

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

GIL CARLOS BARABACH

**A EFICIENTE DIVERSIFICAÇÃO COMERCIAL DO CAFÉ ARÁBICA:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DA MODERNA TEORIA DE CARTEIRAS**

PORTO ALEGRE

2009

GIL CARLOS BARABACH

**A EFICIENTE DIVERSIFICAÇÃO COMERCIAL DO CAFÉ ARÁBICA:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DA MODERNA TEORIA DE CARTEIRAS**

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de
Pós-graduação em Economia da Pontifícia
Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva

PORTO ALEGRE

2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B223e Barabach, Gil Carlos

A eficiente diversificação comercial do café arábica:
uma abordagem a partir da moderna teoria de carteiras.
/ Gil Carlos Barabach. – Porto Alegre, 2009.
145 f.

Dissertação (Mestrado em Economia do
Desenvolvimento) – Faculdade de Administração,
Contabilidade e Economia, PUCRS.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva.

1. Economia. 2. Café - Comercialização. 3. Teoria
De Carteiras. 4. Mercado Financeiro. 5. CAPM.
6. Modelo de Média-Variância. 7. Hedge. I. Silva,
Carlos Eduardo Lobo e. II. Título.

CDD 332.6

Ficha elaborada pela bibliotecária Cíntia Borges Greff CRB 10/1437

Gil Carlos Barabach

A EFICIENTE DIVERSIFICAÇÃO COMERCIAL DO
CAFÉ ARÁBICA: UMA ABORDAGEM A PARTIR
DA MODERNA TEORIA DE CARTEIRAS

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em 29 de agosto de 2009, pela Banca Examinadora.

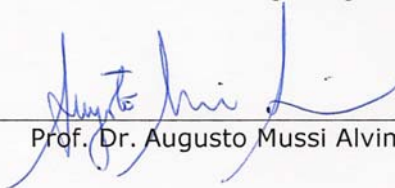
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva - PUCRS
Orientador



Prof. Dr. Izete Pengo Bagolin - PUCRS



Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim - PUCRS



Prof. Dr. Leonardo Xavier da Silva - UFRGS

A Luciana e Maria Fernanda, pelo amor, paciência e pela bela trajetória juntos. E dizer que tudo começou com um pinguinho de tinta no papel...

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Dinarte e Suely, pela formação humana, educação e apoio inconstante nos estudos. Sem eles não conseguiria.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, particularmente aos docentes e a equipe técnica do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE), pela oportunidade de acesso à educação de excelência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio com a concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Judas Tadeu Grassi Mendes pela confiança. Aos professores do Curso de Mestrado, em especial a Carlos Eduardo Silva (Cadu), não só pelo empenho na orientação e desenvolvimento desse trabalho, mas principalmente pelo envolvimento e especial atenção nos momentos difíceis vividos neste período.

Ao Mauricio Muruci, pela ajuda na captação dos dados estatísticos e na configuração das figuras apresentadas nesse trabalho e a Alexandre Monguilhott pela prontidão nas questões estatísticas.

E por fim, aos colegas do curso de mestrado pelas discussões acaloradas, trabalhos intermináveis e descontraídos churrascos. Um agradecimento especial a Leandro Cecchetti e a Luzihê Mendes Martins pelo companheirismo e união, marca da nossa caminhada desde o início das aulas.

Para quem queira ver, há luz suficiente, para quem não quer, há bastante obscuridade

Blaise Pascal

RESUMO

O alto grau de risco da atividade agrícola, em particular da cafeicultura, exige uma gestão comercial mais apurada. E para isso não basta apenas reconhecer e utilizar as alternativas de mercados é preciso compor essas inúmeras possibilidades, buscando uma maior eficiência comercial.

O estudo avalia justamente a composição das alternativas de negociação de café arábica no mercado brasileiro, tendo como base à teoria de carteiras. Para isso, as possibilidades comerciais são distribuídas em ativos híbridos, compostos pela comercialização do café e a aplicação do resultado dessa venda em um fundo de renda fixa até o término da temporada comercial. Cada alternativa representa um ativo isolado, que irá compor ou não uma carteira de comercialização de café, onde o conjunto possível contempla as diversas escolhas de venda.

O mercado de café foi distribuído em três instrumentos comerciais: 1) negociações no mercado físico à vista, considerando como referência o café arábica de bebida dura tipo 6 na região Sul de Minas Gerais 2) hedge de venda do café arábica no mercado futuro, utilizando como referência a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) e 3) a negociação no mercado a termo, com adiantamento total de recursos ao produtor.

O trabalho analisa a composição das carteiras através do modelo de Média-Variância e do *Capital Asset Price Model* (CAPM). O grande desafio é a aplicabilidade da técnica de risco-retorno envolvendo um mesmo ativo subjacente, o café. A solução encontrada para o problema foi utilizar a variável tempo como parâmetro de análise, com a venda de café pelo produtor sendo distribuída entre as diferentes modalidades comerciais ao longo do ciclo comercial do produto.

Os resultados mostraram uma melhora no desempenho comercial, com redução no risco e a elevação do retorno, a partir de carteiras mais diversificadas.

Palavras-Chave: café; comercialização, teoria de carteiras, modelo de média-variância, CAPM, hedge, mercado futuros, mercado a termo

ABSTRACT

High risk degree in agricultural activity, particularly in the coffee industry, requires a more careful business management. But to recognize and use market alternatives is not enough, it is necessary to work out a number of possibilities, looking for greater trading efficiency.

The study assesses exactly the composition of such commercial alternatives of arabica coffee negotiation in the Brazilian market, based on the portfolio theory. For that, the chances of growers are distributed in hybrid assets, made up by coffee trading and application of the result of such sale in a fixed income fund till the end of the marketing season. Each alternative represents an isolated asset, which will make part or not of a coffee portfolio, whose possible set comprises many sale choices.

The coffee market was distributed in three commercial instruments: 1) negotiations in the physical spot market, considering as reference arabica coffee hard cup type 6 in southern Minas Gerais 2) sale hedge of arabica coffee in the futures market, taking as reference the Brazilian Mercantile and Futures Exchange (BM&F) and 3) the negotiation of forward contracts, with pay in advance of all resources to growers.

The study analyses the possibility of using the mean-variance model and Capital Asset Price Model (CAPM). The big challenge is the application of risk-return techniques for a same subjacent asset: coffee. The solution found for the problem is the use of the variable time as parameter of analysis. Coffee sales are distributed in time between the different commercial modes during the trading cycle of the product.

The results showed some improvement on average performance, with the most diversified portfolios showing a lower risk and higher return.

Keywords: coffee, trading, portfolio theory, mean-variance pattern, CAPM, futures market hedging, forward contract

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Comparação entre contrato Futuro e a Termo.....	59
Quadro 02 – Custos Operacionais - Entrada da Posição no Mercado Futuro.....	63
Quadro 03 – Custos Operacionais - Saída da Posição no Mercado Futuro.....	64
Quadro 04 – Relação do Preço da Commodity com o Preço de Exercício da Opção.....	68
Quadro 05 – Comparativo entre os Mercados Futuros de Café.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Retorno Médio Venda à Vista de café (S) – em percentual (%)	
Temporadas 1980/81 a 2008/09	96
Tabela 02 – Matriz de Variância e Covariância dos Retornos	
Mercado à Vista de Café (S).....	98
Tabela 03 – Matriz de Correlação dos Retornos	
Mercado à Vista de Café (S).....	98
Tabela 04 – Composição das Carteiras Eficientes: Mercado à Vista de Café (S).....	
	100
Tabela 05 – Relação Risco e Retorno das Carteiras Eficientes	
Mercado à Vista de Café (S).....	102
Tabela 06 – Coeficiente Sistemático – Venda à Vista (S) de Café.....	
	104
Tabela 07 - Avaliação dos Ativos Venda a Vista de Café (S) – Modelo CAPM.....	
	105
Tabela 08 - Índice de Atratividade de Treynor (IT) e Sharpe (IS)	
Ativos de Venda à Vista de Café (S).....	106
Tabela 09 – Retorno Médio de Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café em %	
Temporadas 1999/93 a 2008/09	109
Tabela 09 – Retorno Médio de Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café em %	
Temporadas 1999/93 a 2008/09	109
Tabela 10 – Composição de Carteiras Eficientes	
Mercado a Vista (S) e Futuro (F) de Café.	112
Tabela 11 – Risco e Retorno das Carteiras Eficientes – em %	
Mercado a Vista (S) e Mercado Futuro (F) de Café.....	114
Tabela 12 – Coeficiente Sistemático – Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café	
	115
Tabela 13 – Avaliação dos Ativos de Venda à Vista (S) e Futura (F) de Café	
Modelo CAPM	117
Tabela 14 – Índice de Atratividade de Treynor (IT) e Sharpe (IS) para ativos S e F.....	
	119
Tabela 15 – Ponto de Corte (C) dos ativos S e F.....	
	120
Tabela 16 – Composição da Carteira Ótima para Ativos S e F.....	
	121

Tabela 17 – Retorno Médio de Venda a Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café em % Temporadas 1992/93 a 2008/09	123
Tabela 18 – Composição de Carteiras Eficientes Mercado a Vista (S), Futuro (F) e a Termo (T) de Café.....	124
Tabela 19 – Risco e Retorno das Carteiras Eficientes – em % Mercado a Vista (S), Futuro (F) e a Termo (T) de Café.....	126
Tabela 20 – Coeficiente Sistemático: Venda à Vista (S), Futuro (F) e a Termo (T) de Café.....	128
Tabela 21 – Avaliação dos Ativos de Venda à Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café Modelo CAPM	129
Tabela 22 –Índice de Atratividade de Treynos (IT) e Sharpe (IS) para ativos S, F e T.....	131
Tabela 23 – Ponto de Corte (C) dos ativos S, F e T	132
Tabela 24 – Composição da Carteira Ótima para ativos S, F e T.....	133

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Base do café no Sul de MG contra BM&F dezembro em moeda corrente (R\$) deflacionada base junho de 2009	92
Gráfico 02 – Evolução Mensal do Retorno – 1980/81 a 2008/09 (base na venda no mercado físico à vista de café)	94
Gráfico 03 – Fronteira Eficiente: Venda à Vista de Café (S)	101
Gráfico 04 – Fronteira Eficiente: Venda à Vista (S) e Futura (F) de Café	111
Gráfico 05 – Fronteira Eficiente: Venda à Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Função de Utilidade com Aversão ao Risco.....	32
Figura 02 – Função de Utilidade de Neutralidade ao Risco.....	32
Figura 03 – Função de Utilidade com Propensão ao Risco.....	33
Figura 04 – Dupla Inflexão da Curva de Utilidade.....	34
Figura 05 – Fronteira Eficiente de Média-Variância.....	43
Figura 06 – Combinação de Carteiras de Risco e Sem Risco.....	49
Figura 07 – Linha de Mercado dos Ativos.....	50
Figura 08 – Resultado de Compra de uma Put.....	69
Figura 09 – Resultado de Compra de uma Call.....	70

LISTA DE SIGLAS

- ACC - Adiantamento de Contrato de Câmbio
- AGF - Aquisições do Governo Federal
- AIC - Acordo Internacional de Café
- APT - Arbitrage Pricing Theory
- BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuro
- BOVESPA - Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
- CALL - Opção de Compra
- CAPM - Capital Asset Price Model
- CBOT - Chicago Board of Trade
- CDB - Certificado de Depósito Bancário
- CDI - Certificado de Depósito Interbancário
- CETIP - Central de Custódia e Liquidação de Títulos
- CME - Chicago Mercantile Exchange
- CPR - Cédula do Produto Rural
- CSCE - Bolsa Coffee, Sugar e Cocoa Exchange
- EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- IBC - Instituto Brasileiro de Café
- ICE - InterContinental Exchange
- IGP-DI - Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- LFT - Letras Financeiras do Tesouro
- LIFFE - London International Financial Futures and Options Exchange
- NYSE - New York Stock Exchange (NYSE Euronext é o seu braço europeu)
- NYBOT - New York Board of Trade
- OIC - Organização Internacional do Café
- PEP - Prêmio de Escoamento da Produção
- PEPRO - Prêmio de Equalizador Pago ao Produtor
- PUT - Opção de Venda
- EU - Utilidade Esperada
- E-V - Média e Variância

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE SIGLAS	xiii
SUMÁRIO	xiv
INTRODUÇÃO	16
1.1 Considerações Iniciais	16
1.2 Justificativa	21
1.3 Objetivos	22
1.4 Estrutura do Trabalho	23
2 PREFERÊNCIAS DO INVESTIDOR	24
2.1 Escolha em Condições de Incerteza	27
2.2 Função da Utilidade Esperada	28
2.3 O Papel do Risco	30
2.4 Risco Financeiro	35
3 MODERNA TEORIA DE CARTEIRAS	37
3.1 A Lógica Matemática de Markowitz	38
3.1.2 Fronteira eficiente das carteiras de investimento	42
3.1.3 Considerações em relação ao modelo de Média-Variância	44
3.2 O Modelo CAPM	45
3.2.1 Premissas e considerações ao CAPM	51
3.3 O Modelo APT	52
4. COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA	54
4.1 Mercado a Termo	55
4.1.1 Cédula do produto rural (CPR)	56
4.2 Mercado Futuro	59

4.2.1 Formas de liquidação, margens de garantia e principais operadores	60
4.2.2 Lógica do hedge	62
4.2.2.1 Exemplo de hedge de venda	62
4.2.3 Base e risco de base	65
4.3 Mercado de Opções	66
4.3.1 O valor de uma opção	67
4.3.2 Exemplo de operação com opção de venda e com opção de compra.....	69
4.3.3 Fatores que afetam o preço das opções	71
4.3.4 Considerações sobre as opções e sua utilização no agrícola brasileiro	72
5 METODOLOGIA.....	74
5.1 Composição das Carteiras a partir da Venda de Café no Mercado à Vista.....	77
5.1.1 Construção da fronteira eficiente.....	82
5.1.2 Modelo CAPM com venda a vista de café	83
5.1.3 Índice de Treynor (IT) e Índice Sharpe (IS).....	85
5.2 Agregar o Hedge de Venda no Mercado Futuro.....	86
5.2.1 Formação de carteiras com venda no mercado futuro de café	89
5.2.3 Escolha da carteira ótima com método simplificado.....	90
5.3 Agregar a Negociação no Mercado a Termo.....	91
5.3.1 Formação de carteiras com venda a termo de café.....	93
6 RESULTADOS	94
6.1 Fronteira Eficiente com Venda à Vista de Café (S)	94
6.1.2 CAPM para os ativos de venda à vista de café (S).....	103
6.1.3 Avaliação dos ativos com venda à vista pelos Índices de Treynor e Índice de Sharpe.	105
6.2 Fronteira Eficiente com Venda à Vista (S) e Futura (F) de Café	107
6.2.1 CAPM para Ativos com Venda à vista (S) e Futura (F) de café	115
6.2.2 Encontrando a carteira ótima com ativos S e F	118
6.3 Fronteira Eficiente com Venda à Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café.....	122
6.3.1 CAPM para ativos com Venda a Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café.....	127
6.3.2 Encontrando a carteira ótima com ativos S, F e T.....	130
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
REFERÊNCIAS.....	136

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A vulnerabilidade climática e a sensibilidade a pragas e doenças trazem a produção agrícola um comportamento peculiar, que se reproduz em grande volatilidade nos preços. É que diferentemente de outros segmentos, o produtor rural não tem domínio sobre o resultado final de sua atividade, o que torna a produção instável. Até a década de oitenta no Brasil, a cumplicidade entre governo e a atividade primária encobria imperfeições e aliviava os sintomas da exposição dos agricultores as oscilações do mercado. O esgotamento desse modelo deu luz às deficiências desse casamento e forjou um rearranjo no setor primário nacional. Cadeias produtivas foram desregulamentadas e a participação do governo na atividade primária foi significativamente reduzida.

A grave crise no estado brasileiro apressou o rompimento desse relacionamento, já há muito tempo desgastado. Bacha et al (2006) afirmam que o desequilíbrio fiscal fez o governo eleger o acerto das contas públicas como prioridade, o que resultou em um redimensionamento da sua participação na economia nacional. No caso da agricultura, houve uma acentuada queda no volume de recursos voltados ao financiamento, bem como, uma drástica alteração nas políticas de garantia de preço mínimo.

Era o fim da fase paternalista, como afirmam Gasques e Verde (1995), e de um modelo que foi concebido nos anos 60. O fato é que nos primeiros anos, a alteração na condução da política econômica teve pouco impacto sobre a atividade agrícola. Os efeitos da escassez de crédito foram atenuados em virtude das modestas taxas de crescimento econômico nacional, que naturalmente repercutiram também sobre o segmento agrícola. A década de 80, conhecida como década perdida, foi marcada pelo substancial arrefecimento nos investimentos em modernização produtiva, bem como, pela forte redução no ritmo da expansão das fronteiras agrícolas. Outro fato, é que como a oferta de crédito anterior estava superdimensionada, a redução no volume disponibilizado serviu para ajustá-la a real necessidade do produtor.

A partir da década de 90, no entanto, a procura por crédito foi retomada. Mas diante da incapacidade em atender as necessidades crescentes dos produtores e da impossibilidade de seguir como agente financiador da agricultura, pelo menos não na mesma intensidade que fizera nas décadas anteriores, o governo passou a assumir uma nova linha de atuação. Afastou-se de programas de aquisição de produto, evidenciando o desejo de não mais arcar

sozinho com a estocagem do excedente produzido. Para isso deixou de lado o programa de Aquisição do Governo Federal (AGF), abrindo mais espaço para que os agentes privados, em particular produtores, cooperativas, indústrias e exportadores, assumam esse papel. Dado à limitada dotação de recursos, o governo passou a priorizar algumas áreas de atuação, como a comercialização e o investimento em ampliação da produção, deixando cada vez mais o custeio das lavouras na mão da iniciativa privada. Essa lacuna foi rapidamente preenchida pelo crédito privado, com destaque aos mecanismos informais, como o escambo, afirmam Gonzalez e Marques (1999). Destaque as empresas de insumos, que com suas operações de troca de produto por insumos agrícolas, conhecidas no jargão de mercado simplesmente como “operações de troca” tem atraído produtores e facilitado o acesso aos pacotes tecnológicos.

O governo também procurou ampliar a utilização de títulos por parte dos produtores, tanto no intuito de financiamento como para seguro de preço, o que representa um avanço em relação às formas tradicionais de garantia do mercado. Com base nessa nova linha de atuação, foi criada em 1994, pelo Banco do Brasil, a Cédula do Produto Rural (CPR). O *design* inicial, segundo Gonzalez e Marques (1999), indicava a necessidade de utilização do aval de alguma instituição financeira, bem como, o registro do título na CETIP (Central de Custódia e Liquidação de Títulos). Mas tornou-se comum os acordos fechados direto entre comprador e vendedor, com CPR, neste caso, funcionando meramente como um contrato a termo.

Outro mecanismo estimulado foi o Adiantamento de Contrato de Câmbio (ACC) por parte dos exportadores de commodities agrícolas. É que o exportador quando antecipa receita, normalmente vem ao mercado físico para cobrir a sua necessidade de produto. E esse procedimento ajuda a injetar liquidez nas negociações no mercado físico, facilitando a antecipação de receita por parte do produtor. Por essas iniciativas, fica claro que os novos mecanismos buscam uma maior aproximação entre a atividade agrícola e as operações de hedge, em especial aqueles atrelados aos mercados futuros. Para Gonzalez e Marques (1999) essa associação tornou os instrumentos de comercialização bem mais eficazes, que as velhas práticas de aquisições do governo.

Gasques (2001) confirma que os instrumentos criados pelo governo para comercialização a partir da década de noventa não só reduziram os gastos públicos como aumentaram a eficiência da política agrícola. A participação no gasto total teve uma sensível queda, caindo de 5,8%, no início da década de oitenta, para 2,1% entre os anos de 1995 a 1999. Além disso, os novos instrumentos governamentais passaram a vincular o setor privado à comercialização, introduzindo outros mecanismos como os prêmios, onde se destacam o PEP (Prêmio de Escoamento da Produção) e o PEPRO (Prêmio de Equalizador Pago ao

Produtor), e também as operações de opções de venda ao governo. Essa última é apenas a transposição ao mercado físico do instrumental já amplamente utilizado nos mercados futuros, tendo o governo no papel de lançador da opção e o produtor como comprador do título. Esses mecanismos trouxeram expressivas reduções nos custos financeiros e de execução da política de comercialização, uma vez que evitavam as aquisições diretas do produto por parte do governo. Também deram maior agilidade ao processo, requisito essencial para as cadeias produtivas mais dinâmicas, em especial as vinculadas ao mercado externo.

Além das mudanças internas, o mundo também passou por profundas transformações a partir do final da década de 80. O choque do petróleo em 1979 e a elevação das taxas de juros mundiais no início da década de 80 levaram a um gargalo no crédito mundial, que ajudou a precipitar a alteração na condução da política econômica, até então bastante concentrada na mão do poder público. O papel do governo passou a ser duramente questionado e as diretrizes econômicas assumiram uma linha completamente distinta das que predominavam nas décadas anteriores. As principais mudanças foram à aceleração do processo de abertura de mercados e a gradual retirada do governo da atividade produtiva.

O impacto sobre a atividade agrícola brasileira foi significativo. Marques et al (2006) destacam que o governo deixa de exercer a função de principal financiador da agricultura. Em termos práticos, significou que as linhas de créditos minguaram e os programas de garantia de preço mínimo passaram a atender um número cada vez menor de produtores. O distanciamento das fontes públicas de recursos e o fim da tutela do estado fez o agricultor migrar para o auto-financiamento ou buscar fontes privadas de financiamento.

Dentre as atividades agrícolas, a cafeicultura foi uma das que mais sentiu essas mudanças. É bom lembrar que as fazendas de café formavam um mundo à parte. Saes (1995) argumenta que o café concentrou a riqueza do país, formando uma aristocracia, que teve influência não só econômica, mas também social e política, destacando-se como a principal elite social brasileira. Em meio aos ciclos de expansão e crises, o café chegou a responder por 80% das nossas receitas cambiais. Toda esta relevância teve como consequência uma interferência direta do governo, com o intuito de oferecer suporte à atividade. No ano de 1952 foi criado o Instituto Brasileiro de Café (IBC), que tinha a incumbência de definir estratégias que abrangiam desde a produção até a comercialização do produto. O IBC prestava assistência técnica e econômica à cafeicultura, além de ter total controle sobre a comercialização, tanto do produto voltado ao consumo interno como, principalmente, à exportação. Desenvolvia estudos e pesquisas, que se estendiam desde o controle de pragas e

doenças, passando por temas como o aumento de produtividade, formas de plantio e beneficiamento do grão, até questões de ordem econômica e social.

Em 1986 começou a ser desmantelada toda a estrutura do IBC, lembra Bacha (1998). Mas o instituto só foi efetivamente extinto em março de 1990. O fim do IBC criou, a princípio, um vácuo no segmento cafeeiro nacional, pois interrompeu desde políticas de custeio e comercialização até programas de pesquisas agrônomicas. E o quadro é agravado, uma vez que paralelamente as mudanças internas, a atividade cafeeira mundial também era desregulamentada, com o fim do Acordo Internacional do Café (AIC).

O AIC, inicialmente concebido para durar cinco anos, estendeu-se, oscilando momentos de maior e menor adesão e até períodos de interrupção, de 1951 a 1989. Ganhou vida no pós-guerra, logo após o período inicial de reconstrução da Europa, e era justificado ideologicamente pelas forças políticas dos países líderes do ocidente, como uma maneira de combater o avanço do comunismo pelo mundo, destaca Saes (1995). O medo do comunismo se acirrou com o início da guerra fria e a polarização política. Neste contexto, os acordos diplomáticos de cunho econômico ficaram facilitados, ainda mais quando se trata de um produto cuja base produtiva é concentrada em países não-desenvolvidos, como é o caso do café. Para os países desenvolvidos, liderados pelos Estados Unidos, a anuência ao AIC tinha um cunho muito mais político que econômico. Mas a queda do muro de Berlim em 1989 junto ao fim da União da República Socialistas Soviéticas (U.R.S.S.) estimulou uma onda ideológica neoliberal, que resultou em uma aceleração do processo de desregulamentação da economia mundial.

Até o final da década de 80, a essência da política cafeeira era a cartelização do mercado, afirma Saes (1995). E este modelo apoiava-se teoricamente na significativa participação brasileira no mercado internacional e na baixa elasticidade da demanda de café em relação ao preço. A baixa sensibilidade do consumo em relação ao preço implica que uma variação para cima ou para baixo na quantidade ofertada repercute em uma variação inversa e mais que proporcional na cotação do produto. Partindo destes dois pressupostos, ao se controlar oferta via controle das exportações, particularmente o embarque de café do Brasil, consegue-se direcionar o preço do café no mercado mundial.

Mas dois fenômenos decorrentes desta situação acabaram por dificultar a manutenção do cartel. Primeiro, a estagnação do consumo mundial de café, em virtude da gradual redução do consumo per capita no período de 1960 a 1990, em especial nos Estados Unidos e na Europa. O café foi gradativamente perdendo espaço para outras bebidas, enfrentando um sério obstáculo junto ao público mais jovem. Também mostrou dificuldade na abertura de novos

mercados. Assim, manteve uma estrutura de consumo concentrada em países ricos, em que a alta renda resulta em um perfil saturado para compras de bens de consumo básicos, como bebidas e alimentos. Essa situação cria gargalos, justificando crescimento modesto do consumo mundial de café.

Só que o processo de estagnação no consumo se deu na contramão do aumento da produção mundial de café. A política de cartel escondeu imperfeições, que se perpetuaram até que a situação se tornou insustentável. O fato é que a cotação do produto superficialmente inflada impediu que produtores, com custos elevados, fossem sendo eliminados do mercado, uma vez que o preço, como salienta Saes (1995), era determinado justamente pelo produtor com custo mais alto. Com isso, a entrada de novos produtores era constantemente estimulada, o que resultou em elevação na produção, sem uma contrapartida do lado da demanda. Além disso, a composição produtiva era bastante heterogênea e marcada por critérios e necessidades bastante distintos, o que levou a pressões individuais, que foram minando o acordo, especialmente no tocante ao controle da produção. Nesse sentido, a produção seguiu crescendo, elevando os estoques, o que resultou em um crônico desequilíbrio na composição de oferta e demanda mundial de café, exigindo crescentes esforços para a retirada do excesso de produto do mercado. Ao Brasil coube a responsabilidade de administrar esses estoques crescentes.

