito tem se desenvolvido nessa área, passando por Markowitz (1952), que definiu o risco na área financeira como sendo a variância ou o desvio em relação a uma média, depois por Sharpe (1964), que apresentou os conceitos do hoje conhecido CAPM, onde o risco de um ativo para um investidor é o risco que este ativo acrescenta à carteira de mercado. Tanto Markowitz como Sharpe publicaram trabalhos que contribuíram imensamente com a teoria financeira, tendo sido condecorados com um Prêmio Nobel pelo desenvolvimento do CAPM.

Segundo a hipótese mercado eficiente, as informações disponíveis no mercado já estão incorporadas aos preços dos ativos. As modificações do

ambiente repercutem nesses preços, ajustando-os a novas informações. Na matriz da hipótese de mercado eficiente, os pressupostos básicos são:

- a) os participantes do mercado, individualmente, não são capazes de exercer influência sobre os preços de negociação de acordo com as suas expectativas particulares;
- b) o mercado é constituído, preponderantemente, de investidores racionais, que traçam alternativas em que é possível maximizar o retorno para dado risco, ou minimizar o risco com vista a determinado nível de retorno;
- c) a totalidade das informações do mercado é disponibilizada, gratuita e instantaneamente, aos participantes do mercado, de maneira que nenhum investidor possua informações privilegiadas;
- d) as expectativas dos investidores são homogêneas, ou seja, todos avaliam em um mesmo nível o desempenho futuro do mercado;
- e) os agentes do mercado possuem acesso irrestrito e idêntico às fontes de crédito, não havendo, portanto, racionamento de capital.

Fama et al. (2002) elenca os seguintes pressupostos do modelo CAPM:
não existem custos de transação;

- a) os ativos são infinitamente divisíveis;
- b) não existe imposto de renda para pessoas físicas;
- c) nenhum indivíduo pode afetar o preço das ações, seja comprando ou vendendo;
- d) ao tomarem decisões sobre seus portfólios, os indivíduos levam em conta apenas as condições de risco e retorno;

- e) vendas à descoberto são livres; os indivíduos podem, de forma ilimitada, aplicar ou tomar recursos a uma taxa livre de risco;
- f) todos os investidores possuem expectativas homogêneas e idênticas;
- g) todos os ativos são negociáveis.

4.1 Retorno dos ativos

Na tomada de decisão sobre investimentos, o retorno dos ativos é amplamente empregado em detrimento do preço dos ativos, pois o último possui propriedades que inviabilizam a sua utilização, dentre as quais se destacam as representativas variações em termos absolutos e a não-estacionariedade. Dessa forma, a avaliação de investimentos baseada no preço dos ativos é preterida em relação à análise do comportamento do retorno. De fato, os investidores preferem analisar o retorno dos ativos que seus preços, predileção que pode ser atribuída, principalmente, ao fato de que o retorno possui propriedades mais adequadas ao tratamento estatístico.

Segundo o CAPM, existe uma estreita relação entre risco e retorno, de forma que, quanto maior o risco de um investimento – isto é, quanto maior a probabilidade de insucesso – maior será o retorno exigido para que seja realizado tal investimento. De acordo com Gitman (2001), em geral, os administradores exigem retornos superiores por uma maior exposição ao risco, pois possuem aversão a essa variável.

Pode-se considerar o retorno como a representação do ganho ou da perda ocorridos em determinado período, em função da realização de um investimento. Verifica-se que o retorno deriva da variação do valor do ativo acrescido dos fluxos de caixa gerados no período, sobre o valor inicial investido, o que pode ser expresso pela seguinte fórmula:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1} + C_{i,t}}{P_{i,t-1}} \quad (2)$$

em que: $R_{i,t}$ = taxa de retorno do ativo i no período t ; $P_{i,t}$ = preço do ativo i no tempo t ; $P_{i,t-1}$ = preço do ativo i no tempo $t-1$; $C_{i,t}$ = caixa (fluxo) do investimento do ativo i no período de tempo $t-1$ a t .

Para Bodie et al. (2000), o retorno esperado não representa nem o retorno que os investidores crêem que obterão, nem o retorno mais provável. O retorno esperado é resultante da precificação de todos os resultados possíveis, admitindo alguns resultados como mais prováveis de realização.

Já Ross et al. (2002) expressam que o retorno esperado é representado pelo retorno proporcionado por um ativo que o investidor espera receber no próximo período. Os autores observam que essa expectativa de retorno pode ser diferente do retorno efetivo tanto para mais quanto para menos. Além disso, indicam que o retorno esperado pode ser obtido de diversas formas, quais sejam: pelo retorno médio apresentado por um ativo em dado período; por uma análise detalhada das perspectivas de retorno; pelo desenvolvimento de um modelo computacional ou, finalmente, por uma informação privilegiada.

Ross et al. (2002) consideram o retorno médio como a melhor estimativa para descrever o retorno passado de um ativo. O retorno médio é calculado pela média aritmética simples das observações, conforme a equação abaixo:

$$\bar{R}_{i,t} = \sum_{t=1}^N \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{N} \quad (3)$$

Onde: $R_{i,t}$ = taxa de retorno bruto do ativo i no período t ; $P_{i,t}$ = preço do ativo i no tempo t ; $P_{i,t-1}$ = preço do ativo i no tempo $t-1$; N = número de observações.

Matias Filho (2006) mostra que o retorno gerado por ativos pode ocorrer de três formas: a uma taxa pré-fixada, a uma taxa pós-fixada ou a preço futuro estimado. Na taxa de retorno pré-fixada, já há uma definição do percentual de remuneração a ser obtido, a exemplo do Certificado de Depósito Bancário (CDB) pré-fixado. Neste tipo de investimento, existe a probabilidade de não recebimento da remuneração estabelecida, bem como de perda do valor do principal em caso de insolvência do emissor do título. Isto ocorrendo, a remuneração efetiva será diferente da remuneração esperada, podendo mesmo assumir o valor zero. Contudo, sem condições adversas não há expectativas diferentes sobre a remuneração final.

No caso da taxa de retorno pós-fixada, o percentual de remuneração do ativo é associado ao desempenho de um ou mais índices de mercado durante o período de investimento, tal como ocorre a debênture com remuneração pós-fixada pelo Certificado de Depósito Interbancário (CDI). É previsto que o valor efetivo da remuneração no final do período difira da expectativa inicial do investidor em virtude da variação natural do índice ou índices de remuneração utilizados (Matias Filho, 2006).

Já o investimento atrelado o preço futuro estimado, o retorno esperado do ativo é baseado em dados históricos e/ou projeções de mercado, havendo incerteza quanto à realização dessas projeções, tal como ocorre com as ações. Neste caso, ocorrem variações, tanto positivas quanto negativas, na remuneração efetiva do ativo e em seu preço futuro em relação à expectativa inicial. Os investimentos em ativos reais se enquadram neste último tipo de taxa de remuneração, uma vez que o seu retorno envolve a incerteza quanto à realização das projeções (Matias Filho, 2006).

4.2 Risco dos ativos

A incerteza permeia a existência humana. Os indivíduos estão constantemente sujeitos a incertezas e riscos em todos os campos da sua vida, o que irá influenciar a sua sobrevivência e o seu desenvolvimento. Por extensão, as atividades econômicas são expostas a várias incertezas e riscos, que podem impactar significativamente nos seus resultados.

No mundo contemporâneo, particularmente, acentua-se a cada dia o nível de incertezas e riscos aos quais as atividades econômicas estão sujeitas. Essa realidade advém do fato de que a internacionalização dos mercados ampliou os fatores que repercutem sobre o desempenho, bem como criou uma complexa inter-relação entre esses fatores. Com isso, é imperativo compreender as incertezas às quais as atividades econômicas estão expostas para alcançar uma performance adequada, assim como para garantir sua continuidade.

Nesse sentido, destacam-se os principais tipos de riscos a que as organizações estão expostas em suas transações, a saber:

- a) risco de negócio: operacional, administrativo, tamanho do mercado, participação de mercado, entre outros;
- b) risco financeiro: capacidade financeira para o pagamento das dívidas, volatilidade das taxas de juros, entre outros;
- c) risco de liquidez: volatilidade da liquidez dos estoques da firma, liquidez de ativos imobilizados, entre outros;
- d) risco cambial: alterações abruptas nas taxas de câmbio entre moedas que financiem uma ou outra parte da empresa, entre outros;
- e) risco político: política ambiental, política de comércio exterior, tombamentos, proibição de fabricação ou comercialização de determinados produtos, este é risco das empresas. É o risco não

gerenciável, pois, de maneira geral, pode afetar todo o ambiente econômico e financeiro.

Segundo Houaiss (2009), o conceito de risco é datado no século XIII e exprime o perigo associado a dado empreendimento; sua acepção por derivação e extensão de sentido refere-se à probabilidade de insucesso de determinado evento pela ocorrência de um fato incerto e independente da vontade dos interessados.

Por natureza, a atividade agropecuária tem a si associado um elevado grau de incertezas, dada a sua exposição, essencialmente, a três tipos de risco, conforme aponta Schouchana (2000): o clima, que sujeita essa atividade a intempéries e pragas, entre outros fenômenos da natureza; o crédito, que envolve o descumprimento com as obrigações assumidas junto a credores, e, por fim, o preço, que decorre das oscilações dos preços das mercadorias.

Em finanças, os termos risco e incerteza estão associados, porém, são conceitualmente distintos. A incerteza refere-se à imprecisão quanto à possibilidade de ocorrência de determinado evento. Já o risco, compreende o conhecimento deste, bem como da sua distribuição de probabilidade. Duarte Júnior (1996) pontua que o risco consiste na tradução numérica da incerteza. A probabilidade é utilizada para expressar o número de possibilidades de ocorrência de um evento, por meio do mapeamento dos resultados possíveis e das probabilidades associadas a cada um deles.

Gitman (2001) defende que, para compreender o risco de ativos, seja individualmente ou em conjunto, é preciso avaliar os conceitos de risco, retorno dos ativos, bem como o perfil de risco dos investidores, que pode ser de aversão ou de propensão. Esse autor aponta, ainda, que as chances de perda e o risco apresentam uma relação direta.

Ross et al. (2002) são incisivos em afirmar que não existe consenso sobre a definição de risco. Optam por calculá-lo a partir da distribuição de taxas de retorno, observando quanto uma taxa de retorno pode se afastar do retorno médio. Na estimativa do risco a partir da variabilidade do retorno, apresenta menor incerteza o ativo cujo retorno possui reduzida variabilidade, ao passo que tem incerteza mais elevada aquele ativo cujo retorno apresenta maior variabilidade.

Para identificar o risco individual de um ativo, utilizam-se métodos estatísticos para mensurar a dispersão ou variabilidade das taxas de retorno. As medidas estatísticas usualmente empregadas para o cálculo da dispersão do retorno são a variância e a sua raiz quadrada, o desvio padrão. Desse modo, a variância e o desvio padrão, σ^2 e σ , de diversos ativos com mesmo retorno irão classificar o risco desses ativos.

A variância é a dispersão dos valores ao redor do retorno esperado e pode ser calculada a partir das diferenças quadráticas do retorno de um ativo em relação ao seu retorno médio. A variância do retorno pode é expressa por:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (R_{i,k} - \bar{R}_i)^2 \quad (4)$$

em que: σ_i^2 = variância do retorno do indicador do ativo i; $R_{i,k}$ = o k-ésimo retorno do indicador do ativo; N = número observações.

O desvio padrão, por seu turno, é representado pela raiz quadrada da variância. Ambos os métodos são usadas para medir o risco do ativo, contudo, a variância é de interpretação mais difícil, pois gera um número elevado ao quadrado, formato pouco usual. Já o desvio padrão, por ser a raiz quadrada da

variância, apresenta-se mais favorável como indicador para a tomada de decisão (Ross et al., 2002).

Segundo o CAPM, na análise de investimentos em um ativo individual, o desvio padrão pode ser utilizado como uma proxy adequada de risco, com vistas a determinar a possibilidade de obtenção de dado retorno. Nesse sentido, a fórmula aplicada para obter o desvio padrão do retorno pode ser expressa pela seguinte equação:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (R_{i,k} - \bar{R}_i)^2} \quad (5)$$

em que: σ_i = desvio padrão do retorno do ativo i; $R_{i,k}$ = o k-ésimo retorno do ativo;

N = número observações.

Considerando o risco de ativos com diferentes retornos, a métrica a ser utilizada é o coeficiente de variação, pois proporciona uma importante base de avaliação do risco por unidade de retorno. O coeficiente de variação é obtido pela divisão do desvio padrão pelo retorno esperado (Gitman, 2001; Weston & Brigham, 2000).

Gitman (2001) apresenta o coeficiente de variação como uma medida de dispersão relativa, que é útil para comparar ativos com diferentes retornos esperados. Esse coeficiente pode ser obtido pela seguinte fórmula.

$$CV = \frac{\sigma_i}{R_{i,k}} \quad (6)$$

em que: CVi = coeficiente de variação do retorno do indicador do ativo i.

Com relação à mensuração do risco, Gitman (2001) assevera que sua análise é semelhante para avaliação de ativos tanto individualmente como em conjunto, porém estes usufruem de maiores benefícios em relação à minimização do risco. Além disso, esse autor afirma que a análise do risco perpassa a avaliação do retorno e o emprego de ferramentas estatísticas.

4.3 Carteira de investimento

O CAPM se caracteriza por basear a análise de investimento essencialmente em dois fatores, o risco e retorno, e é também conhecida como média-variância. Segundo esse modelo, o processo de investimento em somente um ativo pode expor o investidor a um maior risco e impedi-lo de atingir um retorno mais elevado do que se esse agente optasse pela constituição de uma carteira composta por mais de um ativo.

Markowitz (1952) demonstrou, por meio do conceito da carteira de investimento ou portfolio, a importância da diversificação de investimentos para a obtenção de retornos maiores em função de um dado nível de risco, bem como a redução do risco para certo retorno. Com isso, esse autor afirma que é mais interessante possuir portfolios de dois ou mais ativos do que investir em um ativo individual.

Os conceitos de Markowitz (1952) evoluíram no sentido de desenvolver carteiras formadas de dois ou mais ativos, com composição ideal – chamadas de conjunto eficiente por Ross et al. (2002) e carteiras ótimas por Alexander et al. (1993) e Damodaran (2004).

Gitman (2001) esclarece que o CAPM foi desenvolvido para analisar o comportamento dos preços de títulos, fornecendo ferramentas que permitam aos investidores avaliarem os reflexos desses investimentos sobre o retorno e risco total de seu portfolio.

A seleção adequada de ativos para a composição de uma carteira de investimento é capaz de reduzir o desvio padrão dos retornos da carteira, ou seja, o risco da carteira em relação ao risco dos ativos individuais. Para tanto, é preciso selecionar ativos que não apresentem comportamentos convergentes, pois não permitem diversificar o investimento.

A diversificação representa o comportamento de destinar os recursos financeiros para investimentos em diferentes ativos, a fim de reduzir o risco envolvido individualmente em cada ativo.

A utilização de carteira de investimento possibilita que os indivíduos obtenham maiores retornos, mantendo ou, até mesmo, reduzindo o risco de seu investimento. Segundo Bodie et al. (2000), ao fazer isso, o investidor diversificaria o seu investimento em uma carteira de vários ativos, de forma que a sua exposição a qualquer ativo específico fosse limitada.

Para Weston & Brigham (2000), a constituição de um portfólio de ativos demonstra-se mais condizente com a realidade do processo de investimento, pois não é comum investir em apenas um ativo – tanto para o investidor pessoa jurídica (bancos, fundos de pensão, companhias de seguros, fundos mútuos, entre outros), quanto para o investidor individual. Na maioria das vezes, os agentes recorrem à composição de uma carteira de investimento.

No Brasil, verifica-se a existência de normas legais que obrigam determinadas instituições a investirem em diferentes tipos de ativo, ou seja, a diversificar os seus investimentos. Estão sujeitos a essa exigência bancos, fundos de pensão, companhias de seguro, fundos mútuos, entre outros.

A diversificação por meio da formação de uma carteira de investimento pode ocorrer com a utilização de somente dois ativos diversos. Para isso, deve-se calcular o desvio padrão de cada ativo e identificar o comportamento do retorno de cada um deles. É possível, inclusive, compor um grande número de diferentes carteiras com o uso do mesmo par de ativos, somente alterando a participação de

cada ativo no total da carteira. Essa metodologia pode ser expandida para a composição de carteiras com mais de dois ativos, o que aumenta a complexidade do processo, por ser necessário identificar a relação de todos os ativos da carteira entre si, com diferentes proporções de cada um.

Como já mencionado, a diversificação possibilita que o risco de um investimento incorporado em uma carteira de forma eficiente seja inferior ao risco desse mesmo investimento realizado isoladamente. Assim, conforme asseveram Weston & Brigham (2000), o uso da carteira de investimento desloca a análise do investidor – de outro modo, focada apenas no percurso de elevação e redução de apenas um ativo – para a avaliação do risco e retorno da carteira, a partir da análise das características de cada um de seus ativos (Weston & Brigham, 2000).

Em relação ao risco de uma carteira de ativos, são apontados, na literatura de finanças, dois tipos de riscos a que estão sujeitos quaisquer investimentos, sejam ações, títulos ou ativos reais: o risco diversificável, também denominado de não sistemático ou específico, e o risco não-diversificável, conhecido alternativamente como sistemático ou de mercado (Damodaran, 2004; Gitman, 2001; Matias Filho, 2006; Ross et al., 2002; Securato, 1993; Weston & Brigham, 2000). Ross et al. (2002) esclarecem as distinções entre os dois tipos de risco, sistemático ou não sistemático. Segundo esses autores, o risco sistemático é aquele que afeta vários ativos de uma vez, cada qual com uma intensidade específica; já o risco não sistemático é aquele cujos efeitos são observados em um único ativo ou em um reduzido número de ativos. O primeiro tipo é muito difuso, afetando todos ou quase todos os ativos em intensidades diversas. Esse risco é de ordem conjuntural, uma vez que geralmente se relaciona a questões econômicas, políticas e sociais, tais como guerras, recessões, entre outros. Devido ao seu caráter sistêmico, a diversificação não é capaz de eliminá-lo completamente. A compreensão desse

tipo de risco é importante para o investidor racional, pois o mesmo não pode ser eliminado quando se trata de investimentos em ativos que não sejam livres de risco (Matias Filho, 2006; Securato, 1993; Weston & Brigham, 2000). Por seu turno, o risco diversificável ou não-sistemático corresponde à possibilidade de ocorrência de eventos que estejam relacionados particularmente a uma empresa ou a um grupo de empresas, tais como greves, processos, ações regulamentadoras, entre outros. Tal risco não se mostra representativo para os investidores racionais e bem informados, uma vez que esses agentes conseguem eliminá-lo via diversificação, a exemplo da constituição de carteira de investimentos. Para tanto, a carteira deve conter ações de empresas representativas de diversos setores da economia, assim como de diferentes tipos de ativos, de forma que o investidor não se exponha totalmente aos riscos de um único ativo (Matias Filho, 2006; Weston & Brigham, 2000).

Desse modo, um dos maiores méritos do Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), desenvolvido por Markowitz (1952) e Sharpe (1964), é demonstrar que a diversificação possibilita ao investidor a minimização do risco não-sistemático.

4.3.1 Retorno esperado de portfólio

A Teoria do Portfólio tem como objetivo principal compor uma carteira ótima, capaz de maximizar a utilidade do investidor, considerando a relação risco-retorno de seus ativos. O retorno esperado de uma carteira composta por mais de um ativo é obtido pela média ponderada do retorno de cada ativo que compõe a carteira, como na equação abaixo:

$$\bar{R}_c = \sum_{i=1}^N (X_i R_i) \quad (7)$$

em que: R_c = taxa de retorno da carteira; R_i = retorno do i -ésimo ativo; X_i = proporção do ativo i na carteira.

4.3.2 Risco esperado de portfólio

Para avaliar o comportamento de uma carteira de ativos, pode-se lançar mão da covariância e da variância como medidas para identificar a relação entre a taxa de retorno de diferentes ativos. Essas medidas calculam a direção e a intensidade do retorno de dois ativos.

A covariância capta a existência de relação entre o retorno de dois ativos, bem como a direção dessa relação. Se essa medida assumir valor positivo, revela que a relação entre os dois retornos é direta. Já a covariância negativa indica que essa relação é inversa, enquanto a covariância zero expressa a ausência de relação. Algebricamente, a covariância assume a seguinte forma:

$$\sigma_{R_i R_j} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (R_{i,k} - \bar{R}_i)(R_{j,k} - \bar{R}_j) \quad (8)$$

em que: $\sigma_{R_i R_j}$ = covariância entre os retornos dos ativos i e j .

Uma vez que pode assumir valores diversos, de negativos a positivos, a covariância não identifica a intensidade da relação entre o retorno de dois ativos. Para isso, lança-se mão da correlação, medida que pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\rho_{R_i R_j} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N \frac{\sigma_{R_i R_j}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (9)$$

em que: ρ_{R_i, R_j} = correlação entre os retornos dos ativos i e j.

O coeficiente de correlação assume importância significativa na identificação do risco de uma carteira de ativos – por meio desse coeficiente, é possível observar a tendência de duas variáveis se alterarem juntas e na mesma direção.

A correlação igual a +1 representa uma relação positiva perfeita, demonstrando que os ativos se movimentam no mesmo sentido. Esse resultado indica que, no caso desses ativos, a diversificação é inválida, uma vez que o risco da carteira seria igual ao risco das ações individuais. Diferentemente, a correlação igual a -1 indica uma relação negativa perfeita, o que significa que as variáveis assumem direções harmonicamente opostas. Essa correlação é ideal para ativos que compõem uma carteira, pois, assim, há grande redução dos riscos do investimento.

Em termos reais, os ativos dificilmente assumem uma dessas formas perfeitas de correlação, negativa ou positiva. Ross et al. (2002) reconhecem que, embora a correlação igual -1 seja fascinante, é raro encontrar uma correlação negativa perfeita no mundo real. Em geral, a correlação entre o retorno de pares de ativos assume valores positivos. Weston & Brigham (2000) afirmam que, em média, o coeficiente de correlação para os retornos de duas ações escolhidas aleatoriamente assume valor de +0,6. Já para grande parte dos pares de ações, o coeficiente de correlação varia de +0,5 a +0,7. Dessa forma, o risco não é eliminado por completo, mas é diversificado, de maneira que o risco da carteira não equivale à média ponderada dos riscos das ações individuais que a compõem.

O risco da carteira pode ser obtido a partir da determinação do risco e da proporção dos ativos individuais, bem como da covariância existente entre eles. A variância da medida de risco de uma carteira de investimentos é calculada por:

$$\sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N (X_i^2 \sigma_i^2) + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^N (X_i X_j \sigma_{ij}) \quad (10)$$

em que: σ_c^2 = variância da carteira;

$\sum_{i=1}^N (X_i^2 \sigma_i^2)$ = somatório ponderado pelas proporções da variância dos ativos;

$\sum_{i=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^N (X_i X_j \sigma_{ij})$ = somatório ponderado pelas proporções da covariância entre pares de ativos.

Observa-se que as variâncias dos retornos dos ativos individuais influenciam a variância de uma carteira, que também sofre reflexos da covariância entre os retornos de dois ativos. De fato, a covariância positiva aumenta a variância da carteira, enquanto a covariância negativa a reduz.

Ross et al. (2002) apontam a importante relação observada entre o desvio padrão do retorno da carteira e o desvio padrão do retorno individual dos títulos, sendo que o desvio padrão do retorno da carteira é inferior à média ponderada dos desvios dos títulos isolados. Esse comportamento se deve ao fato de que a variância total da carteira sofre reflexos da correlação entre os pares de ativos.

$$\sigma_c^2 = \left(\frac{1}{N}\right)^{-2} \sigma_{R_o}^2 + \left(\frac{N-1}{N}\right)^{-2} \sigma_{R_i R_i} = \quad (11)$$

Analisando a fórmula acima, observa-se que, à medida que se aumenta o número de produtos na carteira (N), a variância da mesma se reduz. Ressalta-se, contudo, que o efeito das covariâncias dos ativos individuais converge para a covariância média quando N é elevado; assim, elimina-se a variância individual do ativo, mas permanece a variância da carteira.

Nesse sentido, Ross et al. (2002) alertam para o fato de que a diversificação de carteiras pode eliminar a variância dos títulos individuais, que, contudo, permanecem nos mesmos termos de covariância. Desse fato, esses autores concluem que a variância da carteira se iguala à covariância média, ou seja, “as variâncias dos títulos individuais são eliminadas com a diversificação, mas o mesmo não acontece com as covariâncias”, de modo que “parte do risco, mas não todo, pode ser eliminada com a diversificação” (Ross et al., 2002, p. 225).

Uma grande vantagem da utilização de carteiras de investimentos é que o desvio padrão do retorno da carteira é inferior à média ponderada do desvio padrão do retorno dos títulos que a compõem. Esse benefício irá se reduzir, entretanto, à medida que houver uma correlação positiva entre os retornos dos títulos, podendo-se chegar a uma situação em que o efeito da diversificação será eliminado (Ross et al., 2002).

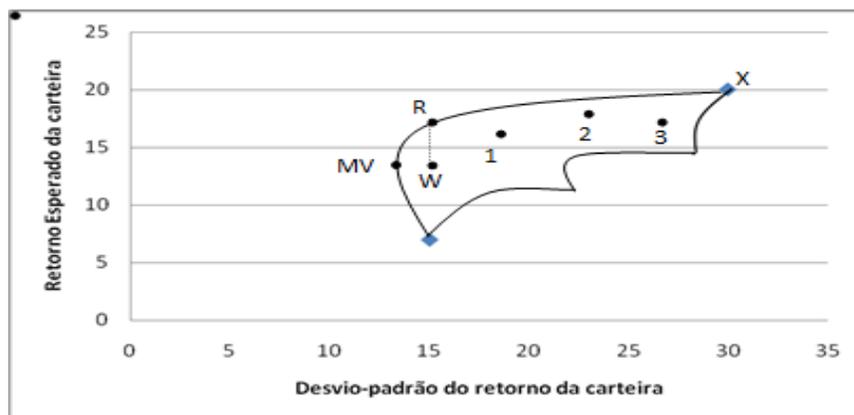
Brealey & Myers (1992) chamam a atenção para os limites das possibilidades de se diversificar o risco de investimentos por meio da combinação de vários ativos em uma carteira de investimento. Os autores explicam que, conforme são acrescentados mais ativos à carteira, a quantidade de covariâncias pode se tornar maior que as variâncias, ficando a variabilidade de uma carteira bem diversificada, refletindo principalmente as covariâncias.

Para compor uma carteira de investimento e avaliar o seu risco, é necessário identificar o impacto de cada ativo sobre o risco e retorno do portfólio de ativos. Procura-se desenvolver uma carteira eficiente, em que se

obtenha uma maximização do retorno a um dado nível de risco ou, por outra via, em que se minimize o risco para um dado nível de retorno. Com vistas a se formar um portfólio eficiente, deve-se lançar mão da diversificação, que apresenta uma relação intrínseca com a correlação.

Ao construir uma carteira composta por um grupo de ativos, o investidor terá em suas mãos um conjunto de oportunidades, ou conjunto viável, que representa as diversas opções de formação de carteira para dado número de ativos. O investidor deverá, então, escolher aquela carteira que se enquadrar melhor em sua expectativa de retorno e risco. Esse conjunto de oportunidades corresponde à área delimitada no Gráfico 1.

GRÁFICO 1 Conjunto viável de carteiras construídas com vários títulos.



Fonte: adaptado de Ross et al. (2002).

A análise do Gráfico 1 indica que, para uma carteira com vários títulos, é possível realizar todas as combinações de investimentos que se situam na área delimitada no gráfico. Para o investidor, o melhor é se situar no intervalo da curva de MV e X, que representa o conjunto eficiente. Tal afirmação pode ser observada hipoteticamente pela análise de duas carteiras de investimento

possíveis, R e W. O investimento na carteira W iria expor o agente ao mesmo risco, porém a um retorno menor, devendo, portanto, ser preterida à carteira R.

4.3.3 Limitações do CAPM

Ao tratar da questão de como é realizado o cálculo do retorno e risco, Ross et al. (2002) afirmam que dados envolvendo retornos, desvios padrão e correlações são geralmente obtidos a partir de observações passadas, muito embora alguma subjetividade também possa ser usada para calcular os valores dessas estatísticas. Nesse sentido, esses autores salientam a importância de incorporar avaliações subjetivas à decisão de investimento, pois analisar os retornos futuros a partir de dados passados em mercados de ações que apresentaram elevado desenvolvimento nos últimos anos pode resultar em conclusões equivocadas. Tais equívocos advêm do fato de que mercados de ações com essas características tendem a não sustentar valorização tão considerável nos anos seguintes.

No que diz respeito às limitações do CAPM, observa-se que esse modelo utiliza valores históricos; assim, este modelo pode ou não demonstrar a variabilidade futura do retorno do ativo. Portanto, o CAPM não determina fielmente a variabilidade efetiva do retorno esperado, somente se apresenta como uma medida de aproximação desse retorno. Como tal modelo não tem caráter preditivo infalível, em geral, o usuário realiza um ajuste subjetivo do retorno obtido pelo modelo a partir do beta, a fim de refletir a suas expectativas futuras (Gitman, 2001).

Embora o Modelo de Precificação de Ativo de Capital tenha revolucionado o mundo financeiro, marcando a época de uma nova teoria de finanças corporativas, pode-se observar que se trata também de uma teoria bastante refutada. Ademais, em função das críticas e restrições que lhe foram sendo apresentadas, desenvolveram-se extensões do modelo original.

Dentre as refutações expressas ao CAPM, destacam-se os trabalhos de Fama & French (2004) e Perold (2004). As principais críticas sofridas pelo modelo são:

- reduzida capacidade preditiva da relação risco-retorno, revelada por testes empíricos;
- dificuldade de implementação a portfolios de ativos não-financeiros;
- o retorno de um ativo e o seu beta não apresentam uma relação linear e positiva;
- o apreçamento de ativos é multidimensional, e não bidimensional (risco-retorno), como sugere o modelo.

Fama & French (2004) asseveram que o CAPM possui uma reduzida capacidade preditiva, diante de testes empíricos. Os autores argumentam que esse fato decorre das várias premissas simplistas adotadas pelo modelo, tal como foi exposto anteriormente. Além disso, para Fama e French, o modelo mostra-se inconsistente ao ser empregado em análise de investimentos envolvendo ativos não-financeiros, tais como imóveis, bens de consumo duráveis e capital humano.

5 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

5.1 Origem das opções reais

A Teoria das Opções Reais tem seus pilares fundamentados na abordagem de apreçamento das opções financeiras desenvolvida por Black & Scholes (1973). Os métodos dessa abordagem foram então estendidos para a solução do problema de decisão de investimento em ativos reais sob condições de incerteza

Observa-se que uma opção constitui-se em um derivativo escrito sobre um ativo base, pois o seu fluxo de caixa depende funcionalmente de um outro ativo. Ao se comprar uma opção, adquire-se um direito – o de comprar ou vender dado ativo, por um determinado valor, até certa data. Essa transação, entretanto, não se constitui na obrigação de se executar uma ação no futuro.

As opções podem, em função da possível data de exercício, ser classificadas em européia e americana. As opções européias são aquelas que só podem ser exercidas na data do vencimento, enquanto as opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento de sua vida (Copeland & Antikarov, 2001).

Observa-se que as opções financeiras são distinguidas quanto à existência de incertezas em relação ao preço do ativo base, bem como quanto ao período em que podem ser exercidas – esse último aspecto é relevante somente no caso das opções americanas, pois este tipo de opção pode ser exercida a qualquer tempo ao longo da sua vida.

Os contratos de opções financeiras apresentam um custo antecipado de realização, o pagamento de um prêmio, o qual é significativamente inferior ao valor do ativo base negociado. Esse pagamento antecipado é realizado pelo titular de uma opção de compra ou de venda ao lançador da opção, no intuito de obter o direito de comprar ou vender certo ativo no futuro pelo preço contratado.

Os contratos de opções financeiras podem ser realizados em dois formatos, descritos abaixo.

- Opções de compra (call) – nessa operação, é concedido ao adquirente da opção de compra (titular) o direito de adquirir o ativo no futuro por um preço previamente determinado. Já ao vendedor da opção de compra (lançador), recai a obrigação de efetivar a entrega futura do ativo pelo preço acordado, caso seja interesse do titular da opção.
- Opções de venda (put) – o detentor da opção de venda (titular) possui o direito de vender determinado ativo no futuro por um valor estabelecido previamente. Ao vendedor da opção de venda (lançador), cabe a obrigação de comprar o ativo objeto do contrato no futuro pelo valor previamente definido.

Isto posto, a opção de compra representa o direito de comprar o ativo subjacente por meio do pagamento do preço de exercício. No exercício da opção, o lucro é obtido pela diferença entre o valor do ativo subjacente e o preço de exercício. O inverso acontece com a opção de venda, pois esta representa o direito de vender o ativo subjacente para receber o preço de exercício (Copeland & Antikarov, 2001).

Com relação às opções financeiras, os compradores de opções (titulares) possuem posições compradas (long positions) e os vendedores (lançadores) de opções possuem posições vendidas (short positions).

Os contratos de opções financeiras não obrigam os seus titulares (compradores) a efetivarem a operação. Tais contratos somente concedem aos seus detentores o direito de realização, podendo os titulares exercê-lo ou não, de

acordo com a sua conveniência, em vista das mudanças propiciadas pela incerteza.

Assim como as opções financeiras, a Teoria das Opções Reais busca a solução para decisões de investimentos em condições incerteza. Entretanto, na TOR, o conceito de opções é aplicado a ativos reais, ao invés de ativos financeiros – daí a denominação “opções reais”. A TOR incorpora ao tradicional método de decisão de investimento, o Fluxo de Caixa Descontado, a flexibilidade gerencial requerida para atuar em um ambiente sujeito a incerteza.

Francisco (2007) relata que uma das principais diferenças existentes entre as opções reais e as opções financeiras se refere ao tempo. O tempo de expiração das opções financeiras, em geral, é de curto prazo (inferior a um ano), enquanto as opções reais podem ser até perpétuas. Além disso, para as opções reais, ocorre o tempo de construção real do bem, o que não acontece nas opções financeiras. Há de se destacar, ainda, que a regra de decisão – isto é, o exercício ou não da opção –, também diferencia esses dois tipos de opções: as opções reais possuem impactos mais acentuados, pois, nelas, um projeto pode apresentar valor negativo; já nas opções financeiras, os ativos financeiros – por exemplo, as ações – não podem assumir valores negativos. Por fim, faz-se mister observar que as opções reais são mais complexas que as financeiras, visto que estas podem assumir a forma de opções compostas e apresentar tanto incertezas técnicas como incertezas de mercado, bem como interações estratégicas com outras firmas, todos esses elementos colaborando para tornar o preço de exercício incerto.

Francisco (2007) realiza uma comparação entre opções financeiras de compra e opções reais para projetos de investimento, relacionando, para cada item que caracteriza a opção financeira, o seu correspondente em opção real, como pode ser observado no Quadro 5:

QUADRO 5 Comparação entre opção financeira e opção real.

Opção Financeira	Opção Real
Preço da ação	Valor do projeto (V)
Preço de exercício da opção	Custo de investimento do projeto (I)
<i>Stock dividend yeild</i>	Fluxos de caixa gerados pelo projeto (FC)
Taxa livre de risco (r)	Taxa livre de risco (r)
Volatilidade da ação	Volatilidade do Valor do Projeto (σ)
Tempo de expiração da ação	Tempo de expiração da oportunidade do projeto (T)
Curta maturidade (meses)	Longa maturidade (anos)
Impossibilidade de controlar o valor da opção com a manipulação do preço do ativo subjacente	Possibilidade de aumentar o valor da opção pela interferência pessoal
Valores usualmente pequenos	Valores podem ser representativos
Competitividade ou efeitos de mercado irrelevantes para o valor da opção	Fatores exógenos determinantes para o valor da opção
Comercializado há mais de uma década	Recém implementado em finanças corporativas, mas ainda não utilizado em planejamento financeiro pessoal
Usualmente solucionado com fórmulas fechadas e simulação/redução de variância em opções exóticas	Usualmente solucionado com fórmulas fechadas, equações diferenciais parciais e árvore binomial
Liquidez e informação para precificação no mercado	Não comercializável e sem referência no mercado
Ausência de impacto de ações ou hipóteses pessoais no valor da opção	Direcionamento do valor por ações gerenciais e hipóteses alternativas

Fonte: Copeland & Antikarov (2001), Francisco (2007).

5.2 Teoria das opções reais: definições e conceitos

Copeland & Antikarov (2001) apresentam a opção real como um método que soluciona o problema de se operar em um ambiente incerto. Definem a opção como um direito, e não uma obrigação, de empreender uma ação a custo predeterminado, por um período preestabelecido. A ação pode ser de diferir, expandir, contrair ou abandonar o projeto; o custo da opção corresponde ao preço do exercício e, por fim, o período consiste na vida da opção.

Dois dos principais divulgadores da TOR foram Dixit & Pindyck (1994) ao desenvolverem o pilar teórico do modelo, apresentaram que uma empresa

detentora de uma oportunidade de investimento é possuidora de uma opção, semelhante à opção de compra existente no mercado financeiro, uma vez que possui o direito, e não a obrigação, de comprar um ativo em algum momento futuro, de sua escolha. No momento em que a firma realiza os gastos irreversíveis de investimento, está exercendo sua opção. Em consequência, ao exercer essa opção, a firma está desistindo de esperar por novas informações, que poderiam afetar o ânimo e o momento para o gasto, e não pode desfazer o investimento, devido a mudanças adversas nas condições do mercado.

A partir disso, Dixit & Pindyck (1994) reconhecem o valor da perda da opção como um custo de oportunidade que deve ser incorporado aos custos do investimento. Sob essa perspectiva, torna-se necessário modificar a regra do VPL que preconiza a realização do investimento quando o valor de uma unidade de capital for no mínimo maior que os custos de compra e de instalação, passando a assumir que o valor de uma unidade deverá exceder os custos de instalação e compra por uma quantia igual ao valor de manter a opção viva.

A TOR se consolida como uma ferramenta de análise em que a avaliação do investimento é um problema contínuo no tempo; com isso, se necessário, pode-se implementar mudanças. Dixit & Pindyck (1994) caracterizam as decisões de análise de investimentos como um problema contínuo no tempo, por considerarem que as firmas realizam e revisam seus investimentos continuamente.

Essa oportunidade de modificar o resultado do projeto ao longo da sua vida útil faz da análise de investimentos usando a TOR uma análise em que o investidor age ativamente perante novas informações obtidas, não sendo relegado à passividade diante de alterações no cenário. Dessa forma, em função de modificações do ambiente, é facultado ao investidor aumentar, reduzir ou, ainda, interromper temporariamente sua produção, podendo também se decidir

pela construção de uma planta com opção de mudança de uso (switch use) de matéria-prima (input) e/ou produto final (output) (Francisco, 2007).

Francisco (2007) reconhece a importância da TOR na análise de investimento ao incorporar características comumente manejadas pelos gestores, quais sejam: as opções são decisões contingentes e podem ser empregadas para projetar e organizar estratégias de investimentos. Nesse sentido, Francisco (2007, p. 39) explicita que:

1. As opções são decisões contingentes. Uma opção representa a oportunidade de tomar uma decisão após se ver como os eventos desdobram-se. Caso o evento tenha se desdobrado bem o gerente irá tomar uma decisão e caso ele tenha-se desdobrado mal, a decisão tomada será outra. Isso faz com que o payoff de uma opção seja não linear, ele muda de acordo com as suas decisões. O oposto ocorre com as decisões fixas (o que ocorre no caso clássico), aonde não importa como os eventos se desdobrem, o gerente sempre toma as mesmas decisões.
2. As opções como uma forma de pensar podem ser usadas para projetar e organizar estratégias de investimento. O payoff não linear também pode ser uma ferramenta. Como o investidor pode reduzir sua exposição ao risco? Como o investidor pode aumentar seu payoff caso tenha uma produção boa? O primeiro passo é identificar e avaliar as opções em uma estratégia de investimento. O segundo passo é reprojeter o investimento usando as opções e o terceiro passo é organizar o investimento através das opções criadas.

Dixit & Pindyck (1994) apresentam que a TOR, a partir dos anos 90, tem ocupado gradualmente o espaço da teoria ortodoxa de avaliação de

investimento, em decorrência das limitações dos métodos tradicionais de avaliação, bem como pelos melhores resultados alcançados com a aplicação da Teoria das Opções Reais. A principal limitação dos métodos convencionais de avaliação diz respeito à minimização das implicações decorrentes da incerteza, da irreversibilidade do negócio e do valor da opção, pois tais métodos centralizam suas análise nos seguintes aspectos:

- Valor Presente Líquido ou o seu equivalente (Taxa Interna de Retorno, Tempo de Retorno);
- valor marginal capitalizado pelo investimento em relação ao custo marginal de reposição (“q” de Tobin);
- valor da unidade incremental do capital com o custo de usuário do capital (teoria de custo de usuário do capital, de Jorgenson).

Sekiyama (2004) destaca a relevância da TOR em definir a fronteira ótima para operar em um empreendimento, até mesmo na ocorrência de fluxo negativo, aspecto não incorporado pela teoria clássica. O autor ressalta que, com essa teoria, é possível definir os preços mínimos com maior acurácia, respaldando as decisões de investimento, operação e abandono, bem como a possibilidade de diferenciar uma expectativa de retorno in-the-money e a melhor situação de (des)investimento out/deep-in-the-money.

5.3 Tipos e características de opções reais

A opção real não é definida como uma obrigação, mas como um direito de investir. A flexibilidade oferecida pelas opções reais é responsável por sua classificação em sete tipos: opção de diferimento, opção de abandono, opção de contração, opção de expansão, opção de conversão, opção composta e opção

composta do tipo arco-íris. De acordo com Copeland & Antikarov (2001), esses tipos apresentam as seguintes características e definições:

- a) Opção de diferimento: equivale a uma opção de compra americana e pode ser verificada na maioria dos projetos que podem ter seu início adiado.
- b) Opção de abandono: constitui uma opção de venda americana e permite o abandono do projeto por um preço fixo.
- c) Opção de contração: possibilita a redução de um projeto – isto é, contrair a sua dimensão – pela venda de sua fração a um preço fixo.
- d) Opção de expansão: assemelha-se a uma opção de compra americana e permite a ampliação de um projeto mediante um pagamento adicional.
- e) Opção de conversão: constitui uma combinação de opções de compra e venda americanas; permite que, a um custo fixo, se possa trocar dois modos de operação distintos, tais como ligar e desligar turbinas de fornecimento de energia elétrica em função de seu preço; entrar e sair de um ramo de atividade; fechar e abrir um fábrica.
- f) Opção composta: representa a opção sobre a opção e equivale a investimentos planejados em fases. Ao se construir uma fábrica, pode-se escolher construí-la em etapas – etapa de projeto, etapa de engenharia e etapa de construção. Tem-se a opção de parar ou adiar o projeto ao fim de cada uma dessas fases, de forma que cada fase representa uma opção contingente ao exercício anterior de outras opções.
- g) Opção composta do tipo arco-íris: é movida por múltiplas fontes de incerteza e abrange grande parte das aplicações de opções reais

observadas na prática, uma vez que a maioria das opções reais é afetada pela incerteza relativa ao preço de uma unidade de produto, pela quantidade que pode ser vendida e pelas taxas de juro incertas que interferem no valor presente do projeto. São exemplos deste tipo a exploração e a produção, a pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos.

Francisco (2007) sintetiza os tipos de opções reais existentes em um projeto e relaciona esses tipos aos termos das opções financeiras, tal como pode ser observado pela análise do Quadro 6.

QUADRO 6 Opções reais existentes em um projeto de investimento.

Opções	Put-Call
Diferir	Call option
Abandonar	Put option
Contraír	Put option
Expandir	Call option
Switch use	Put option

Fonte: Francisco (2007).

5.4 Variáveis que afetam o valor das opções reais

Copeland & Antikarov (2001) apresentam cinco variáveis básicas às quais o valor das opções reais está subordinado, a saber: o valor do ativo subjacente sujeito a risco, o preço do exercício, o prazo de vencimento da opção, o desvio padrão do valor do ativo subjacente sujeito a risco e a taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção.

O valor do ativo subjacente sujeito a risco, no caso de uma opção real, corresponde a um projeto, investimento ou aquisição. O valor da opção real varia em função do valor do ativo subjacente. É importante reconhecer que o detentor da opção financeira não afeta o valor do ativo subjacente, o que diferencia as opções financeiras das opções reais. Contudo, o valor do ativo real

pode ser alterado por seu gestor, o que, conseqüentemente, altera o valor das opções reais que derivam desse ativo.

Com relação ao preço do exercício, verifica-se que este corresponde ao montante monetário investido para exercer a opção, caso o investidor esteja "comprando" o ativo, como detentor de uma opção de compra, ou ao montante recebido, se o investidor estiver "vendendo" o ativo, uma opção de venda.

O prazo de vencimento da opção, por sua vez, influencia o valor da opção diretamente: o valor da opção aumenta com o aumento de seu prazo de expiração.

Já o desvio padrão do valor do ativo subjacente sujeito a risco indica que o valor de uma opção aumenta com o risco do ativo subjacente, pois os retornos de uma opção (de compra) dependem do valor do ativo subjacente que está acima do preço de exercício, e a probabilidade disto aumenta com a volatilidade do ativo subjacente.

Por fim, a taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção, à medida que se eleva, determina o aumento do valor da opção de venda.

Além das cinco variáveis que alteram o valor das opções, Copeland & Antikarov (2001) apresentam uma sexta variável também determinante para o valor das opções: os dividendos que podem ser pagos pelo ativo subjacente, isto é, as saídas ou entradas de caixa ao longo de sua vida.

Copeland & Antikarov (2001) analisam, de maneira esquemática, como essas seis variáveis podem afetar o valor das opções reais, conforme apresentado na Figura 1:

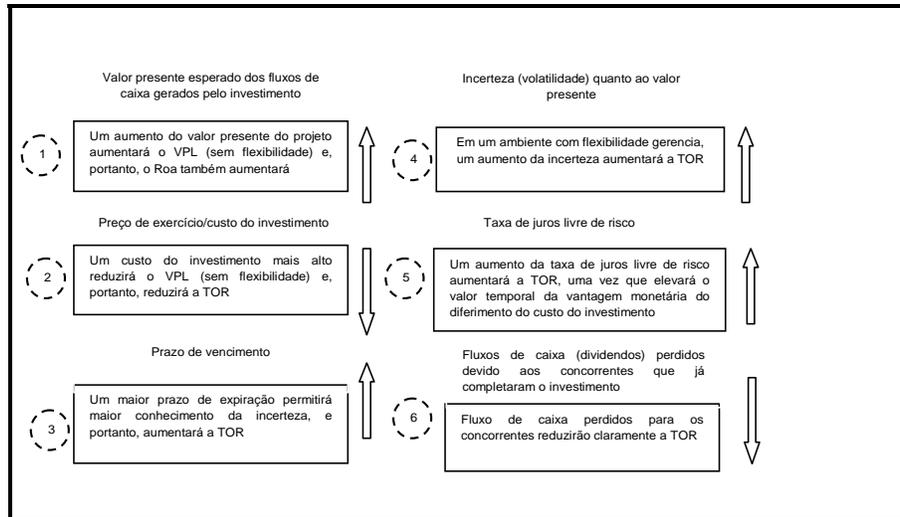


FIGURA 1 Seis variáveis que determinam a análise do valor das opções reais. Fonte: Copeland & Murrin (2000 citado por Copeland & Antikarov, 2001).

Copeland & Antikarov (2001) afirmam que as opções reais podem alterar significativamente uma resposta, especialmente em situações em que são conjugados três fatores, quais sejam: quando há muita incerteza, quando os executivos possuem flexibilidade para agir frente à incerteza e, por último, quando o VPL está próximo de zero, intervalo conhecido como área cinza. A Figura 2, a seguir, apresenta esquematicamente o valor da opção real no que diz respeito à flexibilidade.

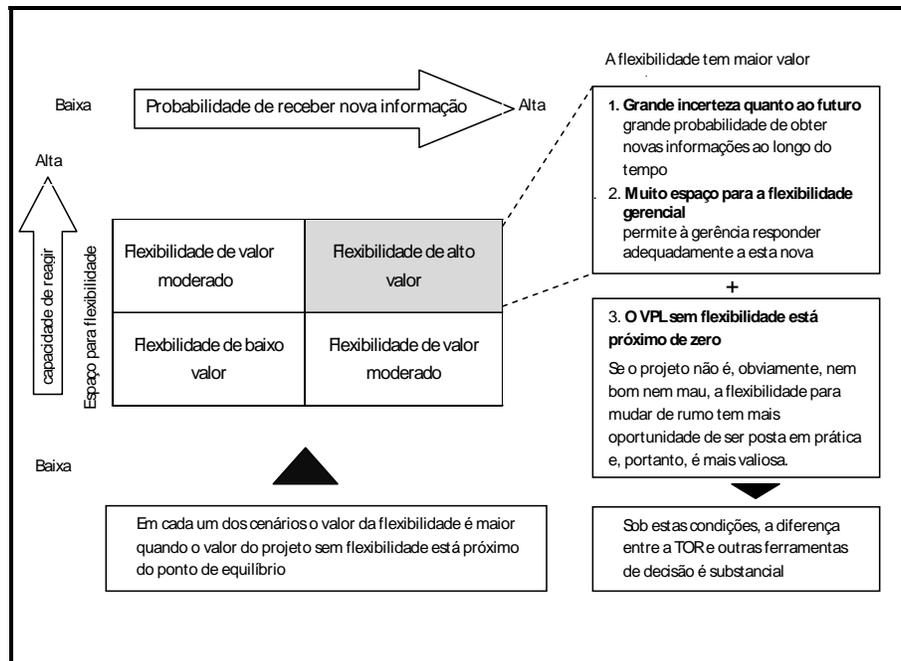


FIGURA 2 Valor da flexibilidade gerencial.

Fonte: Copeland et al. (2000 citado por Copeland & Antikarov, 2001).

Por meio da análise da Figura 2, verifica-se que a flexibilidade atingirá o valor máximo quando houver uma alta capacidade de reação e uma alta probabilidade de receber novas informações. Adiciona-se a esses aspectos o fato de o VPL do projeto estar próximo de zero, fazendo com que a flexibilidade possa alterar significativamente a direção de uma oportunidade, de modo que um projeto, que de acordo com o VPL seria inaceitável, se torne viável e interessante sob a ótica das opções reais.

5.5 Estudos sobre aplicação do VPL e TOR

Diante das críticas endereçadas à abordagem predominante para decisão de investimento, o VPL – conforme observado no Capítulo 3 –, é preciso empregar um método de análise de investimento que considere as alterações

observadas no seu decurso, alterações que podem tornar o projeto de investimento tanto mais atrativo, a ponto de ser indicado expandi-lo, quanto menos interessante, levando à sua contração, diferimento ou até abandono. A Teoria das Opções Reais (TOR) é um método de análise de investimento em que é possível identificar e analisar tais alterações e a flexibilidade gerencial dos gerentes, conforme demonstra Francisco (2007, p. 38) : “a teoria das opções reais captura a flexibilidade gerencial, a capacidade dos gerentes se adaptarem as novas informações que chegam com o passar do tempo”.

Um aspecto interessante de divergência entre os pressupostos da abordagem do VPL e os da TOR, diz respeito ao reconhecimento do valor do ativo em função da incerteza. A primeira abordagem considera que, quanto o maior for o nível de incerteza, mais baixo será o valor do ativo, ou seja, incerteza e valor são variáveis inversamente proporcionais. A TOR, por sua vez, considera que essas variáveis são diretamente proporcionais, pois o aumento da incerteza poderá conduzir a uma elevação do valor do ativo em certas circunstâncias, desde que os gestores sejam capazes de identificá-las (Francisco, 2007).

No que concerne à flexibilidade gerencial captada pela Teoria das Opções Reais, Francisco (2007) expõe que a capacidade de se adaptar ao futuro introduz uma assimetria na distribuição de probabilidade do VPL, o que aumenta o valor verdadeiro da oportunidade de investimento, devido ao aumento potencial de ganhos, e limita as perdas. Para a autora, um dos aspectos mais importantes da TOR diz respeito à sua capacidade de formular uma análise do valor criado pelo projeto em decorrência do mundo incerto.

A Teoria das Opções Reais é uma proposta de análise de investimento que se diferencia do modelo instituído, baseado no VPL, por ser capaz de captar a flexibilidade existente no ambiente das decisões gerenciais. Copeland & Antikarov (2001) apontam que a análise investimento na perspectiva da TOR é

baseada no valor presente do projeto sem flexibilidade; em decorrência disso, faz-se mister avaliar o modelo do valor presente do projeto. Ou seja, a Teoria das Opções Reais utiliza o VPL em sua construção, mas emprega também avaliações adicionais, que incorporam a flexibilidade. Esses autores destacam que ambas as abordagens se valem do método do Fluxo de Caixa Descontado, pois consideram todos os fluxos de caixa esperados ao longo de um projeto, descontam esses fluxos para o tempo presente e utilizam o custo de oportunidade de mercado para o capital.

Copeland & Antikarov (2001) analisam as limitações do VPL em respaldar decisões de investimento em um ambiente de incertezas. Por meio de cálculos matemáticos, apresentam as diferenças existentes entre a abordagem do VPL e da TOR, especialmente no que se refere ao fator flexibilidade. Assim os autores demonstram que o VPL assume a seguinte expressão matemática:

$$VPL = -1 + \sum_{t=1}^N \frac{E(FCF_t)}{(1+WACC)^t} \quad (12)$$

em que: VPL = valor presente líquido; E = esperança matemática; FCF_t = fluxo de caixa livre; WACC = custo médio ponderado de capital.

Por meio da análise dessa expressão matemática do VPL, percebe-se que, ao estimar o fluxo de caixa do projeto, ocorre somente o desconto do fluxo de caixa esperado; com isso, a incerteza não é modelada explicitamente. Esta variável, a incerteza, é relevante para reconhecer as diversas trajetórias que os fluxos de caixas podem assumir em sua realização. A ausência do fator incerteza no cálculo do VPL deriva do fato de que esse método irá respaldar a decisão antecipada de prosseguir ou não com um projeto, que é avaliado no tempo zero, com base nas informações disponíveis nesse momento. Em termos matemáticos,

equivale à obtenção do máximo de um conjunto de alternativas que se excluem mutuamente, ou seja, um máximo de expectativas no $t=0$, momento que a decisão é tomada, tal como pode ser expresso por:

$$\text{Regra VPL: } \text{MAX}(emt = 0)[0, E_0V_T - X]$$

A Teoria das Opções Reais, por seu turno, parte de uma perspectiva diferente: segundo esclarecem Copeland & Antikarov (2001), nessa abordagem, a opção de venda é uma expectativa de máximos, e não um máximo de expectativas; sendo assim:

$$\text{Regra TOR: } E_0\text{MAX}(emt = T)[0, V_T - X]$$

A TOR incorpora em sua análise a incerteza, de maneira que um projeto somente deverá ter continuidade se, e somente se, $V_t > X$. Com isso, as decisões serão tomadas à medida que as informações relativas ao projeto forem sendo reveladas – ou seja, MAX em $t = T$. Já de acordo com a regra do VPL, o projeto será aprovado se, e somente se, em $t = 0$, a expectativa for de E_0V_T .

Estudos empíricos demonstram que na avaliação de decisões de investimento importantes, a técnica do VPL é o critério quantitativo fundamental aplicado. De acordo com Copeland & Antikarov (2001), na década de 1970, mais de metade das empresas usavam o VPL, percentual que se elevou para 86% em 1978.

McConnell & Muscarella (1985) atestam que o mercado é favorável à aceitação de projetos com VPL positivo. McConnell & Muscarella analisaram o efeito do anúncio de 658 empresas de planos de despesas de capital no período de 1975-1981 e verificaram que o mercado reage favoravelmente ao anúncio de elevações inesperadas nos gastos de capital. Copeland & Antikarov (2001)

advertem, contudo, que não se pode afirmar que os estudos de McConnell & Muscarella (1985) apoiem o método do VPL, pois não se tem conhecimento se as empresas utilizaram o VPL ou outra técnica de orçamento de capital.

A literatura sobre a Teoria das Opções Reais alerta para o fato de que a utilização dessa abordagem é ainda reduzida. Nesse sentido, Copeland & Antikarov (2001) procuraram identificar as empresas que declararam fazer uso dos métodos das opções reais, conforme pode ser observado pelo Quadro 7.

QUADRO 7 Empresas que empregaram o método das Opções Reais até 2000.

Empresa	Período	Aplicação
On	1994	Desenvolvimento de novos produtos, opções de conversão para turbinas a gás
Hewlett-Packard	Início da década de 1990	Produção e distribuição
Andarko Petroleum	Década de 1990	Leilões de reservas petrolíferas
Apple	1995-1996	Decisão de saída para seus negócios com computadores pessoais
Cadence Design Systems	Década de 1990	Método alicerçado em opções para valoração de licenciamentos
Tennessee Valley Authority	1994	Opções de aquisição de energia elétrica
Mobil	1996	Desenvolvimento de campos de gás natural
Exxon	Década de 1990	Exploração e extração de petróleo
Airbus Industrie	1996	Valoração de opções de entrega
Icl	1997	Construção de nova fábrica
Texaco	Década de 1990	Exploração e produção
Pratt & Whitney	1989	Operação de arrendamentos canceláveis

Fonte: Copeland & Antikarov (2001).

Segundo Copeland & Antikarov (2001), ainda não há estudos empíricos volumosos que façam uma comparação entre os métodos do VPL e das opções

reais. Tendo isso em vista, esses autores sugerem que sejam realizados artigos econômicos experimentais para suprir a necessidade desse tipo de avaliação. Os autores enumeram quatro estudos empíricos que comparam o VPL com as opções reais, quais sejam Paddock et al. (1988), Bailey (1991), Quigg (1993) e Moel & Tufano (2000).