O segundo fenômeno, é que o café perdeu importância na economia brasileira, deixando de ser estratégico, não justificando, por isso, tanta atenção nem tão pouco uma onerosa política para sustentar a seu preço. O intuito valorizador do café já havia cumprido o seu objetivo principal, que era dar condições para que o país diversificasse sua pauta produtiva, diminuindo a dependência da atividade cafeeira. Dessa forma, a saída do governo da atividade, nesse momento histórico, seria feita sem grandes traumas ou sobressaltos, havendo, inclusive, uma convergência de sentimentos políticos e econômicos, não só internamente, mas também no âmbito internacional, favorável ao desmanche dessa estrutura protetora.

Em entrevista a Revista do Café em 2001, citada por Saes e Nakazone (2002), Delfim Neto resume bem a situação:

“O que eu acho sobre o café, é isto: que nós cumprimos o ciclo. Ele foi um instrumento importantíssimo para financiar o crescimento desse país. Ele foi o catalisador dos investimentos, toda a estrada de ferro, os portos, toda a energia, tudo acabou sendo ligado ao café. O café produziu, na verdade, as divisas que eram necessárias para o começo dessa industrialização. O café fez o Brasil e o Brasil fez o café. Mas hoje não – o café é um produto comum”.

Lógico que o mercado mundial de café sentiu o baque do rápido desmonte das estruturas protecionistas. Mas superado o susto prematuro, a cafeicultura nacional adentrou em uma nova fase, caracterizada pela ausência do Estado nas atividades de comercialização e pesquisa. Para Bacha (1998) as conseqüências foram uma maior influência dos mercados futuros na determinação do preço praticado no mercado físico e em mudanças no perfil tecnológica do plantio.

Até o final da década de oitenta, o mercado de café era regido por regulamentações e cotas, excluindo os produtores, individualmente, do processo de decisão. Mas com a quebra dessa lógica comercial, o produtor passou a assumir a responsabilidade pela comercialização do seu produto. E isso forçou uma mudança de atitude, tendo como principal conseqüência uma maior profissionalização do setor. O resultado disso tudo foi um aprofundamento das relações entre os agentes da cadeia produtiva e o aperfeiçoamento dos mercados, com a consolidação de um mercado futuro interno, através da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), bem como, a maior utilização dos referenciais futuros externos, como destacam Marques et al (2006).

É também nítida a crescente aproximação de técnicas, antes restrita aos mercados financeiros, a análise da atividade comercial agrícola. Esse trabalho caminha justamente nessa direção, ao analisar a aplicabilidade da teoria de carteiras, amplamente utilizada na gestão de fundos no mercado acionário, a comercialização de café no mercado brasileiro.

1.2. Justificativa

Os produtores agrícolas têm controle sobre o tipo, quantidades de insumos e a tecnologia utilizada em suas lavouras, como sementes, fertilizantes, terra, trabalho e máquinas, mas não tem o total controle sobre o produto final, por se tratar de uma produção biológica influenciada por fatores de difícil domínio, como o clima. Por essa ótica, como afirma Mendes (1998), a produção agrícola passa a ser uma incógnita. E como a comercialização agrícola é a função de conciliar uma demanda relativamente estável com uma oferta que flutua de forma sazonal e aleatoriamente, a instabilidade na oferta se traduz em inconstância nos preços, que de uma forma geral é prejudicial à cadeia produtiva, por trazer grande incerteza aos agentes.

O risco de uma oscilação indesejada no preço pode ser eliminado mediante técnicas de gestão risco, que abrange as diversas alternativas comerciais, que além da venda física à vista, também merece destaque as operações a termo, as fixações de preço no mercado futuro e a

compra de opções sobre uma posição no mercado futuro. E alto risco da atividade agrícola se comparada ao investimento realizado, exige uma gestão comercial mais apurada. No caso da produção cafeeira, essa necessidade é ainda mais gritante. Trata-se de uma cultura perene, em que o investimento em uma lavoura é amortizado ao longo de vários anos, diferentemente de uma cultura temporária, onde o resultado sobre o investimento é medido durante um ciclo comercial, renovado ou não a cada nova temporada.

Mas não basta apenas reconhecer e utilizar as alternativas de mercados é preciso compor essas inúmeras alternativas, buscando uma maior eficiência comercial. E para tal é necessário estabelecer proporções ótimas desses extratos comerciais, compondo espécies de carteiras comerciais. Mas como destacam Elton et al (2004) a composição de uma carteira pode resultar de uma série de decisões aleatórias e independentes ou pode ser fruto de planejamento. A escolha racional dos ativos, bem como, a melhor proporção de cada ativo na composição da carteira, exige técnica. A mais conhecida é a média-variância, desenvolvida a partir de estudos iniciais de Markowitz em 1952, conhecida como teoria de carteiras.

É bom ressaltar, que técnicas de diversificação de carteiras já são largamente utilizadas por investidores e gestores de fundos de ações. Mas em commodities, especialmente as agrícolas, ainda são pouco difundidas. O grande desafio nesse trabalho é a aplicação do instrumental de análise de risco-retorno para um mesmo ativo agrícola, o café, o que implica em um elevado grau de correlação. A solução encontrada para o problema é a utilização da variável tempo como parâmetro de análise, distribuindo a venda de café entre as diferentes modalidades comerciais e ao longo do ciclo comercial do produto.

1.3. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo utilizar a análise de carteira como uma medida auxiliar na montagem da estratégia comercial por parte do cafeeiro brasileiro. Para se alcançar o objetivo geral da pesquisa há a necessidade de segmentar em objetivos específicos:

- Avaliar os tipos de mercados mais comuns na comercialização de café no Brasil;
- Estabelecer carteiras a partir de um mesmo ativo subjacente, utilizando como variável de diversificação a distribuição temporal da comercialização ao longo de um ciclo comercial;

- Apresentar alternativas de estratégias comerciais, com base na análise de média-variância.

1.4. Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em sete capítulos. Após a introdução, um segundo capítulo que é dedicado a conceituar as preferências do investidor e expor o arcabouço teórico que baliza a teoria da incerteza. O terceiro capítulo é dedicado à moderna teoria de carteiras, desenvolvida inicialmente por Markowitz (1952), com o modelo de Média-Variância, e aperfeiçoada por Sharpe (1964) com o modelo de equilíbrio Capital Asset Price Model (CAPM) . O quarto capítulo é consagrado aos tipos de mercados agrícolas, focando seu instrumental e complexidade, onde se destacam o mercado físico, a termo, futuro e as opções sobre os futuros.

No quinto capítulo é apresentada metodologia utilizada para a formação de carteiras. Alinhando a realidade da atividade comercial brasileira de café às premissas básicas da teoria de portfólio. Destaque a formação de ativos híbridos, que envolvem não só a venda de café, mas carregam também uma porção financeira, em virtude da aplicação do resultado da venda física da bebida em um título de renda fixa até o final do ciclo comercial.

No sexto capítulo são apresentados os resultados, construídas as fronteiras de eficiência, calculados os coeficientes sistemáticos de cada ativo, bem como, os índices de Treynor e Sharpe. Esses indicativos são utilizados para avaliar os melhores ativos dentro do universo possível, bem como, a melhor composição desses ativos em carteiras. O último capítulo é dedicado as considerações finais.

2. PREFERÊNCIAS DO INVESTIDOR

Diariamente escolhas são feitas. E escolher não é uma tarefa fácil, pois implica muitas vezes em renúncia. Na economia financeira essa relação escolha-renúncia ganha uma conotação ainda mais dramática, em virtude das limitações orçamentárias. Nesse sentido, adiciona-se à difícil tarefa de escolher, o fato de que as alternativas são limitadas. É comum, então, recorrer às funções de preferências do investidor¹ para limitar o conjunto de oportunidades, na busca da otimização da decisão.

Kreps (1990) destaca que o primeiro passo é traçar um padrão de comportamento do agente econômico, a fim de modelar suas escolhas. E essas decisões podem ser sintetizadas através das relações de preferência (\succ) ou indiferença (\sim). Para Mas-Colell et al (1995) a relação binária entre os conceitos de preferência e indiferença permite justamente a comparação entre os pares, facilitando o processo de escolha dentro de um conjunto de alternativas. Por exemplo, a partir de um conjunto denominado por M , que compreende o investimento em x , y e z é possível traçar relações de preferência e indiferença e com isso mapear de forma ordenada as escolhas racionais dos investidores. Esse mapeamento pode revelar que $x \succ y$ ou que $y \sim z$, servindo de fundamento para derivar o comportamento do investidor frente a um conjunto de alternativas viáveis.

Com isso, aproxima-se a teoria de escolha do conceito de utilidade, ou mais especificamente da função utilidade $U(x)$. Mas como a função utilidade é apenas uma forma de descrever as preferências, essas últimas assumem, verdadeiramente, o papel de expor as escolhas. A premissa inicial é que o investidor é racional. Essa hipótese da racionalidade resulta em pressupostos básicos, também conhecidos como axiomas de racionalidade, que Varian (1992) resume:

i) **Completeness**: o investidor tem a noção completa da situação antes de fazer a sua escolha. É capaz de comparar e ordenar todas as suas alternativas antes da decisão final. Não é exigido que ele seja capaz de dizer quantas vezes o “ x ” é preferível a “ y ”, somente que faça uma ordenação.

Para todo $x, y \in X$, tem-se que $x \succeq y$ ou $y \succeq x$, ou ambos

¹ Toda a teoria da escolha é desenvolvida a partir das preferências do consumidor. O trabalho centra-se na figura do investidor, que também é um consumidor. É comum o uso do termo investidor-consumidor.

ii) **Reflexividade:** consegue perceber que qualquer cesta é tão boa quanto outra idêntica. Hipótese de que o investidor é capaz de comparar resultados.

Para todo $x \in X$, $x \succeq x$

iii) **Transitividade:** o agente econômico é coerente em suas escolhas, sendo capaz de estruturar uma regra lógica para suas preferências. Dessa maneira, ao preferir a cesta x em relação à cesta y e a cesta y em relação à outra z , presume-se que prefira a cesta x à z . Sem a transitividade poderia haver um conjunto de cestas de preferências para as quais não houvesse uma escolha melhor.

Para todo x, y e $z \in X$, se $x \succeq y$ e $y \succeq z$, então $x \succeq z$

Além dos axiomas básicos, podem-se assumir hipóteses adicionais em relação ao comportamento do consumidor. Ainda em Varian (1992):

iv) **Monotonicidade:** o investidor, a exemplo do consumidor, sempre prefere uma cesta com uma maior quantidade de todos os ativos. E irá preferir mais de um ativo se isso não representar uma perda em outro ativo, respeitando o princípio da insaciedade.

Dado $x \in X$ e $X > 0$, existindo algum $y \in X$ com $|x - y| < X$ desde que $y \succ x$

A monotonicidade implica em uma inclinação negativa da curva de indiferença², uma vez que o agente procura se mover para cima e a direita dentro do espaço-orçamentário, pois assim estaria caminhando em direção a uma posição melhor. Evita, por outro lado, um movimento para baixo e a esquerda, que levaria a uma condição pior dentro do espaço-orçamentário. Nesse sentido, ou se move para cima e a direita ou para baixo e a esquerda. E para assumir essa trajetória, a curva de indiferença tem que necessariamente apresentar uma inclinação negativa.

Se $2x > x$ e $2y > y$, então, $2x + 2y > x + y$

² Curva de indiferença é o lugar geométrico em que as combinações de cestas proporcionam o mesmo nível de utilidade, ou seja, onde o agente econômico é indiferente em relação às cestas oferecidas.

A inclinação da curva de indiferença é conhecida como Taxa Marginal de Substituição (TMS) e mede a quantidade que um investidor está disposto a abrir mão de um ativo para obter mais de outro, mantendo a utilidade constante.

Monotonicidade fraca: se $x \geq y$, então $x \succeq y$

Monotonicidade forte: se $x \geq y$ e não ocorrer reciprocidade de $y \geq x$, então, $x \succ y$

Kreps (1990) destaca que certos ativos são cobiçáveis até um determinado nível e a partir daí passam a ser menos desejáveis ou em casos extremos indesejáveis. Mas apesar dessas ressalvas, o conceito de insaciabilidade se sustenta, bastando assumir a premissa, não do ativo individual, mas de cestas de ativos. Nesse sentido, mesmo que um investidor queira menos ou até não deseje mais um determinado ativo, ele sempre optará por uma cesta que apresente uma composição maior possível de todos os outros ativos. Dessa forma, sempre desejará uma cesta em uma curva de indiferença superior.

vi) **Convexidade:** o agente econômico prefere média a extremos e isso implica em curvas de indiferenças convexas. Empiricamente, a preferência a média ao invés dos extremos é verificado pelo próprio perfil do investidor, que normalmente opta por um conjunto formado a partir dos diversos ativos. E nos arranjos entre esses ativos é mais comum o ponto médio, que, por exemplo, os extremos, onde se privilegia um ativo em detrimento a outro. Convexidade e monotonicidade são características de curvas bem comportadas.

Como ressaltam Kreps (1990) e Varian (1992) a convexidade é a generalização do pressuposto da taxa marginal de substituição decrescente. Pois à medida que maiores quantidades de um ativo são obtidas é natural esperar que o agente econômico se mostre cada vez menos propenso a abrir mão de unidades adicionais de outros ativos para obter novas unidades do primeiro.

x, y e $z \in X$ desde que $x \succeq z$ e $y \succeq z$, então $tx + (1-t)y \succeq z$ para todo $0 \leq t \leq 1$.

2.1 Escolha em Condições de Incerteza

A hipótese assumida até agora é que as variáveis são conhecidas previamente. Mas o fato é que as escolhas nem sempre são feitas dentro de plataformas perfeitas. Na verdade, na maioria das vezes acontecem sob condições de incerteza. É comum a caracterização da preferência em condições de incerteza como loteria (L), que pode ser descrita por $L=(p_1, \dots, p_n)$, sendo “ p ” a probabilidade de ocorrência³. Para Mas-Colell et al (1995) e Varian (1992) as preferências com loterias respeitam alguns pressupostos básicos:

i) O somatório de todas as probabilidades é igual à unidade, isso corresponde a dizer que as probabilidades dos resultados cobrem 100% das ocorrências.

$$L=(p_1, \dots, p_n), \text{ com } p_n \geq 0 \quad \text{sendo: } \sum_{n=1}^N p_n = 1$$

ii) A utilidade esperada total de várias loterias é a soma ponderada das probabilidades de cada loteria individual.

$$L = \alpha_1 L_1 + \dots + \alpha_n L_n$$

E a partir desses pressupostos iniciais abre-se a necessidade de conceituar axiomas adicionais, para abranger a lógica de decisão do investidor em condições de incerteza:

iii) Pequenas mudanças nas probabilidades não alteram a ordem entre as preferências, conhecido como princípio da continuidade.

Apropriando-se de exemplo desenvolvido por Mas-Colell et al (1995), é natural imaginar que uma agradável e tranqüila viagem de carro é preferida pela grande maioria das pessoas a ficar em casa durante o final de semana. E essa preferência não deve ser alterada, mesmo considerando a reduzida possibilidade de que ocorra um acidente de carro durante a viagem.

$$\left\{ \alpha \in (0,1) : \alpha L_1 + (1-\alpha)L_2 \succsim L_3 \right\} \subset (0,1)$$

e

$$\left\{ \alpha \in (0,1) : L_3 \succsim \alpha L_1 + (1-\alpha)L_2 \right\} \subset (0,1)$$

³ É comum o uso da terminologia prêmio como sinônimo de resultado e de loteria ou jogos de risco para distribuição de probabilidade.

iv) Loterias com prêmios indiferentes são também indiferentes. Trata-se do axioma da independência, que para Mas-Colell et al (1995) é o coração da teoria da escolha em condições de incerteza. A escolha entre duas loterias L_1 e L_2 independe de uma terceira loteria, por exemplo, L_3 , uma vez que L_1 e L_2 não são consumidas conjuntamente com L_3 .

Se $L_1 \sim L_2$, então, $\alpha L_1 + (1-\alpha)L_3 \sim \alpha L_2 + (1-\alpha)L_3$

L_1 , L_2 e L_3 fazem parte do conjunto de possibilidades e que $\alpha \in (0,1)$.

2.2 Função da Utilidade Esperada

Dentro da teoria da incerteza, as escolhas são traduzidas em probabilidades e as probabilidades em loterias. Já a utilidade é apresentada como utilidade esperada. Mas isso começou a ser delineado a partir do século 17 através dos matemáticos Blaise Pascal e Pierre de Fermat buscando racionalidade nas apostas em jogos, descreveram os payoffs (x_1, \dots, x_n) e suas probabilidades (p_1, \dots, p_n) , determinando a partir disso expectativas para o resultados de x , sendo $\bar{x} = \sum x_i p_i$, aponta Machina (1987). Essa argumentação ficou conhecida como *princípio da expectância matemática*.

Embora prática, a “expectância matemática” não tardou a mostrar limitações, como destaca Cusinatto (2003). O que forçou um novo avanço teórico, que veio a partir dos estudos do matemático suíço Daniel Bernoulli. Em 1738, como ressalta Bernstein (1997), Bernoulli publicou um artigo em que enfatizava que o valor de um bem não deve ser baseado em seu preço, mas na utilidade que ele produz. Ou, de outra forma, o valor que a pessoa atribui a sua riqueza não é o valor monetário, mas sim o valor da utilidade que essa fortuna proporciona. Por essa lógica, o preço e as probabilidades não seriam suficientes para determinar o valor de algo, com a utilidade dependendo também de condições específicas de quem faz as estimativas. E como não há motivo para acreditar que as preferências têm o mesmo valor para cada investidor, as suas noções de utilidade também são distintas.

Na prática, Bernoulli critica os modelos vigentes de escolhas dos agentes econômicos. Baseia sua crítica no famoso “Paradoxo de São Petersburgo”, no qual em um jogo hipotético o resultado obtido pela “expectância matemática” apresenta um apostador disposto a pagar qualquer preço para entrar no jogo. Isso contraria as observações empíricas, em que um apostador despende no máximo uma pequena quantia para entrar em um jogo. Cusinatto (2003) destaca que a solução de Bernoulli ao “Paradoxo de São Petersburgo” é considerada o

marco inicial da teoria da utilidade esperada (EU). Para Bernstein (1997) Bernoulli introduziu a subjetividade à teoria das decisões em condições de incerteza ao alegar que a simples ponderação dos resultados possíveis, dado pela “expectância matemática”, é insuficiente como fator de decisão, havendo a necessidade de adição de fatores subjetivos, para um melhor entendimento das razões da escolha de uma alternativa em relação à outra.

Outro considerável avanço na teoria da utilidade esperada só veio bem mais tarde, com o Von Neumann-Morgenstern (1953). Em seu trabalho, o matemático húngaro, John Von Neumann, e o economista alemão, Oskar Morgenstern, defendem a importância dos métodos matemáticos na economia, fazendo uma alusão ao avanço verificado em outras ciências a partir da utilização de ferramentas matemáticas, afirmando que não há razão para que a matemática não seja utilizada na economia. Os autores, então, retomam as noções de probabilidade matemática e de utilidade numérica, levantando a polêmica ao resgatar a ideia a utilidade cardinal para comparar as escolhas dos diferentes agentes. Mas como salienta Cusinatto (2003), a cardinalidade da função utilidade vN-M (Von Neumann-Morgenstern) tem a finalidade de ordenar as preferências sobre as loterias, não ferindo, assim, os avanços conceituais anteriores. Ao estabelecer uma ligação entre maximização da utilidade esperada e os axiomas da escolha ótima, a teoria de Von Neumann-Morgenstern permite a construção de uma função de utilidade esperada. E isso possibilita modelar o comportamento dos agentes econômicos em situação de incerteza.

Von Neumann-Morgenstern (1953), ao contrário de Bernoulli, não consideram a utilidade como uma medida sensitiva, alegando que somente a probabilidade sobre os resultados finais é que tem relevância para o tomador de decisão. Com base na explanação de Mas-Collel et al (1995) e partindo dos axiomas vistos no item 2.2, é possível definir a utilidade esperada de uma loteria como:

$$U(L) = u_1 p_1 + \dots + u_n p_n$$

A forma geral de uma função linear da probalidades (p_1, \dots, p_n)

$$U(L) = \sum_{n=1}^N u_n p_n$$

Mas uma função utilidade (U) somente se apresenta na forma de função utilidade esperada (vN-M) se atender a propriedade:

$$U\left(\sum_{n=1}^N \alpha_n L_n\right) = \sum_{n=1}^N \alpha_n U(L_n)$$

Sendo N loterias L_n que pertencem ao conjunto de hipóteses ($n=1, \dots, N$) com probabilidades $(\alpha_1, \dots, \alpha_n) \geq 0$ e $\sum_{n=1}^N \alpha_n = 1$

2.3 O Papel do Risco

Para Gitman (2002), o risco em seu sentido fundamental pode ser caracterizado pela possibilidade de prejuízo financeiro. De uma maneira mais formal é assinalado como incerteza, ou usando uma linha mais estatística como a variabilidade do retorno de determinado ativo. Já Damodaran (2002) salienta que em finanças o risco é visto como a probabilidade de um retorno diferente do esperado, tanto para cima como para baixo. Por essa visão, o risco não inclui apenas resultados ruins, mas também resultados bons, e pode ser definido como uma combinação de perigo e oportunidade. Enfim, o risco financeiro pode ser utilizado como uma proxy para a análise em condições de incerteza.

Friedman e Savage (1948) argumentam que um indivíduo admite alguma pequena perda em sua renda, quando, por exemplo, paga uma apólice contra incêndio. Prefere, nesse caso, pagar o seguro para não correr o risco de ficar sem seu imóvel, mesmo que a probabilidade que sua casa pegue fogo seja bastante pequena. Há uma nítida preferência a certeza (casa segurada) em detrimento ao risco (incêndio). Já o indivíduo que decide comprar um bilhete de loteria admite perder um pequeno valor (preço da loteria) dentro também de uma reduzida chance de ganhar o prêmio. Nesse caso, prefere o risco à certeza. A conclusão é que as decisões individuais, envolvendo risco, são escolhas análogas a definir entre um seguro ou uma loteria.

Outro exemplo, citado por Friedman e Savage (1948), extraído de Marshall⁴, indica que a maioria prefere um rendimento fixo de 400 moedas a outro que varia entre 200 a 600 moedas. O que prova que as pessoas são mais sensíveis a perdas do que ao lucro, pois

⁴ Alfred Marshall, Principles of Economics, 1920.

preferem deixar de ganhar 200 moedas a mais para não correr o risco de perder 200 moedas. Raciocínio análogo pode ser transposto ao comportamento médio do investidor no mercado acionário. As ações chamadas de “blue chips” são as preferidas pelos investidores, em detrimento das “small caps”⁵, mesmo que últimas apresentem um potencial de ganho maior. O que importa para a maioria dos investidores é a segurança que as primeiras proporcionam.

Em linha geral, o agente econômico apresenta um comportamento avesso ao risco, mas há distinções e até desvios dessa conduta média. E essa distinção pode ser analisada a partir da função utilidade esperada. Os tomadores de decisão envolvendo risco são classificados em três categorias: avesso, neutro ou propenso ao risco. Aversão ao risco se caracteriza para Friedman e Savage (1948) quando a utilidade do valor esperado da loteria é maior que a utilidade esperada dessa mesma loteria ($UL > (E)UL$)⁶. E o agente é amante do risco, quando prefere a aleatoriedade da loteria ao seu valor esperado ($UL < (E)UL$). Já a neutralidade é apresentada quando o agente é indiferente entre a aleatoriedade da loteria e seu valor esperado ($UL \sim (E)UL$).

Já Mas-Colell et al (1992) indicam que a neutralidade do risco é equivalente a linearidade da função utilidade esperada, o que também significa que o grau de aversão ao risco pode ser medido pela curvatura da função utilidade. Partindo desse pressuposto pode-se traçar o perfil de risco com base na inclinação da função da utilidade esperada⁷:

⁵ “Blue chips” são ações de grandes empresas, normalmente mais estáveis e consideradas de primeira linha. O nome tem origem no jogo de pôquer, onde a ficha (chip) azul é a de maior valor. Já uma ação “small cap”, que em inglês significa pequena capitalização, não tem a mesma liquidez que a “blue chip” e é caracterizada por empresas de menor valor de mercado. Há ainda as “mid cap”, como o próprio nome diz de tamanho médio.

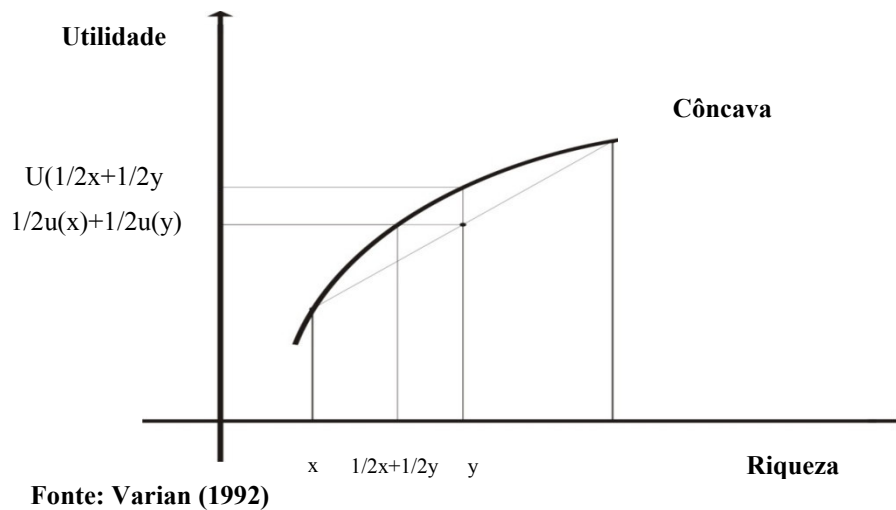
⁶ Valor esperado é a probabilidade de ocorrência, enquanto a utilidade esperada é composição de probabilidade e seus pesos.