Paddock et al. (1988 citado por Copeland & Antikarov, 2001) analisaram os dados relativos à oferta de lances para o direito de desenvolver explorações petrolíferas em 21 áreas. Paddock e seus colegas calcularam o valor das concessões por meio de dois modelos, um de Fluxo de Caixa Descontado pelo governo, outro, de opção diferida. Em suas análises esses autores observaram que as duas metodologias empregadas redundaram em valores altamente correlacionados; contudo, em geral, representaram somente metade dos lances vencedores. Ademais, o valor ligeiramente mais elevado obtido pelo método das opções de diferimento foi inadequado para explicar os preços pagos.

Bailey (1991 citado por Copeland & Antikarov, 2001) trabalhou com os preços das ações de sete plantações de dendê e de borracha, no período de janeiro de 1983 a dezembro de 1985, para comparar valorações de opções reais e de fluxos de caixa descontados. O autor demonstra que as opções de abrir e fechar operações não são captadas pela abordagem dos Fluxos de Caixa Descontados.

Quigg (1993 citado por Copeland & Antikarov, 2001) estudou 2.700 transações de terrenos em Seattle e observou empiricamente que o modelo de opções reais é válido para o projeto de construir no terreno, uma vez que acresce a opção de espera para a construção. Assim, o proprietário de um terreno possui a opção perpétua de construir um imóvel ótimo na época ótima.

Moel & Tufano (2000 citado por Copeland & Antikarov, 2001) avaliaram, no período de 1988-1997, as decisões de abertura e fechamento de 285 minas de ouro americanas. Moel & Tufano encontraram evidências que

validam o modelo de opções reais – em especial, o de opção de conversão – para explicar as decisões de abertura e fechamento de minas de ouro. Esse estudo, por meio do modelo de opções reais, demonstrou que os fechamentos das minas são influenciados pelos preços do ouro, sua volatilidade, os custos operacionais da empresa e o tamanho das reservas.

Copeland & Antikarov (2001) sugerem que os gestores devem administrar os recursos dos acionistas com vistas a maximizar a riqueza dos mesmos. Para tanto, devem empreender todos os investimentos cujas taxas de retorno esperadas sejam mais elevadas do que os custos de oportunidade do capital.

Excelentes oportunidades de aplicação da TOR decorrem das preocupações das empresas na avaliação de investimentos e novos negócios, assim como na análise de oportunidade de crescimento ou consolidação da liderança (Sekiyama, 2004). Triantis & Borison (2001) avaliaram o nível de conhecimento sobre a TOR e a importância de sua aplicação como ferramenta de análise em investimentos estratégicos ou sujeitos a concorrência – por exemplo, a utilização da TOR feita pela Shell a partir de 85, e pela Texaco, a partir dos anos 90. Triantis e Borison destacam a superioridade da TOR como metodologia de avaliação de investimentos, o que a torna uma ferramenta decisiva nos principais investimentos estratégicos ou sujeitos à concorrência.

Dixit & Pindyck (1994) apresentam o exemplo de opção de compra diferida, na qual há decisão entre investir no momento zero ou no final do ano. Nesse sentido, é calculado o VPL descontado do projeto. Posteriormente, considerando a possibilidade de investir no final do ano, realiza-se mais uma vez o cálculo do VPL, incorporando a variação que o preço do produto pode assumir. Sendo assim, obtém-se o valor da opção. Em seguida, é sugerido um aumento na volatilidade do preço, com o que se observa um aumento no valor da

opção de diferimento. Disso, concluiu-se que a volatilidade aumentou o valor da espera para decidir, ou seja, a volatilidade aumenta o valor da opção.

As opções reais nos estudos acadêmicos brasileiros (Trigeorgis, 1999 citado por Nogueira, 2005).

Conforme Trigeorgis (1996 citado por Sekiyama, 2004), o perfil das empresas usuárias da TOR é o de atuantes em investimentos expressivos com incerteza de retorno, em especial, em atividades de petróleo, gás, farmacêutica, energia e produtoras de commodities. Para esse autor, a utilização da TOR nessas áreas pode ser atribuída, principalmente, à existência de um mercado de referência que possibilita melhor aderência na valoração dos projetos, bem como à tradição no uso de sofisticadas ferramentas numéricas. Note-se, contudo, que o emprego dessa teoria na atividade financeira, o que inclui a área de seguros e de bancos, ainda apresenta um interesse relativamente reduzido.

A utilização da TOR como prática de ferramenta gerencial no desenvolvimento da orçamentação de capital tem ainda caráter não formal. Com isso, é possível observar a atuação informal da opção real, isto é, a formulação de uma disciplina de investimentos em termos de opções reais (Miller & Waller, 2003, p. 98 citado por Sekiyama, 2004).

Amran & Kulatilaka (1999) defendem a utilização da Teoria das Opções Reais dentro de uma abordagem mais estratégica e menos centrada na complexidade das formulações de modelos e equações. Os autores observam que a valiosa idéia inerente a essa teoria é sombreada pela complexidade das ferramentas implementadas. Dessa forma, o valor das opções reais está na reformulação dos executivos em termos de concepção estratégica de investimento – as opções reais possibilitam que os mesmos pensem mais clara e realisticamente a complexidade e o risco das decisões estratégicas.

Com relação ao uso de ferramentas de orçamentação de capital, uma pesquisa com 392 CFO's, realizada por Graham & Harvey (2001, p. 198 citado

por Sekiyama (2004), identificou que em apenas 27% dos casos foi empregada a TOR, ao passo o VPL foi utilizado em 75% das grandes firmas e, quanto ao critério de prazo do retorno, em 57% das pequenas firmas. Nessa pesquisa, constatou-se, ainda, que, quanto ao custo de capital para a avaliação de investimentos, as firmas preferem usar o risco da firma ao risco do projeto.

Na literatura brasileira de análise de investimento, foi a partir de 2000 que a adoção da TOR apresentou um aumento gradativo. É possível observar que o estudo das opções reais em nível de pós-graduação, de maneira geral, ainda é muito reduzido em relação às outras técnicas de orçamentação de capital. Há um predomínio de tais estudos, especialmente, nos setores de petróleo, energia, telecomunicações e agronegócios, em que, todavia, o emprego da TOR ainda é reduzido. Outras áreas que também contam com dissertações e teses sobre avaliação de investimento utilizando as opções reais são os setores de química, aviação, medicina, mineração, combustível, finanças e construção civil. As teses e dissertações brasileiras sobre avaliação de projeto de investimento com o emprego da TOR podem ser observadas no Quadro .

QUADRO 8 As opções reais nos estudos acadêmicos brasileiros.

Setor	Teses e dissertações
Petróleo	Dias (1996), Marreco (2001), Dezen (2001), Batista (2002), Neto (2002), Magalhães Junior (2006), Peliçon (2007), Francisco (2007), Costa (2007), Marques (2007)
Energia	Castro (2000), Gomes (2002), Souza (2006), Sekiyama (2006), Miranda Filho (2006), Batista (2007), Aguiar (2006)

Continua....

QUADRO 8 Continuação.

Setor	Teses e dissertações
Telecomunicações	Berredo (2001), Harckbart (2001), Brandão (2006), Kuronuma (2006), Teixeira (2008), Yoshida (2008)
Agronegócios	Neto (2003), Sato (2004), Nogueira (2005), Cardoso (2007), Kerr (2008)
Química	Fonseca (2008)
Mineração	Vidal (2008)
Aviação	Sobrinho (2007), Ramos (2007)

Finanças	Cheng (2006)
Construção Civil	Gonçalves (2008)

Fonte: Nogueira (2007) e autora.

Tratando da aplicação do método das opções reais de acordo com o grau primário de flexibilidade, Trigeorgis (2000, p. 3 citado por Nogueira, 2005) apresenta um agrupamento de referências bibliográficas conforme o tipo de opção analisado e as áreas nas quais este método foi implementado. Tal fato pode ser observado pela análise do Quadro 9.

QUADRO 9 Aplicação da TOR em relação às áreas de atividade.

Categoria	Descrição	Importância	Referências
Opção de diferir	A administração possui um direito sobre uma área ou recurso produtivo. Pode-se esperar n anos para identificar se os preços de mercado justificam a construção de uma planta ou exploração de recursos.	Indústrias de extração natural, construção civil, agropecuária, produtos derivados de papel e celulose.	McDonald & Siegel (1986), Paddock et al. (1988), Tourinho (1979), Titman (1985), Ingersoll & Ross (1992)
Opção de investir em estágios	Realizar um investimento de forma de estágios cria uma opção de desistência, se as informações obtidas durante o percurso se mostrarem desfavoráveis. Cada estágio do investimento pode ser visto como uma opção sobre o valor dos estágios subsequentes, avaliada de forma composta.	Todas as indústrias intensivas em pesquisa e desenvolvimento, especialmente, farmacêuticas. Projetos de longo prazo intensivos em capital (construções em larga escala ou planta para geração de energia). Empresas startup.	Majd & Pindyck (1987), Carr (1988), Trigeorgis (1999)
Opção de alterar a escala de operação (expandir, contratar, reiniciar)	Se as condições de mercado forem melhores do que esperado, a empresa pode aumentar a capacidade de produção ou acelerar a exploração de recurso. Por outro lado, se as condições se deteriorarem, pode-se reduzir a escala de operação. Em casos extremos, a operação pode ser paralisada e reiniciada posteriormente.	Indústrias baseadas em recursos naturais. Planejamento de plantas e ativos em indústrias cíclicas. Aparelhos de modismo. Bens de consumo. Construção civil comercial.	Trigeorgis & Mason (1987), Pindyck (1988), McDonald & Siegel (1985), Brennan & Schwartz (1985)

Continua..

QUADRO 9 Continuação.

Categoria	Descrição	Importância	Referências
Opção de abandono	Se as condições de mercado declinarem severamente, a administração pode abandonar as operações de forma definitiva e empreender a venda dos ativos do projeto no mercado secundário.	Indústrias intensivas em capital. Serviços financeiros. Introdução de novos produtos em mercado de volatilidade.	Myers & Majd (1990)
Opção de alterar as entradas/saídas do processo	Se a demanda ou preço sofrerem mudanças, pode-se alterar as saídas do processo produtivo (flexibilidade de produção). Alternativamente, as mesmas saídas podem ser produzidas utilizando-se diferentes tipos de insumos (flexibilidade de processo).	Flexibilidade de produção: todos os bens vendidos em pequenos lotes, sujeitos à volatilidade de demanda (eletrônicos, por exemplo). Brinquedos. Peças mecânicas. Automóveis. Flexibilidade de processo: energia elétrica, químicas, plantações.	Margabre (1978); Kensinger (1987); Kulatilaka (1988); Kulatilaka & Trigeorgis (1994)
Opções múltiplas e interativas	Os projetos do mundo real geralmente envolvem uma série de opções. O valor combinado destas opções pode ser diferente da soma dos valores individuais, isto é, elas interagem entre si. Pode também haver interação com opções de flexibilidade financeira.	Projetos reais na maioria das indústrias citadas anteriormente.	Trigeorgis (1993), Brennan & Schwartz (1985), Kulatilaka & Trigeorgis (1994)

Fonte: Trigeorgis (2000, p. 3 citado por Nogueira, 2005).

5.6 Limitações da teoria das opções reais

No que diz respeito às limitações apresentadas pela TOR, Copeland & Antikarov (2001) expõem que tal teoria é criticada por ser uma ferramenta de que se valem os gestores para justificar projetos que deveriam ser rejeitados, uma vez que, com esse modelo, é possível captar o valor da flexibilidade, aumentando, assim, o valor do projeto de investimento. Copeland & Antikarov (2001), todavia, defendem a utilização da TOR, justificando que existe um valor para a flexibilidade e que esse valor não é, necessariamente, baixo; por isso, faz-se necessário um modelo que seja capaz de incorporar tal dimensão, o que é realizado pela TOR.

Sekiyama (2004) realiza um breve histórico a respeito das críticas endereçadas aos modelos de opções reais. Verifica-se que esses julgamentos são formulados com base em dificuldades de implementação dos modelos, em especial, no que diz respeito às formulações matemáticas. Destacam-se, no Quadro 10, as principais avaliações críticas à TOR:

QUADRO 10 Críticas à TOR.

Autor	Avaliação
Stewart Myers (1977)	A visão errônea da teoria das opções como sendo uma “caixa preta” de difícil compreensão tem acarretado barreiras para sua aceitação.
Amran & Kulatilaka (1999)	Aproximações imperfeitas mediante o uso de twin security, quando é observada a ausência da praticidade de valoração. Muitos dos dados de entrada podem não estar disponíveis ao alcance imediato ou apresentar uma ausência de liquidez, no caso de análise de projetos específicos.
Miller & Waller (2003, p. 98)	Defasagem entre o modelo de avaliação oferecido pela TOR e a prática gerencial desta ferramenta.
Eapen (2001)	Mau entendimento da nova teoria, quanto ao modo de pensamento da estratégia corporativa e técnica de quantificação do valor do ativo corporativo e das estratégias.

Continua...

QUADRO 10 Continuação.

Autor	Avaliação
Sekiyama (2004)	As Opções Reais são complicadas e de difícil entendimento, principalmente nas suas fórmulas de precificação de opções e técnicas de avaliação de profunda compreensão. Na engenharia, contudo, cálculos mais complexos são utilizados, o que demonstra a necessidade de avaliar as finanças corporativas com o uso da melhor técnica, para proporcionar uma avaliação de maior nível de profundidade.

Fonte: Sekiyama (2004) adaptado pela autora.

5.7 Teoria das opções reais: modelos de entrada e saída

Diferentemente da Main Stream sobre decisão de investimento, a TOR apresenta que os investimentos são total ou parcialmente irreversíveis, bem como que a decisão de investimento não deve necessariamente ser realizada no tempo zero, pois pode ocorrer posteriormente. Segundo a Teoria das Opções, o momento de efetuar o investimento pode ser adiado de forma que o investidor obtenha maior retorno sobre o investimento à medida que informações melhores vão sendo reveladas.

De maneira semelhante às Opções Financeiras, em específico a opção de compra, o investimento pode ser considerado um gasto perdido (sunk cost), pois o exercício da opção é irreversível. Nesse caso, considera-se que a efetivação do investimento suprime a opção que a firma possui de exercê-la em períodos com maiores informações acerca dos reflexos das variáveis sobre o retorno.

Na prática, a irreversibilidade dos custos ocorre tanto na realização do investimento quanto na sua suspensão e retomada. Esse comportamento de irreversibilidade dos investimentos explica o fenômeno da histerese, no qual os efeitos de uma ação permanecem por um período superior ao término da sua causa.

Cardoso (2007) apresenta que, em condições de incerteza, a postergação da decisão de investimento eleva a faixa em que a inércia apresenta um comportamento ótimo. Até custos de valores reduzidos possuem efeito relevante no período inercial, em decisões de entrada e saída de investimento.

Ao analisar investimentos em condições de incerteza, Dixit & Pindyck (1994) avaliam as opções investimento (entry), suspensão (mothball), retomada (reactivation), abandono (exit, scrap). Para tanto, esses autores pressupõem que a empresa mantenha a opção de investir em um projeto e outras vantagens competitivas que possuía anteriormente.

Não obstante, Dixit & Pindyck (1994), inicialmente, adotam a premissa de que os preços se movem de maneira estocástica; esses movimentos determinarão as receitas ao longo do tempo, bem como a incerteza dos lucros futuros. Em consequência, tais lucros apresentam comportamento aleatório, de forma que, se apresentarem valores futuros negativos durante longo tempo, fundamentam a posição de abandono temporário do projeto de investimento, bem como a recuperação desses lucros pode justificar a retomada do projeto.

Nesse sentido, Dixit & Pindyck (1994) pressupõem que o investidor não possui controle sobre o preço de mercado. De forma que o preço segue ao movimento Browniano, o que gera incerteza. Esse movimento pode ser representado por:

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz \quad (13)$$

A decisão de investimento se assemelha à compra de um projeto, o qual apresenta a produção de uma unidade de saída por período, podendo a produção ocorrer de forma perpétua ou até acontecer o abandono do projeto.

Dixit & Pindyck (1994) consideram, ainda, que: os custos variáveis operacionais são expressos por C , o qual é conhecido e constante; a taxa de juros

livre de risco, r , é conhecida e fixada; a movimentação dos preços é estimada a partir de outros ativos na economia. A taxa de desconto ajustada ao risco para a receita da empresa é expressa por:

$$\mu = r + \theta \rho_{PM} \sigma \quad (14)$$

em que: θ é o preço de mercado para o risco; ρ_{PM} é a correlação do preço com a carteira de mercado; μ indica a taxa de retorno do projeto e $\delta = \mu - \alpha$ é o efeito da taxa de retorno no preço e se mantém sempre positiva.

O valor inicial necessário para iniciar o projeto é representado por I e indica o seu preço de compra. O custo do abandono do projeto é indicado por E , o qual pode apresentar valor negativo devido à recuperação de parte do investimento por meio da venda do bem ou sucata. Esse projeto pode apresentar vários ciclos, uma vez que existe a possibilidade de abandoná-lo temporariamente e também de reiniciá-lo.

O projeto é composto por duas partes, a opção de abandono é uma delas. Tal projeto pode ser observado de forma contínua em razão dos vários estados consecutivos, que indicam o exercício de opções alternadas. Dessa forma, o projeto em estado ativo apresenta a opção de desativação que pode ser exercida a qualquer tempo. Se exercida esta opção, o projeto passa para a posição de inativo e possui a opção de reativação. Exercida a opção de reativação, o projeto retorna à posição ativa. Esse ciclo ocorre inúmeras vezes ao longo tempo, até o momento em que o projeto seja abandonado. Como se pode observar, o valor do projeto inclui a opção de suspendê-lo e retorná-lo em função de suas condições. Dessa forma, os valores de um projeto contínuo e de um inativo devem ser determinados ao mesmo tempo.

A empresa investirá ou retomará um projeto quando este apresentar expectativas de consideráveis ganhos futuros. Por outro lado, a empresa tende a abandoná-lo após sucessivos prejuízos ou tendo em vista a possibilidade de ele gerar prejuízos futuros. Verifica-se que o projeto será desativado quando os seus preços estiverem situados abaixo da curva durante um ciclo, e sua reativação ocorrerá quando o preço for máximo no ciclo.

Nesse sentido, podem ser observados dois limites para o projeto: um superior, denominado PH, que indica o limite superior do preço em que o projeto será reiniciado; logicamente o outro limite será o inferior, expressado por PL e representando o limite inferior para abandono do projeto. Dentro do intervalo de PH e PL, se o projeto estiver ativo, a empresa o manterá efetivo. Quando, o preço for inferior a PL, ele será desativado.

O valor da empresa, em certo momento, é uma função do preço de mercado P e da variável de estado do projeto, a qual pode assumir a posição ativada ($=1$) ou a posição desativada ($=0$). Assim, $V0P$ é o valor da opção de reiniciar um projeto, e $V1P$ é o valor da opção do projeto em operação com a opção de abandono.

Dentro do intervalo de preços $(0,PH)$, a empresa, se não estiver em operação, possui uma opção de reiniciar o projeto. A fim de evitar arbitragem, $V0P$ deve satisfazer a uma equação diferencial, dentro do intervalo $(0,PH)$ de forma que as condições de contorno liguem valores e derivadas de $V0P$ e $V1P$ no ponto PH.

Caso a empresa esteja no intervalo de preços (PL,∞) , estará no estado ativo e possuirá uma opção de abandonar o projeto, de forma que, $V1P$ satisfaça a uma equação diferencial cujas condições de contorno irão unir os valores e derivadas de $V0P$ aos de $V1P$ no ponto PL. Com isso, a solução do problema pode ser encontrada através da resolução do sistema de equações e condições de contorno.

Dixit & Pindyck (1994) desenvolveram o modelo partindo do ponto de inatividade, no qual pode ser obtida a equação diferencial para VOP, por meio da construção de uma carteira com uma unidade de opção para investir e uma posição short de $V_0(P)$, unidades de saída (posição vendida, ou seja, compromisso de produzir e entregar). A equação resultante será:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_0''(P) + (r + \delta)PV_0'(P) - rV_0(P) = 0 \quad (15)$$

cuja solução geral é:

$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1} + A_2 P^{\beta_2} \quad (16)$$

onde: A_1 e A_2 são constantes que devem ser determinadas, e β_1 e β_2 correspondem às raízes da equação quadrática

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(\rho - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{(\rho - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 1 \quad (17)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{(\rho - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{(\rho - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} < 0 \quad (18)$$

Quando P se aproxima de zero, a opção de investir tem valor praticamente nulo, de forma que o coeficiente A_2 correspondente à raiz negativa β_2 que deve ser zero. Com isso:

$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1} | (0, P_H) \quad (19)$$

Por outro lado, uma empresa com projeto ativo será detentora de uma opção de abandono. Nessa condição, existirá um fluxo de caixa $(P-C)dt$ que deve ser adicionado, ficando a equação em função de V_1P na forma:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 P^2 V_1''(P) + (r + \delta) P V_1'(P) - r V_1(P) + P - C = 0 \quad (20)$$

cuja solução geral é

$$V_1(P) = \beta_1 P^{\beta_1} + \beta_2 P^{\beta_2} - \left(\frac{P}{\delta}\right) - \left(\frac{C}{r}\right) \quad (21)$$

onde: o $\left(\frac{P}{\delta}\right), \left(\frac{C}{r}\right)$ indicam o valor do projeto ativo no qual a empresa deverá operar independentemente do nível de prejuízo, e $\beta_1 P^{\beta_1} + \beta_2 P^{\beta_2}$ expressa o valor da opção de abandono do projeto. Se P tende ao infinito, então, a opção de abandono do projeto tende a ser nula, o coeficiente β_1 deve ser zero. Dessa forma:

$$V_1(P) = \beta_2 P^{\beta_2} + (P/\delta) - (C/r) | (P_1, \infty) \quad (22)$$

No limiar do investimento, a empresa paga I para exercer a opção de investimento, desfazendo-se do ativo $V_0(P_H)$ para trocá-lo com pelo projeto

que tem o valor V_1 (PH). Para isso, têm-se as condições de igualdade e transição:

$$V_0(P_H) = V_1 P_H - I \quad e \quad V_H'(P_H) = V_L'(P_H) \quad (23)$$

De maneira semelhante, no limiar do abandono, PL, prevalecem as condições de igualdade e de transição:

$$V_1(P_L) = V_0 P_L - E \quad e \quad V_1'(P_L) = V_0'(P_L) \quad (24)$$

em que, substituindo nas equações anteriores, obtêm-se um sistema de quatro equações e quatro incógnitas (A_1 , B_2 , PL e PH):

$$-A_2 P_H^{\beta_1} + \beta_2 P_H^{\beta_2} + \left(\frac{P_H}{\delta}\right) - \left(\frac{C}{r}\right) = I \quad (25)$$

$$-B_1 A_1 P_H^{\beta_1-1} + \beta_2 B_2 P_H^{\beta_2-1} + \left(\frac{1}{\delta}\right) = 0 \quad (26)$$

$$-A_1 P_L^{\beta_1} + \beta_2 P_L^{\beta_2} + \left(\frac{P_L}{\delta}\right) - \left(\frac{C}{r}\right) = -E \quad (27)$$

$$-B_1 A_1 P_L^{\beta_1-1} + \beta_2 B_2 P_L^{\beta_2-1} + \left(\frac{1}{\delta}\right) = 0 \quad (28)$$

As equações não possuem uma solução simples, pois são não lineares nas fronteiras. Contudo, conforme expõe Dixit & Pindyck (1994), existe solução e esta é única.

Segundo a Teoria Econômica Clássica, as decisões de investimento baseiam-se na comparação entre a taxa de retorno, r , e o retorno sobre o investimento $(P-C)/I$ ou sobre o abandono $(C-P)/E$, em que se $P > C+rI$ deve-se investir se $P < C+rE$ deve abandonar. Nesse cenário, os custos e preços são considerados constantes, isto é, as expectativas são estáticas.

Na prática, nos momentos de tomada de decisão, sabe-se que os preços e custos não serão constantes, mas estão sujeitos a um grau de incerteza que deve ser considerado no processo decisório. A melhor postura, para efeito de raciocínio, é considerar que a firma tem expectativas racionais sobre o comportamento futuro de preços e custos e considerar que esses se moverão segundo um patamar de comportamento sujeito à incerteza.

A comparação entre a abordagem que incorpora a incerteza e a abordagem da teoria neoclássica tradicional pode ser realizada com a seguinte função:

$$G(P) = V_1(P) - V_0(P) = A_1 P^{\beta_1} + B_2 P^{\beta_2} + \left(\frac{P}{\delta}\right) - \left(\frac{C}{r}\right) = 0 \quad (29)$$

Essa função é válida para qualquer valor que P assuma, contudo, $V_1(P)$ somente é válido no intervalo (PL, ∞) , e $V_0(P)$ é definido no intervalo $(0, PH)$.

O limiar (PL, PH) , $G(P)$ expressa o valor incremental da firma para tornar o projeto ativo. Para valores pequenos de P , a função é decrescente e convexa, ao passo que para valores altos de P , a função é decrescente e côncava. Para valores intermediários, a função é crescente. A função resultante é uma função do tipo “S” horizontal, representada no Gráfico 2.

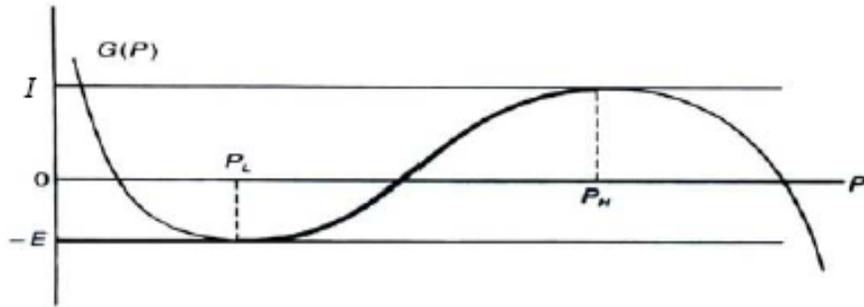


GRÁFICO 2 Função $G(P)$.
 Fonte: Dixit & Pindyck (1994).

As condições de contorno devem ser escritas em termos de $G(P)$. As condições de igualdade são:

$$G(P_H) = I \text{ e } G(P_L) = -E$$

Já as condições de transição são:

$$G'(P_H) = 0 \text{ e } G'(P_L) = 0$$

Baseado nessas condições, no gráfico em função do tipo S horizontal, o pico inferior será no ponto P_L , ponto este em que a curva é côncava e tangencia $-E$. O pico superior será o ponto P_H no qual a curva é convexa e tangencia I . No ponto superior, subtraindo a equação diferencial para $V_0(P)$ da equação diferencial para $V_1(P)$, tem-se:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 G''(P) + (r - \delta)G'(P) - rG(P) + P - C = 0 \quad (30)$$

Com a resolução para $P=PH$ e aplicação para as condições e contorno, tem-se:

$$-rI + P_H - C = \frac{1}{2} \sigma^2 G''(P_H) > 0 \quad (31)$$

ou $PH > C + rI$, em consequência, $PL < C - rE$ no ponto PL.

5.8 Teoria das opções reais: opções de conversão

A opção de conversão (switch option) permite avaliar o valor da flexibilidade de alterar os insumos (matéria-prima) ou as saídas (produtos) de uma atividade. Isto posto, pode-se analisar esse tipo de opção como uma carteira de opções compostas tanto por opções de compra como por opções de venda.

Nesse sentido, verifica-se que as opções de conversão são válidas para os casos em que o ativo possibilita a alternância da atividade diante da ausência de custos impeditivos de conversão. Dessa forma, podem ser modificados tanto os insumos como os produtos da atividade, bem os seus estados de operação, ativação e desativação, sem que, para isso, a firma incorra em custos proibitivos de conversão. Esta opção pode ser observada nos casos das termoelétricas em que é possível faz o uso alternativo do óleo, carvão ou gás na produção de energia.

As árvores binomiais demonstram os diversos percursos possíveis para o preço que o ativo subjacente pode seguir ao longo da vida de uma opção. O uso desse modelo para valoração de opções é bem difundido, em especial, em opções de conversão, o que pode ser atribuído à forma intuitiva e simples que a análise visual dessa árvore possui na avaliação dos preços das opções.

No entanto, para avaliar opções de conversão com duas fontes de incerteza, a árvore quadrinomial é utilizada, com isso a árvore apresenta quatro

ramificações em cada nó, de forma que introduzindo a volatilidade de cada ativo obtém um elevado volume de combinação entre os pares de ativos, o que torna este cálculo bastante trabalhoso.

Copeland & Antikarov (2001) apresentam a solução para problemas de opções de conversão. Ao avaliar a Análise das Opções Reais de Conversão no Agronegócio, constatou-se uma preponderância de trabalhos voltados para a valoração da agroindústria de biodiesel. Em seu trabalho, de Pinto & Brandão (2007), a partir de modelagens e metodologias estocásticas, avaliaram a melhor opção econômica de produção para uma usina de cana-de-açúcar que apresentava a possibilidade de alternar seus produtos entre açúcar e álcool, definindo o valor dessa opção.

César et al. (2009) analisaram o valor da opção de conversão em um projeto de investimento agroindustrial por meio da TOR. Tal projeto consiste na implantação de uma usina processadora de soja com flexibilidade para produção de óleo vegetal ou biodiesel. Para tanto, foram utilizadas as ferramentas propostas pelo Modelo Binomial e pelo Modelo Quadrinomial. Os resultados demonstraram que a opção de conversão aumenta o valor do projeto em relação ao tradicional método do VPL. Com isso, este projeto eleva o valor do investimento avaliado.

Penedo et al (2009) avaliaram, sob a ótica das Opções Reais, a flexibilidade de escolha de insumos na produção de Biodiesel, mensurando o valor da flexibilidade mensal existente para o produtor de biodiesel na escolha do insumo, especificamente, mamona e soja. Para o desenvolvimento desse trabalho, os autores assumiram que os preços futuros desses insumos seguem processos estocásticos como o Movimento de Reversão à Média e o Movimento Geométrico Browniano. Penedo et al. (2009) concluíram que a flexibilidade gerencial aumenta o valor do projeto.

Alves (2007) avaliou o valor da opção de conversão que o dono de um carro flex fuel (álcool e gasolina) possui ao ter esse modelo de veículo. A autora ponderou que a flexibilidade de escolher o combustível do carro, bem como a incerteza existente em relação ao preço do álcool e da gasolina, incrementa o valor do veículo, uma vez que seu dono pode escolher o combustível mais barato em cada abastecimento. Em seu trabalho, a supracitada autora valorou a vantagem deste tipo de automóvel em relação a outro movido apenas por gasolina através da avaliação por Opções Reais, constatando que a aquisição do veículo flex é vantajosa para o consumidor. Para tanto, foram empregados a Árvore de Decisão Quadrinomial e o Método de Simulação com Fluxos de Caixa Dinâmicos, e foram comparadas as vantagens do segundo modelo em relação ao primeiro. A autora constatou que o modelo de Simulação de Monte Carlo com Fluxos de Caixa Dinâmicos é vantajoso em relação a Árvore de Decisão Quadrinomial.

De acordo com Alves (2007), a utilização do Método da Árvore de Decisão possibilita modelar diversos tipos de opção, como opções múltiplas e opções com preço de exercício variável. No entanto, a sua utilização pode ser extremamente complexa e trabalho para casos que envolvam as árvores quadrinomiais. Em função disso, o emprego do Método para obtenção dos Fluxos de Caixa Dinâmicos por meio da Simulação de Monte Carlo apresenta resultados bem semelhantes ao Métodos de Árvores Quadrinomiais, com a vantagem de simplificar, substancialmente, a análise de opções reais.

No presente estudo, avalia-se a opção de conversão entre os pares de produtos de uma fazenda que possua capacidade instalada para o cultivo da soja, milho e feijão. Especificamente, serão analisadas as opções de conversão entre o cultivo da soja e milho, da soja e feijão, assim como do feijão e milho. Entende-se que, diante dessa análise, o produtor rural poderá avaliar o valor da

flexibilidade possuída de alternar a sua produção com vistas a aumentar a sua riqueza.

Tendo em vista o trabalho de Alves (2007), o presente estudo pretende utilizar o Método de Simulação de Fluxo de Caixa para analisar o valor da opção de conversão entre pares de produtos agrícolas cultivados por uma propriedade rural com produção diversificada, especificamente, soja, milho e feijão. Com isso, será realizada a valoração dessas opções de conversão, o que possibilitará avaliar se possuir uma carteira de produtos agrícolas incrementa o valor deste tipo de empreendimento.

Não obstante, a utilização do Método de Simulação de Fluxo de Caixa acrescentará maior simplicidade à complexidade conhecida do uso da Teoria das Opções Reais. Esse fato, especialmente para a análise de investimento de empreendimentos agrícolas, demonstra-se bastante importante, pois vislumbra a possibilidade de uso dessa teoria por produtores rurais.

5.8.1 Movimento de reversão à média

Usualmente, o Modelo Geométrico Browniano (MGB) é empregado para descrever o comportamento dos preços dos ativos. Entretanto, conforme afirmam Pinto & Brandão (2007), esse movimento para alguns ativos não é o mais adequado. Em função disso, os autores sugerem a utilização do Movimento de Reversão a Média (MRM). Para ativos como commodities, de forma geral, como petróleo, produtos agrícolas e cobre, verifica-se que os preços apresentam correlação com o custo marginal de produção, porém podem sofrer variações aleatórias no curto prazo.

Com isso, observa-se que os produtores tendem a aumentar a sua produção na medida em que os preços valorizam e o contrário é verdadeiro, isto é, os produtores reduzem a produção na ocorrência de preços baixos. Com esse comportamento, o produtor procura beneficiar-se dos ganhos e minimizar as

suas perdas. Em decorrência disso, no longo prazo, os valores dos preços tendem a reverter-se para o equilíbrio. Dentre os modelos de reversão a média, o modelo de Ornstein-Uhlenbeck é mais usual, devido a sua maior simplicidade comparativa, e é representado pela seguinte equação:

$$dV = \eta(\bar{V} - V)dt + \sigma dz$$

Em que: dV = variação no preço do ativo-objeto; α = velocidade de reversão; \bar{V} = média de longo prazo para qual V tende a reverter. É importante observar que a velocidade da reversão demonstra a rapidez na qual a variável reverte para o valor de equilíbrio o longo prazo.

5.8.2 Simulação

A simulação do processo estocástico é capaz de identificar os impactos das incertezas que afetam as variáveis relevantes do projeto, bem como os seus reflexos sobre os retornos. Desse processo, constata-se que os fluxos de caixa do projeto também assumem o processo estocástico. Cada iteração realizada pela simulação resulta em novo conjunto de fluxos de caixa futuro, do qual se obtém um novo valor do projeto (Brandão, 2002).

Alves (2007) expõe que o método de simulação tenta criar uma série de situações hipotéticas, que facilita o trabalho com o uso de aplicativos computacionais, capaz de gerar variáveis aleatórias para a produção de diversos cenários. Esse processo de geração de situações hipotéticas permite que se analisem as várias distribuições de probabilidades dos possíveis valores assumidos por essas variáveis. A Simulação de Monte Carlo é uma das formas de simulações mais utilizadas na avaliação de investimento e o seu nome tem sua origem no jogo de roleta do cassino de Monte Carlo. O trabalho seminal de

Hertz em 1964, *Risk Analysis in Capital Investments*, é considerado um dos primeiros trabalhos envolvendo a Simulação de Monte Carlo.

Weston & Brigham (2000) consideram a Simulação de Monte Carlo como um técnica de análise de risco, assim como a análise de sensibilidade e análise de cenário. Para Alves (2007), uma forma simplificada de compreender essa simulação é observá-la como um processo baseado na geração de números aleatórios, que são utilizados como parâmetros de entrada para se extrair valores de uma distribuição acumulada de uma variável qualquer, tais como: receitas, custos ou investimentos. Essa autora ressalta ainda que, para a realização dessa simulação, pode-se utilizar um software para simular prováveis eventos futuros.

Alves (2007) descreve os passos necessários para a realização da Simulação de Monte Carlo com a utilização de software, quais sejam:

- criação de uma tabela de distribuição de probabilidades das variáveis que serão simuladas;
- geração de um número aleatório para cada variável simulada pelo software de simulação, identificando, na tabela inicial de distribuição de probabilidades, o valor da variável correspondente ao número aleatório gerado. Esse passo resultará em um cenário inicial de variáveis que será utilizado para encontrar um primeiro valor presente esperado do investimento;
- realização de várias simulações que resultarão no valor presente esperado médio e no desvio padrão do valor presente.

Para resolver um problema com Simulação de Fluxos de Caixa Dinâmicos, é necessário criar um fluxo de caixa tradicional e selecionar as variáveis chaves do modelo que irão variar a cada iteração. Para essas variáveis,

é preciso determinar uma distribuição de probabilidade. Assim, pode-se converter o fluxo de caixa tradicional e um fluxo de caixa dinâmico. A utilização de programa computacional tornará mais simples o cálculo das variáveis chaves que serão utilizadas a cada iteração, o que irá alterar o valor presente do fluxo de caixa a cada iteração. A média dos resultados de todas as iterações de Monte Carlo será utilizada para gerar o valor presente do fluxo de caixa dinâmico (Alves, 2007).

Nesse sentido, constata-se que a Simulação de Monte Carlo pode ser empregada para a valoração de opções reais, tal como afirmam Brandão (2002) e Alves (2007). De acordo com Pinto & Brandão (2007), a simulação de Monte Carlo é de uso mais prático e produz resultados semelhantes a outros modelos utilizados para valoração de Opções Reais. Para valorar opções reais, essa simulação demonstra-se mais fácil de ser implementada em relação à técnica de Análise de Árvores de Decisão. Tendo isso em vista, no presente trabalho, para avaliar as opções reais de conversão, será utilizada essa simulação.

6 METODOLOGIA

6.1 Tipificação

Neste trabalho, desenvolveu-se um modelo para a análise da viabilidade econômica de investimento em propriedade rural com produção diversificada, em lavouras temporárias, considerando a existência de incerteza e de flexibilidade no processo de tomada de decisão. Em específico, este modelo foi desenvolvido com base no investimento em propriedade rural possuidora de uma carteira de produção agrícola composta por soja, milho e feijão, no município de Unai, localizado na região Noroeste do estado de Minas Gerais.

Para tanto, empregou-se a Teoria das Opções Reais (TOR), a fim de identificar os preços que determinam a entrada e a saída do produtor rural nesse tipo de investimento agrícola, bem como para avaliar as opções de conversão da produção entre pares das commodities cultivadas.

Não obstante, utilizou-se o Modelo de Precificação de Ativo de Capital (CAPM) na construção da carteira ótima de soja, milho e feijão, com a respectiva participação de cada cultura, uma vez que, a partir dessa carteira, é possível minimizar o risco decorrente das incertezas inerentes ao investimento, para um dado retorno do investimento.

Com relação a TOR, conforme exposto no capítulo anterior, essa teoria incorpora em seu modelo teórico as características peculiares do investimento, a saber: a irreversibilidade total ou parcial do investimento, a existência de incerteza e a possibilidade de flexibilidade gerencial. Observa-se que tais características estão presentes no investimento em propriedade rural com produção diversificada em lavouras temporárias, logo, o uso da TOR para avaliação da viabilidade desse investimento demonstra-se pertinente.

Nesse sentido, observa-se que a irreversibilidade – isto é, a irrecuperabilidade parcial ou total do gasto realizado com o investimento em

decorrência de mudanças na decisão de investir – pode ser observada na produção rural, uma vez que o valor investido é parcial ou totalmente irreversível para o caso de o produtor desistir do investimento.

Já a incerteza na propriedade agropecuária em relação aos benefícios e riscos futuros do investimento pode ser observada na oscilação dos preços das commodities agrícolas, a qual pode gerar retornos maiores ou menores para o investidor. Verifica-se que a determinação do preço é exógena, e o produtor rural desconhece a variação do preço futuro de seu produto ao longo do tempo.

Por fim, a flexibilidade gerencial, ou seja, a existência do direito de escolha – que pode resultar na decisão de adiar, de expandir ou de abandonar um investimento – é verificada na análise de investimento em propriedade rural, realizada neste estudo, na determinação dos limites de entrada e de saída da atividade. É verificada, ainda, pela avaliação da opção de conversão entre pares de produtos agrícolas.

A propriedade rural objeto da análise de investimento desta tese é fictícia, foi projetada pressupondo uma estrutura produtiva capaz de cultivar soja, milho e feijão ao mesmo tempo, ou seja, conjuntamente, como também com cada produto isoladamente. Assim, foram levantados dados sobre os custos de implantação (terra, benfeitorias, máquinas e equipamentos) da propriedade rural e os custos de produção das referidas commodities para a cidade de Unaí.

Para a determinação dos pontos de entrada e saída do investimento em propriedade rural com produção diversificada em lavoura temporária, foi utilizado o modelo matemático apresentado por Luong & Tauer (2006), baseado no modelo matemático desenvolvido por Dixit & Pindyck (1994) e Hull (1997). No modelo apresentado por Luong & Tauer (2006) referente ao modelo de entrada e saída em investimentos de Dixit & Pindyck (1994), toma-se um investimento em um projeto a uma quantia K com vistas a produzir um fluxo de saída a um custo variável C . Assume-se que o projeto não seja depreciável e

tenha duração perpétua. Segundo esse modelo, ao decidir pela implementação do projeto, a firma incorre em um custo de saída X por unidade produzida e, caso decida retornar ao projeto, reinvestirá a quantia K . Considera-se que as unidades de saída serão vendidas pelo preço P , que é determinado no mercado e cujo comportamento está sujeito à incerteza.

Lakatos & Marconi (2007) apontam que o método constitui o conjunto de atividades racionais e sistemáticas que orienta uma pesquisa científica, traçando o caminho a ser empregado pelo pesquisador, a fim de atingir seu objetivo. O método empregado no presente estudo pode ser classificado como quantitativo, visto que faz uso de recursos matemáticos e estatísticos para análise e solução dos problemas avaliados. Essa abordagem demonstrará como os preços de entrada e saída são afetados pela trajetória dos preços de mercado no tempo, pelos custos fixos, pelas variáveis e pelo tempo do investimento.

6.2 Seleção dos produtos agrícolas e do município para elaboração do investimento em propriedade rural com produção diversificada de lavouras temporárias

Os trabalhos que utilizam a TOR aplicada ao setor agropecuário, em sua maioria, a empregam em investimentos em culturas perenes e em um único produto agrícola. Conforme apresentado no capítulo da Introdução, este trabalho se destaca por empregar a TOR a investimento com produção diversificada em lavouras temporárias. Nesse sentido, a seleção das commodities – a soja, o milho e o feijão – para compor a carteira de investimento da propriedade rural baseou-se no critério de cultivar produtos agrícolas que possam ser produzidos simultaneamente em uma mesma safra. A soja, o milho e o feijão se enquadram nesse requisito, visto que são todas culturas de verão. Não obstante, a seleção dessas culturas temporárias de verão também está associada à possibilidade real de produzi-las em uma localidade que apresente condições técnicas, climáticas e topográficas compatíveis ao cultivo concomitante da soja, do milho e do feijão.

Assim, este critério norteou a seleção das lavouras temporárias e da localidade para a produção dessas lavouras e aplicação da presente pesquisa, de forma que identificou-se que a cidade de Unaí atende a tal critério. Este município localizado na região Noroeste do Estado de Minas Gerais destaca-se na produção grãos do estado. No ano agrícola 2008/2009, segundo dados da SEAPA (Minas Gerais, 2009), Unaí ocupou o lugar de primeiro produtor de feijão e soja de Minas Gerais e o segundo lugar na produção de milho do estado. Há de se ressaltar, ainda, que Unaí é tradicionalmente o maior município produtor de feijão do Brasil, o que se confirmou no ano agrícola de 2008/2009, de acordo com dados da CONAB (2009).

No que concerne à produção do feijão, observa-se que esse cultivo é mais sensível ao regime de chuvas, o que restringe a sua produção na safra de verão, e requer mais gastos na sua produção, do que as demais lavouras tratadas nesta tese. Tendo isso em vista, constatou-se que, na cidade de Unaí, o feijão encontra as condições necessárias para a sua produção nessa safra, diferentemente do que ocorre em outros municípios mineiros que, embora apresentem expressiva produção de soja e milho, a exemplo de Uberaba, possuem regime de chuvas que torna muito arriscado o cultivo do feijão.

6.3 Descrição dos passos para a construção do modelo de análise de investimento de propriedade rural com produção diversificada em lavouras temporárias empregando a TOR

Para o desenvolvimento do modelo de análise de investimento em propriedade rural com produção diversificada em lavouras temporárias, considerando as incertezas e a flexibilidade gerencial desse tipo de investimento, inicialmente, utilizaram-se os preços médios recebidos pelo produtor rural com a comercialização da soja, do milho e do feijão. A partir de tais preços, empregou-se o CAPM para obter a composição da carteira de produtos agrícolas, no caso desta tese, carteira composta por soja, milho e feijão, que minimizasse o risco

em função de determinado retorno. A construção da carteira foi norteadada pelo pressuposto de que, por meio da diversificação da produção, é possível reduzir a exposição do produtor ao risco e aumentar seu retorno em relação à produção de um ativo individual.

Em seguida, com base na composição dessa carteira de produção e nas principais características da produção de soja, milho e feijão para a cidade de Unaí, determinou-se o tamanho da propriedade rural, as técnicas de produção e os gastos necessários na aquisição de terra, benfeitorias, máquinas e implementos agrícolas da propriedade rural fictícia. A propriedade rural fictícia construída foi pautada no requisito de ela possuir uma única estrutura produtiva capaz de cultivar essas três lavouras. Ainda em relação a essa propriedade rural, foram estimados os custos de produção de cada produto agrícola (soja, milho e feijão) em conformidade com as características de produção da cidade supracitada e da sua estrutura de produção da propriedade.

Em seguida, foi analisada a flexibilidade na realização desse investimento em lavoura temporária diversificada à luz da Teoria das Opções Reais, por meio da identificação dos limites de entrada e saída na atividade agrícola anteriormente definida e, também, estimando o valor das opções de conversão entre os pares dos produtos agrícolas produzidos.

6.4 Coleta de dados

Observa-se que o produtor, ao analisar o seu investimento agrícola, possui, de maneira geral, duas alternativas: uma de cultivar somente uma lavoura em sua área e/ ou outra de produzir mais de um produto agrícola nessa mesma área. Selecionada uma dessas alternativas, o produtor deverá definir a estrutura de produção de sua propriedade que lhe possibilite produzir essas lavouras.

Conforme apresentado no presente trabalho, o CAPM preceitua que é possível que o investidor reduza o risco de investir em um ativo individual com a construção de uma carteira de investimento composta com mais de um ativo, desde que os ativos não apresentem correlação positiva perfeita. Assim, verifica-se que o CAPM possibilita que, dentro dos ativos selecionados, nesse caso produtos agrícolas, construa-se uma carteira ótima, na qual o risco possa ser minimizado a partir de dado retorno, ou então, o retorno possa ser maximizado em função de determinado risco.

Desse modo, foram identificadas três lavouras temporárias que apresentam períodos de plantio, cultivo e colheita semelhantes, e que, por consequência, são lavouras concorrentes entre si no momento da escolha de qual ou quais cultivos produzirá, para, a partir disso, definir os gastos de capital necessários para ter a estrutura produtiva compatível necessária para tal escolha.

Baseado no conceito de portfólio de investimento apresentado pelo CAPM, bem como nos critérios de seleção de lavouras com períodos de produção próximos e concorrentes entre si, nesta pesquisa, foram selecionadas as lavouras de soja, milho e feijão. Esses produtos são da safra verão e, devido a isso, atendem aos critérios apresentados acima. Para viabilidade do presente estudo, foi necessário fazer simplificações para a construção do fluxo de caixa do investimento, no que consiste desconsiderar a produção de soja precoce, bem como a segunda safra do milho, a safrinha e, ainda, a segunda e a terceira safra do feijão.

Na seleção dessas lavouras, buscou-se identificar também a viabilidade, em termos de técnicas agrícolas, de produzir tais commodities em conjunto. Ao realizar essa análise, identificou-se, a partir de consultas a extensionistas rurais e agrônomos da EMATER, que essa produção conjunta é viável somente em locais nos quais as condições climáticas e regime de chuvas durante o período de verão sejam mais adequados para o cultivo, em especial, do feijão. Este produto

é muito sensível ao regime de chuvas, por isso, locais que tenham um alto volume de chuvas no verão não possuem condições para o seu cultivo. A análise da localidade em que é possível cultivar soja, milho e feijão nas condições descritas acima foi delimitada ao estado de Minas Gerais, devido à acessibilidade de dados. A partir dessa restrição, identificou-se que o município de Unaí reúne tais condições e, ainda, possui posição de destaque na produção agrícola do estado. Outro aspecto importante a ser observado é que a atividade rural apresenta grande importância para a economia da cidade.

Conforme exposto acima, esse município possui importante relevância estadual e nacional na produção de grãos. Segundo dados da Secretária de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais - SEAPA (Minas Gerais, 2009), na safra 2008/2009, Unaí ocupava a primeira posição entre os municípios mineiros na produção de soja e feijão e em relação ao milho, a cidade se destacava como a segunda maior cidade produtora no estado. Esse destaque na produção estadual desses grãos advém do fato de que o município possui condições produtivas favoráveis, em especial, condições topográficas e climáticas que permitem a produção dessas três commodities.

Constatou-se, ainda, que nessa cidade era viável o cultivo do feijão no verão, pois ela reúne as condições que permitem o cultivo deste produto na safra de verão. Em Unaí, também, não existem restrições quanto ao plantio do milho e da soja. Portanto, observou-se que, no município, é possível realizar o plantio conjugado de soja, milho e feijão na safra de verão, logo, em Unaí, é possível implementar a produção diversificada dos referidos produtos agrícolas.

Tendo em vista a definição dessa cidade para a produção conjunta de soja, milho e feijão, foram identificados os custos de implantação, o custo de produção e a produtividade em Unaí para esses produtos. Tais dados foram utilizados para a construção do fluxo de caixa do projeto necessário para o desenvolvimento da análise de investimento baseada na Teoria das Opções

Reais, segundo o modelo apresentado por Luong & Tauer (2006), definindo-se o gatilho de entrada e ponto de saída no investimento.

6.5 Fontes de informações

O modelo implementado neste estudo requer a obtenção de uma diversidade de dados, provenientes de fontes variadas. O Quadro 11, abaixo, apresenta as fontes de informação onde foram obtidos os dados referentes à produção de soja, milho e feijão.

QUADRO 11 Fonte de dados da pesquisa.

Variável	Fonte de informação
Preços dos produtos agrícolas	IPEA –FGV
Produtividade	Emater e agrônomos locais
Tamanho da área plantada	Emater e agrônomos locais
Máquinas e equipamentos necessários	Emater e agrônomos locais
Tipos e quantidade de benfeitorias	Emater e agrônomos locais
Custo de capital	Banco Central do Brasil
Custo do investimento fixo	Extensionistas, agrônomos locais e Agriannual
Custo variável de produção	Conab, extensionistas e agrônomos locais
Custo da terra	Agriannual
Custo dos equipamentos	Agriannual e IEA
Taxa de juros	Banco Central do Brasil
Custo da obra civil	Sinduscon/MG

6.5.1 Séries de preços da soja, milho e feijão

Na presente tese, a obtenção das séries de preços dos produtos agrícolas – soja, milho e feijão – apresentou a restrição de se basear em um número limitado de instituições que divulgam, ao mesmo tempo, as três séries de preços. Essa restrição pode ser associada, em específico, à série de preços do feijão, pois os preços deste produto são coletados e divulgados por uma quantidade reduzida de entidades. Com isso, as séries de preços utilizadas nesta pesquisa foram obtidas junto a Fundação Getúlio Vargas (FGV)/Agroanalysis e se encontram disponibilizadas no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Tais dados se referem aos preços médios recebidos pelos produtores rurais na comercialização dos três produtos mencionados, no período compreendido entre janeiro de 1996 e novembro de 2008, apresentando um total de 155 observações.

Com relação aos números de observações da série utilizada para trabalho de série temporal, Cardoso (2007) afirma que é mais conveniente utilizar uma série que contenha um maior número de observações. No presente estudo, a FGV/Agroanalysis possui séries de preços para os três produtos e suas séries foram as que atenderam melhor ao critério do maior número de observação.

Neste trabalho, foi utilizado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) como indicador de inflação para deflacionar as séries de preços da soja, milho e feijão. Esse índice é calculado pela FGV, e sua seleção pautou-se no critério de esse índice refletir os preços de vários agentes do mercado, o qual compreende tanto os preços do consumidor final como preços no interior das cadeias produtivas e dos canais de comercialização, classificados como preços no atacado (Souza & Viana, 2007). Esse índice foi empregado por outros autores para a análise de investimento em propriedade rural, a exemplo dos trabalhos de Souza et. al (2006 citado por Souza & Viana, 2007), Arêdes et al. (2008) e Souza & Viana (2007):

IGP-DI: O Índice Geral de Preços de Disponibilidade Interna é calculado pela Fundação Getúlio Vargas e Conjuntura Econômica (FGV/Conj. Econômica) e tem periodicidade mensal. Compreende o período entre o primeiro e o último dia do mês de referência e reflete a evolução dos preços captada pelo Índice de Preços por Atacado (IPA), Índice de Preços ao Consumidor (IPC-FGV) e Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC).

Com base nesses dados de preço e empregando o modelo do CAPM, foi calculada a composição da carteira ótima de produção formada por soja, milho e

feijão, empregando o retorno como unidade de medida ao invés do preço. A utilização do retorno com tal finalidade é respaldada por Tsay (2002), que aponta duas razões para a adoção dessa variável, em detrimento dos preços, a saber:

- o retorno de um ativo é um resumo completo e independente da escala da oportunidade de investimento;
- as séries de retorno apresentam uma facilidade maior de se manipular do que as séries de preços, devido ao fato de terem propriedades estatísticas mais tratáveis.

As séries de preços da soja, do milho e do feijão deflacionadas pelo IGP-DI foram, então, transformadas em séries de retornos para cada um desses produtos. Na realização dos testes estatísticos e da modelagem, a série de cotações original foi substituída pela série de retornos compostos continuamente, o log-retorno, que pode ser calculado por meio da seguinte expressão matemática:

$$r_t = \Delta \log P_t = \log(P_t) - \log(P_{t-1}) \quad (32)$$

em que:

r_t = retorno para o dia “t”; P_t = preço para o dia “t”; P_{t-1} = preço para o dia “t-1”.

Não obstante, para a construção do fluxo de caixa do investimento, o preço utilizado como referência do valor de comercialização dos grãos, em estudo, foi o preço médio no período de novembro de 2007 a novembro de 2008,

obtido a partir da série de preço da soja, do milho e do feijão, elaborada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV)/Agroanalysis e divulgada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2008).

6.5.2 Determinação do investimento de capital

Para a definição do tamanho da propriedade rural fictícia estudada nesta tese, assim como da estrutura produtiva e do capital total a ser investido em sua construção, foram consultados extensionistas rurais da Emater - MG (coordenadores estaduais e coordenadores regionais – regional Unaí e Uberaba), bem como agrônomos consultores, revendedores de insumos agrícolas e revendedores de máquinas e implementos agrícolas do município estudado, a cidade de Unaí.

Dessa maneira, para definição do tamanho da propriedade rural fictícia, após consulta aos agentes citados, foi adotado como critério a dimensão de uma propriedade que tornasse viável economicamente à aquisição de terras, de máquinas e implementos agrícolas e, ainda, possibilitasse a construção de benfeitorias no terreno. Ademais, outro critério que subsidiou a determinação da dimensão da referida propriedade foi o tamanho, para o município de Unaí, das propriedades rurais produtoras de grãos de porte médio. Tendo isso em vista, o tamanho fixado da propriedade rural objeto de análise desta pesquisa foi de 400 ha.

Ao determinar o investimento necessário para a constituição da propriedade rural fictícia com produção diversificada em lavoura temporária de soja, milho e feijão na cidade de Unaí, consideraram-se os gastos com aquisição da terra, realização de obras estruturais e aquisição de máquinas e implementos. O valor apurado para cada um desses itens encontra-se exposto na Tabela 2, apresentada abaixo:

TABELA 2 Capital investido para produção de soja, milho e feijão em 400 há.

Item	Valor (R\$)
Aquisição da terra	2.093.320
Obras estruturais	359.929
Máquinas e implementos agrícolas	1.323.868
Total	3.777.117

Fonte: Dados da pesquisa.

Para estipular o valor gasto com aquisição do terreno, foram utilizados como referência os dados fornecidos pela Agriannual (2009) sobre o preço da terra de alta produtividade para o município de Unaí no mês de agosto de 2008. Tal preço foi corrigido para novembro de 2008, data-base dos dados da pesquisa. Nesse sentido, adotou-se como fator de correção a variação dos preços da referida terra no período de 2003 a 2008 (Agriannual, 2009).

Quanto à estimativa do valor da obra estrutural, determinadas as benfeitorias necessárias, utilizou-se o custo unitário básico de construção por m² (CUB/m²), fornecido pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (SINDUSCON-MG) e referente a novembro de 2008 (SINDUSCON-MG, 2008).

Em relação aos valores de máquinas e equipamentos agrícolas, partiu-se de duas fontes de dados: informações obtidas junto Agriannual (2009) para data-base de agosto de 2008 e preços coletados junto a revendedores na cidade de Unaí em maio de 2009. Com vistas a obter os preços desses produtos para a data-base da pesquisa, novembro de 2008, os valores levantados foram corrigidos pelo Índice de Preços Pagos pela Agricultura de São Paulo, divulgado pelo Instituto de Economia Agrícola - IEA (2009).

6.5.3 Custos de produção da soja, milho e feijão

Os custos de produção do cultivo para cada uma das atividades selecionadas (soja, milho e feijão) foram obtidos a partir da análise comparativa das informações das seguintes fontes: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e agrônomos local (revendedores de produtos agropecuários e consultores de propriedades rurais).

Nesse sentido, primeiramente, obteve-se junto à coordenação técnica da administração rural da EMATER o modelo do custo de produção para o Estado empregado em cada uma das commodities estudadas. Tais modelos se dividem em produção de sistema convencional e direto, bem como produção com baixo, médio ou alto emprego de tecnologia. Nesse modelo, são apresentados os coeficientes técnicos e os níveis de produtividade média para cada padrão. Para a cidade de Unaí, verificou-se que o cultivo das três commodities, de forma geral, se enquadra no sistema de plantio convencional como no uso de alta tecnologia.