⁷ Simon e Blume (2004) destacam que a derivada de uma função carrega informações importantes. A primeira derivada determina se a função é crescente ($f' > 0$) ou decrescente ($f' < 0$). Já a segunda derivada determina se a função é côncava ($f'' > 0$) ou convexa ($f'' < 0$).

a) Aversão ao Risco [$u''(x) \leq 0$]

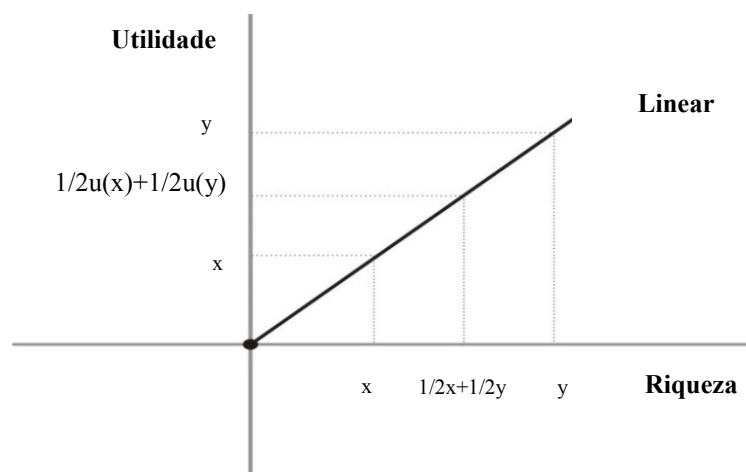
O agente econômico avesso ao risco tem uma função utilidade côncava e a inclinação torna-se mais plana à medida que o prêmio da loteria aumenta.

Figura 01: Função Utilidade com Aversão ao Risco



b) Neutralidade ao Risco [$u''(x) = 0$]

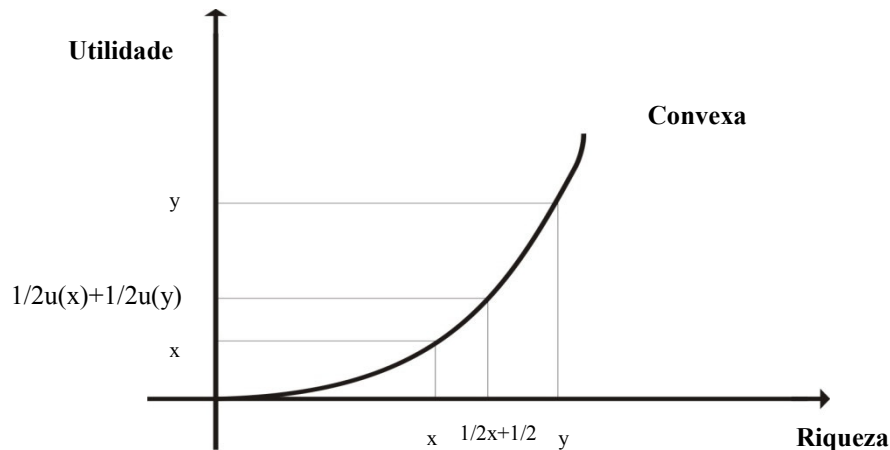
Figura 02: Função Utilidade de Neutralidade ao Risco



c) Propensão ao Risco $[u''(x) \geq 0]$

O agente econômico propenso ao risco tem uma função utilidade convexa e a inclinação torna-se mais vertical à medida que o prêmio da loteria aumenta.

Figura 03: Função Utilidade com Propensão ao Risco



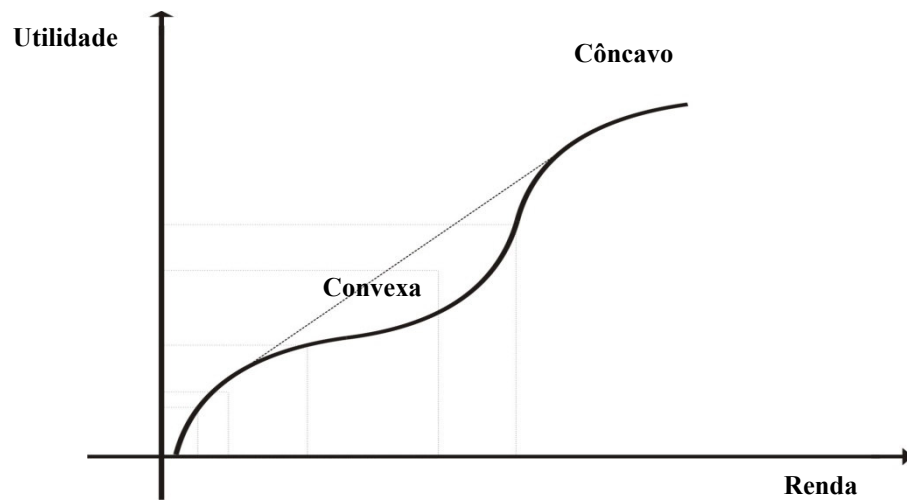
Fonte: Mas-Colell et al (1992)

Friedman e Savage (1948) apontam que não é necessário que a função utilidade tenha sempre a mesma curvatura para determinado nível de riqueza. Há momentos que o agente é mais amante e outros onde se apresenta mais avesso ao risco. Essa percepção ficou conhecida como dupla inflexão da função utilidade e pode ser observada na figura 04.

No entanto, a segunda derivada não é adequada para medir a aversão ao risco, uma vez que varia diante de transformações lineares na função utilidade. Para que esse problema fosse sanado foi necessário normalizar a segunda derivada, dividindo pela primeira derivada. Essa razão é conhecida como coeficiente de aversão ao risco de Arrow-Pratt⁸. O coeficiente delimita o grau de concavidade da função utilidade, destaca Machina (1987), determinando, com isso, a atitude o investidor frente ao risco a partir da variação de sua riqueza.

⁸ John W. Pratt introduziu a sistematização de medidas de aversão ao risco. O coeficiente levou também o nome de Kennett Arrow, que estudava paralelamente o assunto e já tinha esboçado algumas idéias sobre a função de medida de aversão ao risco.

Figura 04: Dupla Inflexão da Curva de Utilidade



Fonte: Friedman e Savage (1948)

O desenvolvimento do coeficiente pode ser acompanhado em manuais de microeconomia, como Varian (1992) e Mas-Colell et al (1992), ou diretamente no artigo de Pratt (1964).

$$r(w) = -\frac{u''(w)}{u'(w)}$$

Onde:

r: coeficiente de aversão ao risco

w: nível de riqueza⁹

Mas muitos problemas na economia surgem em loterias relativas, com a incerteza se pautando em um percentual de retorno ou de prejuízo sobre um investimento. Assim, é importante adaptar o conceito, trabalhando com variações percentuais a partir de uma riqueza inicial. Dessa necessidade deriva-se o coeficiente relativo de Arrow-Pratt de aversão ao risco:

$$\rho = -\frac{u''(w)w}{u'(w)}$$

Percebe-se que a medida de aversão ao risco relativo de Arrow-Pratt é igual à medida de Arrow-Pratt absoluta multiplicada pelo nível de riqueza.

⁹ Pratt (1964) utiliza $u(x)$ como função utilidade por dinheiro

2.4 Risco Financeiro

Dentro da atividade produtiva riscos são assumidos a toda a hora. Jorion (2003) enumera, entre eles, os riscos estratégicos, assumidos voluntariamente, com o intuito de criar vantagem competitiva. Inclui, por exemplo, investimento em inovações tecnológicas. Há também os riscos não-estratégicos, que resultam de mudanças no panorama político e econômico. Esses são mais difíceis de proteger, a não ser através de um amplo e profundo processo de diversificação.

Ainda há os riscos financeiros, que estão ligados a perdas nos mercados. Seguindo em Jorion (2003), os riscos financeiros podem ser classificados em:

- i. **Risco de Mercado:** está ligado à inerente volatilidade dos mercados. Existem inúmeras variáveis com as quais os agentes não têm controle, como flutuações das cotações em bolsa, variação na taxa de juros e câmbio, o que gera incerteza em relação à receita futura, incorrendo em risco para quem assume uma posição no mercado.
- ii. **Risco de Crédito:** é a possibilidade de perda econômica quando uma das contrapartes não deseja ou não é capaz de cumprir suas obrigações no vencimento do contrato.
- iii. **Risco de Liquidez:** o risco de liquidez acontece quando a transação não pode ser efetuada no mercado, em virtude da incapacidade de honrar pagamento por parte do agente. Um exemplo é a dificuldade em atender as chamadas de margem para sustentar uma posição comprada ou vendida no mercado futuro.
- iv. **Risco Operacional:** ocasionados por erros humanos, tecnológicos ou de acidentes, o que inclui fraude, falha de gerência e controle, bem como, procedimento inadequado.
- v. **Risco Legal:** acontece quando uma transação não está amparada por lei. Assim, uma das contrapartes, que perde com a operação, pode buscar meios legais para invalidar a transação. Uma forma de minimizar esse risco é realizar, quando possível, transações em pregões nos mercados futuros, que utiliza contratos padronizados.

Aprofundando um pouco o conceito, o risco pode ser dividido em diversificável e não-diversificável. Essa distinção é de grande importância na avaliação financeira. Segundo Damadoran (2004) há os riscos específicos a cada empresa, que envolvem projetos, competitividade e nuances do setor. Esses riscos podem ser eliminados ou atenuados em uma carteira de investimentos através da diversificação, por isso, são denominados de riscos diversificáveis. Mas há também os riscos inerentes ao mercado como, por exemplo, o efeito do aumento da taxa de juros ou de uma flutuação brusca no câmbio. Esses riscos afetam de

uma forma geral todas as empresas e setores e, por isso, são denominados de não-diversificáveis. O risco total é a soma do risco não-diversificável e diversificável.

O risco diversificável ou sistemático depende exclusivamente da característica do ativo. Esse tipo de risco pode ser totalmente eliminado ou significativamente amenizado através do processo de diversificação do investimento em ativos com correlação negativa. A lógica é que a perda em um ativo seria compensada pelo ganho em outro, o que traria certa estabilidade ao retorno médio de uma carteira de investimento.

Já o risco não-diversificável, que está relacionado às flutuações no sistema econômico como um todo, não pode ser eliminado pela diversificação, muito embora os ativos reajam de forma diferenciada às mudanças na economia. Esse comportamento distinto dos ativos frente a incidentes macroeconômicos leva uma carteira balanceada apresentar volatilidade menor do que outra muito concentrada em ativos com elevada correlação entre eles.

3 MODERNA TEORIA DE CARTEIRAS

A moderna teoria de carteiras ganhou forma a partir de Markowitz (1952). O famoso artigo “*Portfolio Selection*” foi tão inovador, que acabou influenciando não só as discussões teóricas como também as práticas financeiras. E como destaca Bernstein (1997), revolucionou a gestão financeira ao elevar o risco à mesma importância do retorno esperado.

Rubinstein (2002) pondera que Markowitz não foi o primeiro a considerar a diversificação, que vinha sendo delineada desde Daniel Bernoulli ou informalmente até antes disso. Nem tão pouco foi o pioneiro a abordar a variância como variável de risco, uma vez que tal análise já havia sido sugerida por Irving Fisher em “*The Nature of Capital and Income*”, em 1906. O próprio Markowitz mencionou mais tarde, que a ideia inicial da teoria do portfólio veio em uma tarde na biblioteca lendo “*The Theory of Investment Value*” publicado em 1938, por Jonh Burr Willians, onde havia uma leve menção na possibilidade de diversificar o risco. Mas isso não diminuiu em nada o brilhantismo inovador de Markowitz, concentrado fundamentalmente na perspicácia de perceber que a diversificação pode reduzir o risco, sem alterar o retorno esperado.

Markowitz ainda tem o grande mérito de ser o primeiro a formalizar matematicamente essa relação. Quando iniciou seus estudos encontrou o campo das finanças desorganizado e cheio de imperfeições, trazendo à economia financeira precisão matemática e rigor científico. Rubinstein (2002) com base na famosa frase de Isaac Newton “*If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants*” afirma que o olhar de Markowitz também foi muito adiante de seu tempo. E muito embora a inserção da ideia de risco pareça trivial hoje em dia, naquela época, como salienta Bernstein (1997), representava um grande avanço, uma vez que até então o resultados dos investimentos eram medidos apenas pelos seus rendimentos.

Markowitz (1952) inicia seu artigo afirmando que a escolha de uma carteira se divide em dois estágios. O primeiro é a observação, que serve de parâmetro para a segunda etapa que é a escolha, ou seleção das melhores carteiras de investimentos. O processo de observação remete necessariamente a um instrumental histórico, ou seja, toma por base as distribuições passadas para projetar o retorno futuro. E a suposição básica é que a melhor carteira de investimento é aquela que maximiza o retorno a um dado nível de risco ou, que minimiza o nível de risco a um determinado retorno. Com isso, o modelo de seleção de portfólio busca otimizar a relação risco-retorno de uma carteira de investimento¹⁰.

¹⁰ Carteira é sinônimo de portfólio e definida como um conjunto ou grupo de ativos. Os investidores dificilmente aplicam em apenas um ativo, normalmente escolhem grupo ou carteiras de ativos.

O retorno, em condições de incerteza, é o retorno esperado. E o risco está associado à variância, ou desvio, em relação ao retorno médio esperado. Nesse sentido, o risco de um investimento está correlacionado a oscilação em relação ao valor esperado. E como o investidor, por natureza, é avesso ao risco, o retorno esperado é algo desejável, enquanto a variância desse retorno é indesejável. Nesse sentido, a diversificação dos ativos teria um efeito positivo, pois em uma carteira diversificada o retorno do investimento equivale à média ponderada dos retornos de seus componentes individuais, mas a volatilidade (dispersão em relação à média) seria inferior à volatilidade média de seus componentes individuais. Elton et al (2004) ainda afirmam que muitas funções utilidades podem se expressa em termos de média e variância, confirmando a importância da análise.

O segredo estaria na correlação entre os ativos. Por exemplo, se ativos forem perfeitamente correlacionados o risco de uma carteira corresponde à média ponderada dos riscos dos ativos individuais. Mas toda vez que a correlação entre os ativos for inferior a unidade, o risco da carteira será menor que a média ponderada dos riscos individuais que a compõe. De outra maneira, o desvio-padrão de dois ou mais ativos, desde que os ativos não sejam perfeitamente correlacionados, é inferior ao desvio-padrão de um ativo isolado. Assim, a diversificação de ativos em uma carteira reduz a variância do retorno, diminuindo também o risco do investimento.

Bernstein (1997) enxerga uma forte semelhança entre a diversificação e os jogos estratégicos de Von Neumann. Apresenta um jogador, como o investidor, e o outro jogador, como o mercado. A diversificação, utilizando as diversas alternativas, possibilitaria ao investidor a maximização das probabilidades de retorno, o que garantiria sua sobrevivência no mercado.

3.1 A Lógica Matemática de Markowitz

Markowitz (1952) enfatiza que a variância de uma carteira é a soma das variâncias individuais de cada ativo e as covariâncias entre pares de ativos da carteira, considerando o peso de cada um no portfólio. Trabalha com a hipótese básica de que a decisão de investimento tem como intuito a maximização da utilidade.

Nesse sentido, a carteira recomendada é dada pela função que maximiza a relação risco-retorno:

$$\theta_p = [ER_p, \sigma_p^2]$$

Onde:

θ_p : maximização do portfólio ou carteira

ER_p : retorno esperado da carteira

σ_p^2 : variância da carteira

O retorno de uma carteira é obtido pela média ponderada do retorno dos investimentos na carteira com seus respectivos pesos:

$$R_p = w_1r_1 + w_2r_2 + \dots + w_nr_n$$

Onde:

R_p : retorno do portfólio

r : retorno esperado do ativo “r”

w : proporção ou peso do ativo na carteira

Mas, como bem salientam Grinblatt e Titman (2005), ninguém tem a sorte de saber exatamente o que vai acontecer no futuro. Em meio à diversidade de resultados, pode-se traçar um rendimento futuro com base na probabilidade, calculando o retorno esperado, que é dado, a exemplo da utilidade esperada, pelo somatório do retorno ponderado pela possibilidade de sua ocorrência:

$$E(R_p) = f(E(r_1), E(r_2), \dots, E(r_n)); w_1r_1, w_2r_2, \dots, w_nr_n$$

$$E(R_p) = [E(r_1).w_1] + [E(r_2).w_2] + \dots + [E(r_n).w_n]$$

Onde:

$E(R_p)$: retorno esperado do portfólio

r : retorno esperado do ativo r

w : proporção ou peso do ativo na carteira

Generalizando a ideia de que o retorno esperado de uma carteira é a média ponderada dos retornos individuais esperados, chega-se ¹¹:

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

Onde:

r_i é independente de w_i .

$w_i \geq 0$ para todo i

$$\sum w_i = 1$$

Para Markowitz (1952) o risco do portfólio é medido pela variância do retorno da carteira ¹². E a variância de uma carteira é uma função da média ponderada da variância de cada ativo que compõe a carteira. Assim, partindo de dois ativos:

$$V_{ij} = E[w_i(\tilde{r}_i - \bar{r}_i) + w_j(\tilde{r}_j - \bar{r}_j)]^2$$

$$V_{ij} = E[w_i^2(\tilde{r}_i - \bar{r}_i)^2 + w_j^2(\tilde{r}_j - \bar{r}_j)^2 + 2w_i w_j(\tilde{r}_i - \bar{r}_i)(\tilde{r}_j - \bar{r}_j)]$$

$$V_{ij} = w_i^2 E[(\tilde{r}_i - \bar{r}_i)^2] + w_j^2 E[(\tilde{r}_j - \bar{r}_j)^2] + 2w_i w_j E[(\tilde{r}_i - \bar{r}_i)(\tilde{r}_j - \bar{r}_j)]$$

$$V_{ij} = w_i^2 v(\tilde{r}_i) + w_j^2 v(\tilde{r}_j) + 2w_i w_j \text{cov}(\tilde{r}_i, \tilde{r}_j)$$

$$V_{ij} = w_i^2 \sigma_i^2 + w_j^2 \sigma_j^2 + 2w_i w_j \sigma_{ij}$$

Onde:

V_{ij} = variância de uma carteira com dois ativos $(\tilde{r}_i, \tilde{r}_j)$

w_i = peso do ativo i na carteira

w_j = peso do ativo j na carteira

\tilde{r} = retorno obtido com cada ativo individualmente $(\tilde{r}_i, \tilde{r}_j)$

\bar{r} = retorno médio esperado de cada ativo (\bar{r}_i, \bar{r}_j)

$v(\sigma_i^2)$ = variância do ativo individual $v(\tilde{r}_i)$

$\text{cov}(\sigma_{ij})$ = covariância $(\tilde{r}_i, \tilde{r}_j)$

¹¹ O $E(R_p)$ é a média dos pesos de r_i desde que o w_i tenha peso não-negativo. É prática comum estimar o retorno esperado pelo retorno médio histórico.

¹² A variância de uma carteira é o quadrado do desvio médio entre o retorno efetivo e retorno esperado. Tanto a variância como o desvio-padrão são indicações da maneira como os valores individuais se distribuem em relação ao valor médio, como destaca Gujarati (2006). O desvio-padrão é dado pela $\sigma = \sqrt{V} \Rightarrow \sigma^2 = V$, dessa forma, outra maneira de representar a variância é σ^2 .

Aplicando esse raciocínio para múltiplos ativos, pode-se representar a variância de uma carteira:

$$V_p = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}$$

Também dá para expressar a variância da carteira com base nos coeficientes de correlação dos ativos¹³:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

Onde:

V_p ou σ_p^2 = variância do portfólio

σ_{ij} = covariância entre os ativos i e j

ρ = coeficiente de correlação entre os ativos (ρ_{ij})

σ = desvio-padrão ativos (σ_i, σ_j)

E como destaca Jorion (2003), a covariância é uma medida do grau de dependência linear entre os ativos, sendo igual a zero se dois ativos forem completamente independentes. A covariância é positiva se os dois ativos oscilam no mesmo sentido e negativa caso caminhem em sentidos opostos.

Em Markowitz (1952) é destacado que variância de uma carteira está sujeita a covariância entre os pares de ativos, que por sua vez depende da correlação entre esses ativos. E como enfatiza Jorion (2003), para gerenciar risco é preciso entender o que o reduz. Nesse sentido, há a necessidade para a composição das carteiras de ativos com correlação negativa ou de baixa correlação entre si, para que as oscilações contrárias ou não proporcionais minimizem ou ajudem a reduzir o efeito negativo de um ativo sobre o retorno da carteira como um todo. A função da correlação é avaliar justamente como cada ativo se comporta com a variação do outro ativo, atribuindo uma medida matemática de comportamento de um ativo em função do outro.

¹³ Gujarati (2006) apresenta o coeficiente de correlação como $\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_i^2 \sigma_j^2}} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}$, destacando que se trata

de uma medida de associação linear entre duas variáveis, situando-se no intervalo de -1 e +1. A partir daí a covariância pode ser vista como: $\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$

3.1.2 Fronteira eficiente das carteiras de investimento

Markowitz (1952) parte das diversas combinações possíveis entre dois ou mais ativos para traçar arranjos de carteiras, formando um conjunto de média-variância, também conhecido como conjunto **E-V**. Tomando um conjunto possível de ativos é estabelecida uma restrição em determinado patamar de risco, calculando-se os retornos possíveis a partir daí. Outra forma é estabelecer uma limitação para o retorno e, então, avaliar os níveis de riscos. Esse conjunto otimizado é denominado de fronteira de eficiência, uma vez que apresenta os resultados mais eficientes com base na relação risco-retorno. Para Elton et al (2004) trata-se do subconjunto de carteiras que serão preferidas pelos investidores que apresentam aversão ao risco, mas tem predisposição por retornos mais altos.

Markowitz ao formular a ideia de fronteira eficiente convergiu o conceito de preferência ao de perfil de risco de cada investidor, como destacam Elton e Gruber (1997). Para isso, o modelo de média-variância de Markowitz assume algumas premissas:

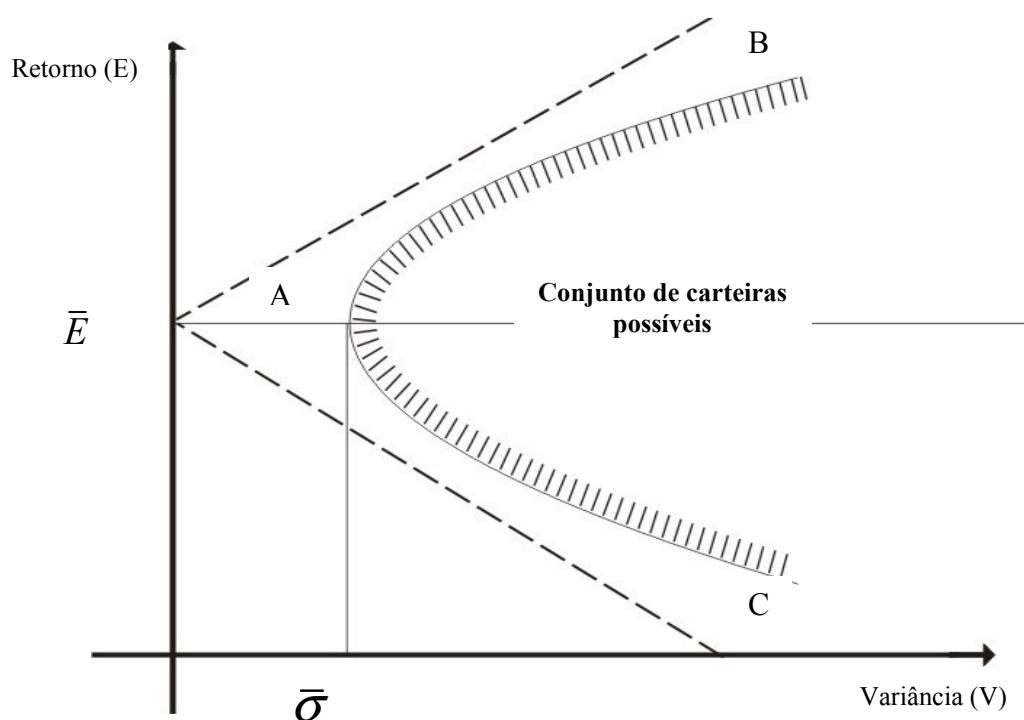
- Os investidores avaliam portfólios apenas com base no valor esperado e na variância da taxa de retorno;
- Investidores preferem a carteira com maior retorno, quando duas carteiras tiverem o mesmo risco;
- São avessos ao risco, pois quando confrontados entre duas carteiras com o mesmo retorno escolhem a que apresenta menor variância (menor risco).

A teoria de Markowitz contraria a ideia de que o investidor busca a maximização do retorno esperado de sua carteira, pois, pensando assim, apenas concentraria seus recursos na carteira com maior retorno. Destaca que a escolha não é influenciada somente pelo retorno esperado, mas também pelo risco assumido. E como a premissa básica trabalha com hipótese de que o investidor é avesso ao risco, o ponto de partida natural para a formação da fronteira eficiente é a carteira de mínima variância, que é a carteira com menor risco dentro de todas as carteiras possíveis. Para um melhor detalhamento das equações para a construção da fronteira de eficiência ver Merton (1972).

A fronteira eficiente é uma função hiperbólica¹⁴, onde o espaço de portfólios possíveis acima da carteira de mínima variância é côncavo, enquanto o espaço abaixo da carteira de mínima variância é convexo, como notaram Elton et al (2004). A parte superior da hipérbole é que realmente configura a fronteira eficiente, que por isso se caracteriza como uma função côncava que se estende da carteira de mínima variância até a carteira de máximo retorno, como demonstra Merton (1972). Nesse sentido, os investidores tendem a direcionar sua preferência às carteiras acima e a esquerda do conjunto factível, conhecidas como carteiras eficientes de média-variância.

Conforme o perfil de risco, o investidor desloca-se ao Nordeste da fronteira eficiente, do ponto A (carteira de mínima variância) ao ponto B (carteira de máximo retorno), como pode ser acompanhado na figura 05. As carteiras fora desse intervalo são ineficientes de média-variância. Já as carteiras situadas no intervalo entre os pontos A e C (função convexa) são carteiras com retorno negativo, pois admitem venda a descoberto.

Figura 05: Fronteira Eficiente de Média-Variância



Fonte: Merton (1972)

¹⁴ Uma função hiperbólica indica que para cada valor de risco há dois retornos possíveis, um positivo outro negativo. E isso só é possível, em função da alternativa de venda a descoberto, em que o investidor não possui o objeto que está sendo negociado e o toma emprestado de alguém.