Os coeficientes técnicos de produção e a quantidade aplicada para cada item do custo de produção, apresentado pelo modelo fornecido pela EMATER, foram ajustados a informações fornecidas por agrônomo revendedor de insumos agrícolas da cidade de Unaí. Com esse agente, também foi obtida a cotação dos elementos desse custo de produção com data-base do mês de maio. Dessa forma, foi apurado o custo de produção baseado nos coeficientes técnicos e quantidades de cada elemento de custo do modelo da EMATER, o qual foi ajustado e cotado a preços de maio de 2009.

Ademais, foram obtidos, junto a um agrônomo consultor em gestão de propriedade rurais na região do entorno de Unai, os custos de produção da safra de 2008/2009 para soja, milho e feijão de uma fazenda real de 600 ha, produtora somente desses grãos, localizada nesse município.

Para a realização desta tese, acessou-se, ainda, os custos de produção divulgados no endereço eletrônico da CONAB (2009) para a produção de soja, milho e feijão para o município estudado.

Esses três custos de produção – EMATER ajustado, propriedade rural real de 600 ha em Unai e CONAB – foram comparados e não se constataram grandes variações entre eles, exceto pela produtividade média indicada pela Conab para a cidade de Unai. A produtividade média da soja e milho para o município de Unai apresentou níveis significativamente inferiores aos níveis fornecidos pela EMATER - MG, nos escritórios de Belo Horizonte e de Unai, bem como pelos níveis informados pelos agrônomos locais consultados e pelos níveis da fazenda real de 600 hectares.

Tendo isso em vista o maior rigor metodológico nos custos de produção divulgados pela CONAB para Unai, este custo foi adotado nesta tese para as três commodities na safra de 2008/2009, com dados datados de novembro de 2008. Contudo, os custos de produção da CONAB foram ajustados no que refere aos níveis de produtividade e também a determinados elementos de custos, de forma a se adaptar melhor à estrutura de produção definida da propriedade rural fictícia, montada nesta tese.

6.6 Construção da carteira de lavoura temporária segundo CAPM, usando a pesquisa operacional

O uso da pesquisa operacional pode melhorar a decisão tomada pelo gestor, em especial, na obtenção da carteira de investimento segundo os preceitos do CAPM. A pesquisa operacional consiste na utilização de modelos de programação matemática, ou modelagem matemática, para a resolução de problemas de decisão empresarial. A modelagem matemática codifica, por meio da linguagem simbólica, o objetivo e as restrições vigentes na situação decisória, construindo equações matemáticas que gerem a solução por meio de métodos sistemáticos de resolução (Reis & Martins, 2001).

A programação dinâmica pode ser empregada em conjunto com a Teoria de Portfolio. Brodt (1978) buscou aplicar os princípios desta teoria em um planejamento multiperíodico e de longo prazo. Com o objetivo de realizar a composição de ativos e de obrigações no balanço de um banco canadense, esse o autor elaborou um modelo de programação linear e probabilístico baseado no critério de decisão empregado na seleção de portfolios de Markowitz (1959). Para tal, partindo de uma posição inicial do balanço do banco e de um conjunto de restrições, foram considerados vários cenários e a probabilidade da ocorrência de cada um. O modelo elaborado por Brodt indica o conjunto eficiente de decisões para o horizonte de planejamento considerado e a meta de lucro esperada. Como resultado, são obtidas as decisões sobre distribuição de montantes por cada categoria de aplicação e captação que proporcionem o menor nível de risco.

A formulação padrão para esse cálculo é dada pelas expressões a seguir:

Max (ou Min)

$$z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.1)$$

$$gi(x_1, x_2, \dots, x_n) >, = ou < bi, i : 1 \dots m \quad (1.2)$$

$$S = \left\{ \frac{x_1, x_2, \dots, x_n}{gi(x)} >, = ou < bi, i : 1 \dots m \right\} \quad (1.3)$$

em que:

x_1 representa as variáveis de decisão e consiste nas qualidades ou recursos que se quer denominar para maximizar (ou minimizar) o valor da função objetivo; b_1

expressa, em geral, as quantidades disponíveis de cada recurso; n representa a quantidade de variáveis de decisão do problema; m indica as restrições do problema;

e, onde:

(1.1) é a função objetivo do modelo, isto é, representa a função matemática que codifica o objetivo do problema;

(1.2) representa as equações matemáticas que codificam as restrições do problema;

(1.3) expressa o conjunto de soluções viáveis do problema. Qualquer solução viável x^* , que torna o valor da função z máximo (ou mínimo), é considerada uma solução ótima para o problema.

Com base nessa possibilidade de aplicação, o presente estudo empregou a programação dinâmica, a fim de obter a proporção ótima de cada ativo selecionado para compor a carteira de investimento em produtos agrícolas. Essa proporção foi determinada minimizando-se a variância do conjunto dos ativos, dado o nível de retorno de cada ativo – no caso, soja, milho e feijão. Assim, para calcular a composição da carteira com mínima variância para cada retorno esperado, realizou-se a minimização da função de variância do portfolio, como representado pela equação a seguir.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^N (X_i^2 \sigma_i^2) + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (X_i X_j \sigma_{ij}) \quad (33)$$

Essa função está sujeita às seguintes restrições:

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1 \quad (a)$$

$$\sum_{i=1}^N (X_i \bar{R}_i) = \bar{R}_c \quad (b)$$

$$X_i \geq 0 \text{ para } i = 1, \dots, N \quad (c)$$

em que: (a) determina que a soma das proporções dos ativos é igual a 1; (b) indica que o retorno esperado é igual à multiplicação da proporção dos ativos da carteira com o retorno esperado do próprio ativo; (c) estabelece que X_i é maior ou igual a zero e i é igual a N .

Conforme observado anteriormente, o conjunto das carteiras possíveis e que apresentam menor variância para cada retorno esperado forma uma fronteira eficiente, sendo preferíveis às carteiras que se encontram sobre a linha eficiente. Nesta pesquisa, procurou-se obter a menor variância, dado o retorno da carteira inicial.

6.7 Modelo teórico de opções reais de entrada e saída em investimento

A presente pesquisa objetivou determinar os limites de entrada e saída de projeto de investimento em propriedade rural com produção diversificada de soja, milho e feijão e identificar o valor da opção de conversão entres os pares desses produtos no município de Unaí, no Estado de Minas Gerais. Para atingir esse objetivo, foram estimados, por meio da combinação de dados primários e secundários, os custos de produção da soja, milho e feijão para o município de Unaí com vista a construir o fluxo de caixa do referido investimento. Com isso, entende-se que este estudo apresenta a limitação de utilizar custos de produção estimados ao invés de custos de produção efetivamente realizados.

Não obstante, uma das limitações apresentadas por esta tese diz respeito a utilização dos preços médios recebidos pelo produtor rural na comercialização da soja, do milho e do feijão, elaborados pela Fundação Getúlio Vargas, como proxy dos preços recebidos pelo agricultor situado no município de Unaí.

O modelo teórico utilizado na presente pesquisa foi apresentado por Luong & Tauer (2006) e desenvolvido a partir do modelo matemático desenvolvido com o objetivo de analisar os preços de gatilho para o investimento e abandono da lavoura cafeeira. Para tanto, estes autores utilizaram da Teoria de Opções Reais para modelar as decisões de investimento em condições de incerteza e irreversibilidade. Este modelo é composto de três fases, quais sejam:

- definição do valor de um projeto inativo que consiste na opção de investir, isto é, a espera pelo investimento inicial ou pelo investimento a ser iniciado;
- obtenção do valor do projeto ativo, composto pelo valor presente dos fluxos de caixa futuros, bem como pela opção de abandonar a lavoura;
 - determinação concomitante dos pontos de entrada e saída do investimento, nestes pontos o investidor deve ser indiferente ao fato de estar ativo ou inativo, disso deriva que o valor de estar ativo é igual ao de estar inativo. Deve-se considerar ainda que o valor de um projeto ativo ou inativo deve apresentar a mesma taxa de incremento ou decréscimo. Com isso, ao igualar os valores dos projetos ativo e inativo, bem como suas derivadas, obtêm-se um sistema de quatro equações. Essas equações devem ser resolvidas concomitantemente de forma que possibilidade de saída corresponda à alternativa de reentrar no projeto.

6.7.1 Variáveis do modelo de entrada e saída de investimento

TABELA 3 Variáveis utilizadas no modelo.

V0: Valor de um projeto inativo correspondente ao valor da opção de investir
V1: Valor de um projeto ativo correspondente ao valor das receitas líquidas mais o valor da opção de abandono
P: Preço de mercado de uma unidade produzida
μ : taxa porcentual de crescimento esperada do preço de mercado
σ : Variância da porcentagem de mudança no preço de mercado
C: Custo variável de uma unidade produzida
K: Custo fixo irrecuperável por unidade produzida
X: Custo de abandono por unidade produzida
ρ : Custo de oportunidade do capital ou taxa de desconto
H: Preço de mercado que dispara o investimento (Gatilho de entrada) e
L: Preço de mercado que dispara o abandono

Fonte: Loung & Tauer (2006).

6.7.2 Desenvolvimento do modelo de entrada e saída de investimento

O valor que o preço assumirá ao longo do tempo é incerto e determinado exogenamente, pois sua trajetória no tempo é parcialmente aleatória, de maneira que o investidor não consegue controlá-lo. Devido a essa característica, verifica-se que o preço apresenta um movimento estocástico, podendo ser padronizado de acordo com o modelo de movimento geométrico browniano (MGB). Este modelo é composto por duas parcelas, a saber: uma em que apresenta um crescimento proporcional com taxa μ e outra em que apresenta um crescimento aleatório proporcional, com distribuição normal e com desvio padrão. O MGB apresenta a seguinte expressão numérica:

$$dP = \mu P dt + \sigma P \varepsilon \sqrt{dt}$$

onde: ε é obtido de forma randômica de uma distribuição normal padronizada e dt é um infinitésimo de tempo no qual ocorre dP .

Em função de ε advir de uma distribuição normal padronizada, dP possui uma distribuição normal no qual:

$$\text{Média} = \mu P dt$$

$$\text{Variância} = \sigma^2 P^2 dt$$

O valor do investimento $V(P,t)$ é uma função do preço de mercado P e do tempo t , cuja variação pode ser aproximada por uma expansão de Taylor até segunda ordem:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial P} dP + \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} (dP)^2 + \frac{\partial^2 V}{\partial P \partial t} dP dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} (dt)^2 \quad (34)$$

Quando dP e dt tendem a zero, os termos de maior ordem tendem a zero, excluindo $(dP)^2$, o qual torna-se $\sigma^2 P^2 dt$. Desse modo, a equação (34) apresenta a seguinte forma:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial P} dP + \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} \sigma^2 P^2 dt$$

Ao substituir $dP = \mu P dt + \sigma P \varepsilon \sqrt{dt}$ na equação acima, obtém-se a equação do lema de Ito:

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial P} \mu P + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} \sigma^2 P^2 \right) dt + \frac{\partial V}{\partial P} \sigma P \varepsilon \sqrt{dt} \quad (35)$$

Sendo esse um problema de horizonte infinito, a variável t não é uma variável de decisão, e a derivada $\frac{\partial V}{\partial T}$ pode ser desprezada. Dessa forma, a equação do lema de Itô, equação (35), pode ser reescrita da seguinte forma:

$$dV = (V'(P)\mu P + \frac{1}{2}V''(P)\sigma^2 p^2)dt + V'(P)\sigma P\varepsilon\sqrt{dt}$$

com

$$\frac{\partial V}{\partial P} = V'(P) \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} = V''(P)$$

Baseado no valor esperado dos dois lados da igualdade e considerando que o valor esperado de $\varepsilon\sqrt{dt} = 0$, tem-se:

$$E(dV) = (V'(P)\mu P + \frac{1}{2}V''(P)\sigma^2 p^2)dt \quad (36)$$

6.7.3 Determinação da forma funcional do valor de um projeto inativo

Em equilíbrio, o ganho de capital esperado de um projeto inativo, representado por $dV_0(P)$, deve ser idêntico ao retorno normal do valor do investimento $\rho V_0(P) dt$:

$$\left(V_0'(P)\mu P + \frac{1}{2}V_0''(P)\sigma^2 P^2 \right) dt - \rho V_0(P) dt = 0$$

Ao dividir essa equação por dt, tem-se a seguinte equação diferencial:

$$V_0'(P)\mu P + \frac{1}{2}V_0''(P)\sigma^2 P^2 - \rho V_0(P) = 0.$$

A solução geral para esta equação apresenta a seguinte forma:

$$V_0(P) = AP^{-\alpha} + BP^{\beta}$$

onde

$$-\alpha = \frac{\sigma^2 - 2\mu - \left((\sigma^2 - 2\mu)^2 + 8\rho\sigma^2 \right)^{1/2}}{2\sigma^2} < 0, \quad (37)$$

$$\beta = \frac{\sigma^2 - 2\mu + \left((\sigma^2 - 2\mu)^2 + 8\rho\sigma^2 \right)^{1/2}}{2\sigma^2} > 1 \quad (38)$$

Essas equações representam as duas raízes da equação quadrática

$$\frac{1}{2}\sigma^2 x(x-1) + \mu x - \rho = 0$$

e A e B são constantes a serem determinadas.

Em um projeto inativo, o valor do investimento tende a zero se o preço tende a zero. Desde que $-\alpha < 0$ e $\beta > 1$, então $V_0(P) = AP^{-\alpha} + BP^{\beta}$ tende a zero, quando P tende a zero somente se $A=0$. Dessa maneira, o valor de um projeto inativo apresenta a seguinte forma funcional:

$$V_0(P) = BP^\beta \quad (39)$$

6.7.4 Determinação da forma funcional do valor de um projeto ativo

Em equilíbrio, o valor de um projeto ativo sob a condição de retorno normal igual ao ganho esperado de capital acrescido do fluxo de ganhos líquidos, pode ser expresso por:

$$\rho V_1(P)dt = E[dV_1] + (P - C)dt$$

Substituindo na equação acima

$$E[dV] = \left(V'(P)\mu P + \frac{1}{2}V''(P)\sigma^2 P^2 \right)$$

da equação (36) e dividindo ambos os lados da equação por dt e rearranjando os termos, obtém-se:

$$V_1'(P)\mu P + \frac{1}{2}V_1''(P)\sigma^2 P^2 - \rho V_1(P) + P - C = 0$$

A solução geral dessa equação diferencial é:

$$V_1(P) = P/(\rho - \mu) - C/\rho = AP^{-\alpha} + BP^\beta$$

onde: $P/(\rho - \mu) - C/\rho$ representa o valor presente das receitas líquidas, e $AP^{-\alpha} + BP^\beta$ expressa o valor da opção de abandonar o projeto.

Visto que P tende a infinito, o valor da opção de abandono tende a zero. Como $-\alpha < 0$ e $\beta > 1$, então $AP^{-\alpha} + BP^\beta$ tende a zero, quando P tende a infinito,

somente se $B = 0$. Portanto, a forma funcional do valor de um investimento ativo assume a seguinte forma:

$$V_1(P) = P / (\rho - \mu) - (C / \rho) + AP^{-\alpha} \quad (40)$$

6.7.5 Determinando os pontos de entrada e saída de um investimento

Os pontos de entrada e saída de um projeto representam, respectivamente, os pontos nos quais o investidor decide adquirir um projeto e o ponto no qual decide abandoná-lo.

No ponto de entrada H , o valor da opção de investir, o qual é correspondente ao valor de um projeto inativo, é idêntico ao valor de exercício de investir em um projeto. Este valor é obtido pela diferença entre o valor de um projeto ativo e o valor do investimento irrecuperável. Para que isso ocorra, é preciso que:

$$V_1(H) - V_0(H) = K \quad \text{como condição de igualdade e} \quad (41)$$

$$V_1'(H) - V_0'(H) = 0 \quad \text{como condição de transição} \quad (42)$$

De maneira semelhante, no ponto de abandono L , ter-se-á:

$$V_1(L) - V_0(L) = X, \quad \text{e} \quad (43)$$

$$V_1'(L) - V_0'(L) = 0 \quad (44)$$

Substituindo as definições de V0 e V1 nas formas funcionais de (39) e (40) em (41), (42), (43) e (44), descritas acima, tem-se o seguinte sistema de equações:

$$\frac{H}{(\rho - \mu)} - \frac{C}{\rho} + AH^{-\alpha} - BH^{\beta} = K, \quad (45)$$

$$\frac{1}{(\rho - \mu)} - \alpha AH^{-\alpha-1} - \beta BH^{\beta-1} = 0, \quad (46)$$

$$\frac{L}{(\rho - \mu)} - \frac{C}{\rho} + AL^{-\alpha} - BL^{\beta} = -X, \quad (47)$$

$$\frac{1}{(\rho - \mu)} - \alpha AL^{-\alpha-1} - \beta BL^{\beta-1} = 0. \quad (48)$$

Para a resolução desse sistema de equações, utilizam-se os dados históricos para estimar os parâmetros ρ , μ e σ^2 . Em relação, aos parâmetros α e β , estes podem ser estimados inserindo-se as estimativas na fórmula (37) e (38). Achando-se os valores de ρ , μ , σ^2 , α e β e substituindo-os nas quatro equações do sistema acima, obtêm-se as quatro incógnitas A,B,H,L. No Quadro 12, são apresentados os significados dos símbolos das fórmulas (45), (46), (47) e (48)

QUADRO 12 Significado dos símbolos das equações (45), (46), (47) e (48).

Símbolo	Legenda
H	Preço de mercado que dispara o investimento (gatilho de entrada)
L	Preço de mercado de dispara o abandono (ponto de abandono)
A	Parâmetros estimados para solução da equação diferencial

Continua...

QUADRO 12 Continuação.

Símbolo	Legenda
B	Parâmetros estimados para solução da equação diferencial
C	Custo Variável por unidade
K	Custo Fixo Irrecuperável
X	Custo de abandono por unidade
μ	Taxa percentual de crescimento esperado do preço de mercado
P	Custo de oportunidade ou taxa de desconto
$-\alpha$	Parâmetro da solução da equação diferencial
B	Parâmetro da solução da equação diferencial

6.8 Limitação da pesquisa

A presente pesquisa objetivou determinar os limites de entrada e saída de projeto de investimento em propriedade rural com produção diversificada de soja, milho e feijão e identificar o valor da opção de conversão entres os pares desses produtos no município de Unaí, no Estado de Minas Gerais. Para atingir esse objetivo, foram estimados, por meio da combinação de dados primários e secundários, os custos de produção da soja, milho e feijão para o município de Unaí com vista a construir o fluxo de caixa do referido investimento. Com isso, entende-se que este estudo apresenta a limitação de utilizar custos de produção estimados ao invés de custos de produção efetivamente realizados.

Não obstante, uma das limitações apresentadas por esta tese diz respeito a utilização dos preços médios recebidos pelo produtor rural na comercialização da soja, do milho e do feijão, elaborados pela Fundação Getúlio Vargas, como proxy dos preços recebidos pelo agricultor situado no município de Unaí.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Apresentação do município de Unaí-MG

O Município de Unaí está localizado na mesoregião noroeste do estado de Minas Gerais conforme pode ser observado pela visualização da Figura 3, exposta abaixo, e na microrregião de Unaí. Esse município possui bioma de Cerrado e apresenta uma extensão territorial de 8 463 km² para 74.495 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009).



FIGURA 3 Cartografia do Município de Unaí no estado de Minas Gerais.
Fonte: IBGE (2009).

Esse município possui uma posição de destaque como pólo agropecuário e agroindustrial da região do Noroeste mineiro. No ano agrícola 2008/2009, segundo dados da SEAPA (Minas Gerais, 2009), Unaí ocupou o lugar de maior produtor de feijão e soja de Minas Gerais e o segundo lugar na produção de

milho do Estado. Há de se ressaltar, ainda, que Unai é tradicionalmente o maior município produtor de feijão do Brasil, o que se confirmou no ano agrícola de 2008/2009, de acordo com dados da CONAB (2009).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2009), em 2008 na cidade de Unai foram colhidos 123.840 toneladas de feijão em uma área colhida de 48.000 km², 255.900 toneladas de milho em uma área de 37.000 km² e de 303.600 toneladas de soja em uma área de 92.000. Esses três produtos estão entre os principais produtos agrícolas cultivados em Minas Gerais, conforme pode ser observado pela análise da Tabela 4, a qual apresenta os principais produtos agrícolas mineiros e a posição desses produtos no ranking brasileiro

TABELA 4 Principais produtos agrícolas mineiros e posição no ranking brasileiro.

Ranking brasileiro	Produto	Produção	MG em relação ao Brasil (%)
1o.	Café	15,5 milhões desc	46
1o.	Batata	1,1 milhões de t	33,1
2o.	Milho	6,3 milhões de t	12,1
2o.	Feijão	0,5 milhões de t	15
3o.	Cana-de-açúcar	33,6 milhões de t	7,1
5o.	Algodão	63,1 mil de t	2,6
6o.	Soja	2,6 milhões de t	4,5
7o	Arroz	0,2 milhões de t	1,8

Fonte: Minas Gerais (2008).

Essa cidade, no PIB de 2006 divulgado pelo IBGE, apresentou R\$ 219.016 mil deste indicador adicionado na agropecuária, ocupando a terceira posição entre os municípios mineiros, sendo precedido apenas por Uberaba e Uberlândia, respectivamente (IBGE, 2009)

A produção de grãos em Unai e região se destaca pelo emprego de tecnologia de alto nível, em que se verifica uma maior representatividade de plantio direto e sequeiro, com colheita mecânica de milho e soja, já para o feijão,

o predomínio do arranquio manual, conforme informações fornecidas por extensionistas rurais da Emater para o desenvolvimento da presente pesquisa. Wander (2005) ratifica essa informação de nível tecnológico elevado ao descrever que na região de Unaí há um elevado número de pivôs centrais – são 23 mil só nos municípios de Unaí e Bonfinópolis. Destaca-se que o uso intensivo de pivôs centrais é impulsionado pelo clima predominantemente seco, o que torna necessário o uso da irrigação para a produção de grãos.

Do ponto de vista agropecuário, Unaí possui sua área dividida em dois tipos, a saber: terras da chapada e do vão. As terras da chapada se caracterizam por serem planas de Cerrado (planalto de São Francisco) ocupada a partir de 1970 por grandes empreendimentos rurais de produtividade elevada, os quais adotam tecnologias que envolvem a irrigação por pivô-central e equipamentos agrícolas. Estas terras exigem a correção do solo e a adubação e são menos férteis que as terras do vão. O segundo tipo de terra, as do vão (depressão franciscana), possuem maior qualidade e está localizada na parte mais baixa do Cerrado, possuindo estabelecimentos de médio e pequeno porte com explorações típicas de agricultura familiar (Xavier, 2003).

Destarte, a cidade objeto de estudo desta tese, Unaí-MG, possui participação expressiva de propriedades rurais de médio e grande porte com produção direcionada para a comercialização, segundo informações fornecidas pelos extensionistas consultados no desenvolvimento da presente pesquisa.

O trabalho de Leitão et al. (2008) teve por objetivo distinguir entre 1.067 produtores rurais da cidade de Unaí/MG aqueles que estavam inseridos na agricultura familiar daqueles envolvidos com a agricultura patronal. Esses autores constataram que 58,48% dos estabelecimentos pesquisados na cidade de Unaí se enquadraram como área de agricultura familiar, percentual esse inferior aos 85,20% da média nacional. Já a área de cultivo destinada a agricultura

patronal em Unaí foi de 41,52%, sendo este percentual superior 11,40% da média nacional.

Embora em Unaí existam grande produtores rurais, a exemplo dos maiores produtores individuais de feijão do País, os quais foram nacionalmente conhecidos após o assassinato de fiscais do Ministério do Trabalho em 2004 (Nunes, 2009), faz-se mister ressaltar que nesse município o número de assentamentos do Movimento dos Sem Terra (MST) é bastante representativo. A cidade de Unaí está inserida na Superintendência Regional número 28 do Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), A qual possui 107 assentamento distribuídos 320.000 ha em 15 municípios, com um total de 6.600 famílias (Sabourin et al., 2006). Dessa regional, o município de Unaí tem o maior número de assentamentos de reforma agrária (23) e de acampamentos (5), o que evidencia a desigualdade de acesso à terra e à renda. Nessa cidade são 3.000 estabelecimentos agrícolas familiares, sendo 1.600 beneficiários da reforma agrária com ocupação média de 15 a 20 ha por família (Sabourin et al., 2006).

A produção de feijão em Unaí possui apresenta grande relevância econômica, em 2008, segundo dados do IBGE (2009), o valor da produção foi R\$ 284.832 mil, ao passo que o valor da produção da soja foi de R\$ 188.232 mil e o valor do milho foi de R\$ 110.037 mil. Devido a expressividade do feijão na produção agrícola em Unaí, essa atividade será analisada pormenorizadamente no item 7.1 abaixo.

7.1.2 A produção de Feijão no estado de Minas Gerais e no município de Unaí

Minas Gerais é o segundo estado com maior produção de feijão do país, sendo superado somente pelo estado do Paraná. Aquele estado, no ano agrícola de 2007/2008, apresentou uma produção de 566 mil toneladas do grão, sendo cerca de 202 mil toneladas na safra de verão (primeira safra); 214 mil toneladas na safra da seca (segunda safra) e 150 mil toneladas na safra de inverno (terceira

safra). Entre os anos agrícolas de 1997/1998 e 2007/2008, a segunda safra foi a que apresentou maior aumento, cerca de 85%, seguida pela primeira safra, com cerca de 67% de elevação, e pela terceira safra, com 55%.

A produtividade média do feijão no estado de Minas Gerais é significativamente superior à produtividade média nacional. Em 2007/2008, segundo a CONAB (2009b), a produtividade média nacional do feijão foi 882 kg/ha, ao passo que, em Minas Gerais, essa produtividade foi de 1.346 kg/ha, de acordo com os dados da SEAPA (Minas Gerais, 2009). Ressalta-se que o cultivo do feijão, em todo o país, é realizado em condições muito variadas – desde pequenos produtores, como fonte de subsistência, até produtores com propriedades altamente tecnicizadas. Essa discrepância explica porque as médias nacional e estadual apresentam valores baixos, se comparadas à produtividade individual dos principais municípios produtores, como é o caso de Unai, líder no cultivo do feijão, em que a produtividade média é de 3.300 kg/ha.

No estado de Minas Gerais, o feijão é produzido em quase todo o território, com destaque para as regiões Noroeste, Norte e Sul. A região Noroeste – onde se localiza o município mineiro com maior produção de feijão, Unai – afigura-se como a principal região produtora da commodity no Estado, representando em torno de 40% da produção. As estimativas prevêm que a produção de Unai em maio de 2009, de acordo com a SEAPA (Minas Gerais, 2009), representará cerca de 63% da produção do Estado, alcançando 129.000 mil toneladas, e uma produtividade média de 2.580 kg/t, sendo seguida pelos municípios de Buritis, Paracatu, Ibia e Lagoa Formosa.

Na região de Unai, o cultivo do feijão possui uma relevância sócio-econômica significativa, constituindo-se em uma importante fonte de renda para produtores e trabalhadores rurais, particularmente nos anos em que os preços das outras commodities se encontram reduzidos. O município possui aproximadamente 80 mil habitantes e, nas últimas décadas, apresentou um forte

desenvolvimento agrícola, que lhe conferiu a posição de principal produtor, regional e estadual, da leguminosa. O incremento na produção e na produtividade da região pode ser atribuído a um conjunto de fatores, tais como maior variedade de cultivares, adoção de tecnologias e disposição dos agricultores.

Como relata Wander (2005), a colheita do feijão em Unai é uma das atividades que mais mobilizam a mão-de-obra agrícola temporária no país, reunindo um elevado volume de trabalhadores a cada safra. A colheita do feijão, nesse município, ainda é, em grande parte, manual, embora haja um alto nível de mecanização nos campos, em particular, nas grandes propriedades. O autor conta que, na região, são destinados ao cultivo do feijão aproximadamente 45 mil hectares, distribuídos em cerca de 400 propriedades rurais, das quais em torno de 30% são de grandes produtores, 40%, de médios, e 30%, de pequenos.

De acordo com Wander (2005), para as áreas irrigadas da região Noroeste de Minas Gerais, a produção de feijão apresenta-se como uma opção rentável de rotação de cultura. A EMBRAPA Arroz e Feijão, em 2004, analisou os coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade para o município de Unai, considerando a produção de feijão de inverno, sob irrigação de pivô central, em plantio direto – um sistema de produção com alta tecnologia. Esse estudo concluiu que, em Unai, os recursos investidos na cultura do feijão nas condições avaliadas renderam 16% durante o seu ciclo da cultura, rendimento superior aos obtidos nas aplicações financeiras no mercado (Wander, 2005). Tal resultado demonstra a importância da alternativa de produção da leguminosa para os produtores rurais nesse município.

7.2 Carteira agrícola de soja, milho e feijão

As variações no preço dos produtos agrícolas cultivados podem causar perdas significativas ao produtor. Devido a isso, recomenda-se a utilização de

estratégias gerenciais para este risco. No presente trabalho, a estratégia adotada foi a diversificação dos produtos agrícolas cultivados: soja, milho e feijão.

Assim, o modelo da Média-Variância foi utilizado como ferramenta de apoio ao processo decisório para a construção da carteira ótima desses produtos a partir do retorno dos preços médios recebidos pelo produtor rural dessas commodities.

Dessa forma, nesta pesquisa, o modelo da média-variância foi empregado para minimizar a variância do retorno obtido com base na produção de um terço de cada uma das commodities.

O Gráfico 3, exposto a seguir, apresenta o comportamento dos preços médios mensais recebidos pelo produtor rural de soja, milho e feijão no período de jan/1996 a nov/2008. Esse produtor, doravante, será denominada como PRSMF.

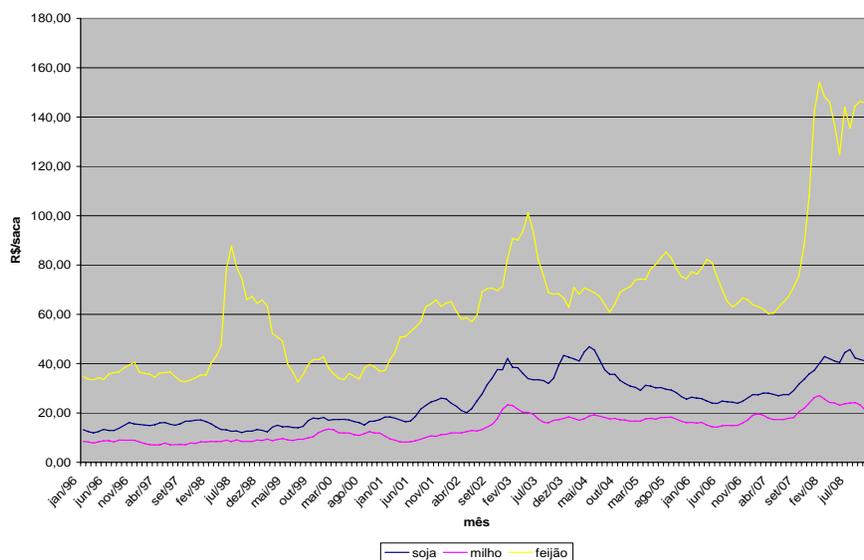


GRÁFICO 3 Série de preços deflacionados das culturas de soja, milho e feijão. Fonte: IPEA (2008).

Pela análise do Gráfico 3, observa-se que a cultura de feijão foi a que apresentou maior oscilação de preço no período observado, sendo que, a partir de 2001, verifica-se um movimento de elevação dos preços deste grão. É importante ressaltar o crescimento acentuado dos preços do feijão após novembro de 2007, chegando a romper a barreira dos R\$ 100/sc. Tendo isso, em vista, Hetzel (2009) expõe que essa commodity tem sido bem atrativa para o mercado agropecuário nos últimos anos devida a elevação significativa dos seus preços. Entretanto, este autor afirma que esses preços não representam um novo patamar para o valor do feijão, uma vez que o movimento descompassado da sua oferta e demanda pode resultar em uma redução nos seus preços. Em função disto, os produtores devem ser vigilantes quanto ao comportamento crescente de elevação nos custos de produção do feijão, a fim de assegurar retornos positivos da atividade.

Em relação à soja, a análise do Gráfico 3 demonstra que, no período compreendido entre 2002 a 2004, a soja apresentou um aumento relevante dos preços. Contudo, essa situação se inverteu a partir de meados de 2004 e manteve-se assim até 2007, período em que se iniciou um processo de recuperação dos preços do mercado.

No que diz respeito ao milho, constata-se por meio da análise do Gráfico 3, que esta commodity, desde 2003, vem demonstrando um comportamento de menor oscilação nos seus preços. Em relação a esse comportamento, a EMBRAPA (2007) expõe que o aumento na produção da segunda safra, o milho safrinha, tem sido importante para a regularização do mercado, o que reduz as grandes oscilações em seus preços.

Por seu turno, o Gráfico 4, disposto abaixo, ilustra o comportamento dos retornos mensais da soja, milho e feijão, retornos estes que serão denominados doravante como como RSMF.

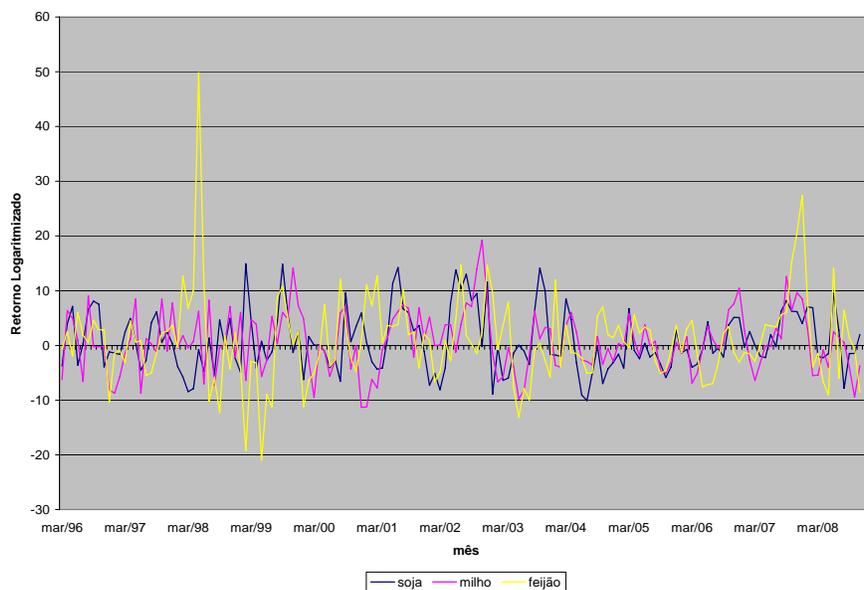


GRÁFICO 4 Série dos retornos mensais da soja, do milho e da feijão.
 Fonte: Dados da pesquisa.

A priori, a análise visual do gráfico acima demonstra que o feijão apresenta maior variância nos retornos mensais em relação à soja e ao milho.

Na Tabela 5, exposta abaixo, são apresentados o retorno esperado mensal e a variância do retorno mensal da soja, milho e feijão no período de janeiro de 1996 a novembro de 2008.

TABELA 5 Retorno esperado mensal e variância do retorno esperado mensal dos produtos agrícolas.

	Soja (%)	Milho (%)	Feijão (%)
Retorno esperado	0,80	0,59	0,90
Variância	29,73	29,98	62,71

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela a análise da tabela mostrada acima, observa-se que o feijão apresentou o maior retorno esperado mensal, sendo seguido pela soja e pelo

milho. Já em relação ao risco das commodities representado pela variância, o feijão apresentou o maior risco, e o milho obteve um risco ligeiramente superior à soja.

Na Tabela 6, é apresentado o retorno esperado mensal e a variância dos retornos das carteiras compostas por soja, milho e feijão, denominadas nesta tese como carteira inicial e carteira otimizada. Na primeira carteira, os produtos agrícolas supracitados apresentavam a mesma participação, 33,33%. Já a segunda carteira corresponde à obtida pela otimização baseada no retorno da carteira inicial.

TABELA 6 Retorno esperado mensal e variância dos retornos da carteira agrícola inicial e otimizada.

	Carteira inicial (%)	Carteira Otimizada (%)
Retorno esperado	0,76	0,76
Variância	19,41	18,24

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na minimização do risco com base em determinado retorno para obtenção da carteira otimizada, foi utilizada uma carteira inicial composta por 33,33% de soja, 33,33% de milho e 33,33% de feijão. A partir do retorno de 0,76 % por mês, obtido por esta carteira e usando função Solver do Microsoft® Excel, obteve-se a carteira otimizada com risco igual a 18,24% e retorno de 0,76%. Dessa maneira, a composição carteira otimizada pelo emprego do CAPM apresentou uma participação de 48,41% de soja, 28,26% de milho e 23,33% feijão. Para a propriedade rural fictícia desta tese, com área de plantio de 400 ha, essa participação corresponde ao cultivo de 194 hectares de soja, 113 hectares de milho e 93 hectares de feijão.

Com isso, observou-se que, em relação à carteira inicial, a carteira otimizada manteve o retorno daquela e reduziu o risco em 6%. Essa ligeira redução decorre do fato de a carteira inicial já ser diversificada, por isso

apresentava um retorno ligeiramente inferior ao da soja, mas uma elevada redução do risco em relação a cada produto individual.

A Tabela 7 demonstra as variações no retorno e na variância dos produtos agrícolas, individualmente, em relação à carteira otimizada.

TABELA 7 Variação no retorno e variância de cada produto agrícola em relação à carteira otimizada.

	Soja	Milho	Feijão
Retorno Esperado	-5%	29%	-16%
Variância	-39%	-39%	-71%

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme exposto acima, a carteira otimizada foi obtida a partir da carteira inicial composta por soja, milho e feijão com igual participação de cada commodity. A carteira otimizada apresentou um retorno esperado um pouco inferior à produção individual da soja, porém a variância foi consideravelmente reduzida, isto é, apresentou um declínio de 39%. Em relação à produção individual do milho, a carteira otimizada teve resultados bem expressivos em relação ao risco e ao retorno, ou seja, o retorno esperado aumentou em 29% e o risco reduziu em 39%. Por fim, o retorno e o risco da carteira otimizada em relação à produção individual do feijão apresentou uma redução no retorno esperado de 16% e o maior declínio do risco entre os produtos agrícolas, correspondente a 71%.

Com base nos resultados apresentados acima, é possível verificar que a diversificação de produtos agrícolas reduz sensivelmente o risco do ativo individual, medido pela variância, tal como pode ser demonstrado pela redução observada de 71% na variância do feijão e de 39% na variância da soja e do milho.

Por outro lado, a carteira otimizada é capaz também de aumentar o retorno esperado do ativo se comparado a determinados ativos operados

individualmente, tal como ocorreu como em relação ao milho, no qual o retorno da carteira apresentou-se 29% superior ao retorno deste grão. Porém, em relação ao feijão, o que se observou foi uma redução do retorno em 16%.

Esse resultados são compatíveis com os obtidos por Dill et al. (2007), em seu trabalho de construção de um portfólio de culturas de verão, quais sejam: soja, milho e girassol. Para tanto, esses autores adotaram a Teoria de Portfólio de Markowitz (1952) para otimizarem o portfólio dessas culturas. A rentabilidade, para ser usada nos cálculos, foi obtida pela diferença entre a receita e os custos de produção de cada cultura; já os riscos foram medidos a partir da série histórica de preços de 2000 a 2005. Esse autores concluíram que o modelo proposto é aceitável e contempla importantes aspectos na escolha do portfólio de culturas de verão.

Nessa mesma linha, Santos et al. (2008) empregaram a estratégia da diversificação dos produtos armazenados por cooperativas e firmas armazenadoras como forma de redução do risco de se armazenar apenas um produto. Esses autores utilizaram a soja, o milho e o feijão para avaliar o impacto que a diversificação apresentaria na redução do risco individual de um produto agrícola, no caso a soja. Nesse sentido, os autores verificaram uma redução de 66% na variância do retorno da produção individual da soja em relação à carteira otimizada, a qual sugeriu um armazenamento de 45% de soja, 44% de feijão e 11% de milho. Tendo isso em vista, Santos et al. (2008) concluíram que, no período analisado, a diversificação de produtos agrícolas armazenados reduziu significativamente o risco de variação do retorno. Tais autores afirmaram que essa redução do risco é superior a conseguida no mercado futuro dessas commodities.

7.3 Modelo de entrada e saída

7.3.1 Identificação do valor médio esperado (μ) e a variância do retorno (σ^2) para o produtor

As decisões tomadas pelo produtor acompanham a periodicidade anual da sua produção. Em função disso, é conveniente que a variância e a média dos retornos dos produtos, no caso desta tese variância e retorno da carteira, sejam apresentadas em bases anuais, a fim de possibilitar que o produtor rural possa fazer análises comparativas. Sendo assim, a variância dos retornos anuais da carteira pode ser obtida pela seguinte fórmula (Cardoso, 2007):

$$\sigma^2 = \sigma_m^2 \times 12 \quad (49)$$

em que: σ^2 representa a variância anual e σ_m^2 expressa a variância mensal.

Com base na variância mensal dos retornos da carteira otimizada, obtém-se a seguinte variância anual do retorno da referida carteira:

$$\sigma^2 = 0,182140832 \times 12 = 2,18568998$$

Já a média do retorno anual, segundo Cardoso (2007), assume a seguinte forma:

$$\mu = \frac{\mu_m}{(t_i - t_{i-1})} + \frac{\sigma^2}{2} \quad (50)$$

onde: μ indica a média do retorno anual, μ_m o retorno mensal e σ^2 representa a variância anual

Desse modo, a média anual de retornos da carteira otimizada é expressa pelo valor abaixo:

$$\mu = \frac{0,007619307}{12} + \frac{0,182140832}{2} = 0,091705358$$

7.3.2 Determinação do ρ - custo de oportunidade do capital

Para que o investidor seja indiferente entre investir ou não investir em um projeto, tem-se que, em equilíbrio, o valor esperado de um projeto inativo $dV_0(P)$ deve ser idêntico ao valor esperado do investimento $\rho V_0(P) dt$.

Nesta pesquisa, o retorno do Certificado de Depósito Bancário (CDB) para pessoa física, no ano de 2007, foi utilizado como custo de oportunidade do capital para investimento alternativo imediato disponível ao produtor rural. Nesse sentido, verificou-se que, em 2007, o retorno sobre a aplicação financeira em CDB foi de 10,23% (Banco Central do Brasil - Bacen, 2008).

7.2.3 Cálculo de α e β

O valor do projeto inativo é expresso pela seguinte equação diferencial quadrática:

$$V_0'(P)\mu P + \frac{1}{2}V_0''(P)\sigma^2 P^2 - \rho V_0(P) = 0 \quad (51)$$

A solução geral para essa equação pode ser expressa por:

$$V_0(P) = AP^{-\alpha} + BP^{\beta} \quad (52)$$

onde

$$-\alpha = \frac{\sigma^2 - 2\mu - \left((\sigma^2 - 2\mu)^2 + 8\rho\sigma^2 \right)^{1/2}}{2\sigma^2} < 0, \quad (53)$$

$$\beta = \frac{\sigma^2 - 2\mu + \left((\sigma^2 - 2\mu)^2 + 8\rho\sigma^2 \right)^{1/2}}{2\sigma^2} > 1 \quad (54)$$

Com base nos valores de μ , σ e ρ , chega-se a seguinte resolução para os valores de $-\alpha$ e β :

$$-\alpha = 0,0908$$

$$\beta = 1,006$$

7.3.4 Custos de implantação - K

Os custos de implantação da propriedade rural com lavouras de soja, milho e feijão correspondem aos gastos com a aquisição da terra, com a compra de máquinas e equipamentos, bem como com os gastos com as benfeitorias. Tal como foi apresentado anteriormente, na metodologia, valores para a aquisição desses bens são apresentados na Tabela 8, exposta a seguir:

O custo total de implantação de uma lavoura de 400 hectare com produção diversificada de soja, milho e feijão foi de R\$ 9.442,79 por ha. Deste total, o valor correspondente às benfeitorias, máquinas e equipamentos agrícolas foi de R\$ 4.209,49, já o custo de aquisição de terras agrícolas foi de R\$ 5.233,30.

TABELA 8 Custo de Implantação da lavouras de Soja, Milho e Feijão em 400 há.

Item	Valor (Em R\$)
Terra	2.093.320
Máquinas/Implementos agrícolas	1.323.868
Obra Civil (benfeitoria)	359.929
Total	3.777.117

Fonte: Dados da pesquisa.

Para analisar o custo de implantação dessa lavoura por saca de acordo com a diversificação sugerida pelo CAPM, devem-se cultivar 48,41% de soja, 26,28 de milho e 23,33 de feijão. Essa participação percentual em termos de hectare, para a propriedade de 400 ha, apresentou a seguinte distribuição: 194 ha para soja, 113 ha para milho e 93 ha para feijão. Em termos de sacas produzidas por hectare para cada produto agrícola, observa-se que são produzidas para a soja 26 sc/ha, para o milho 35 sc/ha e para o feijão 9 sc/ha. De acordo com o portfólio destas commodities, constata-se que serão obtidos, por hectare, 70 sacas distribuídas conforme a participação da soja, do milho e do feijão obtida pela otimização da carteira de produtos agrícolas.

Verifica-se que, em termos da produção total no período de investimento, este gerará um custo de implantação de R\$ 13,54 por saca, referente aos gastos com terra, benfeitorias, máquinas e equipamentos agrícolas. Por sua vez, o custo da terra por saca será de R\$ 7,50.

7.3.5 Custos de Manutenção anual da carteira de soja, milho e feijão

No que concerne aos custos anuais de manutenção, considerou-se, neste trabalho, que no Ano 0 e no Ano 10, a empresa incorreu em custos diferentes dos demais. No Ano 0, a empresa apresentou gastos com parte da produção da lavoura e, por não ter ocorrido a colheita, não obteve receita neste ano, a qual só se realizou no Ano 1. Por sua vez, no Ano 10, a propriedade rural incorreu no

restante dos gastos necessários para terminar a lavoura e gerou receita referente à venda dos produtos agrícolas.

Tendo isso em vista, os custos de manutenção da lavoura por hectare, ao longo do período do investimento, apresentaram a estrutura ilustrada na Tabela 9.

TABELA 9 Custo de Manutenção da Lavoura da Carteira de Soja, Milho e Feijão por hectare.

Descrição	Valores de Referência			
	Ano 0	Ano 1	Ano 10	
A – Entradas	0	3.182,20	3.182,20	
Receita	0	3.182,20	3.182,20	
Produção		70	70	
Preço médio		45,74	45,74	
B- Saídas	802,78	1.691,79	897,31	
I - DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA				
1 - Operação com máquinas	232,15	116,08	232,15	116,08
2 - Mão-de-obra temporária	0,94	0,48	0,94	0,48
3 - Mão-de-obra fixa	24,9	12,46	24,9	12,46
4 - Sementes	180,83	90,42	180,83	90,42
5 - Fertilizantes	723,34	361,68	723,34	361,68
6 - Defensivos	241,04	120,53	241,04	120,53
II - DESPESAS PÓS-COLHEITA				
1 - Assistência Técnica	28,07	14,04	28,07	14,04
2 - Sacaria	7,47	0	7,47	3,74
3 - Ensaque - mão-de-obra	10,84	0	5,72	2,86
III - DEPRECIACIONES				
1 - Depreciação de benfeitorias/instalações	39,63	3,43	6,86	3,43
2 - Depreciação de implementos	18,62	55,97	111,94	65,28
3 - Depreciação de máquinas	13,79	25,12	50,22	31,28
IV - OUTROS CUSTOS FIXOS				
1 - Encargos sociais	1,9	0,95	1,9	0,22
2 - MOD Administração	3,22	1,62	3,22	1,62
V – Impostos				
1 - Impostos	0	0	73,19	73,19
C - Lucro Líquido		-802,78	1.490,41	2.284,89

Fonte: CONAB (2009e), dados da pesquisa.

O custo de manutenção por saca, calculado em função da produção total esperada para o período de investimento, foi de R\$ 24,58.

7.3.6 Custo de abandono - X

No caso da produção em lavouras de verão, observa-se que, ao final do período de investimento ou quando ocorrer o abandono do cultivo, o valor residual do investimento corresponderá ao valor da terra acrescido do valor residual das máquinas e equipamentos agrícolas. Nesse sentido, no presente trabalho, o valor residual calculado foi de R\$ 9,10 por saca.

7.3.7 Preços de entrada e saída no investimento – H e L

A partir da resolução das equações 61 e 64, obtêm-se os preços de entrada e saída do modelo desenvolvido por Dixit & Pindyck (1994). Para tanto, na Tabela 10 são apresentados os parâmetros calculados nas etapas anteriores, com vistas a resolver o sistema de equações que gera os preços de gatilho do investimento.

TABELA 10 Parâmetros de cálculo dos sistemas de equações.

Símbolo	Valores	Legenda
H	32,17825	Preço de mercado que dispara o investimento (gatilho de entrada)
L	18,12150	Preço de mercado que dispara o abandono (gatilho de abandono)
A	15999,82	Parâmetros estimados para solução da equação diferencial
B	0,037411	Parâmetros estimados para solução da equação diferencial
C	24,58	Custo Variável por unidade (saca 60Kg)
K	13,54	Custo Fixo Irrecuperável
X	-9,10	Custo de abandono por unidade (saca 60Kg)
μ	0,0076	Taxa percentual de crescimento esperado do preço de mercado
P	0,1023	Custo de oportunidade ou taxa de desconto
$-\alpha$	-0,0908	Parâmetro da solução da equação diferencial
β	1,006	Parâmetro da solução da equação diferencial

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a solução das equações, foi utilizado o software R. Com base nos dados apresentados acima, verifica-se que

H = 32,17825 – ponto de entrada no mercado

L = 18,12150 – ponto de saída no mercado

A = 15999,82 - parâmetros estimados

B = 0,0374114 – parâmetros estimados

Os resultados apresentados para PH e PL demonstram que o investidor que estiver fora do mercado ingressará quando o preço da carteira de produção agrícola atingir valores, PH, iguais ou superiores a R\$ 32,18 a saca. Nesta situação, os produtores que estiverem no negócio manterão essa posição.

Já quando o preço desta carteira apresentar o valor, PL, de R\$ 18,12 por saca, o negócio demonstra-se desinteressante para o investidor, tanto para aquele que estiver fora do mercado como para o produtor que se encontrar no negócio.

É importante ressaltar que o resultado para o PL encontra-se significativamente inferior ao custo variável da saca, isto é, o valor de saída (PL) foi de R\$ 18,12, ao passo que o custo variável da saca foi de (PH) R\$ 24,58, tal como preceitua a Teoria das Opções Reais.

Segundo esta abordagem, devido à existência da incerteza de diversos fatores, a decisão sobre o momento de desativar uma atividade em que a empresa estava posicionada deve ocorrer quando o preço do produto cair significativamente abaixo dos custos de produção, de forma a recuperar o custo fixo do fechamento.

Já Teoria Clássica apresenta que as empresas devem sair de uma atividade no momento em que o preço de seu produto for inferior ao seu custo médio operacional. Ao indicar essa posição, tal teoria despreza o valor dos custos fixos em caso de fechamento e de reativação de uma atividade. Esta abordagem é viável somente em um ambiente de certezas, mas incorreta em um cenário de incerteza intrínseca à atividade produtiva, como, por exemplo, alterações dos preços dos produtos em valores superiores ao custo médio.

O Gráfico 5, exposto abaixo, ilustra a série de preços deflacionados da carteira otimizada para o período de janeiro de 1996 a novembro de 2008, e os limites de entrada e saída no investimento em uma propriedade rural com produção diversificada de lavoura temporária.

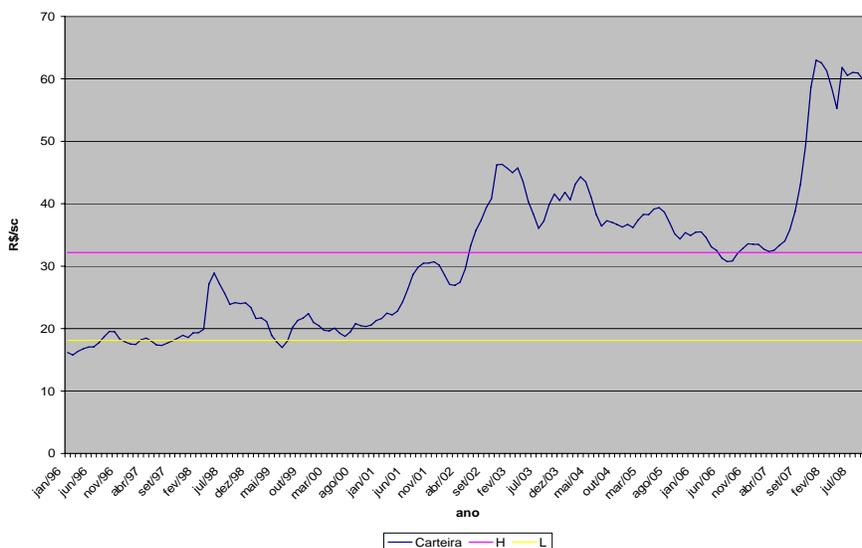


GRÁFICO 5 Série de preços deflacionados e limites de entrada e saída.
Fonte: Dados da pesquisa.

7.4 Opções de conversão

Baseado nas série de retorno de cada produto agrícola utilizado neste estudo, foram calculados os parâmetros requeridos para a modelagem do Movimento de Reversão à Média, por esse processo estocástico descrever melhor o comportamento dos preços das commodities.

Os coeficientes de volatilidade foram obtidos a partir dos desvio padrão do retorno nas séries, isto é, $(\ln(P)/Pt-1)$. Com isso, obteve-se a série de volatilidade mensal desses preços, bem como os valores semestrais e anuais, conforme apresentado na Tabela 11.

TABELA 11 Parâmetros para modelagem de soja, milho e feijão.

	Soja			Milho			Feijão		
	Mens al*	Semest ral*	Anu al*	Mens al*	Semest ral*	Anu al*	Mens al*	Semest ral*	Anu al*
Volatilidade – σ	0,054	0,134	0,18	0,054	0,1345	0,19	0,794	0,1946	0,27
Velocidade de reversão	71		95	93	6		46	037	5
* obtido a partir da série	0,688 2	1,6857 38	2,38 4	0,687 51	1,6840 4	2,38 2	0,686 41	1,6813 654	2,37 8

Fonte: Dados da pesquisa.

Já a correlação calculada entre as séries de retornos dos preços e os produtos agrícolas foi:

- ρ_{sf} 0,08469 (correlação soja e feijão)
- ρ_{sm} 0,38848 (correlação soja e milho)
- ρ_{fm} 0,25186 (correlação feijão e milho)

O modelo utilizado mede a receita obtida pelo cultivo de soja, milho e feijão. O período foi de 10 anos, em períodos anuais de ($T = 10$, $n = 10$, $\Delta t = 1$). Tal como utilizado por Cardoso (2007), foi assumida nesta pesquisa como taxa livre de risco no valor de 10,23% a.a., ao CDB em 2007 para pessoa física.

Com base nos parâmetros calculados anteriormente, as médias de longo prazo ajustadas ao riscos, obtidas a partir das fórmulas 70 a 72, assumem os seguintes valores:

$$\bar{x}_e = e^{(\bar{x} - \pi / \eta)} \quad (55)$$

$$\bar{y}_e = e^{(\bar{y} - \pi / \eta)} \quad (56)$$

$$\bar{Z}^o = e^{(\bar{z} - \pi / \eta)} \quad (57)$$

Para soja: $X = e^{(\ln(25.08844) - 10,23\% / 2,38399)} = 24,03/\text{saca}$

Para milho: $Y = e^{(\ln(14.11617) - 10,23\% / 2,3815)} = 13,52/\text{saca}$

Para feijão: $Z = e^{(\ln(65.25987) - 10,23\% / 2,3778)} = 62,51/\text{saca}$

O valor da opção de conversão em projetos de investimento em pares de produtos agrícolas é obtido pela seguinte expressão:

$$\text{Valor presente líquido sem flexibilidade} - \text{Valor presente líquido com flexibilidade} = \text{valor da flexibilidade}$$

Após a realização da Simulação de Monte Carlo depois de 10.000 interações, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 Comparação do VPL estático e Dinâmico (VPL/HA).

Produto	VPL		Valor da flexibilidade
	Estático	Dinâmico	R\$
Soja	- 1.430,23	1.397,15	2.827,38
Milho	- 351,97	4.621,85	4.973,82
Feijão	14.137,55	26.131,87	11.994,32

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise da Tabela 12 demonstra o valor da flexibilidade para cada um dos produtos agrícolas. Como pode ser observado, é feita a diferença entre o VPL sem flexibilidade e o VPL com flexibilidade. Nesse sentido, é possível observar que, para todos os produtos, o valor da flexibilidade, calculada pela TOR, aumenta significativamente o valor do VPL do investimento em cada produto. A incorporação da flexibilidade no processo de decisão de investimento

faz com que investimentos rejeitados segundo os critérios do VPL tradicional (VPL tem que ser maior que zero), sejam aceitos segundo o critério da TOR, em função de esta teoria reconhecer as característica de irreversibilidade e incerteza do investimento.

Na Tabela 13, apresentada abaixo, são demonstrados os valores da flexibilidade, advinda da opção de conversão entre os pares de produtos.

TABELA 13 Opção de Conversão entre pares de produtos.

Produto	VPL		Valor da flexibilidade
	Dinâmico	Estático Carteira	R\$
Soja-milho	31.167,67	2.605,60	28.562,07
Soja-feijão	88.248,13	2.605,60	85.642,53
Feijão-milho	61.736,97	2.605,60	59.131,37

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesse sentido, observa-se que, para todas as combinações de pares de produção de commodities (soja-milho, soja-feijão e feijão-milho) o VPL dinâmico demonstra-se significativamente superior em relação ao VPL estático da carteira. Isso demonstra o incremento que análise de investimento pela TOR oferece em relação à técnica do FCD.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o exposto nesta tese, ressalta-se que na atividade agropecuária, os produtores assumem a posição de tomadores de preços e, em consequência, sofrem os reflexos das possíveis variações nos preços dos seus produtos, uma vez que a produção rural se aproxima de uma estrutura próxima ao modelo de concorrência perfeita. Em função disso, o lucro desses agentes é impactado por choques exógenos, o que os expõe a um alto nível de incerteza e reduzida capacidade de alterar a ocorrência desses choques.