A fronteira eficiente delimita o intervalo em que fixado o nível de risco não existe carteira com maior retorno e dado um retorno não existe carteira com menor risco. Dessa forma, qualquer ponto fora da fronteira apresenta retorno menor para um risco maior ou risco maior para um retorno menor que o obtido dentro do intervalo eficiente. E a partir do teorema da separação de Tobin (1958)¹⁵ todas as carteiras eficientes em média-variância podem ser configuradas através de uma média ponderada de duas carteiras dessa fronteira. Assim, ao encontrar a carteira de mínima variância e a de máximo retorno, as demais carteiras podem ser formadas com a média ponderada desses dois resultados¹⁶. Grinblatt e Titman (2005) completam afirmando que a média ponderada de duas carteiras fronteiriças está por si só na própria fronteira.

3.1.3 Considerações em relação ao modelo de Média-Variância

O aumento do número de ativos elimina, ou minimiza bastante, o risco sistemático, mas não livra a carteira do risco, uma vez que ainda há a vulnerabilidade ao risco não-sistemático ou de mercado. Outro ponto é que à medida que o número de ativos aumenta, os benefícios do acréscimo de um novo ativo tende a ser cada vez menor, respeitando a lei de rendimento decrescente. A justificativa para esse efeito está na correlação entre os ativos, que tende a aumentar juntamente com a elevação do número de ativos que compõe uma carteira.

Mas a principal queixa em relação ao modelo de Média-Variância de Markowitz é que requer um número elevado de dados de entrada, o que torna a carteira pouco gerenciável. Segundo Farias et al (2004) a matriz de covariância exige longos cálculos, por se tratar de uma função quadrática de difícil solução. Também questiona o convencimento dos investidores em relação à validade do desvio-padrão como parâmetro adequado para avaliação de risco.

Outro ponto é a utilização de muitos ativos, o que pode levar a composição de carteiras ótimas com vários ativos diferentes, resultando em fracionamento muito pequeno do peso de cada um, tornando-se a sua execução inconveniente na prática. E por fim, Mitra et al (2003) chamam a atenção para instabilidade dos resultados das funções de carteiras ótimas,

¹⁵ Tobin (1958) com base na análise de taxa de juros desenvolveu a percepção de que o investidor toma a decisão de investimento combinando ativo livre de risco com ativos na fronteira eficiente. A decisão do investidor se divide em duas etapas: 1) escolha da carteira de risco 2) proporção entre ativo livre de risco e ativo arriscado na composição do novo portfólio.

¹⁶ De uma maneira simplificada a partir de duas carteiras: a primeira composta de $0,3y_1+0,3y_2+0,3y_3$ e a segunda de $0,5y_1+0,4y_2+0,1y_3$, forma-se uma nova, por exemplo, com a ponderação igual entre as duas anteriores. A terceira carteira será: $0,4y_1+0,4y_2+0,2y_3$.

que podem apresentar variações consideráveis a partir de uma pequena alteração nos parâmetros de entrada.

3.2 O Modelo CAPM

A partir da ideia embrionária de Markowitz, a teoria de carteira evoluiu buscando uma melhor aplicabilidade prática. O trabalho de Tobin (1958) adicionou à escolha do investidor a ideia do ativo livre de risco. Utilizou com base de seu estudo as taxas de juros, que deixaram de ser vistas somente como uma recompensa pelo não-consumo e passaram a ser analisadas também como um prêmio pelo risco. O investidor, dependendo do grau de aversão ao risco, poderia combinar um ativo livre de risco a um conjunto de ativos de risco em sua carteira. E a diferenciação entre os investidores poderia ser delimitada com base na proporção de ativos livre de risco que mantinham em sua carteira.

Na sequência os trabalhos de Sharpe (1964) e Lintner (1965) formaram a base teórica do Capital Asset Price Model (CAPM), cuja principal característica é calcular o coeficiente de correlação linear dos diversos ativos em relação a uma carteira eficiente, definida como “ativo de mercado”. Isso simplifica e facilita enormemente os cálculos. Sharpe (1964) aprofundou a ideia de equilíbrio e ao ponderar risco e retorno reafirmou a premissa de que um maior retorno relaciona-se a riscos mais elevados. Atribuiu ao mercado dois preços: o primeiro é preço do tempo, caracterizado pela taxa de juros, e o segundo é o preço de risco, que é o adicional sobre a expectativa de retorno em relação à unidade de risco assumida.

Sharpe (1964), com base em Tobin (1958), retoma a reflexão sobre o ativo livre de risco, conceituando-o com o ativo onde o retorno esperado é igual ao retorno efetivo, ou seja, o desvio-padrão é nulo. Partindo da premissa que o agente econômico pode dividir seus investimentos entre ativos com risco e livres de risco e como não há correlação entre os retornos desses ativos, o desvio-padrão da carteira se relaciona linearmente com a proporção da carteira investida em ativos com risco.

Essa relação foi demonstrada em Fama e French (2004):

$$R_p = \alpha R_f + (1 - \alpha) R_i$$

$$E(R_p) = \alpha R_f + (1 - \alpha) E R_i$$

$$\sigma(R_p) = (1 - \alpha) \sigma(R_i) \quad (\text{sendo } \alpha \leq 1)$$

Onde:

R_p : retorno do portfólio

α : peso do ativo no portfólio

R_f : ativo livre de risco

R_i : todos os ativos com risco

$\sigma(R_p)$: desvio-padrão do retorno da carteira

$\sigma(R_i)$ desvio-padrão dos ativos com risco

O modelo CAPM reduz número de parâmetros, buscando relacionar a curva de indiferença com a fronteira eficiente da carteira de risco. A ideia inicial, antecipada em Sharpe (1963), é minimizar a variância.

$$\min_{w_0, \dots, w_n} = \sum_{i=1} \sum_{j=1} w_i w_j \sigma_{ij}$$

Respeitando essas duas restrições:

$$1) \sum_{i=0} w_i R_i = R$$

$$2) \sum_{i=0} w_i = 1$$

O problema, como frisa Varian (1992), é que w_i pode ser tanto positivo como negativo. Isso significa que o investidor pode segurar uma carteira comprada (long) ou

vendida (short) de um ativo, inclusive, do ativo livre de risco. Utilizando o multiplicador Lagrange chega-se¹⁷:

$$2 \sum_{j=0}^N w_j \sigma_{ij} - \lambda R_i - \mu = 0 \quad (\text{para todo } i = 0)$$

Caracterizando o conjunto de ativos de risco como “m” (carteira de mercado) e supondo que $w_j = 0$ e $j \neq m$, a condição de primeira ordem pode ser reescrita:

$$2\sigma_{im} - \lambda R_i - \mu = 0$$

Duas condições especiais:

$$-\lambda R_f - \mu = 0 \quad (\text{quando } i = 0)$$

$$2\sigma_{mm} - \lambda R_m - \mu = 0 \quad (\text{quando } i = m)$$

Resolvendo essas duas equações e substituindo na anterior¹⁸:

$$R_i = R_f + \frac{\sigma_{im}}{\sigma_{mm}} (R_m - R_f)$$

Sendo:

R_i : retorno de uma carteira

R_f : retorno do ativo livre de risco

R_m : retorno do conjunto de ativo de risco, ou carteira de mercado

σ_{im} : covariância entre um ativo isolado e a carteira de mercado

σ_{mm} : variância da carteira de mercado

¹⁷ O λ é o multiplicador Lagrange para a primeira restrição e μ para a segunda restrição. Desde que a função seja convexa e a restrição linear a condição de segunda ordem é satisfeita.

¹⁸ Resolvendo as equações: 1) $\lambda = \frac{2\sigma_{ee}}{R_e - R_f}$

2) $\mu = -\lambda R_f = -\frac{2\sigma_{ee}}{R_e - R_f}$

A equação aponta que o retorno é igual ao ativo livre de risco mais o prêmio de risco $\left[\frac{\sigma_{im}}{\sigma_{mm}} (R_m - R_f) \right]$, que é o produto entre o preço de mercado do risco e a quantidade de risco existe em uma carteira.

Em condições de risco o investidor, como destaca Sharpe (1964), pode escolher uma combinação ótima de ativos que envolva carteiras localizadas na fronteira de eficiência, ou uma combinação, que envolva ativos de risco com ativos livre de risco. Elton et al (2004) completam indicando que em equilíbrio, as carteiras situadas na fronteira eficiente se transformam em carteiras de mercado.

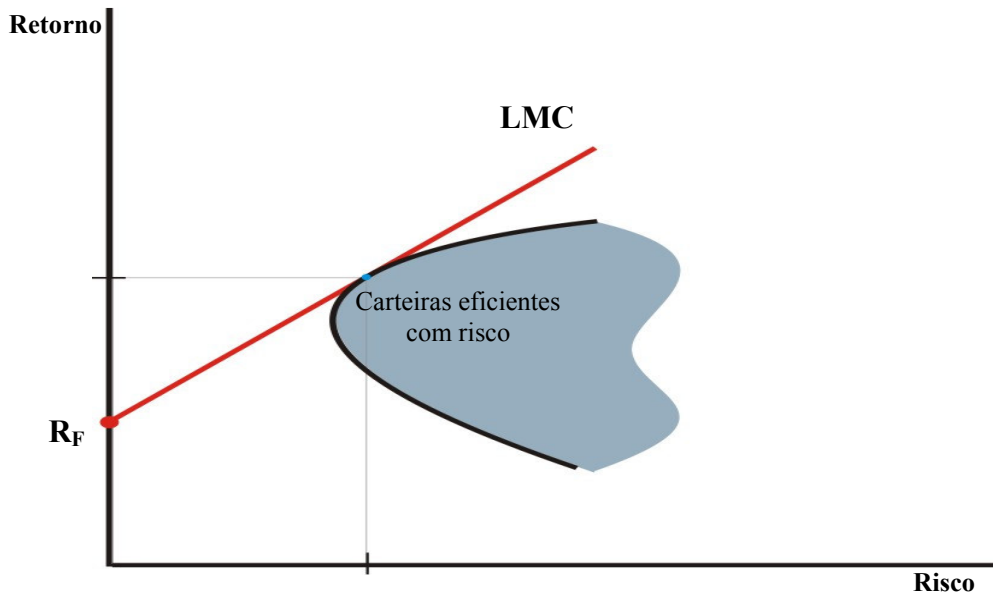
A carteira de mercado é composta por todos os ativos de risco existentes. E cada ativo estará presente na carteira na proporção em que o valor de mercado desse ativo representa sobre o valor do total de mercado de todos os ativos de risco. E em um mercado eficiente, esse conjunto é restrito as carteiras situadas na fronteira eficiente. Dessa maneira, todos passam a ter a mesma carteira de risco, que é carteira de mercado, com investidores combinando aplicações entre a carteira de mercado e um ativo livre de risco.

E como destaca Grinblatt e Titman (2005) ao adicionar um novo ativo em uma carteira, normalmente, o conjunto viável se expande. Já a adição de um ativo livre de risco, além de expandir o conjunto factível, também modifica a forma da fronteira, que passa de uma hipérbole, para uma linha reta, cuja origem é justamente o ativo livre de risco. Essa linha é denominada de Linha de Mercado de Capitais (LMC)¹⁹.

O portfólio no ponto de tangência entre a fronteira eficiente e a LMC representaria a carteira ótima, pois representa o ponto de equilíbrio resultante da combinação de ativos de risco com ativos livres de risco. Isso é resultado do “teorema de separação” de Tobin (1958).

¹⁹ A linha de mercado de capitais também é conhecida como CML, que é a sigla em inglês para Capital Market Line.

Figura 06: Combinação de Carteiras de Risco e Sem Risco



Fonte: Varian (1992)

A LMC é o conjunto de associações individuais da expectativa de retorno e variância das carteiras, que combinam otimamente os investimentos. E representa o limite eficiente dos possíveis valores de média-variância, com frisa Sharpe (1964). Nesse sentido, todos os investidores irão selecionar carteiras dentro da linha de mercado, pois estas apresentam a melhor relação retorno-risco.

Seguindo Varian (1992) pode-se reescrever a equação da linha de mercado de capitais como²⁰:

$$R_i = R_f + \frac{\sigma_{im}}{\sigma_{mm}}(R_m - R_f)$$

Onde:

R_i : retorno do ativo “i”

R_f : retorno do ativo livre de risco

R_m : retorno de mercado (no ponto de tangência)

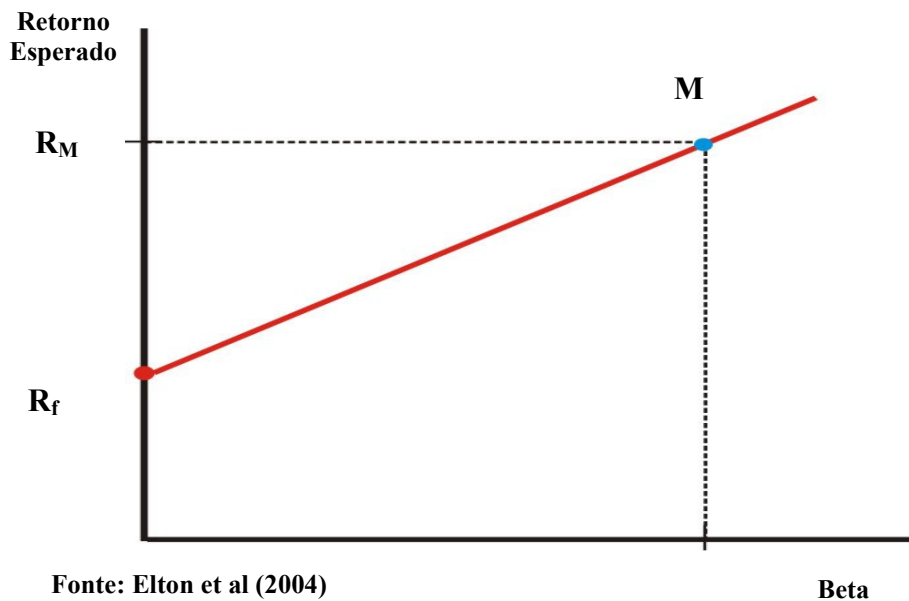
σ_{im} : covariância do ativo “i” e ativo de mercado “m” (ponto de tangência)

σ_{mm} : covariância entre o ativo “m” e “m” (ponto de tangência)²¹

²⁰ Elton et al (2004) decompõem a equação:

Retorno esperado= preço do tempo+ (preço do risco x quantidade de risco)

²¹ A covariância m e m (σ_{mm}) é igual a variância de m (σ_m^2)

Figura 07: Linha de Mercado dos Ativos

Da equação fundamental do CAPM deriva-se, que a inclinação da reta é dada pela covariância do ativo do ativo i e do ativo de m dividido com a variância do ativo m (variância de mercado). Essa razão é comumente chamada de beta:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_{mm}}$$

O beta representa a inclinação da reta obtida pela regressão entre R_i e o R_m por isso é comumente representado pela letra grega β . E como interpretam Fama e French (2004), o β_i é o grau de sensibilidade de retorno do ativo i em relação a uma alteração no retorno de mercado:

$\beta = 1$ (representa uma carteira de mercado)

$\beta > 1$ (ativos mais arriscados que a média)

$\beta < 1$ (ativos menos arriscados que a média)

$\beta = 0$ (ativo livre de risco)

Todos os investimentos com a mesma média de retorno têm o mesmo beta e todos os investimentos com o mesmo beta tem a mesma média de retorno, ressaltam Grinblatt e Titman (2005).

Já um beta de carteira é apenas a média ponderada dos betas das carteiras dos títulos individuais, que pode ser representada:

$$\beta_p = \sum_{i=1}^N w_i \beta_i$$

Para Fama e French (2004) a relação entre retorno esperado e o beta transforma a equação Sharpe-Lintner CAPM:

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \beta_{im} \quad i=1, \dots, N$$

Sendo β_{im} a medida de sensibilidade do ativo i em relação à variação do mercado

Ressalta-se que qualquer ponto localizado sobre a linha de mercado de capitais derivada da CAPM será preferível a qualquer combinação de ativos da fronteira eficiente de Markowitz, a exceção da carteira ótima, quando a linha de mercado de capitais tangencia a fronteira eficiente.

3.2.1 Premissas e considerações ao CAPM

O modelo CAPM é fundamentado sobre a hipótese de um mercado sem imperfeições, ressaltam Grinblatt e Titman (2005). Assume que não há custo nas transações nem impostos e que os investidores são racionais e pequenos o suficiente para não interferir no mercado, preocupando-se somente com a média e variância do retorno de suas próprias carteiras. Também trabalha com a ideia de que as informações são transparentes e conhecidas de todos os agentes, com os investidores tomando a decisão unicamente com base em risco-retorno, não havendo também restrição a entrada e saídas de investidores.

Há evidentemente um sério descasamento entre a realidade empírica e as premissas assumidas pelo CAPM, uma vez que dados históricos usados para estimar os retornos e os betas dos ativos podem não refletir efetivamente a futura variabilidade dos retornos, destaca Gitman (2002). Já Treynor e Black (1973) acrescentam que os custos de transação são

frequentemente elevados, e caso incorporados à análise, poderiam modificar substancialmente o resultado final.

Apesar dessas limitações os resultados empíricos têm demonstrado uma relação realista entre as premissas determinadas pelo Modelo CAPM, em particular nos mercados de acionários e de títulos. Por isso, ainda é uma ferramenta amplamente utilizada, fornecendo uma referência útil na avaliação de risco e retorno dos ativos.

3.3 O Modelo APT

Ross (1976) propôs o modelo baseado na arbitragem como uma alternativa ao CAPM, desenvolvendo o *Arbitrage Pricing Theory* (APT). O modelo prega uma maior abrangência na análise, partindo da premissa de que o retorno dos ativos seja avaliado através de uma série de fatores e não apenas pela média-variância. O modelo incorpora à área de influência, além dos componentes específicos ao ativo, fatores ligados a questões macroeconômicas, como taxa de juros, taxa câmbio, inflação, crescimento do PIB ou variação de uma variável exógena, como por exemplo, o preço do petróleo. Na prática, procura medir a sensibilidade de cada ativo a uma mudança nas variáveis econômicas, sendo essa medida denominada de “beta do fator”.

Grinblatt e Titman (2005) destacam que o modelo APT não só descreve como as mudanças nas variáveis macroeconômicas afetam os retornos dos investimentos, mas também pode ser usado para fornecer estimativa de taxas de retorno esperada do investimento a partir dessas alterações. Embora permita uma maior flexibilidade e trabalhe com mais profundidade os indicativos históricos que, por exemplo, o CAPM, o modelo APT é menos restritivo e, por isso, fornece uma orientação menos decisiva em relação a taxas futuras de retorno.

Diferentemente do CAPM o APT utiliza um modelo fatorial, descrito em Ross (1976):

$$R_i = \bar{R} + \beta_{i1}\delta_1 + \beta_{i2}\delta_2 + \dots + \beta_{ik}\delta_k + \varepsilon_i$$

Onde:

R_i : retorno do ativo i ;

δ_k : valor do fator com influência k sobre o retorno do ativo i

\bar{R} : nível de retorno do ativo i caso todos os fatores tenham valor igual a zero $R_i = \bar{R}$;

β_{ik} : sensibilidade do retorno do ativo i em relação ao fator k

ε_i : termo de erro aleatório (resíduo), sendo $E(\beta_i) = E(\varepsilon_i) = 0$

A pressuposição, segundo Grinblatt e Titman (2005), é que os retornos dos ativos são gerados por um número determinado de fatores comuns (k), sendo que os diferentes ativos possuem sensibilidades (β) distintas em relação aos diversos fatores de mercado. A isso se soma os componentes específicos de cada ativo, denominados erros aleatórios (ε). Mas se um investidor possuir uma carteira bem diversificada, o risco residual tenderá a zero restando apenas o risco sistemático, argumentam Elton et al (2004).

Para Gitman (2002) o modelo CAPM pode ser visto como derivado do APT²². O modelo *Arbitrage Pricing Theory* concentra as atenções dos estudos, mas embora mostre respostas positivas na avaliação do retorno de mercado, falha em determinar fatores de risco. Diante disso, prevalece entre os investidores a maior aceitação do CAPM, o que justifica a escolha no trabalho por esse modelo, em detrimento do APT.

²² Isso pode ser provado ao restringir a análise a um fator (k) e vários ativos, diversificando a carteira até reduzir o risco sistemático a zero e depois inserindo um ativo livre de risco. O resultado será uma equação igual ao CAPM.

4. COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA

Os manuais de economia denominam o mercado como área onde ocorre à comercialização dos produtos. Trata-se do local onde há a justaposição das forças de oferta e procura e onde acontece a troca entre produtos ou de produto por dinheiro. Sem perder a essência de troca, os mercados foram se modificando, buscando atender necessidades crescentes e diversas.

É característico aos mercados agropecuários a instabilidade dos preços, destacam Marques et al (2006). E essa inconstância se deve a dificuldade de quem produz em se ajustar de forma rápida aos impulsos do mercado. Essa resposta mais lenta gera desequilíbrio que afeta, por extensão a composição dos preços. Um exemplo é quando ocorre uma quebra de safra, devido a alguma adversidade climática, e as cotações disparam, ou quando há uma superprodução e as cotações despencam. A baixa elasticidade do consumo em relação ao preço, inerente aos bens básicos, também justifica essa vulnerabilidade do mercado ao tamanho da oferta agrícola, como explica Mendes (1998). Tudo isso torna imprescindível para o agente do agronegócio a incorporação em sua atividade comercial de instrumentos de seguro de preço, em particular nas cadeias mais dinâmicas.

Dessa forma, além da negociação à vista cresce também o interesse por outros tipos de mercados. É muito comum o termo derivativo para delimitar esses mercados. A denominação é justificada, uma vez que esses instrumentos comerciais derivam de outro mercado. Por exemplo, a negociação de café no mercado futuro toma por base os negócios de café no mercado à vista. Especificamente no caso dos mercados agrícolas, a lógica é que todas as operações têm por base um mesmo ativo negociado no mercado físico à vista, denominado de ativo subjacente.

Os mercados podem ser classificados, segundo Marques et all, em quatro tipos básicos:

- **Mercado físico à vista ou disponível:** trata-se da troca de produto físico por dinheiro, comumente chamado em bolsa de mercadoria como mercado spot, uma vez que se trata de uma troca é imediata. Um produtor de café, por exemplo, ao negociar seu produto em Varginha, no Sul de Minas Gerais, está executando uma operação no mercado físico à vista.

- **Mercado a termo:** as partes acertam previamente a cotação, quantidade, qualidade e uma data para liquidação do contrato. O ponto fundamental de uma negociação a termo é que deverá haver entrega/recebimento do produto em data determinada ao preço combinado previamente.
- **Mercado Futuro:** a evolução dos contratos a termo resultou na construção dos mercados futuros. O contrato futuro é uma obrigação de compra ou venda de uma posição contrária a assumida inicialmente a um preço ajustado em pregão.
- **Mercado de opções:** outro instrumento que vem ganhando espaço é o contrato de opção sobre futuros, onde se paga um prêmio para se ter o direito, por um determinado período de tempo, de comprar ou vender um produto ao preço previamente acertado. O interesse é atribuído ao alto grau de flexibilidade que este mecanismo proporciona a gestão de risco, com também a capacidade de estabelecer expectativas específicas para o retorno do investimento.

4.1 Mercado a Termo

Em *Futures Industry Institute* (1998), o contrato a termo é definido como um acordo entre duas partes para comprar ou vender uma mercadoria ou um ativo em data futura preestabelecida e a preço predeterminado. Trata-se de operações para pagamento e entrega futura. É uma maneira de tanto o vendedor como o comprador eliminar o risco de uma flutuação futura indesejada no preço. As partes acertam previamente a cotação de venda, delimitando também a quantidade, qualidade e data para liquidação do contrato.

Apesar do “contrato a termo clássico” ser caracterizado somente pela fixação de preço para uma negociação futura, a evolução das transações permitiram uma maior flexibilidade desses contratos, que agora envolvem desde modalidades com adiantamento parcial ou total de recursos a até a operação de escambo, com a troca de produto por insumos agrícolas.

Nesse último caso, a indústria fornece o insumo agrícola (fertilizantes, defensivos, corretivos) ao produtor em troca da promessa de entrega, na época da colheita, do seu produto (café, soja, milho). Mas como, normalmente, a indústria de insumo não tem interesse em ficar com o produto agrícola, ela fecha também um contrato de fornecimento desse produto junto a um exportador ou a uma indústria alimentícia. Assume o compromisso de repassar o produto tão logo haja a liquidação física do negócio a termo. Em alguns casos essa liquidação é feita

diretamente dentro do armazém do exportador ou da indústria de alimentos. A intenção final da empresa de insumo é agilizar a negociação de insumos agrícolas e, para tanto, facilita o acesso aos produtores via uma “operação de troca”, também conhecida pelo nome em inglês de *barter*.

4.1.1 Cédula do produto rural (CPR)

Um dos desmembramentos do contrato a termo, que ganhou notoriedade no país, foi a Cédula do Produto Rural (CPR). O Banco do Brasil foi o idealizador desse instrumento, que a princípio serviu para preencher uma lacuna de crédito, diante das mudanças na política de financiamento público, marcada principalmente pela escassez de recursos e elevação das taxas de juros. Para Gonzalez e Marques (1999) o ambiente institucional e econômico levou ao aprimoramento de instrumentos de financiamento, com a Cédula do Produto Rural (CPR) sendo criada justamente como o propósito de servir como um instrumento privado de financiamento agrícola. Com ela o produtor poderia angariar recursos para cobrir despesas emitindo um contrato de venda do produto, que ainda não havia nem sido colhido, obrigando-se, no entanto, a entregá-lo em data pré-estabelecida, na qualidade e quantidade especificadas.

O instrumento trouxe inovação à atividade financeira agrícola, pois além de um mecanismo de negociação a termo, permitiu o desenvolvimento de um mercado secundário, conjugando característica de hedge e financiamento. Esse duplo papel logicamente que atraiu o interesse dos operadores.

Outro ponto positivo da CPR é que se trata de um financiamento referenciado em produto, que, por sinal, era uma antiga reivindicação dos produtores. A equivalência-produto facilita a tarefa do produtor na hora de dimensionar custos e comparar rentabilidade, uma vez que a base comparativa centra-se em um ativo que ele tem domínio, o seu produto.