Desse modo, devido a incerteza e a impossibilidade do produtor rural interferir individualmente nas condições de mercado, é que o uso de ferramentas de gestão que incorporem essas características torna-se um valioso instrumento para a tomada de decisão.

Nesse sentido, observou-se no presente estudo que é relevante o uso TOR para que o produtor rural, em especial, produtor de lavouras temporárias, possa captar a incertezas ambientais e ter a sua disposição a flexibilidade de alterar a sua ação em função de tais incertezas. Ademais, destaca-se a importância da complementariedade deste modelo por sua associação ao Modelo de Precificação de Ativos de Capital, o qual possibilita a redução do risco da atividade para dado retorno por meio da constituição de carteira de produtos agrícolas. Com base na combinação dessas ferramentas, ao analisar um projeto de investimento torna-se possível que o produtor reduza os seus riscos e aja em conformidade com as alternativas disponibilizadas pela TOR

No que concerne ao comportamento do mercado agrícola de soja, milho e feijão constatou-se que no país essas três commodities possuem destacada relevância para economia brasileira. A proeminência desses produtos agrícolas pode ser associada aos seguinte elementos em função dos produtos, quais sejam:

- participação significativa para a formação de saldo positivo da balança comercial brasileira devido a exportação, como é o caso da soja;
- importância para o desempenho de outras cadeias produtivas nacional em razão do uso do produto agrícola como insumo, como a cadeia de carnes, , a exemplo do milho e soja;
- relevância na alimentação humana da população brasileira, tal como ocorre com o feijão, o qual juntamente com o arroz constitui a combinação elementar no cardápio nacional;
- expressividade na produção rural comercial e de subsistência do país, no primeiro tipo de produção os três produtos se destacam (soja, milho e feijão), já no segundo o milho e o feijão se sobressaem.

Ainda, em relação ao comportamento de preços desses produtos agrícolas, identificou-se que, no período de janeiro de 1996 a novembro de 2009, o feijão apresentou grandes elevações nos seus preços, o que até gerou migrações de produtores rurais para o seu plantio, em detrimento, de cultivos como soja e milho. Na análise do comportamento dos preços do feijão, por meio do retorno logaritmizado, evidenciou-se que dentre os produtos agrícolas estudados neste trabalho, o feijão foi o que apresentou maior retorno mensal (0,9%) no referido período, sendo seguido pela soja (0,80%) e pelo milho (0,59%). O feijoeiro também apresentou o maior risco (62,71%) no período analisado, o qual foi calculado a partir da variância. Por sua vez, quanto ao risco do milho e da soja no mesmo período, verificou-se que esses foram bastante próximos 29,98% e 27,73%, respectivamente, apresentando uma ligeira diferença.

Com relação a composição da carteira de produtos agrícolas de soja, milho e feijão otimizada segundo o modelo do CAPM, obteve-se a seguinte distribuição da produção entre esses produtos: 48,41% de soja, 28,26% de milho e 23,33% de feijão por hectare. Tal distribuição em propriedade rural com área de plantio de 400 ha, como a construída de forma fictícia nesta tese a partir dos dados coletados para a cidade de Unaí – MG, indicou o cultivo de 194 hectares de soja, 113 hectares de milho e 93 hectares de feijão. Assim como preceitua o CAPM, esta carteira otimizada apresentou uma redução do risco em 18,24% dado o retorno de 0,76% mensal em relação a carteira inicial composta por 33,33% de cada um dos produtos (soja, milho e feijão). Dessa forma, identificou-se que ao aplicar o CAPM é possível obter a carteira que minimiza o risco para dado retorno.

Não obstante, a diversificação de produtos agrícolas de lavoura temporária demonstrou a redução significativa do risco do ativo individual em relação a carteira, tal como pode se observar pela redução observada de 71% na variância do feijão e de 39% na variância da soja e do milho. Por outro lado, a carteira otimizada, ainda, é capaz também de aumentar o retorno esperado do ativo se comparados a determinados ativos, se estes forem operados individualmente, assim como ocorreu em relação ao milho, no qual o retorno da carteira apresentou-se 29% superior ao retorno deste grão. Porém, em relação ao feijão o que se observou foi uma redução do retorno em 16%.

Desse modo, constatou-se que o CAPM é uma importante ferramenta de redução dos riscos ao fornecer a possibilidade da diversificação na produção, por meio da constituição de uma carteira de produtos, o investidor pode reduzir o risco de operar em uma única atividade. Esse modelo permite que o produtor rural reduza a incerteza quanto aos fluxos financeiros futuros, por possibilitar a atuação eficiente em ambientes incertos e, ainda, ampliar os seus retornos.

Nesta tese, observou-se a aplicabilidade da TOR para avaliação de investimento em propriedade rural diversificada de lavoura temporária e a importância deste modelo de análise para auxiliar a tomada de decisão do administrador rural. O resultado do modelo de entrada e saída identificou que o investimento em propriedade rural com produção diversificada de soja, milho e feijão para a cidade de Unaí deve ser implementado quando os preços da carteira de produtos agrícolas atingir valores iguais ou superiores a R\$ 32,18 a saca. Já quando o preço da carteira apresentar o valor de R\$ 18,12 por saca, o negócio demonstra-se desinteressante para o investidor rural.

Este resultado, obtido de acordo com a abordagem da TOR, demonstrou que devido a existência incerteza de diversos fatores a decisão sobre momento de desativar uma atividade em que a empresa estava posicionada, deve ocorrer quando o preço do produto cair significativamente abaixo dos custos de produção, de forma a recuperar o custo fixo do fechamento da empresa. Esse fato se contrapõe a Teoria Clássica de Investimento, a qual preceitua que as empresas devem sair de uma atividade no momento em que o preço de seu produto for inferior ao seu custo médio operacional. Ao indicar essa posição, tal teoria despreza o valor dos custos fixos em caso de fechamento e de reativação de uma atividade.

A utilização da TOR, em específico, as opções de conversão para avaliação de investimento em propriedade rural diversificada de lavoura temporária revelou que o VPL dinâmico é, substancialmente, superior para todas as combinações de pares de produção de commodities (soja-milho, soja-feijão e feijão-milho) em relação ao VPL estático da carteira. Com isso, observa-se que para tais combinações, o uso da opção de conversão apresenta valor positivo de flexibilidade, o que demonstra o incremento que análise de investimento pela TOR oferece em relação a técnica do VPL. Dessa forma, tal análise permite que

o produtor rural identifique e reconheça o valor de possuir opção de produção entre um produto ou outro.

Ademais, a partir do apresentado ao longo deste trabalho, observou-se que o tradicional método do VPL não demonstra capacidade de captar as incertezas existentes na avaliação econômica de projetos de investimento. Essa incapacidade resulta em uma análise estática e invariável, ou seja, as decisões de empreender ou não empreender em um investimento a longo prazo é tomada no momento em que se faz a análise de viabilidade, sem a consideração de mudanças nas variáveis ao longo do tempo.

O VPL não incorpora a flexibilidade em sua análise, o que é incompatível com o mundo real dos investimentos, pois um projeto, após a sua fase de planejamento, pode apresentar um resultado superior ao que era esperado, pelo que tenderá a ser expandido ou prorrogado, mas pode também ser abandonado temporariamente ou rejeitado, se seu resultado não corresponder às expectativas. Essa flexibilidade permite que se maximize o retorno dos investimentos se as opções forem exercidas de maneira ótima.

A TOR, por sua vez, preenche essa lacuna ao captar as incertezas associadas ao processo de avaliação de investimentos presente nos projetos que envolvem elevados recursos para investimento. Com isso, a TOR fornece ao tomador de decisões a flexibilidade gerencial necessária a análise de projeto em ambientes incertos, de maneira que as decisões possam ser alteradas a medida que melhores informações vão se apresentando.

A utilização da TOR apresenta-se uma valiosa ferramenta para a definição da fronteira ótima de operação em um empreendimento, mesmo que este apresente fluxos negativos, aspecto desconsiderado pela Teoria Clássica. A partir daquela teoria, é possível definir os preços de entrada e saída em um investimento, o que auxilia, substancialmente, as decisões de investimento, operação e abandono parcial ou total. Assim, o modelo de entrada e saída

segundo os preceito da TOR, apresentado por Loung & Tauer (2006) é uma importante fonte de informação para que o produtor rural possua uma produção diversificada em lavouras temporárias de safra de verão possa reduzir a incerteza, aumentar a flexibilidade e melhorar a qualidade de sua decisão de investimento.

A utilização combinada da TOR e do CAPM, conforme demonstrado pelo modelo desenvolvido no presente trabalho, é uma importante ferramenta para que os gestores na atividade rural possam utilizar a informações do mercado de mais eficiente em relação aos métodos tradicionais. Essa ferramenta capacita a empresa a atuar em um ambiente mais competitivo e incerto.

Para pesquisas futuras, sugere-se que seja empregado o modelo desenvolvido nesta tese, porém baseado em levantamentos do custo efetivo da atividade agrícola em estudo, em contraposição ao uso de custos padrões. De maneira semelhante, sugere-se o uso de preços médios recebidos pelos produtores rurais para a localidade do projeto de investimento em propriedade rural com produção diversificada de lavouras temporárias. Ao efetuar isso, compreende-se que o seria fornecido ao produtor informações mais reais a sua atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP, 2009.

AGROSOFT Brasil. **China supera alemanha como terceira economia do mundo**. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/103843.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

ALEXANDER, G.; BAILEY, J.; SHARPE, W. **Fundamentals of investments**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1993.

ALVES, M. L. **Carro flex fuel: uma avaliação por opções reais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

AMRAN, M., KULATILAKA, N. Disciplined decisions: aligning strategy with the financial markets. **Harvard Business Review**, Cambridge, p. 95-105, Jan./Feb. 1999.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA. Brasília: Grafia e Palotti, 2006.

ARÊDES, A. F.; PEREIRA, M. W. G.; SANTOS, V. F.; SANTOS, M. L. Rentabilidade e risco na estocagem do café pelos produtores na região de Viçosa, MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 235-257, 2008.

BAILEY, W. Valuing agricultural firms: an examination of the contingent claims approach to pricing real assets, **Journal of Economic Dynamics and Control**, Amsterdam, v.15, n. 4, p. 771-791, Oct. 1991.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa de rendimentos nominais brutos das principais aplicações financeira**. Brasília. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso: 20 nov. 2008.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses: a fascinante história do risco**. São Paulo: Campus, 1997. 389 p.

BIGNOTTO, E. C. ; BAROSSO FILHO, M.; SAMPAIO, R. A gestão do risco de mercado em organizações do agronegócio. **Resenha BM & F**, Brasília, n. 161, p. 26-32, maio 2004.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Politics Economics**, Chicago, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. **Fundamento de investimentos**. 3. ed. São Paulo: Boockman, 2000.

BRANDÃO, L. E. T. **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão de rodoviária no Brasil**. 2002. 118 p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva da soja**. Brasília: IICA; MAPA/SPA, 2007a. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20da%20Soja.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva do milho**. Brasília: IICA; MAPA/SPA, 2007b. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20do%20Milho.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. 3. ed. Lisboa: McGraw-Hill, 1992.

BRODT, A. I. A dynamic balance sheet management model for a canadian chartered. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 2-3, p. 221-241, 1978.

CARDOSO, C. E. **Determinação dos limites de entrada e saída de um projeto de investimento em uma lavoura de café com aplicação da teoria de opções reais**. 2007. 178 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Prebisteriana Mackenzie, São Paulo.

CÉSAR, M.; BRASIL, H. G.; SOUSA, J. A. **Avaliação de opção de conversão biodiesel versus óleo de soja em uma usina processadora de soja**. Disponível em: <<http://virtualbib.fgv.br/dspace/handle/10438/1648>>. Acesso em: 20 maio 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Brasil por produto**. Brasília, 2009a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Brasil por unidade da Federação**. Brasília, 2009b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Soja**: série histórica. Brasília, 2009c. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 17 jun. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Milho total (1 e 2 Safra)**: série histórica. Brasília, 2009d. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 17 jun. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção**. Brasília, 2009e. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=213>>. Acesso em: 02 maio 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Feijão**: total série histórica. Brasília, 2009f. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 17 jun. 2009.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais**: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Tradução de Maria Cyhlar. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 368 p.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Valuation**: measuring and managing the valuation of companies. 3. ed. Nova York: J. Wiley, 2000.

DAMODARAN, A. **Finanças corporativas**: teoria e prática. Porto Alegre: Bookman, 2004. 796 p.

DILL, R. P.; SANTOS, N. R.; SOUTO, J. M. Proposta de um modelo de otimização do portfólio das culturas de verão. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2007.

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

DUARTE JUNIOR, A. M. Risco: definições, tipos, medição e recomendações para o seu gerenciamento. **Resenha BM & F**, Brasília, n.114, p.16-28, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROCUPECUÁRIA. **Cultivo do milho**. Brasília, 2007a. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROCUPECUÁRIA. **Feijão: origem e história do feijão**. Brasília, 2007b. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/historia.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROCUPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 6 jun. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROCUPECUÁRIA. **Feijão**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/Abertura.html>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The capital asset pricing model: theory and evidence. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 18, n. 3, p. 25-46, 2004.

FAMA, R.; PENTEADO, M. A. B. Será que o beta que temos é o beta que queremos? **Cadernos de Pesquisa e Administração**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 37-51, jul./set. 2002.

FERREIRA, C. M.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Cultivo do feijão comum: mercado e comercialização**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/mercado.htm>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

FIGUEIREDO, A. M.; REIS, B. S.; SANTOLIN, R.; SANTOS, P. A. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa, MG: viabilidade econômica e análise de risco. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 713-730, out./dez. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Top production: beans, dry**. 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

FRANCISCO, M. L. **A importância da flexibilidade gerencial: análise de investimentos usando a teoria das opções reais da planta GTL**. 2007. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Industrial) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira essencial**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, Lausanne, v. 60, n. 2-3, p. 187-243, May/June, 2001.

HETZEL, S. Feijão. In: ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP, 2009.

HORNGREN, C. T.; SUNDEM, G. L.; STRATTON, W. O. **Contabilidade gerencial**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

HOUAISS, A. **Dicionário da Língua Brasileira**. Disponível em: <<http://www.houaiss.uol.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2009

HULL, J. C. **Opções, futuros e outros derivativos**. 3. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 maio 2009.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Índices de preços do estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/Indices.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diversos**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

KREUZ, C. L.; PETRI, J. L.; SCHUCK, Ê.; SOUZA, A. Avaliação econômica e alternativas de investimento no agronegócio da uva no meio oeste catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 230-237, ago. 2005.

LAKATOS, E. M. ; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LAZZARINI; S. G.; NUNES, R. **Competitividade do sistema agroindustrial da soja**. São Paulo: Pensa/USP, 2000. Disponível em: <http://www.fundacaofia.com.br/pensa/pdf/relatorios/ipea/Vol_V_Soja.PDF>. Acesso em: 20 nov. 2008.

LEITÃO, F. O.; BRISOLA, V. B.; COSTA, S. J. Retrato atual da agricultura familiar e patronal na cidade de Unai/MG. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Sober, 2008.

LOPES, J. E. P. **Análise econômica de contratos de integração usados no complexo agroindustrial avícola brasileiro**. 1992. 105 f. Tese (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LUONG, Q. V. T.; TAUER, W. A real options analysis of coffee planting in Vietnam. **Agricultural Economics**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 9-57, July 2006.

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

MARKOWITZ, H. **Portfolio selection**. New York: J. Wiley, 1959.

MARQUES, P. V. Mercados futuros e de opções agropecuários. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000. p. 211-234.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C. **Mercados futuros de commodities agropecuárias: exemplos e aplicações aos mercados brasileiros**. São Paulo: BM & F, 1999. 209 p.

MATIAS FILHO, J. **Estudo empírico sobre metodologias alternativas de aplicação do CAPM no mercado de ações brasileiro**. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

MCCONNELL, J.; MUSCARELLA, C. Corporate capital expenditure decisions and the market value of the firm. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 14, n. 3 p. 399-442, Sept. 1985.

MILLER, K. D.; WALLER, H. G. Scenarios, real options and integrated risk management. **Long Range Planning**, Oxford, v. 36, n.1, p.93-107, Feb. 2003

MINAS GERAIS. Secretária do Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Apresentação**. 2008. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/info/apresenta2008/Seminario.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. **Produção agrícola**. 2009. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/info/2-01.asp?p=feijao>>. Acesso em: 15 maio 2009.

MOEL, A; TUFANO, P. When are real options exercised? An empirical study of Mine Closing. **Review of financial studies**, Cary, v. 15, n. 1, p. 35-64, 2002.

NASSAR, A. M. A. Internalização de preços mundiais. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 10, n. 144, p. 9-16, 1996.

NUNES, A. **A bandidagem enquadrou os xerifes**. 2009. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/blog/augusto-nunes/tag/fiscais-do-ministerio-do-trabalho/>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

OLIVEIRA, D. L. **Gestão da informação para o processo decisório: estudo no agronegócio soja**. 2008. 154 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Rondônia.

PADDOCK, J.; SMITH, S. Valuation of claims on physical assets: the case of offshore petroleum leases. **Quartely Journal of Finance**, Amsterdam, v. 103, p. 205-228, 1988.

PADOVEZE, C. L. **Sistemas de informações contábeis: fundamentos e análise**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

PELIÇON, E. C. V.; SANTOS, M. A.; LIMA, M. S. **A cultura do feijão e a produção do espaço agrícola em Assis Chateaubriand/PR**. Curitiba:UNIMEO/CTESOP, 2008. Disponível em: <http://www.unimeo.com.br/artigos/artigos_pdf/2006/cultura_dofeijao_12_08.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2008.

PENEDO, G. M.; BRANDÃO, L. E. T.; TIZZIANI, E. **Avaliação da flexibilidade de escolha de insumos na produção de biodiesel**. Disponível em: < <http://virtualbib.fgv.br/dspace/handle/10438/1702>>. Acesso em: 20 maio 2009.

PEREIRA, M. W. G.; ARÊDES, A. F.; TEIXEIRA, E.; CARDOSO, T. Avaliação econômica do cultivo de trigo dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. **Revista de Economia e Agronegócios**, Brasília, v. 5, n. 4, p. 591-610, 2007.

PEROLD, A. F. The capital asset pricing model. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 18, n. 3, p. 3-24, 2004.

PINTO, C. B.; BRANDÃO, L. E. T. Modelando opções de conversão com movimento de reversão à média. **Revista Brasileira de Finanças**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://virtualbib.fgv.br/dspace/handle/10438/1556>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

QUIGG, L. Empirical testing of real options pricing models. **Journal of Finance**, New York, v. 8, n. 2, p. 621-640, June 1993.

REIS, J. N. P. Desempenho comercial da agricultura brasileira: os casos do feijão e do milho. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 2, fev. 2006. Disponível em: < <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpica/publicacoes/tec2-0206.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

REIS, S. G.; MARTINS, E. Planejamento do balanço bancário: desenvolvimento de um modelo matemático de otimização do retorno econômico ajustado ao risco. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v.15, n. 26, p. 58 - 80, maio/ago. 2001.

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

ROSS, S.; JAFFE, J.; WESTERFIELD, R. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2002.

ROSA, W. **Feijão**. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/info/conjuntura/conjuntura_03_2009.pdf>. Acesso em: 20 maio 2009.

RÜDELL, D. A.; PRIEB, R. P. As exportações brasileiras da soja em grão para a china no período de 1995 a 2005. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., Rio de Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008.

SABOURIN, E.; OLIVEIRA, M. N.; XAVIER, J. H. V. Lógica familiar e lógica coletiva nos assentamentos de reforma agrária do brasil: o caso do município de Unaí (MG). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE SOCIOLOGIA RURAL, 7., Quito. **Anais...** Quito: ALASRU, 2006.

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

SANTOS, M. P. S.; BOTELHO FILHO, Flávio B.; SOARES, J. B. Redução de risco: hedge ou diversificação? Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v. 55, n. 1, p. 31-40, jan./jun. 2008.

SCHOUCHANA, F. **Introdução aos mercados futuros e de opções agropecuários no Brasil**. 2. ed. São Paulo: BM & F, 2000. 81 p.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1993.

SEKIYAMA, M. **Avaliação econômica de uma planta industrial de baixo retorno sob incerteza**: um enfoque pelas teorias das opções reais. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade IBMEC, Rio de Janeiro.

SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **Journal of Finance**, New York, v. 19, p. 425-442, 1964.

SILVA, C. C. **Feijão**. Brasília: EMBRAPA, 2008a. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_74_1311200215104.html>. Acesso em: 17 dez. 2008.

SILVA, R. S. **Arroz e feijão, um par perfeito!** Curitiba: CORREPAR Corretora de Mercadorias, 2008b. Disponível em: <http://www.correpar.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1262&Itemid=40>. Acesso em: 17 dez. 2008.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custos unitários básicos de construção**: NBR 12.721.2006 - CUB 2006. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/novembro_2000.PDF>. Acesso em: 20 maio 2009.

SIQUEIRA, T. O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 20, p. 127-222, set. 2004.

SOUZA, R. S.; VIANA, J. G. A. Tendência histórica de preços pagos o agricultor na agricultura de grãos do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n. 4, p. 1128-1233, jul./ago. 2007.

SPOLADOR, H. F. S.; FONTANA, F. E. **Exportações do agronegócio e a valorização cambial**. CEPEA, 2006. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 25 set. 2005.

TRIANSTIS, A.; BORISON, A. Real options: state of the practice. **Journal of Applied Corporate Finance**, Danvers, v. 14, n. 2, p. 8-24, 2001.

TRIGEORGIS, L. **Real options**: managerial flexibility and strategy in resource allocation. 5. ed. Cambridge: The MIT, 2000.

TSAY, R. S. **Analysis of financial time series**. New York: J. Wiley, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2008 Disponível em: <<http://www.usda.org>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

WANDER, A. E. **Cultivo do feijão irrigado na região noroeste de minas gerais**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. (Sistemas de Produção, n. 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrigadoNoroesteMG/index.htm>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. **Administração financeira**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projetos**: planejamento, elaboração e análise. São Paulo: Atlas, 1996. 294 p.

XAVIER, J. H. V. **Análise de ciclo de vida (ACV) da produção agrícola familiar em Unaí-MG**: resultados econômicos e impactos ambientais. 2003. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília.

ANEXOS

TABELA 1A Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI).

Data	IGP-DI								
jan/96	125,40	jan/99	148,92	jan/02	214,54	jan/05	327,92	jan/08	374,14
fev/96	126,35	fev/99	155,53	fev/02	214,93	fev/05	329,24	fev/08	375,56
mar/96	126,63	mar/99	158,60	mar/02	215,17	mar/05	332,49	mar/08	378,19
abr/96	127,51	abr/99	158,65	abr/02	216,67	abr/05	334,17	abr/08	382,41
mai/96	129,66	mai/99	158,10	mai/02	219,07	mai/05	333,32	mai/08	389,59
jun/96	131,24	jun/99	159,71	jun/02	222,87	jun/05	331,82	jun/08	396,95
jul/96	132,67	jul/99	162,25	jul/02	227,44	jul/05	330,48	jul/08	401,41
ago/96	132,68	ago/99	164,61	ago/02	232,82	ago/05	327,89	ago/08	399,87
set/96	132,85	set/99	167,03	set/02	238,97	set/05	327,45	set/08	401,33
out/96	133,14	out/99	170,18	out/02	249,04	out/05	329,53	out/08	405,71
nov/96	133,52	nov/99	174,50	nov/02	263,58	nov/05	330,62	nov/08	405,98
dez/96	134,69	dez/99	176,65	dez/02	270,69	dez/05	330,84		
jan/97	136,81	jan/00	178,45	jan/03	276,58	jan/06	333,22		
fev/97	137,39	fev/00	178,80	fev/03	280,98	fev/06	333,03		
mar/97	138,99	mar/00	179,13	mar/03	285,64	mar/06	331,53		
abr/97	139,81	abr/00	179,36	abr/03	286,82	abr/06	331,61		
mai/97	140,23	mai/00	180,56	mai/03	284,90	mai/06	332,85		
jun/97	141,21	jun/00	182,24	jun/03	282,91	jun/06	335,07		
jul/97	141,33	jul/00	186,35	jul/03	282,35	jul/06	335,64		
ago/97	141,27	ago/00	189,75	ago/03	284,11	ago/06	337,01		
set/97	142,10	set/00	191,05	set/03	287,08	set/06	337,82		
out/97	142,59	out/00	191,76	out/03	288,34	out/06	340,54		
nov/97	143,77	nov/00	192,51	nov/03	289,72	nov/06	342,48		
dez/97	144,77	dez/00	193,97	dez/03	291,46	dez/06	343,38		
jan/98	146,04	jan/01	194,92	jan/04	293,79	jan/07	344,85		
fev/98	146,07	fev/01	195,58	fev/04	296,98	fev/07	345,65		

Continua...

TABELA 1A Continuação.

Data	IGP-DI								
mar/98	146,41	mar/01	197,15	mar/04	299,75	mar/07	346,41		
abr/98	146,21	abr/01	199,37	abr/04	303,18	abr/07	346,88		
mai/98	146,54	mai/01	200,25	mai/04	307,62	mai/07	347,42		
jun/98	146,95	jun/01	203,17	jun/04	311,58	jun/07	348,33		
Jul/98	146,40	jul/01	206,45	jul/04	315,11	jul/07	349,63		
ago/98	146,14	ago/01	208,32	ago/04	319,24	ago/07	354,50		
Set/98	146,11	set/01	209,11	set/04	320,79	set/07	358,63		
out/98	146,06	out/01	212,14	out/04	322,49	out/07	361,31		
Nov/98	145,80	nov/01	213,76	nov/04	325,15	nov/07	365,10		
dez/98	147,23	dez/01	214,14	dez/04	326,83	dez/07	370,49		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 2A Preço Nominal da Soja.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
jan/96	13,20	jan/00	17,22	jan/04	42,26	jan/08	40,40
fev/96	12,50	fev/00	17,37	fev/04	41,55	fev/08	43,04
mar/96	11,97	mar/00	17,37	mar/04	45,18	mar/08	42,30
abr/96	12,51	abr/00	17,38	abr/04	47,46	abr/08	41,54
mai/96	13,57	mai/00	17,28	mai/04	46,13	mai/08	41,23
jun/96	13,04	jun/00	16,65	jun/04	42,06	jun/08	45,34
jul/96	13,06	jul/00	16,43	jul/04	37,97	jul/08	46,28
ago/96	13,80	ago/00	15,32	ago/04	36,13	ago/08	42,16
set/96	14,98	set/00	16,69	set/04	35,83	set/08	41,85
out/96	16,16	out/00	16,74	out/04	33,42	out/08	41,55
nov/96	15,56	nov/00	17,33	nov/04	32,14	nov/08	41,97
dez/96	15,46	dez/00	18,46	dez/04	31,04		
jan/97	15,36	jan/01	18,51	jan/05	30,50		
fev/97	14,94	fev/01	17,94	fev/05	29,28		
mar/97	15,42	mar/01	17,26	mar/05	31,49		
abr/97	16,11	abr/01	16,61	abr/05	31,04		
mai/97	16,15	mai/01	16,73	mai/05	30,08		
jun/97	15,49	jun/01	18,92	jun/05	30,14		
jul/97	14,99	jul/01	21,85	jul/05	29,52		
ago/97	15,61	ago/01	23,19	ago/05	29,03		
set/97	16,70	set/01	24,51	set/05	28,24		
out/97	16,74	out/01	25,43	out/05	26,83		
nov/97	17,26	nov/01	26,20	nov/05	25,71		
dez/97	17,28	dez/01	25,75	dez/05	26,38		
jan/98	16,65	jan/02	23,96	jan/06	26,21		
fev/98	15,60	fev/02	22,76	fev/06	25,81		
mar/98	14,37	mar/02	20,98	mar/06	24,71		
abr/98	13,22	abr/02	20,26	abr/06	23,99		
mai/98	13,17	mai/02	21,96	mai/06	23,91		
jun/98	12,57	jun/02	25,36	jun/06	25,03		
jul/98	12,65	jul/02	28,22	jul/06	24,56		
ago/98	12,02	ago/02	32,24	ago/06	24,50		
set/98	12,60	set/02	35,07	set/06	23,94		
out/98	12,60	out/02	39,15	out/06	25,00		
nov/98	13,22	nov/02	39,68	nov/06	26,25		
dez/98	13,07	dez/02	43,23	dez/06	27,53		
jan/99	12,46	jan/03	39,34	jan/07	27,48		
fev/99	14,94	fev/03	38,98	fev/07	28,13		
?mar/99	15,30	mar/03	36,59	mar/07	28,14		
abr/99	14,40	abr/03	34,06	abr/07	27,56		
mai/99	14,45	mai/03	33,22	mai/07	26,96		
jun/99	14,25	jun/03	33,23	jun/07	27,53		
jul/99	14,17	jul/03	33,07	jul/07	27,50		

Continua...

TABELA 2A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
ago/99	14,79	ago/03	32,20	ago/07	29,59		
set/99	17,15	set/03	34,44	set/07	32,03		
out/99	18,26	out/03	39,43	out/07	33,95		
nov/99	18,14	nov/03	43,59	nov/07	36,22		
dez/99	18,37	dez/03	42,94	dez/07	37,84		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 3A Preço Nominal da Milho.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
jan/96	8,40	jan/00	13,66	jan/04	17,86	jan/08	27,33
fev/96	8,34	fev/00	13,17	fev/04	17,21	fev/08	25,70
mar/96	7,78	mar/00	11,98	mar/04	17,83	mar/08	24,43
abr/96	8,34	abr/00	11,98	abr/04	18,98	abr/08	24,33
mai/96	8,85	mai/00	11,92	mai/04	19,51	mai/08	23,56
jun/96	8,89	jun/00	11,30	jun/04	18,96	jun/08	24,14
jul/96	8,31	jul/00	11,15	jul/04	18,39	jul/08	24,33
ago/96	9,00	ago/00	11,79	ago/04	17,77	ago/08	24,09
set/96	8,99	set/00	12,51	set/04	17,91	set/08	23,32
out/96	8,98	out/00	11,96	out/04	17,31	out/08	21,37
nov/96	8,97	nov/00	11,95	nov/04	17,26	nov/08	20,39
dez/96	8,33	dez/00	10,72	dez/04	16,71		
jan/97	7,68	jan/01	9,55	jan/05	16,74		
fev/97	7,17	fev/01	8,97	fev/05	16,73		
mar/97	7,12	mar/01	8,33	mar/05	17,82		
abr/97	7,16	abr/01	8,31	abr/05	17,91		
mai/97	7,78	mai/01	8,36	mai/05	17,44		
jun/97	7,15	jun/01	8,87	jun/05	18,08		
jul/97	7,19	jul/01	9,45	jul/05	18,07		
ago/97	7,20	ago/01	10,11	ago/05	18,14		
set/97	7,16	set/01	10,76	set/05	17,42		
out/97	7,77	out/01	10,65	out/05	16,69		
nov/97	7,74	nov/01	11,31	nov/05	16,15		
dez/97	8,34	dez/01	11,38	dez/05	16,19		
jan/98	8,33	jan/02	11,98	jan/06	16,08		
fev/98	8,40	fev/02	11,98	fev/06	16,21		
mar/98	8,38	mar/02	11,99	mar/06	15,07		
abr/98	8,41	abr/02	12,51	abr/06	14,40		
mai/98	8,98	mai/02	13,06	mai/06	14,35		
jun/98	8,38	jun/02	12,97	jun/06	14,90		
jul/98	9,03	jul/02	13,52	jul/06	14,97		
ago/98	8,41	ago/02	14,65	ago/06	14,94		
set/98	8,40	set/02	15,78	set/06	14,96		
out/98	8,40	out/02	18,42	out/06	16,07		
nov/98	9,02	nov/02	22,68	nov/06	17,30		
dez/98	8,91	dez/02	23,95	dez/06	19,15		
jan/99	9,49	jan/03	23,49	jan/07	19,72		
fev/99	9,19	fev/03	21,85	fev/07	19,16		
mar/99	9,41	mar/03	20,66	mar/07	17,96		
abr/99	9,60	abr/03	20,32	abr/07	17,38		
mai/99	9,03	mai/03	19,33	mai/07	17,37		
jun/99	8,91	jun/03	17,52	jun/07	17,35		
jul/99	9,45	jul/03	16,23	jul/07	17,93		

Continua...

TABELA 3A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
ago/99	9,46	ago/03	16,10	ago/07	18,34		
set/99	10,05	set/03	17,22	set/07	20,76		
out/99	10,60	out/03	17,32	out/07	22,04		
nov/99	12,29	nov/03	17,91	nov/07	24,34		
dez/99	13,04	dez/03	18,49	dez/07	26,61		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 4A Preço Nominal do Feijão.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
jan/96	34,80	jan/00	38,61	jan/04	71,43	jan/08	155,66
fev/96	33,94	fev/00	35,93	fev/04	68,85	fev/08	148,84
mar/96	33,53	mar/00	34,14	mar/04	71,33	mar/08	147,17
abr/96	34,56	abr/00	33,56	abr/04	70,59	abr/08	138,26
mai/96	34,22	mai/00	36,36	mai/04	69,78	mai/08	127,21
jun/96	36,16	jun/00	35,08	jun/04	68,12	jun/08	146,63
jul/96	36,80	jul/00	34,62	jul/04	64,67	jul/08	137,06
ago/96	36,60	ago/00	38,89	ago/04	61,59	ago/08	143,95
set/96	38,35	set/00	39,93	set/04	64,49	set/08	147,06
out/96	39,51	out/00	38,85	out/04	69,23	out/08	147,19
nov/96	40,69	nov/00	37,06	nov/04	70,82	nov/08	133,71
dez/96	36,88	dez/00	37,51	dez/04	71,63		
jan/97	36,62	jan/01	41,80	jan/05	74,15		
fev/97	35,85	fev/01	44,85	fev/05	74,70		
mar/97	34,99	mar/01	51,19	mar/05	74,86		
abr/97	36,39	abr/01	51,62	abr/05	78,80		
mai/97	36,49	mai/01	53,17	mai/05	80,00		
jun/97	36,94	jun/01	55,59	jun/05	82,57		
jul/97	34,77	jul/01	57,86	jul/05	84,94		
ago/97	33,01	ago/01	63,63	ago/05	82,25		
set/97	32,81	set/01	64,55	set/05	78,70		
out/97	33,49	out/01	66,83	out/05	75,72		
nov/97	34,51	nov/01	63,71	nov/05	74,75		
dez/97	35,75	dez/01	64,68	dez/05	77,35		
jan/98	35,69	jan/02	65,28	jan/06	76,85		
fev/98	40,19	fev/02	61,09	fev/06	78,65		
mar/98	43,10	mar/02	58,13	mar/06	81,97		
abr/98	47,46	abr/02	58,99	abr/06	80,98		
mai/98	78,42	mai/02	57,56	mai/06	75,32		
jun/98	87,96	jun/02	60,75	jun/06	70,33		
jul/98	78,90	jul/02	70,55	jul/06	65,29		
ago/98	74,53	ago/02	72,10	ago/06	63,34		
set/98	66,01	set/02	72,48	set/06	64,65		
out/98	67,22	out/02	72,54	out/06	67,26		
nov/98	64,32	nov/02	75,40	nov/06	66,22		
dez/98	66,55	dez/02	84,71	dez/06	64,03		
jan/99	64,06	jan/03	92,78	jan/07	63,33		
fev/99	54,58	fev/03	91,54	fev/07	62,26		
mar/99	51,78	mar/03	95,03	mar/07	60,47		
abr/99	49,19	abr/03	101,58	abr/07	60,52		
mai/99	39,74	mai/03	93,02	mai/07	62,90		
jun/99	36,82	jun/03	81,57	jun/07	65,23		
jul/99	33,07	jul/03	75,75	jul/07	67,55		

Continua...

TABELA 4A Preço Nominal do Feijão.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
ago/99	36,08	ago/03	69,17	ago/07	72,20		
set/99	40,21	set/03	68,88	set/07	76,51		
out/99	42,40	out/03	68,70	out/07	88,74		
nov/99	42,72	nov/03	66,88	nov/07	109,25		
dez/99	43,27	dez/03	63,22	dez/07	144,27		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 5A Preço deflacionado da soja.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
fev/96	12,41	jan/00	17,05	dez/03	42,68	nov/07	35,84
mar/96	11,95	fev/00	17,33	jan/04	41,93	dez/07	37,29
abr/96	12,43	mar/00	17,34	fev/04	41,10	jan/08	40,01
mai/96	13,35	abr/00	17,36	mar/04	44,76	fev/08	42,87
jun/96	12,88	mai/00	17,17	abr/04	46,92	mar/08	42,01
jul/96	12,92	jun/00	16,49	mai/04	45,46	abr/08	41,08
ago/96	13,80	jul/00	16,07	jun/04	41,52	mai/08	40,47
set/96	14,96	ago/00	15,05	jul/04	37,54	jun/08	44,50
out/96	16,13	set/00	16,57	ago/04	35,66	jul/08	45,77
nov/96	15,51	out/00	16,68	set/04	35,65	ago/08	42,32
dez/96	15,33	nov/00	17,27	out/04	33,25	set/08	41,70
jan/97	15,12	dez/00	18,32	nov/04	31,87	out/08	41,10
fev/97	14,87	jan/01	18,42	dez/04	30,88	nov/08	41,94
mar/97	15,24	fev/01	17,88	jan/05	30,40		
abr/97	16,01	mar/01	17,12	fev/05	29,16		
mai/97	16,10	abr/01	16,43	mar/05	31,18		
jun/97	15,38	mai/01	16,65	abr/05	30,89		
jul/97	14,97	jun/01	18,65	mai/05	30,15		
ago/97	15,61	jul/01	21,50	jun/05	30,27		
set/97	16,60	ago/01	22,98	jul/05	29,64		
out/97	16,69	set/01	24,41	ago/05	29,26		
nov/97	17,11	out/01	25,07	set/05	28,27		
dez/97	17,16	nov/01	26,00	out/05	26,66		
jan/98	16,51	dez/01	25,71	nov/05	25,63		
fev/98	15,59	jan/02	23,91	dez/05	26,37		
mar/98	14,33	fev/02	22,72	jan/06	26,02		
abr/98	13,24	mar/02	20,95	fev/06	25,83		
mai/98	13,14	abr/02	20,12	mar/06	24,82		
jun/98	12,53	mai/02	21,72	abr/06	23,99		
jul/98	12,70	jun/02	24,93	mai/06	23,82		
ago/98	12,04	jul/02	27,65	jun/06	24,87		
set/98	12,61	ago/02	31,49	jul/06	24,52		
out/98	12,61	set/02	34,17	ago/06	24,40		
nov/98	13,25	out/02	37,57	set/06	23,89		
dez/98	12,94	nov/02	37,49	out/06	24,80		
jan/99	12,32	dez/02	42,10	nov/06	26,10		
fev/99	14,30	jan/03	38,51	dez/06	27,46		
mar/99	15,00	fev/03	38,37	jan/07	27,37		
abr/99	14,39	mar/03	36,00	fev/07	28,07		
mai/99	14,50	abr/03	33,92	mar/07	28,08		
jun/99	14,11	mai/03	33,45	abr/07	27,53		
jul/99	13,95	jun/03	33,47	mai/07	26,92		
ago/99	14,57	jul/03	33,13	jun/07	27,46		

Continua....

TABELA 5A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
set/99	16,90	ago/03	32,00	jul/07	27,40		
out/99	17,92	set/03	34,08	ago/07	29,18		
nov/99	17,69	out/03	39,26	set/07	31,66		
dez/99	18,15	nov/03	43,38	out/07	33,70		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 6A Preço deflacionado do milho.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
fev/96	8,27	jan/00	13,52	dez/03	18,38	nov/07	24,09
mar/96	7,77	fev/00	13,15	jan/04	17,72	dez/07	26,22
abr/96	8,28	mar/00	11,96	fev/04	17,03	jan/08	27,06
mai/96	8,70	abr/00	11,97	mar/04	17,67	fev/08	25,61
jun/96	8,78	mai/00	11,84	abr/04	18,77	mar/08	24,26
jul/96	8,22	jun/00	11,19	mai/04	19,23	abr/08	24,06
ago/96	9,00	jul/00	10,90	jun/04	18,72	mai/08	23,12
set/96	8,98	ago/00	11,57	jul/04	18,18	jun/08	23,70
out/96	8,96	set/00	12,43	ago/04	17,54	jul/08	24,06
nov/96	8,95	out/00	11,91	set/04	17,83	ago/08	24,18
dez/96	8,25	nov/00	11,91	out/04	17,22	set/08	23,23
jan/97	7,56	dez/00	10,64	nov/04	17,12	out/08	21,14
fev/97	7,14	jan/01	9,51	dez/04	16,63	nov/08	20,37
mar/97	7,04	fev/01	8,94	jan/05	16,69		
abr/97	7,12	mar/01	8,27	fev/05	16,66		
mai/97	7,75	abr/01	8,21	mar/05	17,65		
jun/97	7,10	mai/01	8,33	abr/05	17,82		
jul/97	7,19	jun/01	8,74	mai/05	17,49		
ago/97	7,21	jul/01	9,30	jun/05	18,16		
set/97	7,12	ago/01	10,02	jul/05	18,15		
out/97	7,75	set/01	10,72	ago/05	18,29		
nov/97	7,67	out/01	10,49	set/05	17,45		
dez/97	8,29	nov/01	11,23	out/05	16,59		
jan/98	8,25	dez/01	11,36	nov/05	16,09		
fev/98	8,40	jan/02	11,96	dez/05	16,18		
mar/98	8,36	fev/02	11,96	jan/06	15,97		
abr/98	8,42	mar/02	11,97	fev/06	16,22		
mai/98	8,96	abr/02	12,43	mar/06	15,14		
jun/98	8,35	mai/02	12,91	abr/06	14,39		
jul/98	9,07	jun/02	12,75	mai/06	14,29		
ago/98	8,43	jul/02	13,25	jun/06	14,80		
set/98	8,40	ago/02	14,32	jul/06	14,95		
out/98	8,41	set/02	15,38	ago/06	14,88		
nov/98	9,03	out/02	17,68	set/06	14,93		
dez/98	8,83	nov/02	21,43	out/06	15,94		
jan/99	9,38	dez/02	23,32	nov/06	17,20		
fev/99	8,80	jan/03	22,99	dez/06	19,10		
mar/99	9,23	fev/03	21,51	jan/07	19,63		
abr/99	9,59	mar/03	20,32	fev/07	19,11		
mai/99	9,06	abr/03	20,23	mar/07	17,92		
jun/99	8,82	mai/03	19,46	abr/07	17,35		
jul/99	9,30	jun/03	17,65	mai/07	17,35		
ago/99	9,33	jul/03	16,26	jun/07	17,31		

Continua....

TABELA 6A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
set/99	9,91	ago/03	16,00	jul/07	17,87		
out/99	10,40	set/03	17,04	ago/07	18,09		
nov/99	11,98	out/03	17,25	set/07	20,52		
Dez/99	12,88	nov/03	17,83	out/07	21,87		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 7A Preço deflacionado do feijão.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
fev/96	33,68	jan/00	38,21	dez/03	62,84	nov/07	108,12
mar/96	33,45	fev/00	35,86	jan/04	70,86	dez/07	142,18
abr/96	34,32	mar/00	34,07	fev/04	68,12	jan/08	154,14
mai/96	33,66	abr/00	33,51	mar/04	70,68	fev/08	148,27
jun/96	35,72	mai/00	36,11	abr/04	69,79	mar/08	146,14
jul/96	36,40	jun/00	34,75	mai/04	68,77	abr/08	136,73
ago/96	36,60	jul/00	33,85	jun/04	67,26	mai/08	124,87
set/96	38,30	ago/00	38,20	jul/04	63,94	jun/08	143,90
out/96	39,43	set/00	39,65	ago/04	60,80	jul/08	135,54
nov/96	40,57	out/00	38,71	set/04	64,18	ago/08	144,50
dez/96	36,56	nov/00	36,91	out/04	68,87	set/08	146,53
jan/97	36,05	dez/00	37,23	nov/04	70,24	out/08	145,60
fev/97	35,70	jan/01	41,59	dez/04	71,26	nov/08	133,62
mar/97	34,59	fev/01	44,70	jan/05	73,91		
abr/97	36,17	mar/01	50,78	fev/05	74,40		
mai/97	36,38	abr/01	51,04	mar/05	74,13		
jun/97	36,69	mai/01	52,93	abr/05	78,41		
jul/97	34,74	jun/01	54,79	mai/05	80,21		
ago/97	33,03	jul/01	56,94	jun/05	82,94		
set/97	32,61	ago/01	63,06	jul/05	85,29		
out/97	33,37	set/01	64,31	ago/05	82,90		
nov/97	34,23	out/01	65,88	set/05	78,81		
dez/97	35,51	nov/01	63,23	out/05	75,24		
jan/98	35,38	dez/01	64,57	nov/05	74,51		
fev/98	40,18	jan/02	65,16	dez/05	77,30		
mar/98	43,00	fev/02	60,98	jan/06	76,30		
abr/98	47,53	mar/02	58,07	fev/06	78,69		
mai/98	78,24	abr/02	58,58	mar/06	82,34		
jun/98	87,71	mai/02	56,93	abr/06	80,96		
jul/98	79,19	jun/02	59,71	mai/06	75,04		
ago/98	74,66	jul/02	69,14	jun/06	69,87		
set/98	66,03	ago/02	70,43	jul/06	65,18		
out/98	67,24	set/02	70,62	ago/06	63,08		
nov/98	64,43	out/02	69,61	set/06	64,49		
dez/98	65,90	nov/02	71,24	out/06	66,72		
jan/99	63,34	dez/02	82,49	nov/06	65,85		
fev/99	52,26	jan/03	90,81	dez/06	63,86		
mar/99	50,77	fev/03	90,11	jan/07	63,06		
abr/99	49,17	mar/03	93,48	fev/07	62,11		
mai/99	39,87	abr/03	101,17	mar/07	60,34		
jun/99	36,45	mai/03	93,65	abr/07	60,44		
jul/99	32,56	jun/03	82,14	mai/07	62,80		
ago/99	35,56	jul/03	75,90	jun/07	65,06		

Continua...

TABELA 7A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
set/99	39,63	ago/03	68,74	jul/07	67,30		
out/99	41,61	set/03	68,16	ago/07	71,20		
nov/99	41,66	out/03	68,40	set/07	75,62		
dez/99	42,74	nov/03	66,56	out/07	88,08		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 8A Retorno Logaritmicado % da soja.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
mar/96	-3,777132	jan/00	-6,25204	nov/03	9,979232	set/07	8,157051
abr/96	3,938163	fev/00	1,62889	dez/03	-1,62681	out/07	6,244378
mai/96	7,140348	mar/00	0,057687	jan/04	-1,77289	nov/07	6,156675
jun/96	-3,584066	abr/00	0,115274	fev/04	-1,99934	dez/07	3,966061
jul/96	0,310078	mai/00	-1,1005	mar/04	8,530676	jan/08	7,040423
ago/96	6,589209	jun/00	-4,04095	abr/04	4,712914	fev/08	6,904286
set/96	8,071138	jul/00	-2,58	mai/04	-3,16112	mar/08	-2,02646
out/96	7,530092	ago/00	-6,55762	jun/04	-9,06576	abr/08	-2,23863
nov/96	-3,919591	set/00	9,621584	jul/04	-10,0768	mai/08	-1,49604
dez/96	-1,167328	out/00	0,661657	ago/04	-5,13774	jun/08	9,492823
jan/97	-1,379332	nov/00	3,47605	set/04	-0,02805	jul/08	2,813967
fev/97	-1,667261	dez/00	5,902247	out/04	-6,96944	ago/08	-7,83691
mar/97	2,457779	jan/01	0,544367	nov/04	-4,23896	set/08	-1,47587
abr/97	4,928998	fev/01	-2,97543	dez/04	-3,15564	out/08	-1,4493
mai/97	0,560575	mar/01	-4,34354	jan/05	-1,56661	nov/08	2,02319
jun/97	-4,575131	abr/01	-4,11384	fev/05	-4,16447		
jul/97	-2,701977	mai/01	1,330128	mar/05	6,697896		
ago/97	4,186354	jun/01	11,34359	abr/05	-0,93444		
set/97	6,149096	jul/01	14,22068	mai/05	-2,42476		
out/97	0,540704	ago/01	6,657134	jun/05	0,39722		
nov/97	2,485335	set/01	6,036861	jul/05	-2,10323		
dez/97	0,291801	out/01	2,667903	ago/05	-1,29034		
jan/98	-3,861484	nov/01	3,642463	set/05	-3,44202		
fev/98	-5,733657	dez/01	-1,12165	out/05	-5,86369		
mar/98	-8,427444	jan/02	-7,25832	nov/05	-3,94008		
abr/98	-7,911269	fev/02	-5,10512	dez/05	2,846346		
mai/98	-0,758154	mar/02	-8,11069	jan/06	-1,33615		
jun/98	-4,753524	abr/02	-4,04243	fev/06	-0,73289		
jul/98	1,347622	mai/02	7,651915	mar/06	-3,98868		
ago/98	-5,336755	jun/02	13,78384	abr/06	-3,40127		
set/98	4,625571	jul/02	10,35538	mai/06	-0,71115		
out/98	0	ago/02	13,00443	jun/06	4,313669		
nov/98	4,95074	set/02	8,167803	jul/06	-1,41731		
dez/98	-2,367426	out/02	9,485779	ago/06	-0,4906		
jan/99	-4,909933	nov/02	-0,21316	set/06	-2,11232		
fev/99	14,90356	dez/02	11,59735	out/06	3,738369		
mar/99	4,779066	jan/03	-8,91298	nov/06	5,109166		
abr/99	-4,151668	fev/03	-0,3642	dez/06	5,079509		
mai/99	0,761513	mar/03	-6,3757	jan/07	-0,32829		
jun/99	-2,726488	abr/03	-5,95141	fev/07	2,525387		
jul/99	-1,140426	mai/03	-1,3953	mar/07	0,035619		
ago/99	4,348511	jun/03	0,059773	abr/07	-1,97813		
set/99	14,8349	jul/03	-1,02103	mai/07	-2,24068		

Continua...

TABELA 8A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
out/99	5,860379	ago/03	-3,47033	jun/07	1,98609		
nov/99	-1,29179	set/03	6,29748	jul/07	-0,21874		
Dez/99	2,567105	out/03	14,14955	ago/07	6,294053		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 9A Retorno Logaritmicado % do milho.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
mar/96	-6,236434	jan/00	4,849435	nov/03	3,307029	set/07	12,60407
abr/96	6,35728	fev/00	-2,77483	dez/03	3,038069	out/07	6,371581
mai/96	4,948006	mar/00	-9,4854	jan/04	-3,65692	nov/07	9,668098
jun/96	0,915338	abr/00	0,083577	fev/04	-3,97175	dez/07	8,472566
jul/96	-6,59062	mai/00	-1,09199	mar/04	3,689179	jan/08	3,153414
ago/96	9,065437	jun/00	-5,64631	abr/04	6,039156	fev/08	-5,50737
set/96	-0,22247	jul/00	-2,62577	mai/04	2,421171	mar/08	-5,4154
out/96	-0,222966	ago/00	5,965275	jun/04	-2,68791	abr/08	-0,82782
nov/96	-0,111669	set/00	7,169736	jul/04	-2,92704	mai/08	-3,98527
dez/96	-8,144033	out/00	-4,27345	ago/04	-3,58381	jun/08	2,4777
jan/97	-8,734201	nov/00	0	set/04	1,639844	jul/08	1,507566
fev/97	-5,715841	dez/00	-11,2758	out/04	-3,48109	ago/08	0,497513
mar/97	-1,410461	jan/01	-11,2277	nov/04	-0,58241	set/08	-4,00813
abr/97	1,129956	fev/01	-6,18083	dez/04	-2,90391	out/08	-9,42776
mai/97	8,478512	mar/01	-7,79011	jan/05	0,360144	nov/08	-3,71038
jun/97	-8,759806	abr/01	-0,72816	fev/05	-0,17991		
jul/97	1,259639	mai/01	1,451053	mar/05	5,772515		
ago/97	0,277778	jun/01	4,804673	abr/05	0,958564		
set/97	-1,256123	jul/01	6,210421	mai/05	-1,86921		
out/97	8,478512	ago/01	7,45687	jun/05	3,759208		
nov/97	-1,037623	set/01	6,752806	jul/05	-0,05508		
dez/97	7,773335	out/01	-2,16887	ago/05	0,76839		
jan/98	-0,483677	nov/01	6,816635	set/05	-4,70148		
fev/98	1,801851	dez/01	1,150964	out/05	-5,05395		
mar/98	-0,477328	jan/02	5,146934	nov/05	-3,06021		
abr/98	0,71514	fev/02	0	dez/05	0,557795		
mai/98	6,21604	mar/02	0,083577	jan/06	-1,30639		
jun/98	-7,050869	abr/02	3,770939	fev/06	1,553309		
jul/98	8,271073	mai/02	3,78893	mar/06	-6,89048		
ago/98	-7,317549	jun/02	-1,24709	abr/06	-5,08067		
set/98	-0,356507	jul/02	3,846628	mai/06	-0,69735		
out/98	0,118977	ago/02	7,765961	jun/06	3,506719		
nov/98	7,113089	set/02	7,14108	jul/06	1,008412		
dez/98	-2,239735	out/02	13,93661	ago/06	-0,46933		
jan/99	6,042475	nov/02	19,23578	set/06	0,335458		
fev/99	-6,382804	dez/02	8,451955	out/06	6,545906		
mar/99	4,770733	jan/03	-1,4252	nov/06	7,607771		
abr/99	3,826184	fev/03	-6,65414	dez/06	10,4779		
mai/99	-5,685177	mar/03	-5,69123	jan/07	2,737067		
jun/99	-2,684725	abr/03	-0,4439	fev/07	-2,68473		
jul/99	5,299253	mai/03	-3,88056	mar/07	-6,42944		
ago/99	0,322061	jun/03	-9,76253	abr/07	-3,23249		
set/99	6,030933	jul/03	-8,20277	mai/07	0		

Continua...

TABELA 9A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
out/99	4,826146	ago/03	-1,61194	jun/07	-0,23081		
nov/99	14,14328	set/03	6,29748	jul/07	3,183896		
dez/99	7,243713	out/03	1,224862	ago/07	1,223597		

Fonte: IPEA (2008).

TABELA 10A Retorno Logaritimizado % do feijão.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
mar/96	-0,68524	jan/00	-11,2038	nov/03	-2,7269	set/07	6,022798
abr/96	2,567649	fev/00	-6,34748	dez/03	-5,7512	out/07	15,25247
mai/96	-1,941809	mar/00	-5,12052	jan/04	12,01143	nov/07	20,49962
jun/96	5,940057	abr/00	-1,65733	fev/04	-3,94352	dez/07	27,38521
jul/96	1,885802	mai/00	7,472593	mar/04	3,689179	jan/08	8,076742
ago/96	0,547947	jun/00	-3,83903	abr/04	-1,26719	fev/08	-3,88263
set/96	4,540166	jul/00	-2,62406	mai/04	-1,47231	mar/08	-1,44699
out/96	2,907705	ago/00	12,08965	jun/04	-2,22019	abr/08	-6,65569
nov/96	2,850193	set/00	3,725543	jul/04	-5,06206	mai/08	-9,0735
dez/96	-10,40741	out/00	-2,3993	ago/04	-5,03554	jun/08	14,18454
jan/97	-1,404788	nov/00	-4,76154	set/04	5,410185	jul/08	-5,98518
fev/97	-0,975618	dez/00	0,863237	out/04	7,052903	ago/08	6,401271
mar/97	-3,158607	jan/01	11,07449	nov/04	1,969728	set/08	1,395068
abr/97	4,466542	fev/01	7,211375	dez/04	1,441721	out/08	-0,63671
mai/97	0,578913	mar/01	12,75291	jan/05	3,651298	nov/08	-8,58632
jun/97	0,848507	abr/01	0,510706	fev/05	0,660781		
jul/97	-5,461248	mai/01	3,636065	mar/05	-0,36356		
ago/97	-5,047552	jun/01	3,453741	abr/05	5,613116		
set/97	-1,279725	jul/01	3,849039	mai/05	2,269673		
out/97	2,30383	ago/01	10,20886	jun/05	3,346926		
nov/97	2,544516	set/01	1,962849	jul/05	2,793976		
dez/97	3,671189	out/01	2,411977	ago/05	-2,84222		
jan/98	-0,366766	nov/01	-4,1056	set/05	-5,05952		
fev/98	12,72227	dez/01	2,097104	out/05	-4,63569		
mar/98	6,783076	jan/02	0,909588	nov/05	-0,97497		
abr/98	10,0161	fev/02	-6,62998	dez/05	3,676061		
mai/98	49,84199	mar/02	-4,88968	jan/06	-1,3021		
jun/98	11,42549	abr/02	0,874416	fev/06	3,084314		
jul/98	-10,21859	mai/02	-2,85709	mar/06	4,534093		
ago/98	-5,890556	jun/02	4,767707	abr/06	-1,69018		
set/98	-12,28353	jul/02	14,66339	mai/06	-7,59339		
out/98	1,815912	ago/02	1,848587	jun/06	-7,13849		
nov/98	-4,268895	set/02	0,269408	jul/06	-6,94837		
dez/98	2,255908	out/02	-1,44052	ago/06	-3,27489		
jan/99	-3,96214	nov/02	2,314622	set/06	2,210641		
fev/99	-19,22858	dez/02	14,66226	out/06	3,399459		
mar/99	-2,892563	jan/03	9,609234	nov/06	-1,31253		
abr/99	-3,202195	fev/03	-0,77383	dez/06	-3,06862		
mai/99	-20,96595	mar/03	3,671636	jan/07	-1,26065		
jun/99	-8,96827	abr/03	7,905476	fev/07	-1,51796		
jul/99	-11,28569	mai/03	-7,72378	mar/07	-2,89118		
ago/99	8,813687	jun/03	-13,1139	abr/07	0,16559		
set/99	10,8365	jul/03	-7,90084	mai/07	3,830394		

Continua...

TABELA 10A Continuação.

Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$	Data	Sc/R\$
out/99	4,875412	ago/03	-9,90854	jun/07	3,535485		
nov/99	0,120091	set/03	-0,84734	jul/07	3,385032		
dez/99	2,559381	out/03	0,351494	ago/07	5,633258		

Fonte: IPEA (2008).