A configuração inicial da CPR prevê o aval de uma instituição financeira e o registrado em CETIP (Central de Liquidação e Custódia Financeira de Títulos). E muitas vezes a negociação é realizada através de leilão eletrônico efetivado pela instituição financeira avaliadora, não havendo conhecimento prévio entre comprador e vendedor. Mas como destacam Gonzalez e Marques (1999) crescem os acordos diretos entre vendedor e comprador, sem interferência ou intermediação de terceiros. Essa negociação é denominada

de CPR-balcão²³. Marques et al (2006) ainda desmembram a CPR-balcão em CPR avalizada, aquela que possui aval de uma instituição financeira, e em CPR sem aval e não registrada em cartório, também denominadas de “CPR de gaveta”.

Ressaltam ainda que além de instrumento de captação de recursos e proteção contra movimentos de baixa no preço, a CPR ainda tem outras duas funções:

- 1) demarcação de um patamar de lucro da parcela comercializada, uma vez o agente fixa receita e
- 2) viabilização dos recursos financeiros para o plantio e os tratamentos culturais que a lavoura necessita.

Porém, qualquer instrumento fundamentado unicamente na liquidação física fica limitado ao um número pequeno de agentes de uma cadeia produtiva específica, o que gera gargalos e limitações à sua evolução. Em função disto, procurou-se ampliar as possibilidades, com a criação da CPR com liquidação financeira, uma modalidade da cambial que seria capaz de atrair novos agentes para a operação.

Ao operar a CPR financeira, o emitente recebe o recurso, com base em parcela da receita potencial de sua produção, liquidando o débito no final da operação. Segundo Micelli (2002), por não envolver a presença do produto, trata-se de uma operação de fluxo financeiro único e com liquidação no final da transação. O produto, nessa modalidade, serve apenas como uma garantia de aval à transação. A CPR por liquidação financeira pode ser realizada de duas formas:

- **CPR financeira com preço fixo:** consiste em adiantamento de recursos ao produtor com a promessa de liquidar financeiramente, em data predeterminada e valor prefixado antecipadamente. Para o comprador de CPR é similar a uma aplicação de renda fixa.
- **CPR com preço a fixar:** a liquidação é referenciada na cotação do mercado futuro da BM&F ou em algum indicador de preço à vista, como o índice de preços agrícolas, por exemplo, o CEPEA/ESALQ (Centros de Estudos em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo). Para o comprador assemelha-se a uma aplicação de renda variável.

²³ O mercado de balcão se caracteriza por negociações realizadas fora da bolsa, em operação que envolve diretamente as partes interessadas. Segundo Elton et al (2004) o corretor, que age em nome de um cliente, avaliará as ofertas e entrará diretamente em contato com o corretor de outro operador.

Ao contrário da CPR com liquidação física, a CPR financeira não exige a entrega do produto, pois o resgate do título se dá por uma operação de recompra da CPR pelo seu emissor (no caso o produtor), com base em preços ou indicadores previamente definidos. A grande vantagem de se permitir à liquidação financeira é abrir o mercado para qualquer agente financiador, pois não é mais necessário o recebimento do produto. Torna-se um ativo financeiro, atraindo mais investidores e elevando a liquidez nas operações.

A CPR física é uma operação sem risco financeiro para o vendedor, que recebe o recurso antecipadamente. Para o comprador, no entanto, há risco, pois o preço na data de liquidação pode estar abaixo daquele estabelecido na negociação antecipada. Já no caso da CPR financeira, a relação de risco ganha uma conotação diferente a cada modalidade:

- **CPR financeira indexada:** o risco do comprador é similar ao da compra de uma CPR física. O emissor da CPR, que na física está isento de risco, passa a assumir o risco de base, que é o deslocamento entre o preço de venda de seu produto e o registrado pelo indexador.
- **CPR financeira com preço fixado:** define-se antecipadamente o valor de resgate, sem risco financeiro. Há a possibilidade de que o preço estipulado previamente fique acima ou abaixo do praticado no dia da liquidação, o que se denomina de risco econômico.
- **CPR financeira com preço a fixar:** onde os dois lados estão sujeitos ao risco de uma flutuação indesejada ano preço.

Um dos entraves em relação a um maior avanço das negociações com CPR é o custo do aval, que varia entre 0,45% a 0,65% ao mês sobre o valor total da negociação, segundo Barros et al (2002). Outro limitador são as exigências bancárias, que praticamente alijam do processo os pequenos produtores, por não conseguirem cumprir as garantias e exigências das instituições financeiras. Uma maneira de contornar esse último impasse é a formação de um pool de produtores, coordenada por uma cooperativa ou associação de produtores, salientam Gonzalez e Marques (1999).

4.2 Mercado futuro

Para Hull (2005) o contrato futuro é um acordo de compra e venda de um ativo para uma data futura, mas com preço ajustado em pregão. Os futuros são negociados em uma bolsa organizada e os contratos são padronizados.

As negociações nos mercados futuros, do jeito como se conhece atualmente, tiveram início em 1848 com a Chicago Board of Trade (CBOT), que atualmente trabalha com diversos ativos, que incluem soja, milho, trigo, óleo de soja bônus e nota do tesouro norte-americano, entre outros. Já o primeiro contrato futuro de café só foi lançado pela Bolsa de Nova York em 1882, ano em que a bolsa foi fundada. Em 1916 a bolsa de NY passou a denominação de Bolsa de Café e Açúcar de Nova York e em 1979, ao se fundir com a Bolsa de Cacau de Nova York, foi criada a Coffee, Sugar e Cocoa Exchange (CSCE). No ano de 2004 a CSCE e New York Cotton Exchange (NYCE) se fundiram e fundaram a New York Board of Trade (NYBOT), que em 2007 foi vendida a InterContinental Exchange (ICE Futures). Os contratos de café passaram, então, a ser negociados em sua plataforma eletrônica. As negociações se tornaram inteiramente eletrônicas no dia 3 de março de 2008. Era o fim do pregão viva-voz, aqueles onde as ordens são gritadas e transmitidas por uma série de sinais manuais.

No Brasil, os mercados futuros tiveram início em dezembro de 1977, com a Bolsa de Mercadorias de São Paulo (BMSP), que operava com futuros agropecuários. Em 1985 foi criada a Bolsa Mercantil & de Futuros (BM&F), que passou a se chamar Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), depois da incorporação da Bolsa de Mercadorias de São Paulo em maio de 1991. Em 2008 a BM&F se fundiu a Bovespa Holding, criando a BM&FBOVESPA, chamada de “A Nova Bolsa”.

Quadro 01: COMPARAÇÃO ENTRE O CONTRATO FUTURO E A TERMO

A Termo	Futuro
Contrato particular entre as partes	Negociado em Bolsa
Não padronizado	Padronizado
Uma só data de entrega acordada	Várias datas de entrega
Ajustado no vencimento	Ajuste diário
Entrega ou liquidação financeira final	Encerramento geralmente antes do fina

Fonte: Hull (2005)

Os mercados futuros devem ser vistos de uma forma integrada ao mercado físico. Dessa maneira, a bolsa de futuros serve com uma espécie de interligação entre os diversos

elos de uma cadeia produtiva, expressando através dos preços, o equilíbrio de forças de determinado mercado. Para Schouchana e Micceli (2003) a Bolsa não é, portanto, o local onde os preços se formam, mas um local onde os preços se manifestam.

4.2.1. Formas de liquidação, margens de garantia e principais operadores

A grande maioria dos investidores prefere encerrar suas posições antes do período de entrega especificado do contrato, como destaca Hull (2005). Mesmo para um hedger é mais cômodo fechar a posição no mercado futuro antes do encerramento, evitando, assim, a entrega física, e depois comprar ou vender o ativo negociado no mercado físico. Apesar da nítida preferência, a bolsa normalmente disponibiliza três formas de liquidação de um contrato futuro²⁴:

- **Inversão de posição:** é a mais utilizada e se trata de liquidar o contrato em aberto assumindo uma posição inversa a que detinha inicialmente. Por exemplo, caso possua uma posição de venda adquire uma posição de compra, zerando as posições e encerrando o contrato.
- **Entrega física:** o vendedor ao invés de inverter a posição, entrega o produto físico ao comprador na data do vencimento do contrato, disponibilizando-o em local credenciado pela bolsa de futuros.
- **Liquidação Financeira:** os contratos são invertidos automaticamente no dia do vencimento, utilizando um indicador de preço para a commodity.

Seguindo em Hull (2005), a margem de garantia dos contratos corresponde ao valor que é depositado pelos operadores junto à casa de compensação da Bolsa em negociação. Esse depósito é chamado de *conta margem*. A garantia pode ser em dinheiro, carta de fiança, ou títulos públicos e privados. No caso de uma garantia em dinheiro, esse recurso é aplicado em título de renda fixa, com saldo mais juros retirados no encerramento da operação. Esse montante é denominado de *margem inicial*.

No fim de cada dia de negociação, a conta margem será ajustada para reproduzir a perda ou ganho do investidor. Essa prática é denominada de *marcação a mercado*. É

²⁴ Normalmente as bolsas de futuros optam pelas duas primeiras formas de liquidação, sendo poucas a que aceitam a liquidação financeira. No caso do café a ICE Futures, BM&F e a LIFFE restringem a liquidação a inversão de posição e a entrega física.

autorizado ao investidor retirar o saldo que estiver acima da margem inicial. Mas para evitar que saldo na conta margem fique negativo, fixa-se uma *margem de manutenção*.

Quando a conta ficar abaixo da margem de manutenção, o investidor recebe a *chamada de margem*. E se não depositar a *margem adicional*, o contrato é liquidado pelo corretor. O propósito dos sistemas de margens é diminuir a possibilidade de perdas por inadimplências.

O mercado futuro é o espaço onde os agentes trocam risco. Há aquele agente que possui um risco inicial, mas deseja eliminá-lo. Então, busca no mercado futuro outro agente disposto a assumir esse risco, mediante a possibilidade de um ganho futuro. Diante dessa ideia inicial, dá para distribuir os operadores em três tipos básicos:

- **Hedgers:** aqueles que usam os mercados futuros para eliminar, ou reduzir sensivelmente, o risco de uma variação indesejada no preço.
- **Especuladores:** dispostos a assumir risco, mediante a expectativa de algum ganho futuro. Os especuladores são classificados em:
 - **scalpers**²⁵: possuem permissão de trabalhar por conta própria e atuam no curtíssimo prazo, visando pequenos lucros
 - **day traders:** mantém posições por menos de um dia
 - **position traders:** seguram posições por um período mais longo
- **Arbitradores:** realizam transações simultâneas em dois ou mais mercados, a fim de obter um lucro pequeno, mas com risco reduzido.

Os economistas Keynes e Hicks, citados por Hull (2005), argumentam que os especuladores só negociam um contrato futuro quando seu lucro esperado é positivo. Inversamente, os hedgers estão preparados para aceitar um lucro econômico negativo²⁶, em virtude do benefício ocasionado pela redução de risco de uma variação indesejada no preço.

Para Stoll (1979) os hedgers são os operadores que detêm posição com a commodity física em negociação, enquanto os especuladores não detêm posição com a commodity física. Essa relação pode ser resumida: Hedgers $Q_i > 0$ e Especuladores $Q_i = 0$, sendo Q_i a posição com a commodity física.

²⁵ Daí surgiu o termo “operação de scalping”, que consiste, segundo Bessada et al (2005), em especular tendo como objetivo ganhos mínimos em um intervalo de tempo reduzido. Normalmente o scalper liquida a operação no mesmo dia para reduzir o custo operacional e evitar pagar margem de garantia.

²⁶ O hedger poderia obter um lucro financeiro positivo ao fixar um preço para seu produto no mercado futuro, garantindo remuneração acima de seu custo. Mas essa operação também pode resultar em um lucro econômico negativo, basta que o preço de fixação fique abaixo do praticado pelo mercado na data da liquidação do contrato.

4.2.2 Lógica do hedge

Na prática, um hedge perfeito é bastante raro. Assim, um estudo de hedge com contratos futuros aborda, em essência, como sugere Hull (2005), os caminhos pelos quais ele pode ser conduzido de modo que sua eficácia seja a mais perfeita possível. No escopo desse trabalho é abordado preferencialmente o chamado “*hedge and forget*”, ou seja, uma vez montando o hedge ele não mais será ajustado.

Os hedgers são aqueles indivíduos que participam tanto do mercado físico como futuro, tendo envolvimento direto com o produto em negociação. A negociação futura é utilizada por esses agentes para se proteger de uma variação não desejada dos preços, uma vez que isso afeta de forma direta a sua renda. Já os especuladores estão à procura de oportunidades de lucro e não mantêm relação com o produto em negociação.

A lógica do hedge é baseada na premissa de que o mercado físico e futuro convergem no seu vencimento. Em outras palavras, uma variação no preço no mercado futuro tende a ser proporcional a flutuação no mercado à vista e como as posições assumidas são inversas uma compensaria a outra. Nesta estratégia, a perda em um dos mercados seria parcial ou totalmente contrabalançada pelo ganho no outro.

Assim, caso os preços caíam nos dois mercados, o hedger ganharia naquele que ele havia inicialmente vendido e teria prejuízo onde havia comprado. No caso de uma alta nos preços, a analogia é a inversa. Com este tipo de estratégia, os produtores, cooperativas, agroindústrias, exportadores e demais agentes de comercialização agropecuária poderiam reduzir o risco de preço.

4.2.3. Exemplo de hedge de venda²⁷

Um produtor rural, que se encontra “naturalmente” comprado na safra em virtude dos estoques acumulados neste período, estaria exposto à flutuação de preços. Mas se cada compra física fosse combinada simultaneamente com uma venda no mercado futuro, o produtor conseguiria neutralizar efeitos adversos dos preços.

Uma operação de hedge de venda permite justamente isso, bastando que o produtor assuma uma posição de venda no mercado futuro para o mesmo período da safra, quando se encontra “naturalmente” comprado. Operacionalmente, basta transformar o volume de

²⁷ O exemplo tem como base exposição de Schouchana e Miceli (2004).

posição física no número correto de contratos futuros, pois assim, compensa a exposição física através de transação oposta no mercado futuro.

Um produtor de café do Sul de Minas Gerais, por exemplo, estima colher uma safra de 1.000 sacas de arábica ao custo médio estimado de US\$ 90 a saca de 60 quilos beneficiada. O receio é que o preço caia abaixo do custo de produção no momento da comercialização, o que leva o produtor a fazer um hedge de 400 sacas de café (40% da safra). Na BM&F o café arábica com vencimento em julho é negociado a US\$ 100 a saca de 60 quilos e o produtor resolveu vender 4 contratos (cada contrato de café arábica na BM&F corresponde a 100 sacas de 60 quilos)²⁸.

QUADRO 02: CUSTOS OPERACIONAIS - ENTRADA DA POSIÇÃO NO MERCADO FUTURO

- Vende 4 posições de café na BM&F para entrega julho a US\$ 100 a saca
- Paga taxa de corretagem de 0,3% sobre o montante total da operação:

(número contratos x sacas por contrato x preço de venda)

= 0,3% de (4x100x100) = US\$ 120

- Taxa de Bolsa, que corresponde a 6,32% sobre a corretagem

= 120 x 6,32% = US\$ 7,58

Custos operacionais para aquisição da posição em bolsa

Total = US\$ 120 + 7,58 = US\$ 127,58

Na época da comercialização o preço do café no mercado físico recuou a US\$ 90,00. O produtor, então, compra os 4 contratos a preço de US\$ 90, obtendo na operação em bolsa um ganho de US\$ 4.000.

²⁸ Maiores detalhes sobre o contrato futuro de café arábica é encontrado no site da BM&F (www.bmf.com.br)

QUADRO 03: CUSTOS OPERACIONAIS – SAÍDA DA POSIÇÃO NO MERCADO FUTURO

- Compra 4 posições de café na BM&F para julho a US\$ 90
- Paga taxa de corretagem de 0,3% sobre o montante total da operação:
(número contratos x sacas por contrato x preço de compra)
= 0,3% de (4x100x90) = US\$ 108
- Taxa de Bolsa que corresponde a 6,32% sobre a corretagem
= 108 x 6,32% = US\$ 6,83

Custos operacionais para liquidação da posição em bolsa

Total = US\$ 108 + 6,83 = US\$ 114,83

Para se obter o valor líquido recebido na operação em bolsa é preciso descontar a corretagem e taxa de Bolsa, que somam na entrada e saída um total de US\$ 242,41. O resultado líquido da operação no mercado futuro ficou em US\$ 3.757,59.

Paralelamente o produtor negocia 400 sacas de seu produto no mercado físico ao preço de US\$ 90 a saca, tomando com válida a premissa básica de que o mercado físico e o mercado futuro convergem no fechamento, obtendo com a venda física do café no mercado à vista um total de US\$ 36.000. Somando o recebimento do mercado físico (US\$ 36.000) e o valor líquido dos ganhos em Bolsa (US\$ 3.757,59), totalizou US\$ 39.757,59, que dividido por 400 sacas, corresponde a um preço médio por saca de US\$ 99,39 a saca.

Em resumo, mesmo com a queda no mercado físico o produtor conseguiu um preço médio para 400 sacas acima do custo de produção, como pretendia no início da operação. Caso o preço, ao invés de cair, tivesse subido, a relação entre os mercados seria inversa, com produtor utilizando o saldo positivo no mercado físico para cobrir perdas no mercado futuro, mantendo o preço final em torno do patamar hedgeado no começo da operação, que foi US\$ 100 a saca. E só não alcançou o patamar fixado por causa das despesas operacionais.

4.2.3 Base e risco de base

A base, segundo Futures Industry Institute (1998), é a diferença entre o preço praticado no mercado físico e o preço no mercado futuro, que não pode ser arbitrada. Na teoria, se ativo físico a ser hedgeado e o ativo objeto do contrato futuro forem o mesmo, a base será zero na data do vencimento do contrato futuro. Antes do vencimento, no entanto, ela pode ser positiva ou negativa.

Empiricamente, no entanto, é comum a diferença entre preço futuro e físico, mesmo no fechamento do contrato futuro. E os motivos são os mais diversos como:

- Localização do produto e custo de transporte
- Questões de oferta e demanda: superoferta, quebra de safra ou escassez temporária²⁹
- Disparidades geográficas
- Condições climáticas
- Frete e capacidade de estocagem
- Qualidade do produto
- Expectativas de preço
- Razões sazonais³⁰

A incerteza sobre a base em um período futuro é chamado de risco de base. Quando o preço à vista sobe mais que o preço futuro, a base aumenta o que é conhecido como fortalecimento da base. Mas se o preço futuro aumenta mais que o preço à vista, a base diminui, o que é denominado de enfraquecimento da base.

Hull (2005) salienta que o risco de base pode levar a melhora ou a piora do hedge. Para um hedger de venda (aquele que assume uma posição vendida no mercado futuro) se a base se fortalecer em relação ao referencial futuro ele ganhará, mas caso se enfraqueça o seu resultado será pior do que o projetado inicialmente. Já um hedger de compra (aquele que assume uma posição de compra no mercado futuro) se a base aumentar o seu resultado ficará pior e se base diminuir haverá uma melhora no resultado final da operação.

As flutuações das bases são menores que as observadas nos mercados futuros, mas não podem se menosprezadas, devendo ser monitoradas com atenção pelos hedgers. Segundo o

²⁹ Grandes safras tendem a resultar em bases mais enfraquecidas no período de colheita. Por outro lado, uma quebra de safra resulta em fortalecimento da base no período de colheita.

³⁰ O estudo de base realizado por Fontes et al (2003) em diversas regiões produtoras de café de Minas Gerais e São Paulo revelou uma base mais estável e forte no período de safra em relação a entressafra.

Futures Industry Institute (1998) é útil manter um registro histórico sobre as mudanças de base durante os meses em que se comercializa o produto.

Uma estratégia bastante utilizada pelos operadores, no caso de uma base desfavorável, é rolar o hedge. No caso de um *hedge* de venda, o operador compra uma posição no mercado futuro liquidando o contrato atual e imediatamente vende uma posição em um vencimento imediatamente posterior, passando a posição hedgeada para frente. É bom tomar cuidado para não cair em erro de análise, desconsiderando explicações fundamentais para a flutuação na base.

Na prática, são poucas as vezes que se consegue um *hedge* perfeito. Para isso acontecer o hedger deve conhecer previamente a base entre o mercado físico e mercado futuro e a mesma permanecer igual até o vencimento. Na vida real, o *hedge* quase nunca é perfeito e segundo Hull (2005), isto acontece devido:

- a) O ativo para o qual é feito o *hedge* poderá ter diferenças em relação ao contrato futuro.
- b) Não se sabe com antecedência a data exata em que o ativo será comprado ou vendido no mercado físico.
- c) O contrato futuro poderá ser encerrado antes mesmo da data de vencimento

4.3 Mercado de Opções

Outro instrumento que vem ganhando espaço é o contrato de opção. O crescimento é atribuído ao alto grau de flexibilidade que este mecanismo proporciona a gestão de risco. Permite, como salientam Bessada et al (2005), uma série de estratégias operacionais, atendendo necessidades tanto especulativas como de proteção de mercado.

Os primeiros negócios com opções aconteceram na Europa e nos Estados Unidos no século XVIII. Em seu início esses mercados ganharam má fama, em função da grande manipulação de informações por parte dos corretores. Somente em 1973 a Chicago Board of Trade (CBOT) criou Chicago Board Options Exchange, com o intuito de negociar opções sobre ações. A partir daí os mercados de opções tornaram-se mais populares e se desenvolveram, ganhando espaço principalmente em taxas de câmbio, índice de ações e contratos futuros. No ano de 1986 a Coffee, Sugar e Cocoa Exchange (CSCE) introduziu o contrato de opções para futuros de café.

Futures Industry Instituto (1998) resume a negociação no mercado de opção a dois agentes principais:

- **Lançador:** quem assume a obrigação de vender ou comprar uma quantidade de um ativo qualquer, a preço determinado e a data de entrega fixada previamente, conhecida como data do vencimento, de exercício ou de maturidade.
- **Titular:** é aquele que compra a opção, adquirindo os seus direitos.

O lançador estipula um prêmio, que nada mais é que a sua remuneração para assumir o risco. O prêmio é o preço pago pelo titular para ter direito a compra ou venda de um ativo a determinado valor, conhecido como preço de exercício (*strike price*). O lançador recebe dinheiro adiantado, mas tem obrigações e seu lucro caminha em sentido oposto ao do comprador da opção. Hull (2005) destaca dois tipos básicos de opções:

- **Opções de compra (Call):** dá o direito ao titular comprar um ativo (ativo objeto) a determinado preço de exercício. Esse direito tem um período de tempo limitado. O último dia em que uma opção pode ser exercida é chamado de data de expiração, vencimento ou de exercício da opção.
- **Opções de venda (Put):** dá o direito ao titular de vender o ativo objeto de negociação a um preço predeterminado, durante um período de tempo limitado.

As opções podem ser americanas ou européias. As opções americanas podem ser exercidas a qualquer tempo até a data do vencimento, enquanto as européias só podem ser exercidas na data do vencimento. A maioria das opções negociadas em bolsa é do tipo americana.

4.3.1 O valor de uma opção

O valor intrínseco ou de exercício de uma opção de compra (call) é a diferença entre o preço futuro e o preço de exercício, desde que o futuro seja superior ao exercício. Não há valor intrínseco se o preço futuro ficar abaixo do preço de exercício. Para uma opção de venda (put) a analogia é inversa, pois só proporciona lucro quando o preço do ativo recua.

Futures Industry Institute (1998) resume assim:

Se: Preço Futuro > Preço de Exercício

Valor Intrínseco da Opção de Compra (CALL) = Preço Mercado Futuro – Preço de Exercício

Preço Futuro < Preço de Exercício

Valor Intrínseco da Opção de Compra = Zero

Se: Preço de Exercício > Preço Futuro

Valor Intrínseco da Opção de Venda (PUT) = Preço Exercício – Preço Mercado Futuro

Preço de Exercício < Preço Futuro

Valor Intrínseco da Opção de Venda = Zero

A partir do exposto acima as opções podem assumir três formas:

- **No dinheiro (ATM)**³¹: quando o preço de exercício se iguala ao preço futuro.
- **Dentro do dinheiro (ITM)**: quando a opção possui valor intrínseco, ou seja, quando o preço de exercício da call está abaixo do preço futuro, ou o preço da put está acima do preço de exercício.
- **Fora do dinheiro (OTM)**: quando não possui valor intrínseco, ou seja, quando o preço de exercício da call está acima do preço futuro, ou o preço da put está abaixo do preço de exercício.

Quadro 04: Relação do Preço da Commodity com o Preço de Exercício da Opção

- **Dentro do Dinheiro (ITM): opção será exercida**
- **No dinheiro (ATM): neutro**
- **Fora do dinheiro (OTM): opção não será exercida**



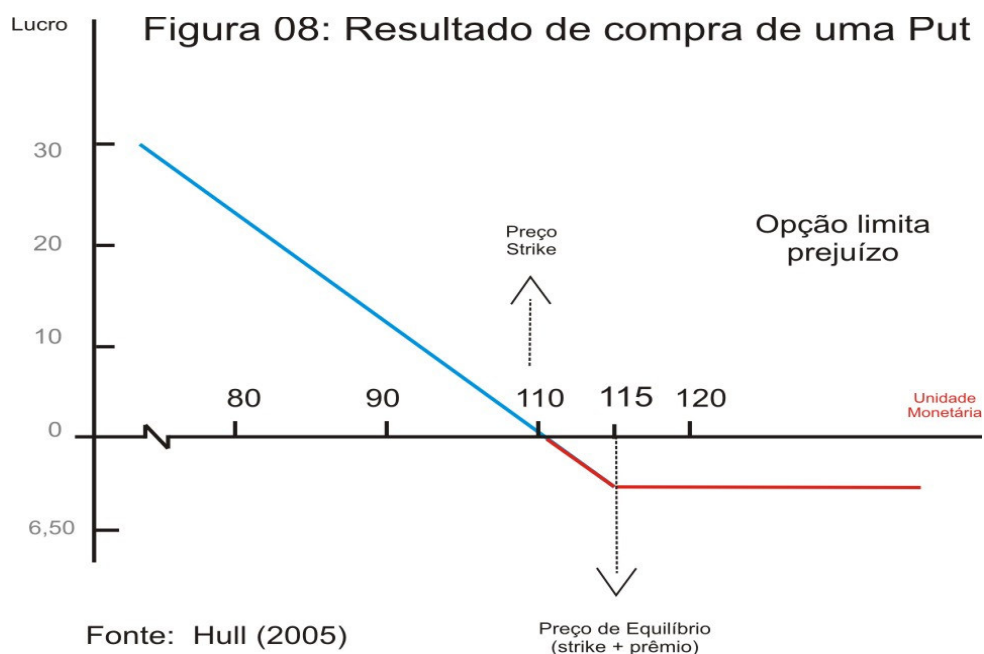
Fonte: elaborado pelo autor

³¹ Siglas em inglês para A The Money (ATM), In The Money (ITM) e Out The Money (OTM)

4.3.2 Exemplo de uma operação com opção de venda e com opção de compra

Um cafeicultor adquire uma opção de venda (PUT) de um contrato futuro de café ao preço de exercício de \$ 110 contra o vencimento dezembro. O preço pago pela opção foi 5 unidades monetárias:

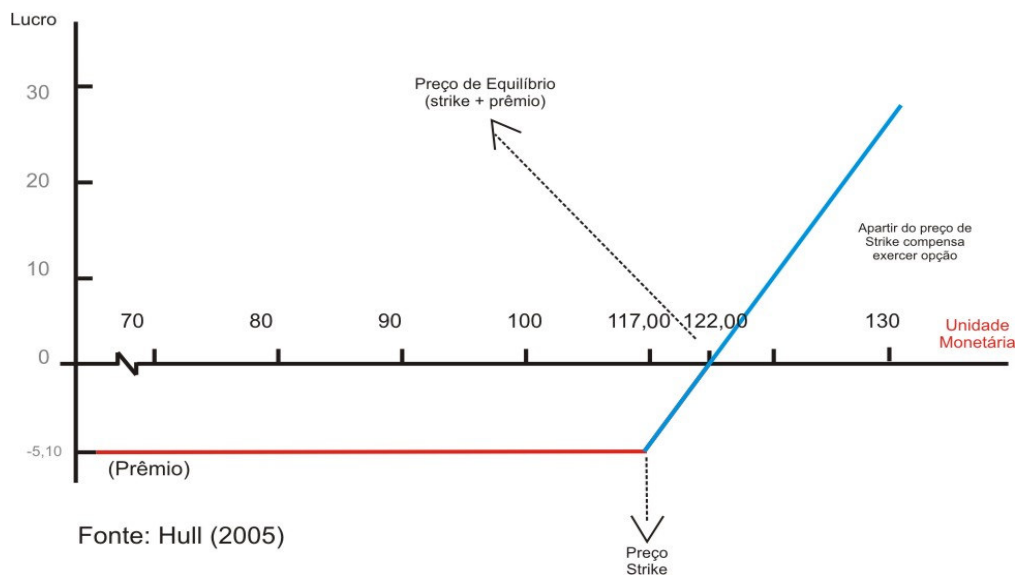
- **Primeira hipótese:** na data de exercício o café está cotado no mercado futuro acima de 110 unidades monetárias. O produtor não exerce a opção de venda, pois não há sentido em vender abaixo do que o mercado está negociando. Perde o prêmio de \$ 5.
- **Segunda hipótese:** na data do exercício o café está cotado a \$ 100, abaixo do preço de exercício (\$ 110), e o produtor exerce a opção de venda. Ao mesmo tempo em que exerce a opção de venda a \$ 110 ele compra um contrato futuro a \$ 100, obtendo com a operação de compra e venda um resultado positivo de \$ 10, que descontado o custo da compra da opção de \$ 5, resulta em um lucro líquido de 5 unidades monetárias.
- **Terceira hipótese:** o mercado cai a \$ 106 no vencimento na data do exercício, o que levaria o produtor a exercer a opção de venda a \$ 110, obtendo um retorno de \$ 4. Porém, o custo para montar a operação foi de 5 centavos e ele amarga um prejuízo líquido de \$ 1 centavo de dólar por libra-peso. Consegue abater boa parte do custo da operação, uma vez que sem exercer a put o prejuízo seria de \$ 5.



Já um exportador de café adquiriu uma opção de compra (CALL) com preço de exercício (strike price) de 117 unidades monetárias para vencimento no mês de março. O preço pago pela opção foi \$ 5:

- **Primeira hipótese:** na data de exercício o contrato futuro de café está cotado abaixo de 117 unidades monetárias e o exportador simplesmente não exerce a opção de compra, pois não há sentido em comprar um contrato de café acima do que o mercado está negociando. Perde o prêmio de \$ 5.
- **Segunda hipótese:** na data do exercício o preço está em 125 unidades monetárias e o exportador exerce a opção de compra e vende imediatamente esse contrato no mercado futuro, obtendo com a operação \$ 8, que descontado o custo inicial (prêmio) de \$ 5, dá um resultado líquido de 3 unidades monetárias.
- **Terceira hipótese:** na data de exercício o mercado sobe a 120 unidades monetárias e o exportador exerce a opção de compra, obtendo um retorno de \$3, uma vez que imediatamente vendeu esse produto no mercado futuro. Mas como teve um custo na compra da opção de \$ 5. O resultado líquido seria um prejuízo de \$ 2.

Figura 09: Resultado de compra de uma Call



4.3.3 Fatores que afetam o preço das opções

A partir de Black e Scholes (1973) foi construído o modelo mais conhecido e utilizado para precificação de opções, denominado de Black e Scholes³². As fórmulas do Black e Scholes calculam o preço justo para as opções européias e trabalham a partir das seguintes variáveis³³:

- preço à vista do produto negociado;
- preço de exercício da opção;
- tempo até o vencimento da opção;
- volatilidade ou desvio-padrão do preço futuro;
- taxa de juro livre de risco.

Com base em Hull (2005), a diferença entre o preço à vista e preço de exercício tem uma interferência direta sobre o preço da opção, pois se uma opção de compra (call) for exercida, o valor a ser recebido será a diferença entre o preço à vista e o preço de exercício. Nesse sentido, as opções de compra tornam-se mais caras à medida que o preço à vista aumenta e mais baratas quando o preço de exercício se eleva. Mas se uma opção de venda (put) for exercida, o valor a ser recebido será a diferença entre o preço de exercício e o preço à vista, exatamente o oposto da opção de compra. Assim, as opções de venda tornam-se mais baratas quando o preço da ação aumenta e mais caras à medida que o preço de exercício aumenta.

O tempo é determinante para o valor da opção. Dessa forma, as opções de venda e de compra tornam-se mais caras quando o tempo até a data de expiração é maior. É que a opção de vida mais longa tem mais chance de ser exercida do que uma opção com um prazo menor para expirar. De outra forma, a passagem do tempo leva a um decaimento do preço da opção, uma vez que reduz o valor da expectativa do mercado.

³² Entre 1965 e 1970, como destacam Fontes et al (2004), Black e Scholes estudaram o desenvolvimento de um modelo que possibilitasse avaliar o preço justo de uma opção sobre ações. Mas isso só foi possível com a decisiva contribuição de R.C. Merton. Por isso, o modelo também é chamado de Black, Scholes e Merton. O resultado dos estudos de Merton foi divulgado no artigo: Theory of Rational Option Pricing. Publicado no Bell Journal of Economics and Management Science número 4, na primavera de 1973.

³³ As fórmulas para o cálculo do preço justo de uma opção foram desenvolvidas em Black e Scholes (1973), mas foram transpostas em vários manuais sobre o mercado de opções, como em Hull (2005). Também são bastante comuns as calculadoras de opções, que utilizam como referência o modelo Black & Scholes para o cálculo do preço justo da opção. No site do professor Jonh Hull (<http://www.rotman.utoronto.ca/~hull/>) pode ser baixado o software derivagem, que inclui uma calculadora de opções.

A volatilidade do preço de um produto é a medida de incerteza em relação aos movimentos futuros do mercado. Assim, quanto mais volátil o mercado mais cara será a opção. A volatilidade pode ser dividida em volatilidade histórica, que toma como base oscilação de uma série passada de preço do ativo subjacente. Há também a volatilidade implícita, que busca captar as expectativas em relação ao futuro. Essa última é medida pela flutuação do preço da opção. No caso dos mercados agrícolas a volatilidade implícita pode ser exemplificada pelo “mercado de clima”, onde a variabilidade climática em um período decisivo para as lavouras cria expectativas distintas em relação ao preço futuro do mercado.

A taxa de juros afeta o preço da opção de forma menos clara. O aumento da taxa de juros na economia leva a aumento do preço futuro, mas o valor presente de um fluxo de caixa futuro recebido pelo detentor da opção tende a recuar. Nas puts os dois efeitos tendem a diminuir o valor da opção e nas calls o primeiro efeito tende a aumentar o preço da opção, enquanto o segundo tende a diminuir o preço da opção. Mas como normalmente o primeiro efeito domina o segundo, dá para dizer que o preço da call aumenta quando a taxa de juro aumenta.

O sucesso do método Black & Scholes é a facilidade do cálculo e da captação das informações necessárias, afirma Hull (2005). A exceção da volatilidade, os demais dados utilizados nas fórmulas são de fácil conhecimento. O ponto de crítica está no pressuposto que a volatilidade do mercado se mantém constante ao longo do tempo e que as variações de preço respeitam uma distribuição normal, o que nem sempre acontece. Black e Scholes (1973) argumentam que em testes empíricos foi detectado um desvio do preço justo, tanto nas calls como nas puts, em relação ao preço praticado no mercado. Essa diferença é justificada, em parte, pelos custos de transação, mas também por erros na estimação de risco, com agentes normalmente subestimando os ativos com maior risco.

4.3.4 Considerações sobre opções e a sua utilização no mercado agrícola brasileiro

O contrato de opção assume o papel de hedge, mas de forma bem menos burocrática, pois o titular, seja ele comprador ou vendedor, salda seu débito já no início da operação, mediante o pagamento do prêmio. Não existe pagamento de margem nem sequer ajustes diários, como no caso dos mercados futuros. O custo da operação limita-se ao prêmio pago ao lançador. São mais aconselháveis em momentos onde é mais difícil prever a tendência do mercado, servindo como seguro de preço, que sofisticada o portfólio.

O hedger (produtor, exportador ou indústria) ao exercer uma opção adquire uma posição de compra ou de venda no mercado futuro. E o resultado da operação de compra e venda no mercado será somado ou subtraído da operação no mercado físico. Assim, a opção quando exercida transforma-se em uma fixação de preço no mercado futuro, que tem como patamar de hedge o preço da opção menos o prêmio pago ao lançador, que é o custo da operação. Mas como a opção é um direito e não uma obrigação, o hedger pode não querer exercer a opção, perdendo o prêmio pago no início da operação.

A vantagem das opções é justamente a maior flexibilidade, com operador podendo decidir até a data de exercício se vai ou não exigir seu direito de compra ou venda do produto em negociação. Além disso, o custo é delimitado no começo da operação, mediante o pagamento do prêmio ao lançador. A desvantagem é que exige um fluxo monetário no início da operação. E esse recurso não é ressarcido, devendo ser abatido do resultado final da operação.

O grande empecilho enfrentado pelos agentes que desejam atuar com opções através da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) é a pouca liquidez dos mercados de opções para ativos ligados ao agronegócio. A alternativa para quem deseja operar com opções em âmbito local é o mercado de balcão, centrado na figura do *market maker*, que como descrevem Bessada et al (2005) são os agentes que cotam preços de compra e venda para os ativos e derivativos, garantindo liquidez aos mercados, além de ajudar na formação de preço.

Há também a alternativa externa, com as bolsas internacionais para o agronegócio, como a ICE Futures, referência para o café, açúcar e algodão, e a CME, que incorpora a CBOT referência para soja, milho e trigo, que apresentam uma boa liquidez para as operações com opções.

5 METODOLOGIA

O estudo avalia a aplicabilidade da moderna teoria de carteira às alternativas comerciais dos produtores de café arábica³⁴ no Brasil. Analisa a possibilidade da utilização desse instrumental no auxílio ao produtor para a decisão de venda ao longo da temporada comercial.

A utilização de técnica de carteira, baseada no risco e retorno, não é uma novidade, haja vista, que a profissionalização do agronegócio brasileiro tem aproximado os mercados agrícolas de técnicas de gestão de investimento. Fontes et al (2004) fizeram uma reflexão teórica, onde comparam as características do mercado acionário e de derivativos agrícolas através do instrumental de risco e retorno. Afirmam que a utilização de derivativos agrícolas cria um ambiente mais confiável ao investidor, não só melhorando a distribuição de risco, como também proporcionando uma melhor precificação das commodities tanto nos mercados de derivativos como no próprio mercado físico.

Outros trabalhos também buscam um vínculo entre a teoria de carteiras e os mercados agrícolas. Esse é o caso de Costa e Piacenti (2008), que estudaram a possibilidade de utilizar um contrato futuro agropecuário pelos fundos de pensão no Brasil. Analisaram o resultado da diversificação da carteira dos fundos de pensão, com a adição de um ativo agropecuário. Para os mercados agropecuários foram utilizados os cinco contratos com maior volume de negócios na BM&F entre os anos de 1999 a 2004 (café arábica, boi gordo, álcool, milho e açúcar), gerando uma carteira agropecuária ponderada pelo volume de negócios de cada ativo. Essa carteira secundária foi adicionada a carteira principal dos fundos. O resultado mostra um ligeiro recuo no risco da carteira principal a partir da adição dos ativos agropecuários, o que prova o efeito positivo da utilização desses ativos sobre o desempenho dos portfólios. Além disso, os autores destacam que o investimento de 1% dos recursos dos fundos de pensão nos mercados futuros agropecuários brasileiros teria como efeito a elevação de cerca de 10% nos recursos investidos nos futuros agropecuários brasileiros, o que melhoraria consideravelmente a liquidez desses mercados.

³⁴ A planta café, pertencente a família dos *Rubiaceae*, é um arbusto tropical que mede em média entre 2,0 a 2,5 metros, mas pode atingir até 10 metros de altura. Para Ormand et al (1999) há cerca de 25 espécies importantes, em sua maioria originárias da África. As duas variedades mais importantes, do ponto de vista econômico, são a arábica e a robusta (conillon). Com base nos números da Organização Internacional de Café (OIC) para as últimas quatro temporadas comerciais (2005/06 a 2008/09) a produção de arábica corresponde a 62% do total, ficando a robusta com 38% restantes. A diferença básica entre as duas está no número de genes, sendo a variedade arábica mais complexa, possuindo 44 cromossomos, dois a menos que a espécie humana. Já a variedade robusta possui apenas 22 cromossomos.

Micelli (2003) montou uma carteira com futuros agropecuários negociados na BM&F, utilizando o café, boi gordo e álcool anidro, os três contratos agropecuários com maior liquidez no mercado futuro brasileiro. O período de análise se estendeu entre os meses de outubro a dezembro de 2002 e tiveram como referência o vencimento março do ano seguinte. A relação risco-retorno dessa carteira foi comparada com a de outros fundos. A carteira com ativos agropecuários negociado na BM&F apresentou um bom desempenho comparativo, merecendo, por isso, melhor atenção dos gestores de carteiras.

Essas iniciativas serviram de impulso inicial ao desenvolvimento desse trabalho, que adapta a metodologia da análise de carteira para que gere informações que auxiliem o cafeicultor brasileiro na montagem de sua estratégia de comercial. Para isso foram formadas carteiras de ativos. O primeiro problema que se apresenta é justamente na composição dessas carteiras, que embora contemple possibilidades diversas, concentram-se a princípio, em um mesmo ativo subjacente, o café. A solução encontrada foi analisar a relação risco-retorno do café, ponderando as alternativas de venda ao longo da temporada comercial.

O primeiro impasse surgiu na definição da temporada comercial. Existem duas correntes, uma primeira que defende que a temporada comercial do café arábica no Brasil tem início no mês de maio, junto com o começo dos trabalhos de colheita. E outra, que considera o mês julho como mais apropriado, pois é a partir dessa data que o café arábica brasileiro começa a ser embarcado para o exterior. É bom lembrar que há um intervalo de tempo entre a colheita e a negociação do produto, uma vez que o café, depois que sai das lavouras, ainda passa pelo processo de secagem no terreiro e depois de descanso nas tulas até que esteja em condições de ser efetivamente vendido. E isso, em alguns casos, pode levar mais de um mês. Nesse sentido, o volume de café embarcado só começa a crescer realmente a partir de julho.

Elege-se, nesse trabalho, a segunda opção, por se adequar melhor aos impulsos comerciais, particularmente aquele atrelado a venda antecipada, liquidada a partir do mês de julho. Assim, delimita-se como início da temporada comercial o mês de julho e como término o mês de junho. Esse também é o período utilizado pelos exportadores para delimitar a temporada comercial.

Além da venda à vista ao longo do período comercial, há também a possibilidade de negociação antecipada, antes da disponibilidade física de café por parte do produtor. Foram delimitadas duas alternativas para o estudo: a primeira é somente fixar preço, via mercado futuro, e a segunda é utilizar um instrumento de negociação a termo com adiantamento, recebendo o recurso no ato da negociação e se comprometendo a entrega física do café na época da colheita.

Para facilitar a análise, limita-se o período de venda antecipada aos seis meses anteriores ao início da temporada comercial. Essa restrição se alinha com a realidade empírica, uma vez que os produtores realmente concentram suas vendas antecipadas no período que se estende de janeiro a junho de cada ano. Dessa forma, as possibilidades comerciais passam a ser distribuídas por um período de dezoito meses, sendo seis meses que antecedem o início do ciclo comercial e outros doze meses de negociação durante a temporada comercial.

O método utilizado é o da comparação histórica, mediante a formação de carteiras com base no retorno obtido com a negociação ao longo da temporada comercial. Parte da análise do mercado físico disponível, abrindo depois para a possibilidade de fixação antecipada de preço, mediante uma operação de hedge no mercado futuro e, por fim, ampliando a carteira com a venda a termo com adiantamento total dos recursos. Nos dois últimos casos, utiliza-se como referência as cotações da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F)³⁵. E a escolha da BM&F justifica a não inclusão do instrumental de opções sobre futuro. Como o mercado futuro brasileiro não apresenta liquidez para as operações com opções, essa alternativa foi descartada nesse trabalho.

A referência no mercado físico interno foi o café arábica de bebida dura tipo 6 na região Sul de Minas Gerais. A escolha pelo produto sul-mineiro se deve a importância da região, que responde por 25% da produção nacional. E a bebida dura é a mais usual entre os produtores mineiros. Foi utilizada a série de preços médios mensais fornecidos pela empresa de consultoria agrícola Safras & Mercado, que compreende o período de julho de 1980 a junho de 2009, abrangendo 29 ciclos comerciais. A série de preços médios mensais em moeda corrente foi deflacionada pelo Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas, com base 100 no mês de junho de 2009³⁶.

³⁵ Em 2008 foi criada a Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros - **BM&FBOVESPA S.A** - denominada de A Nova Bolsa, integrando Bolsa de Mercadorias e Futuros (**BM&F**) e a Bolsa de Valores de São Paulo (**BOVESPA**).

³⁶ Índice de deflacionamento pode ser obtido no site da Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul (FEE) (http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/servicos/pg_atualizacao_valores.php).

5.1 Composição das Carteiras a partir da Venda do Café no Mercado à Vista

Ao utilizar o tempo como parâmetro de análise, torna-se necessário incorporar essa variável ao retorno. Para isso, foi necessário estabelecer um período final, onde as alternativas comerciais seriam devidamente comparadas e avaliadas. Ficou estabelecido como ponto de análise o final do ciclo comercial, mais especificamente o mês de junho. Mas ao incorporar o tempo à análise é preciso remunerá-lo, particularmente no intervalo entre a realização da venda física e o término do ciclo comercial. E essa remuneração é conseguida com a aplicação do resultado da venda física em um fundo de renda fixa. O retorno do ativo passa a ser definido, então, a partir do resultado financeiro da combinação da venda do produto no mercado físico à vista e da aplicação desse resultado em um fundo de renda fixa até o encerramento da temporada comercial. O desempenho dos ativos é comparado pelo rendimento percentual no período, tendo por pivô inicial o resultado da venda física à vista no primeiro mês da temporada comercial.

Os títulos de renda fixa, como frisam Elton et al (2004), são negociados predominantemente em balcão. Entre esses títulos destaque aos títulos do Governo Federal, mais líquidos e considerados livres de risco de inadimplência. Nesse trabalho, utiliza-se como referência de remuneração de renda fixa o Certificado de Depósito Interbancário (CDI), que é a taxa utilizada nas negociações entre as tesourarias dos bancos. Essa taxa também funciona como um indexador para as demais taxas de juros bancárias. Importante destacar que o CDI mantém uma estreita relação com a taxa referencial de juros da economia brasileira, determinada pelo Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), que remunera as Letras Financeiras do Tesouro (LFT). Na prática, a taxa CDI espelha a SELIC.

Essa taxa serve de base para a remuneração das aplicações em renda fixa, como o Certificado de Depósito Bancário (CDB) e os fundos de DI³⁷. Os bancos, normalmente, cobram uma taxa de administração, que se alterna de instituição para instituição e depende do perfil de cada investidor. Nesse trabalho, utiliza-se 95% do CDI como parâmetro de remuneração. A série de variação mensal do CDI foi obtida no site Ipeadata³⁸.

A série temporal compreende um período de inflação elevada no país, o que resulta em distorções nas taxas de juros aplicadas na economia, que compreende a remuneração no

³⁷ No caso do CDB, o investidor pode escolher entre uma taxa pós ou pré-fixada, sendo a última modalidade considerada um ativo essencialmente de renda fixa. No caso dos fundos de DI a remuneração é pós-fixada, girando em torno de um percentual do CDI, o que o caracterizaria como um ativo de renda variável. Mas na prática é considerado um ativo de renda fixa, uma vez que a taxa de juro básica flutua bem menos que os demais ativos.

³⁸ O endereço do site Ipeadata é <http://www.ipeadata.gov.br>

tempo acrescida da elevada correção monetária. A fim de eliminar tais distorções utiliza-se o resultado líquido do CDI, ou seja, o CDI(95%) descontado a inflação do período analisado. O índice empregado é o Índice Geral de Preço – Disponibilidade Interna (IGP-DI),³⁹ medido pela Fundação Getúlio Vargas.

O resultado líquido da venda do produto acrescido do retorno da aplicação financeira só é obtido depois que forem descontadas as despesas com armazenagem no período entre a colheita e a entrega física do produto. Diante da dificuldade em relação a uma série histórica de custo de armazenagem para café, a alternativa foi fixar a despesa mensal de armazenagem com base no valor corrente. O subterfúgio é válido, uma vez que todos os preços de café utilizado no trabalho foram deflacionados com base em junho de 2009.

O valor da despesa atual com armazenagem foi obtido via consulta direta a Leme Armazéns Gerais Ltda, que é credenciada a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F). Embora fique localizado na cidade de Leme no estado de São Paulo, serve de referência como custo de armazenagem de café para o Sudeste do país. Somando despesa de armazenagem e seguro, o custo para manter o café em um armazém geral fica em R\$ 1,815 para o período de 30 dias⁴⁰, que é o valor utilizado nesse trabalho. Desconsidera-se a tarifa de entrada do café no armazém e a taxa de expedição, que juntas tem valor fixo de R\$ 1,80 a saca (0,90+0,90).

Apesar de trabalhar com indicações de médias mensais, é estabelecido para fins didáticos, o final de cada mês como período de negociação. Assim, incorpora-se em cada período a rentabilidade integral da renda fixa, bem como, desconta-se na íntegra o custo de armazenagem.

A partir desses pressupostos iniciais, a carteira formada a partir da comercialização de café no mercado físico pode ser descrita:

$$R_s = ((S_{t_0} + r_{t_0}) - a_{t_0}) + ((S_{t_1} + r_{t_1}) - a_{t_1}) + \dots + ((S_{t_n} + r_{t_n}) - a_{t_n}) \quad (01)$$

³⁹ O IGP-DI é formado pelo IPA-DI (Índice de Preços por Atacado - Disponibilidade Interna), IPC-DI (Índice de Preços ao Consumidor - Disponibilidade Interna) e INCC-DI (Índice Nacional do Custo da Construção - Disponibilidade Interna). Os pesos de cada índice são 60%, 30% e 10%, respectivamente.

⁴⁰ O detalhamento dos custos de armazenagem pode ser acompanhado no material anexo.

De uma forma mais compacta pode ser escrita:

$$R_s = S_t \left(\prod_{i=N-t}^N r_i \right) - \sum_{t=0}^N a_t \quad (02)$$

Sendo:

N: número de ativos

R_s : retorno da carteira com ativos de venda à vista no mercado físico de café

r: taxa de juros (CDI 95%) no período, acumulada mensalmente

t: período de venda, contado a partir de julho, até o final da temporada em junho do ano seguinte. Por exemplo, o período +2, refere-se ao mês de setembro (julho + 2 meses).

S_t : refere-se ao preço de venda à vista física. Segue a lógica temporal, S_0 referindo-se à venda no mês de julho e S_{+2} a venda física no mês de setembro (julho + 2 períodos)

a: taxa de armazenagem

As possibilidades de comercialização no mercado físico à vista de café durante a temporada comercial possibilitam a formação de 12 ativos, assim descritos:

- 1) $R_{S_0} = (S_{t_0} \cdot r_{11})$
- 2) $R_{S_{+1}} = (S_{t_{+1}} \cdot r_{10}) - (a_1)$
- 3) $R_{S_{+2}} = (S_{t_{+2}} \cdot r_9) - (a_2)$
- 4) $R_{S_{+3}} = (S_{t_{+3}} \cdot r_8) - (a_3)$
- 5) $R_{S_{+4}} = (S_{t_{+4}} \cdot r_7) - (a_4)$
- 6) $R_{S_{+5}} = (S_{t_{+5}} \cdot r_6) - (a_5)$
- 7) $R_{S_{+6}} = (S_{t_{+6}} \cdot r_5) - (a_6)$
- 8) $R_{S_{+7}} = (S_{t_{+7}} \cdot r_4) - (a_7)$
- 9) $R_{S_{+8}} = (S_{t_{+8}} \cdot r_3) - (a_8)$
- 10) $R_{S_{+9}} = (S_{t_{+9}} \cdot r_2) - (a_9)$
- 11) $R_{S_{+10}} = (S_{t_{+10}} \cdot r) - (a_{10})$
- 12) $R_{S_{+11}} = (S_{t_{+11}}) - (a_{11})$

A composição da venda à vista do café com a aplicação do resultado em renda fixa (95% do CDI) é avaliada como um ativo financeiro único. Essa metodologia formata a carteira de maneira que facilite a tomada de decisão a partir da análise do desempenho do investimento. Considera-se a negociação de café como um ativo financeiro, com retorno medido após um período de tempo.

O clássico problema de um investidor é determinar a melhor combinação de seus ativos. A teoria desenvolvida a partir da Markowitz (1952) soluciona essa questão com um modelo de maximização da relação risco-retorno. Depois de estabelecer quais os ativos compõem as carteiras, o passo seguinte é formar a matriz de variância e covariância, que é concebida a partir da covariância de cada ativo isoladamente com todos os demais. É bom observar que a diagonal principal da matriz apresenta a variância de cada ativo, uma espécie particular de covariância de um ativo com ele próprio. A matriz de variância e covariância pode ser escrita:

$$\begin{pmatrix} \sigma_s^2 & \sigma_{ss_1} & \cdots & \sigma_{ss_{11}} \\ \sigma_{s_1s} & \sigma_{s_1}^2 & \cdots & \sigma_{s_1s_{11}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{s_{11}s} & \sigma_{s_{11}s_1} & \cdots & \sigma_{s_{11}}^2 \end{pmatrix}$$

É a partir da matriz de variância e covariância que se calcula a variância de um portfólio, medido pela multiplicação do peso de cada ativo por sua covariância, como na equação abaixo:

$$Var(R_S) = \sum_{s=1}^N \sum_{j=1}^N w_s w_j \sigma_{sj}$$

O aumento da quantidade de ativos torna difícil trabalhar com todos os termos, sendo mais fácil adotar a notação matricial. Segundo Jorion (2003) a variância pode ser escrita:

$$Var(R_S) = W_t' \sigma \sigma_t W_t$$

Onde:

W_t : vetor coluna dos pesos (%) dos ativos da carteira

W_t' : matriz transposta dos pesos (%) dos ativos da carteira

w_s : peso do ativo s na composição da carteira

w_j : peso do ativo j que representa todos os demais ativos na composição da carteira

$\sigma \sigma_t$: matriz de variância e covariância

σ_{sj} : covariância entre os ativos s e j

Que pode ser expressa também:

$$Var(R_S) = \begin{bmatrix} w_{S_{t_0}} & \dots & w_{S_{t_n}} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_{S_{t_0} S_{t_0}} & \dots & \sigma_{S_{t_0} S_{t_n}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{S_{t_n} S_{t_0}} & \dots & \sigma_{S_{t_n} S_{t_n}} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} w_{S_{t_0}} \\ \dots \\ w_{S_{t_n}} \end{bmatrix}$$

Já o retorno esperado é a média dos retornos de cada ativo ponderado pelo percentual de cada ativo na carteira:

$$E(R_S) = \left[E(S_{t_0}) \cdot w_{t_0} \right] + \left[E(S_{t_1}) \cdot w_{t_1} \right] + \dots + \left[E(S_{t_n}) \cdot w_{t_n} \right]$$

Ou de uma forma mais compacta:

$$E(R_S) = \sum_{t=1}^N w_t E(S_t)$$

O retorno de uma carteira também pode exposto em notação matricial, substituindo-se a série de retornos por um único vetor:

$E(R_S) = R_t \cdot W_t$ (onde R_t é o vetor linha do retorno esperado)

De outra forma:

$$E(R_S) = \begin{bmatrix} E(S_{t_0}) & \dots & E(S_{t_n}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{t_0} \\ \dots \\ w_{t_n} \end{bmatrix}$$

5.1.1 Construção da fronteira eficiente

A partir da elaboração das matrizes de retorno médio e variância calculam-se os diversos arranjos possíveis com os 12 ativos previamente estabelecidos. Os resultados obtidos formam um diagrama denominado de espaço retorno-variância. Elton et al (2004) alegam que as possibilidades são infinitas, o que torna necessário transformar essas possibilidades em um número finito. Para isso, é preciso limitar o que se procura, a fim de melhor conduzir as variáveis de decisões.

Markowitz (1952) adotou o seguinte critério: procurar carteiras que ofereçam maior retorno com o mesmo risco ou carteiras com menor risco para um patamar de retorno fixado. Este é o princípio do modelo de média-variância. Todas as carteiras que não atendam esse pré-requisito serão descartadas.

O modelo desenvolvido para otimização de carteiras desse trabalho segue Elton et al (2004), partindo da hipótese de aplicação e tomada de empréstimo a taxa livre de risco, mas sem a possibilidade de venda a descoberto, ou seja, não se atribui valores negativos aos pesos dos ativos (w_i) nas carteiras. De outra forma, a proporção de cada ativo na carteira deverá ser igual ou superior a zero.

A equação para maximizar a função objetivo pode ser descrita:

$$\max \theta = \frac{\sum_{t=1}^N w_t E(S_t)}{\sum_{s=1}^N \sum_{j=1}^N w_s w_j \sigma_{sj}}$$

Sujeito a restrição:

$$\sum_{i=1}^N w_{s_i} = 1$$

$$w_{s_i} \geq 0 \text{ para todos os valores de } s$$

Para a solução do problema de programação quadrática⁴¹ foi utilizado o suplemento Solver⁴² disponibilizado nas planilhas eletrônicas Microsoft Excel versão 2007, sendo que a fronteira eficiente foi construída seguindo a sequência:

1. composição da carteira com menor risco, ou mínima variância;
2. composição da carteira com maior retorno;
3. A teoria da separação de Tobin (1958) argumenta que toda carteira no intervalo entre duas variâncias da fronteira estaria também dentro da fronteira de eficiência. Dessa forma, entre os dois extremos foram construídas 18 carteiras, perfazendo um total de 20 carteiras;
4. a construção das carteiras seguiu a evolução crescente da variância, entre o ponto de mínimo risco e o de máximo retorno.

A análise abrange uma série temporal de 12 ativos, formados a partir da venda física no mercado à vista de café ao longo de 29 períodos, compreendendo a temporada comercial que se estende de 1980/81 até 2008/09.

5.1.2 Modelo CAPM com venda à vista de café

O passo seguinte é avaliar os ativos sob a ótica do Capital Asset Price Model (CAPM), que pode ser descrito:

$$ER_s = R_f + \beta_s (R_m - R_f)$$

Onde:

ER_s : taxa de retorno esperada dos ativos S

R_f : taxa de ativo livre de risco

R_m : taxa de mercado (R_f + prêmio de risco de equilíbrio)

β_s : coeficiente beta ou risco sistemático (inclinação da reta)

O beta é a inclinação da regressão do ativo “ R_s ” pela carteira de mercado. Segundo Elton, Gruber e Ulrich (1978) a técnica mais simples para cálculo é utilizar dados históricos, assumindo que os valores do passado são os melhores para estimar o futuro. Apesar de

⁴¹Funções quadráticas são aquelas que envolvem termos ao quadrado ou com produto cruzado.

⁴² O suplemento Solver utiliza o método Newton-Raphson para resolver o sistema de equações.

técnicas mais avançadas, a avaliação histórica ainda é mais usada para estimação do beta em trabalhos e estudos.

$$\beta_s = \frac{\sigma_{R_s R_m}}{\sigma_{R_m}^2}$$

Onde:

β_s : beta do ativo “s” (risco sistemático)

$\sigma_{R_s R_m}$: covariância entre o ativo “s” e a carteira de mercado (m)

$\sigma_{R_m}^2$: variância da carteira de mercado

Utiliza-se como carteira de mercado (R_m) a média geral do retorno de todos os ativos com base na negociação à vista com café no período que compreende a temporada 1980/81 até 2008/09. Assim, a média do retorno do ativo de S até S_{+11} ao longo dos 29 períodos analisados é utilizada como referência de mercado. A escolha da média do retorno dos ativos de café como proxy de mercado se deve a ausência de um referencial interno de preço para o agronegócio, a exemplo do que existe no mercado de ações⁴³.

Também se evitou a utilização de um referencial externo para o preço do café, como por exemplo, o preço composto da Organização Internacional do Café (OIC), por apresentar expressivas distorções em relação à descrição do produto negociado no âmbito interno. O café pelo fato de ser uma *soft commodity* apresenta diferenças, particularmente na descrição da bebida, de uma origem para outra. Essas diferenças já são bastante visíveis entre as diferentes regiões produtoras brasileiras, ganhando ainda mais significância em termos globais. Por isso, a referência externa foi descartada, estabelecendo-se como *proxy* para o mercado de café a média histórica do retorno no período em análise.

A referência para o ativo livre de risco é a o ativo S_0 , por ser o ativo de menor variância e, por isso, com menor risco. Além disto, a configuração desse ativo, descrito pela venda na entrada da safra e a aplicação do resultado em renda fixa até o final da temporada comercial, o aproxima de um título de renda fixa, que é a *proxy* mais utilizada para ativos livre de risco. Em Bond e Thompson (1986), onde se analisa o melhor hedging com CAPM para o trigo australiano, os títulos do tesouro norte-americano (*US Treasury*) serviram como *proxy* para o ativo livre de risco.

⁴³ O índice Ibovespa para o mercado acionário brasileiro e Índice Dow Jones ou o S&P 500 para o mercado de ações norte-americano.

5.1.3 Índice de Treynor (IT) e Índice Sharpe (IS)

O passo seguinte é calcular os índices desenvolvidos a partir do modelo CAPM, e que servem de referência para a seleção dos melhores ativos para a formação de carteiras. Em Treynor (1965) o índice de atratividade dos ativos é delimitado pela razão entre prêmio⁴⁴ sobre a volatilidade, onde o risco é medido pelo beta do ativo:

$$IT_s = \frac{R_s - R_f}{\beta_s}$$

Onde:

IT_s : índice de atratividade do ativo ‘s’ de Treynor

R_s : retorno esperado do ativo “s”

R_f : retorno do ativo livre de risco

β_s : coeficiente beta de cada ativo “s”

É possível analisar a diferença entre o retorno esperado de ativo e a remuneração livre de risco. Quanto maior o Índice de Treynor (IT) maior a rentabilidade excedente do ativo em relação a uma unidade de risco sistemático (beta).

Outro índice bastante utilizado no mercado financeiro é o Índice Sharpe (IS) delineado a partir da análise do desempenho de fundos mútuos no mercado de capitais norte-americano em Sharpe (1966), descrito⁴⁵:

$$IS_s = \frac{R_s - R_f}{\sigma_m}$$

Onde:

IS_s : índice de Sharpe para o ativo ‘s’

R_s : retorno do ativo S

R_f : retorno ativo livre de risco

σ_m : volatilidade do mercado

Sharpe (1966) descreve o índice como a razão do prêmio sobre a variabilidade do mercado. A razão entre o prêmio de risco do ativo e o desvio-padrão do mercado mede o

⁴⁴ Prêmio de risco é a diferença entre o retorno esperado de um ativo e retorno do ativo livre de risco ($R_s - R_f$)

⁴⁵ Em 1994 Sharpe revisou o índice, adotando uma taxa livre de risco fixa, o que resulta em prêmio de risco igual à variância do retorno de mercado.

prêmio por unidade de risco. Dessa forma, quanto maior o retorno do ativo por unidade de risco maior será o índice Sharpe.

5.2 Agregar o Hedge de Venda no Mercado Futuro

Além da venda no mercado físico à vista, há também a possibilidade de fixar preço do café antes mesmo da chegada da safra, através de uma operação de hedge no mercado futuro. Como já foi adiantando, o mercado futuro escolhido foi a Bolsa Mercadorias e Futuros (BM&F), em virtude da grande correlação em relação à flutuação no físico interno, premissa essencial para o bom êxito em uma operação de hedge.

O melhor desempenho da bolsa brasileira em relação à norte-americana nas operações de hedge de venda com o café arábica no mercado físico é confirmado pelo estudo de Nogueira et al (2002), que compara a razão ótima e a efetividade do hedge de quatro regiões produtoras do Brasil (Cerrado e Sul no estado de Minas Gerais e Mogiana e Paulista no estado de São Paulo), analisando o desempenho entre a BM&F e a NY CSCE (atualmente ICE Futures) durante o período de setembro de 1996 a outubro do ano 2000. As operações realizadas na BM&F apresentaram um resultado melhor que similares na bolsa de NY (CSCE). Estudo realizado por Pinto (2001), utilizando uma série diária entre janeiro de 1994 a novembro de 2000 e tendo como referência três praças de comercialização do café arábica (Garça e Santos no estado de São Paulo e Patrocínio em Minas Gerais) confirmam a melhor efetividade do hedge na BM&F.

A distância geográfica e a descrição do objeto do contrato futuro favorecem o mercado futuro brasileiro, justificando a correlação mais elevada em relação ao mercado físico interno e, por isso, o melhor desempenho nas operações de hedge. Esses resultados dão uma maior tranquilidade ao agente da cadeia cafeeira ao utilizar a BM&F, justificando a escolha no trabalho do mercado futuro brasileiro como referencial para operações de hedge.

Quadro 05: COMPARATIVO ENTRE OS MERCADOS FUTUROS DE CAFÉ

	BM&F	ICE (NY)	LIFFE⁴⁶
Objeto de Negociação	Café cru, em grão, de produção brasileira, arábica tipo 6 ou melhor, de bebida dura, ensacados em sacas nova de juta	Arábica suave lavado, do México, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Nicaraguá, Quênia, Nova Guiné, Tanzânia e Uganda (Contrato C)	Robusta, produzido na África, Ásia e o conillon brasileiro
Locais de entrega ou referência de preço	Ponto de entrega: municípios de São Paulo. Locais de formação de lotes; armazéns credenciados na BM&F espalhados pelos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná	Armazéns credenciados nos portos das cidades de Nova Iorque, Nova Orleans, São Francisco e Miami	Armazéns credenciados em cidades da Europa e Nova Orleans nos Estados Unidos
Tipo de Liquidação	Física (entrega do produto) ou reversão de posição do contrato	Entrega física ou reversão de posição do contrato	Entrega física ou reversão de posição do contrato
Meses de Vencimento	Março, maio, julho, setembro e dezembro	Março, maio, julho, setembro e dezembro	Janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro
Tamanho do Contrato	100 sacas de 60 kg	37.500 libras-peso, ou 283,5 sacas de 60 kg	5 toneladas ou 83,3 sacas de 60 kg
Cotação	Pontos por saca de 60 kg (cada ponto equivale à taxa de câmbio média entre as cotações de compra do dólar dos EUA)	Centavos de dólar por libra-peso	Dólares por tonelada

Fonte: adaptado de Pinto (2001)

⁴⁶ A London Internacional Financial Futures and Options Exchange (LIFFE) foi incorporada pela NYSE Euronext, o braço europeu da NYSE.

Embora o contrato de café tenha sido lançado na BM&F no ano de 1990, não houve liquidez nas negociações até 1992. Por isso, a necessidade de redução da série histórica para um intervalo entre 1992 a 2009. Na análise com ativos formados somente com venda física, o período se estendia de 1980 a 2009.

Os dados, disponibilizados em dólar norte-americano, foram obtidos diretamente do site da BM&F⁴⁷. Para os intervalos onde não houve negociação para o contrato de café, utiliza-se como referência a variação média histórica da diferença (spread) entre os contratos. Por exemplo, a diferença média entre o vencimento setembro e julho ou entre setembro e dezembro foi empregada como indicador para a estimativa da cotação do contrato de café nessas lacunas de negociação na BM&F. Utiliza-se a forma modular, com sinal positivo ou negativo assumido a partir do comportamento do mercado naquele período específico. Com isso, evita-se maiores interferências, ajustando as estimativas à trajetória natural do mercado naquele momento.

E como o contrato do café na BM&F é negociado em divisa norte-americana, a série de preços foi convertida em moeda local pela cotação do dólar comercial médio em cada período para depois ser deflacionado pelo IGP-DI com base 100 em junho de 2009.

A operação no mercado futuro foi limitada para os vencimentos julho, setembro e dezembro. Além de apresentarem maior liquidez, estes vencimentos estão inseridos dentro do período da safra brasileira de café arábica, época onde se concentra a maior necessidade de fixação de preço. Ficam de fora os vencimentos março e maio, por se situarem no período de entressafra, fugindo, assim, do escopo desse trabalho, que busca limitar a abrangência da análise da eficiência dos derivativos agrícolas para o período de safra. As estratégias comerciais ao longo da entressafra ficam restritas a venda física do produto no mercado à vista.

Foi estabelecido como período de fixação de preço no mercado futuro o intervalo entre janeiro a junho, justamente os seis meses que antecedem a chegada da safra. Ao cruzar as seis possibilidades de fixação com o três vencimentos possíveis (julho, setembro e dezembro) soma-se um total de 18 novos ativos a serem avaliados na formação das carteiras.

O resultado de cada ativo no mercado futuro é medido pela diferença entre o preço médio do período de fixação e o preço médio obtido no mês de liquidação. Pode-se sintetizar essa relação com $(\tilde{F}_{fixação} - F_{liquidação})$, sendo que o saldo, negativo ou positivo, é somado à receita alcançada com a negociação física do café e o resultado é aplicado em renda fixa até o

⁴⁷ www.bmf.com.br

final da temporada, seguindo o exemplo do procedimento adotado nas operações no mercado físico à vista.

5.2.1 Formação de carteiras com venda no mercado futuro de café

A partir desses pressupostos, os ativos com fixação de preço do café no mercado futuro podem ser descritos:

$$R_F = (F_t + S_t) \left(\prod_{i=N-t}^N r_i \right) - \sum_{t=0}^N a_t \quad (03)$$

Onde:

F_t : refere-se ao resultado líquido obtido na operação no mercado futuro. Utiliza-se como referência para a posição futura o raciocínio já aplicado por Stoll (1979), onde o resultado é a diferença entre o preço de fixação e o preço de liquidação do contrato no mercado futuro.

Por convenção, utiliza-se o código FJ para se referir ao contrato futuro na BM&F com vencimento em julho. Dessa forma, o ativo FJ₋₆ refere-se à venda de uma posição do contrato julho no mês de janeiro (seis meses antes do começo da temporada comercial). O vencimento setembro na BM&F é representado pelo código FS e a entrega dezembro por FD. Segue a composição das carteiras com fixação de preço no mercado futuro:

- 1) $FJ_{-6} = (FJ_{t-6} + S_{t0}) \cdot r_{11}$
- 2) $FJ_{-5} = (FJ_{t-5} + S_{t0}) \cdot r_{11}$
- 3) $FJ_{-4} = (FJ_{t-4} + S_{t0}) \cdot r_{11}$
- 4) $FJ_{-3} = (FJ_{t-3} + S_{t0}) \cdot r_{11}$
- 5) $FJ_{-2} = (FJ_{t-2} + S_{t0}) \cdot r_{11}$
- 6) $FJ_{-1} = (FJ_{t-1} + S_{t0}) \cdot r_{11}$

- 7) $FS_{-6} = ((FS_{t-6} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$
- 8) $FS_{-5} = ((FS_{t-5} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$
- 9) $FS_{-4} = ((FS_{t-4} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$
- 10) $FS_{-3} = ((FS_{t-3} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$
- 11) $FS_{-2} = ((FS_{t-2} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$
- 12) $FS_{-1} = ((FS_{t-1} + S_{t+2}) \cdot r_9) - (a_2)$

- 13) $FD_{-6} = ((FD_{t-6} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$
- 14) $FD_{-5} = ((FD_{t-5} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$
- 15) $FD_{-4} = ((FD_{t-4} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$
- 16) $FD_{-3} = ((FD_{t-3} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$
- 17) $FD_{-2} = ((FD_{t-2} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$
- 18) $FD_{-1} = ((FD_{t-1} + S_{t+5} \cdot r_6) - (a_5)$

5.2.3 Escolha da carteira ótima com método simplificado

Elton, Gruber e Padberg (1976) desenvolveram um método para simplificar a formação da carteira ótima, através de um processo de cálculo que dispensa a matriz de correlação e não necessita de programação quadrática para solucionar o problema de maximização da relação risco-retorno, proposto por Markowitz (1952).

Essa técnica parte da ideia de índice único, que serve como referência para a escolha dos ativos que irão compor a carteira. Em Elton et al (2004) essa técnica é apresentada de uma forma mais simplificada, utilizando o índice de Treynor (IT) como ponto de referência para escolha dos ativos. A partir do índice de Treynor os ativos são classificados em forma decrescente, do ativo com maior rentabilidade sobre o risco sistemático ao que apresenta menor rentabilidade. Essa sequência é utilizada para a estimativa do ponto de corte de cada ativo. O critério de seleção do ativo é simples, compondo a carteira somente os ativos em que o IT ficar acima do ponto de corte, calculado através da seguinte equação:

$$C_j = \frac{\sigma_m^2 \sum_{j=1}^n \frac{R_j - R_f}{\sigma_{e_j}^2} \beta_j}{1 + \sigma_m^2 \sum_{j=1}^n \frac{\beta_j^2}{\sigma_{e_j}^2}}$$

Onde:

C_j : ponto de corte do ativo j

σ_m^2 : variância de mercado (risco sistemático)

$\sigma_{e_j}^2$: variância do ativo j não-associada ao índice de mercado (risco não-sistemático)

β_j : coeficiente beta de j

R_j : retorno do ativo j

R_f : retorno do ativo livre de risco

Escolhido os ativos que participarão da carteira, o passo seguinte é estabelecer o peso (W) de cada ativo na carteira ótima:

$$W_j = \frac{Z_j}{\sum_{i=1} Z_i}$$

Onde:

$$Z_j = \frac{\beta_j}{\sigma_{e_j}^2} \left[\frac{R_j - R_f}{\beta_j} - C^* \right]$$

5.3 Agregar a Negociação no Mercado a Termo

E, por fim, agrega-se a possibilidade de negociação com café no mercado a termo. Foi assumido, para facilitar a análise, como única alternativa de venda a termo a entrega física no mês de dezembro, por se tratar do período em que se concentra a liquidação da maioria das negociações desse instrumento realizadas no mercado brasileiro de café.

Utiliza-se a modalidade a termo com adiantamento total dos recursos, nos moldes dos títulos de CPR produto. Na falta de uma série de preços de CPR, o referencial futuro trazido a valor presente serve como balizamento ao preço no mercado a termo. Essa técnica não deixa de ser uma prática comum entre os compradores de café a termo no mercado brasileiro. Na prática, o que se faz é trazer o valor do referencial futuro, por exemplo, a cotação do produto na BM&F para o vencimento dezembro, ao valor presente. Para isso basta descontar a taxa de juros no decorrer do período. A partir de Hull (2005):

$$S_0 = Fe^{-rt}$$

Sendo:

S_0 : valor presente

F : valor futuro

r: taxa de juros ao ano

t: período de tempo em meses

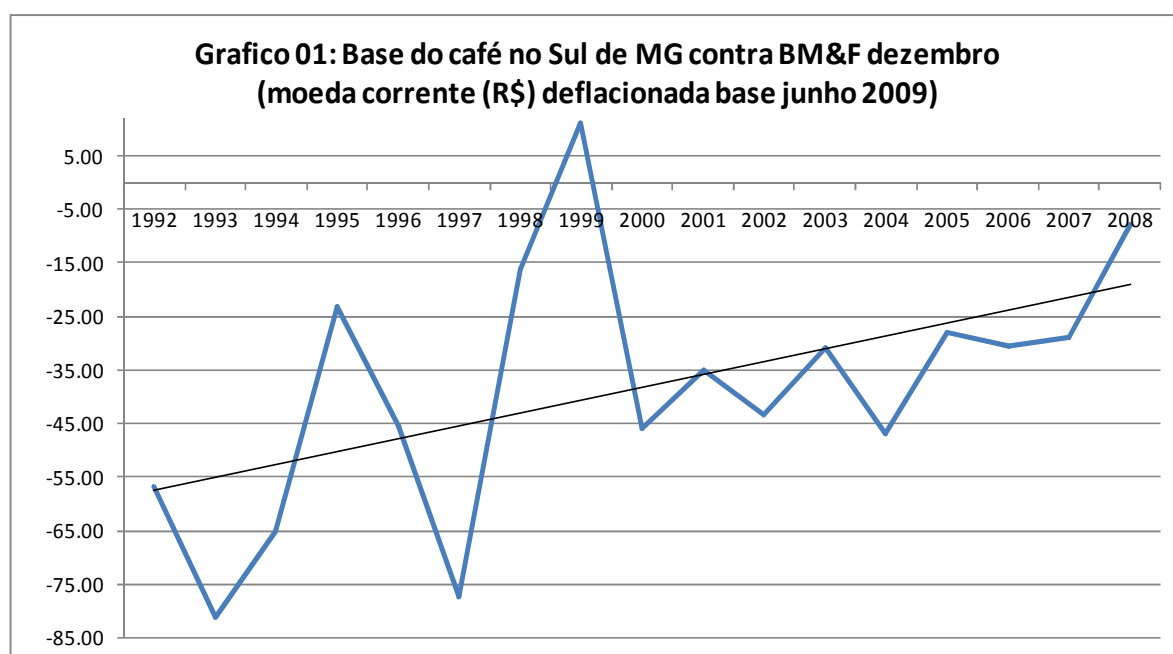
e: utiliza-se o logaritmo neperiano ($e= 2,718$) para capitalização contínua, que é prática comum no mercado financeiro

A cotação do café para o vencimento em dezembro na BM&F é convertida em moeda corrente, pela média do dólar comercial do período, e deflacionado pelo IGP-DI. Desse preço é descontado o CDI líquido no período entre a cotação no mercado futuro e a negociação a termo, por exemplo, entre dezembro (mês de referência futuro) e janeiro (período do negócio termo) são 11 períodos. Desconta-se o CDI líquido acumulado nesse período. Limita-se a possibilidade de negociação a termo aos meses de janeiro a junho de cada ano, a exemplo das operações no mercado futuro, o que resulta em mais seis ativos para compor o universo de alternativas comerciais desse trabalho.

Além de trazer o preço futuro ao valor presente há a necessidade também de descontar a base de negociação. A base é a diferença entre o preço praticado no mercado futuro e o preço à vista na praça de comercialização. O estudo de Bitencurt et al (2004) conclui que aos

preços físicos, com base no índice Esalq⁴⁸, e os futuros de café, cuja referência foi a BM&F, seguem na “mesma onda”. Dessa forma, no longo prazo percorrem um mesmo percurso, sugerindo que em um período de tempo mais largo não existe deslocamento entre as séries. Assim, o risco de base é baixo e tende a zero a partir do aumento da série temporal. Partindo da hipótese de que as distorções são corrigidas com o tempo, dá para trabalhar, sem grande sobressalto, com a média histórica como referência para base.

Assim, calcula-se a diferença (base) entre o preço do café praticado no mercado físico no Sul de Minas Gerais e o negociado no vencimento dezembro na BM&F. Desse cálculo originou-se o gráfico 01, que apresenta o movimento da base em dezembro no período entre 1992 a 2008.



Fonte: Elaborado pelo autor

No período de 16 anos a base média do café sul-mineiro ficou em R\$ 38,42 a saca abaixo do referencial futuro da BM&F no vencimento dezembro. Os valores foram deflacionados, com pivô em junho de 2009. O risco de base, medido pelo desvio-padrão da série, ficou em 23,8 pontos percentuais. Os dados encontrados ficaram um pouco acima dos apresentados em trabalho por Fontes et al (2003), que para o período de 1994 a 2001, indicaram no mês de dezembro uma base negativa de R\$ 30,73 em Varginha e de R\$ 31,64

⁴⁸ <http://www.cepea.esalq.usp.br/>

para Três Pontas, ambas as cidades na região Sul de Minas Gerais. O risco de base ficou em 17,92 e 10,78 pontos percentuais, respectivamente.

E por fim, o resultado de trazer o preço do contrato dezembro na BM&F a valor presente e na sequência descontar a base de negociação, é aplicado em renda fixa até o final da temporada, a exemplo, do procedimento adotado nas operações no mercado físico.

5.3.1 Formação de carteiras para a venda a termo

Os ativos de venda a termo são descritos:

$$R_T = T_t \left(\prod_{i=N-t}^N r_i \right) \quad (04)$$

Onde:

T_t : refere-se ao resultado líquido obtido na operação no mercado a termo

Por convenção, utiliza-se o código T para se referir ao contrato a termo para liquidação física em dezembro. Segue a composição de carteiras com fixação em mercado a termo:

- 1) $T_{-6} = (T_{t-6}) \cdot r_{17}$
- 2) $T_{-5} = (T_{t-5}) \cdot r_{16}$
- 3) $T_{-4} = (T_{t-4}) \cdot r_{15}$
- 4) $T_{-3} = (T_{t-3}) \cdot r_{14}$
- 5) $T_{-2} = (T_{t-2}) \cdot r_{13}$
- 6) $T_{-1} = (T_{t-1}) \cdot r_{12}$

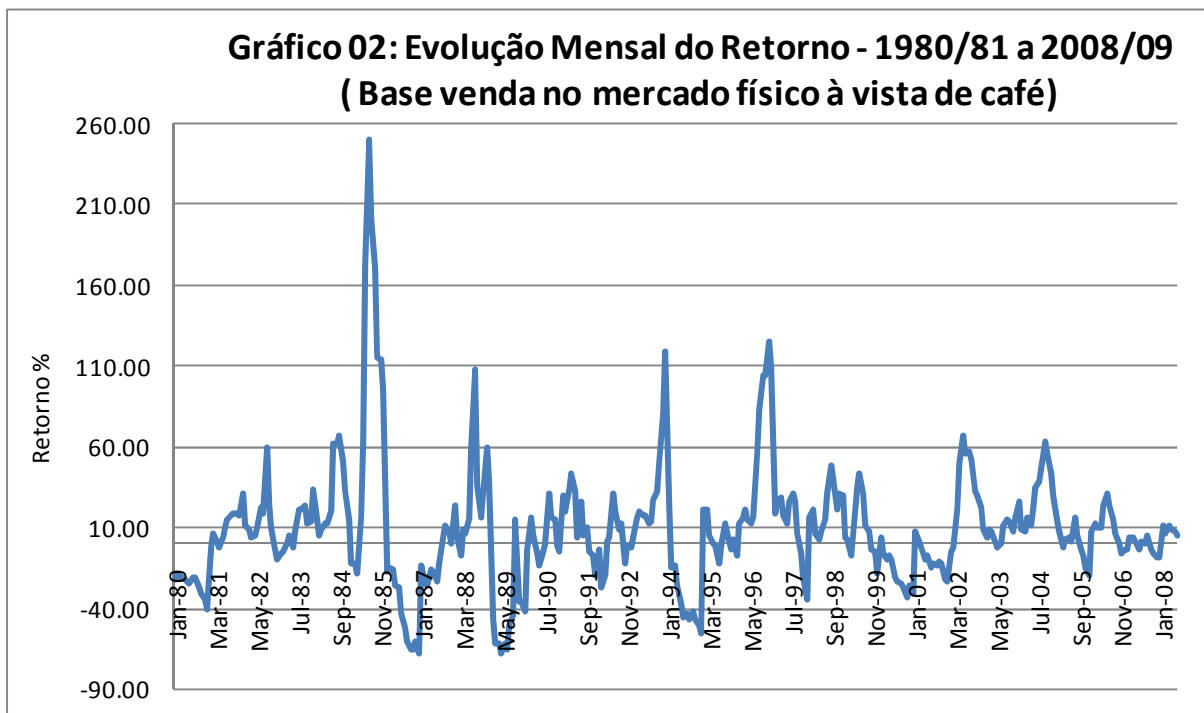
Abre-se um leque de possibilidade que compreende um total de 36 ativos, absorvendo do mercado físico à vista, passando pela fixação de preço no mercado futuro, até a negociação a termo com antecipação de recursos. Os negociadores de café podem compor essas alternativas em forma de carteiras, buscando maximizar a relação risco-retorno.

6 RESULTADOS

Por critério didático opta-se por uma apresentação escalonada dos resultados. Em uma primeira etapa, restringe-se o foco de análise às carteiras formadas unicamente por ativos que envolvam a venda física à vista de café. Em uma segunda etapa, agrega-se a alternativa de hedge, via uma operação venda no mercado futuro de café. E na última etapa adiciona-se à segunda carteira, ativos que envolvam a venda de café no mercado a termo com adiantamento total do recurso.

6.1 Fronteira Eficiente com Venda à Vista de Café (S)

O resultado mensal das carteiras, que englobam negociação física de café no período de julho de 1980 a junho de 2008, apresenta uma grande amplitude de variação, com mostra o gráfico 02.



A razão principal dessa inconstância é a vulnerabilidade da atividade cafeeira a adversidades climáticas. A disparada no retorno ao longo dos anos de 1985 e 1986 se deve a longa estiagem, que afetou negativamente a produção brasileira de café. Nos anos de 1981 e

depois em 1994 houve a formação de geadas sobre áreas de café, alertam Saes e Nakazone (2002). Além disso, em 1997 as lavouras foram afetadas por uma longa estiagem. Afora a variável climática, outro marco importante para justificar a instabilidade no mercado de café no começo da década de noventa foi o fim do Acordo Internacional de Café (AIC) em 1989, desregulamentando a atividade cafeeira, o que ajudou a trazer inconstância ao mercado.

A volatilidade no mercado de café também é provocada por ciclos produtivos característicos de uma cultura perene. Além da sazonalidade, que é resultado da estacionalidade da oferta no período de safra, e do ciclo plurianual, devido a resposta mais lenta aos impulsos de mercado, a cafeicultura brasileira, como destaca Bacha (1998), também é caracterizada por grandes flutuações de produção de um ano para outro, em virtude da biennialidade produtiva nas lavouras de café arábica. Esse fenômeno se dá porque em ano de grande produção os frutos se desenvolvem substituindo folhas, levando a um desgaste excessivo da planta. No período seguinte, é natural que a energia seja direcionada para a recomposição da planta, o que leva a uma menor produção. Essa alternância de carga produtiva tem um efeito drástico sobre o comportamento do mercado, justificando as grandes oscilações dos preços de um ano para outro, como fica bastante claro no gráfico 02.

O resultado médio dos 29 períodos, obtidos a partir da série histórica que se estende da temporada comercial 1980/81 até a 2008/09, é resumido na tabela 01. O maior retorno médio no período foi alcançado em S_{+6} , que atingiu 21,75%. Esse ativo corresponde a venda de café no mês de janeiro, aplicando o resultado em renda fixa por um período de cinco meses até o término da temporada. Na sequência aparece S_{+7} , com resultado de 20,54%, e depois S_{+8} , que obteve retorno médio no período analisado de 18,03%. É interessante notar que os melhores resultados acontecem justamente no período da entressafra, atestando a importância da questão sazonal da oferta no mercado brasileiro de café.

**Tabela 01: Retorno Médio Venda à Vista de Café (S) - em percentual (%)
- Temporadas 1980/81 a 2008/09 -**

Ativo	Retorno	Risco	Risco/Retorno
S₀	2.93	15.71	5.36
S₊₁	0.69	18.77	27.25
S₊₂	0.66	19.28	29.35
S₊₃	1.99	21.70	10.90
S₊₄	5.22	26.98	5.17
S₊₅	10.94	43.35	3.96
S₊₆	21.75	56.81	2.61
S₊₇	20.54	48.80	2.38
S₊₈	18.03	44.36	2.46
S₊₉	9.27	40.16	4.33
S₊₁₀	9.29	43.92	4.73
S₊₁₁	5.97	45.65	7.65
Média	8.94	35.46	3.97

Fonte: Elaborado pelo autor

Os piores desempenhos foram alcançados em S₊₂ e S₊₁, com retornos de 0,66% e 0,69%, respectivamente. A característica desses ativos é de venda física do café ainda no período de colheita, sujeito, por isso, a pressão sazonal da entrada da safra, o que leva naturalmente a um comprometimento do retorno.

É natural que a oferta do produto agrícola cresça no período de safra e isso repercute de forma direta e incisiva sobre a cadência do mercado. No caso do café, há o agravante da necessidade de caixa por parte do produtor, a fim de cobrir custos com a mão-de-obra no período de colheita. As informações da Emater de Minas Gerais⁴⁹, com base em levantamento do ano de 2006, apontam que 32% do custo das lavouras de café na região Sul de Minas Gerais são gerados a partir do pagamento da mão-de-obra na época da colheita. E esse pagamento é imediato, forçando muitos produtores a vender seu café nesse período para cobrir essas despesas.

Do ponto de vista do risco, representado pelo desvio-padrão em relação à média do retorno de cada ativo, percebe-se um comportamento ascendente de S₀ até S₊₆ e depois um declínio até S₊₉, quando volta a subir. Diferentemente do retorno, o risco é menor no período de safra, com ativo S₀ se destacando como o de menor variância dentro do conjunto de possibilidades, com oscilação média de 16,71 pontos percentuais em relação à linha média.

⁴⁹ A tabela com custo de produção de café em Minas Gerais da Emater-MG encontra-se em anexo

A composição de S_0 , que contempla a venda física no primeiro mês da safra e a aplicação do resultado em um fundo de renda fixa, vinculado ao CDI, explica a reduzida oscilação ao longo do período. Trata-se de uma alternativa de segurança, de quem prefere a certeza da renda fixa à incerteza de uma aposta na flutuação positiva do preço do café para a entressafra. Enfim, é escolhido normalmente por agentes com um perfil avesso ao risco. Empiricamente, no entanto, sabe-se que essa escolha, na maioria das vezes, não é baseada unicamente na ponderação de risco, mas sim na necessidade de fazer caixa tão logo o café esteja disponibilizado a negociação. Despesas com mão-de-obra na colheita e outras dívidas, concentradas nesse período, levam a negociação do produto, independente do perfil de risco do produtor.

A posição de maior risco é S_{+6} justamente a que potencializa maior retorno, com seu desvio em relação à média girando em torno de 56,81 pontos percentuais. Trata-se do primeiro mês do ano, que marca o início do período de entressafra. Nesse momento, o mercado está muito sensível as especulações em torno do tamanho da próxima safra brasileira, que começará a ser colhida a partir da metade daquele ano. Isso tudo aguda a percepção dos agentes e leva a uma maior inconstância nos preços do café, afetando de forma direta o comportamento do mercado.

Outra informação importante extraída desses dados iniciais é a razão entre o risco e o retorno. Essa razão mede a quantidade de unidade de risco por unidade de retorno. E os números chamam a atenção, por sua magnitude, o que indica grande risco em proporção ao retorno. Para o ativo de menor risco (S_0) essa razão ficou em 5,36 unidades, ou seja, para cada unidade de retorno são necessárias 5,36 unidades de risco. No ativo de maior retorno S_{+6} essa relação cai para 2,61 unidades de risco por unidade de retorno. Mas o melhor desempenho é alcançado em S_{+7} , que ficou em 2,38 unidades de risco por unidade de retorno.

No extremo oposto os ativos S_{+1} e S_{+2} , com 29,35 e 27,25 unidades de risco por unidade de retorno, respectivamente. Uma relação de troca bastante desvantajosa, justificada de um lado pela grande pressão com avanço da safra, o que reduz o retorno, e de outro pela volatilidade, que marca esses dois meses, ainda bastante vulneráveis a variáveis climáticas. Os meses de agosto e setembro marcam a transição do inverno para a primavera no hemisfério Sul. Nesse sentido, coexistem duas situações climáticas distintas. Uma primeira, menos incisiva, que é o receio de algum estrago provocado pelo frio. E outra, mais influente, focada no regime pluviométrico sobre as regiões produtoras. As chuvas anunciam a primavera, induzindo as primeiras floradas, que marcam justamente o principio de um novo ciclo produtivo. Sem chuva,

as floradas atrasam, comprometendo a produtividade futura dos cafezais. A junção desses dois pontos de incerteza climática justifica a grande volatilidade ao mercado.

A partir dessas informações elementares sobre o resultado da venda física de café no mercado à vista é construída a matriz de variância e covariância dos retornos, apresentada na tabela 02.

Tabela 02: Matriz de Variância e Covariância dos Retornos: Mercado a Vista de Café (S)

	S ₀	S ₊₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁
S ₀	232.17	220.15	218.77	193.77	148.42	89.16	96.02	106.21	15.91	94.14	87.09	52.64
S ₊₁	220.15	329.02	302.73	259.98	228.70	179.77	173.75	254.81	110.78	228.46	220.97	217.70
S ₊₂	218.77	302.73	350.49	333.72	296.82	235.89	246.54	266.15	136.26	278.54	288.36	267.63
S ₊₃	193.77	259.98	333.72	440.09	487.96	548.69	619.29	542.93	361.82	434.88	440.81	402.87
S ₊₄	148.42	228.70	296.82	487.96	678.00	938.13	1,090.51	897.91	664.50	656.74	662.40	576.09
S ₊₅	89.16	179.77	235.89	548.69	938.13	1,750.77	2,192.99	1,750.37	1,368.12	1,196.35	1,220.63	1,056.60
S ₊₆	96.02	173.75	246.54	619.29	1,090.51	2,192.99	3,012.53	2,388.75	1,980.52	1,710.66	1,772.20	1,521.94
S ₊₇	106.21	254.81	266.15	542.93	897.91	1,750.37	2,388.75	2,225.47	1,896.12	1,663.43	1,659.25	1,512.64
S ₊₈	15.91	110.78	136.26	361.82	664.50	1,368.12	1,980.52	1,896.12	1,843.57	1,566.19	1,590.33	1,481.08
S ₊₉	94.14	228.46	278.54	434.88	656.74	1,196.35	1,710.66	1,663.43	1,566.19	1,505.18	1,582.05	1,534.33
S ₊₁₀	87.09	220.97	288.36	440.81	662.40	1,220.63	1,772.20	1,659.25	1,590.33	1,582.05	1,798.22	1,785.52
S ₊₁₁	52.64	217.70	267.63	402.87	576.09	1,056.60	1,521.94	1,512.64	1,481.08	1,534.33	1,785.52	1,946.45

Fonte: elaborado pelo autor

Outra maneira de apresentar essa informação, tornando-a mais fácil acessível à leitura, é utilizar a matriz de correlação do retorno dos ativos, como demonstrado na tabela 03.

Tabela 03: Matriz de Correlação dos Retornos: Mercado a Vista de Café (S)

	S ₀	S ₊₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁
S ₀	1.00											
S ₊₁	0.80	1.00										
S ₊₂	0.77	0.89	1.00									
S ₊₃	0.61	0.68	0.85	1.00								
S ₊₄	0.37	0.48	0.61	0.89	1.00							
S ₊₅	0.14	0.24	0.30	0.63	0.86	1.00						
S ₊₆	0.11	0.17	0.24	0.54	0.76	0.95	1.00					
S ₊₇	0.15	0.30	0.30	0.55	0.73	0.89	0.92	1.00				
S ₊₈	0.02	0.14	0.17	0.40	0.59	0.76	0.84	0.94	1.00			
S ₊₉	0.16	0.32	0.38	0.53	0.65	0.74	0.80	0.91	0.94	1.00		
S ₊₁₀	0.13	0.29	0.36	0.50	0.60	0.69	0.76	0.83	0.87	0.96	1.00	
S ₊₁₁	0.08	0.27	0.32	0.44	0.50	0.57	0.63	0.73	0.78	0.90	0.95	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que todos os ativos possuem uma correlação positiva, o que difere da situação idealizada por Markowitz (1952) para diversificação do portfólio, cujo melhor

resultado é obtido pela composição de carteiras com ativos com correlação negativa⁵⁰. Era natural esperar esse nível elevado de correlação, haja vista, que as carteiras são formadas a partir da distribuição da venda física à vista de café.

Apesar disso, a diferença de grau de correlação, que em alguns casos se aproxima de zero, abre um espaço interessante para a formação de carteiras. Por exemplo, entre o ativo S_0 e S_{+11} a correlação é de 0,08%, praticamente nula. Assim, a carteira formada pelos dois ativos teria uma variância menor do que a carteira formada com cada ativo isoladamente. É verdade, no entanto, que não consegue compensar completamente a volatilidade de um ativo pelo outro, pois isso só seria alcançado em ativos que apresentam correlação perfeitamente negativa, mas a baixa correlação, inegavelmente, serve para amenizar a flutuação de um sobre o outro. Assim, uma carteira composta por dois ativos com baixa correlação tende a apresentar menor volatilidade que outra formada por ativos com elevada correlação.

Nota-se que a correlação é maior entre os ativos formado pela venda à vista no começo e no final da temporada, reduzindo entre as posições de venda no meio do ciclo comercial e tendendo a zero quando se mede entre uma negociação no começo e outra no final da temporada. Revela antecipadamente que a diversificação ao longo da temporada comercial, mais especificamente a ponderação entre a venda na safra e na entressafra, ajuda a reduzir o risco sistemático.

A partir da matriz de variância e covariância calcula-se a variância das diversas carteiras possíveis, utilizando o conjunto de ativos formados a partir da distribuição da venda à vista do café sul-mineiro ao longo da temporada comercial. A partir do conjunto de variâncias e retornos é construída a fronteira eficiente, que mostra a relação otimizada de risco-retorno dos 12 ativos compostos em forma de carteira, cujos extremos são a carteira de mínima variância e de máximo retorno.

A carteira de menor variância apresentou desvio-padrão de 14,46 pontos percentuais e retorno médio, ao longo das últimas 29 temporadas comerciais, de 4,41%. Um desempenho melhor que o obtido isoladamente pelo ativo de menor risco (S_0), cujo desvio-padrão ficou em 15,71% e o retorno médio em 2,93%. A carteira de variância mínima concentra 88,16% de seu peso em S_0 , distribuindo o restante entre os S_{+4} , S_{+8} e S_{+11} , que participam, respectivamente, com 1,75%, 9,40% e 0,79%.

⁵⁰ A correlação é um índice que mede o comportamento de um ativo em relação a outro. Essa medida varia dentro do intervalo de -1 a +1. Dessa forma, distribuem-se os ativos entre os que apresentam correlação perfeitamente negativa (-1) e ativos com correlação perfeitamente positivos (+1). Quando não há relação alguma entre os ativos a correlação é nula (0).

É verdade que ainda concentra a venda do café no primeiro mês da temporada comercial, mas ao reduzir, mesmo que modestamente a proporção em (S_0), distribuindo esse saldo entre outras três alternativas comerciais (venda de café nos meses de novembro, março e junho) conseguiu não só reduzir o risco como também elevar o retorno médio. É bom lembrar, que o retorno médio obtido no estudo já desconta a inflação, uma vez que os preços foram deflacionados e os resultados aplicados a uma taxa de renda fixa real (descontada a inflação no período).

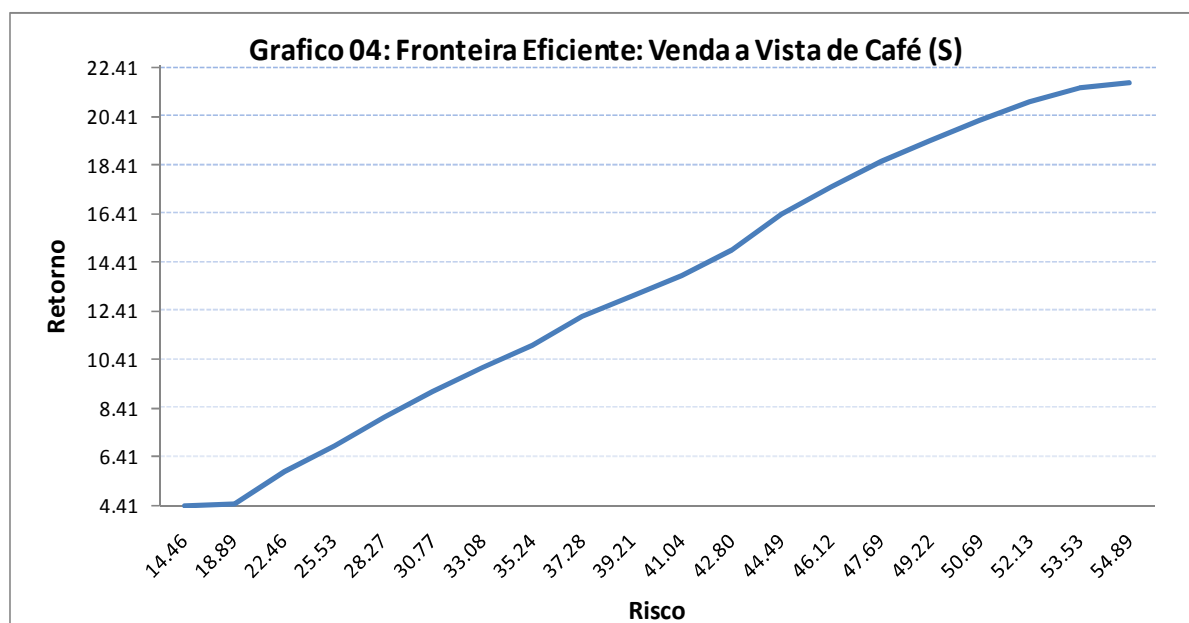
Tabela 04: Composição das Carteiras Eficientes - Mercado a Vista de Café (S)

Carteiras	S_0	S_{+1}	S_{+2}	S_{+3}	S_{+4}	S_{+5}	S_{+6}	S_{+7}	S_{+8}	S_{+9}	S_{+10}	S_{+11}	Retorno	Risco
													%	Desvio-Padrão
1	88.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	9.4%	0.0%	0.0%	0.7%	4.41	2.1
2	23.9%	14.5%	14.0%	11.9%	9.3%	3.1%	0.0%	1.8%	4.2%	5.6%	5.1%	6.5%	4.47	2.1
3	9.8%	14.8%	14.4%	12.6%	10.2%	4.6%	2.1%	3.7%	5.7%	7.2%	6.9%	8.1%	5.81	2.4
4	0.0%	14.2%	14.6%	13.0%	10.8%	5.8%	3.7%	5.2%	6.9%	8.3%	8.1%	9.3%	6.84	2.6
5	0.0%	4.8%	14.7%	13.3%	11.3%	6.8%	5.2%	6.6%	8.0%	9.5%	9.3%	10.5%	8.03	2.8
6	0.0%	0.0%	11.3%	13.5%	11.8%	7.8%	6.6%	7.8%	9.0%	10.4%	10.4%	11.5%	9.08	3.0
7	0.0%	0.0%	3.8%	13.6%	12.2%	8.7%	7.8%	8.9%	9.9%	11.3%	11.3%	12.3%	10.04	3.2
8	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	12.5%	9.5%	9.1%	10.0%	10.9%	12.2%	12.3%	13.2%	10.96	3.3
9	0.0%	0.0%	0.0%	7.3%	10.3%	9.0%	16.1%	10.3%	10.6%	11.7%	12.0%	12.8%	12.15	3.5
10	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	10.5%	9.8%	17.3%	11.4%	11.5%	12.5%	12.9%	13.6%	12.98	3.6
11	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	10.3%	20.6%	12.3%	12.2%	13.0%	13.5%	14.1%	13.85	3.7
12	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	25.3%	15.4%	13.7%	13.5%	14.7%	14.6%	14.93	3.9
13	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	37.9%	15.0%	12.0%	10.7%	12.6%	11.9%	16.34	4.0
14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48.9%	13.8%	9.9%	8.0%	10.2%	9.1%	17.50	4.2
15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	58.4%	12.8%	8.2%	5.7%	8.2%	6.6%	18.50	4.3
16	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.8%	12.0%	6.7%	3.7%	6.4%	4.5%	19.39	4.4
17	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	74.5%	11.1%	5.3%	1.9%	4.7%	2.4%	20.20	4.5
18	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	81.6%	10.4%	4.0%	0.3%	3.2%	0.6%	20.95	4.6
19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	89.1%	9.0%	1.6%	0.0%	0.3%	0.0%	21.54	4.6
20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.75	4.7

Fonte: elaborado pelo autor

Mas o baixo retorno obtido pela carteira de menor risco estimula naturalmente o agente econômico a transitar ao logo da fronteira de eficiência, buscando algo mais atrativo. Nessa caminhada observa que à medida que diminui a participação do ativo S_0 e aumenta a do ativo S_{+6} o retorno se eleva, tendo como contrapartida o crescimento do risco. É que nessa trajetória o investidor vai deixando gradativamente a zona de tranquilidade, com baixo risco, na busca de um retorno maior, onde naturalmente a volatilidade é mais acentuada. Enfim, assume uma crescente posição de risco, apostando na valorização do mercado, que pode ou não acontecer.

A carteira com maior retorno concentra 100% da aplicação no ativo S_{+6} , cujo retorno médio é de 21,75% e o desvio-padrão gira em torno de 54,89 pontos percentuais. O ativo S_{+6} corresponde à negociação no sexto período depois do início da temporada comercial, mais especificamente o mês de janeiro, sendo o resultado dessa venda aplicado por cinco meses em renda fixa, com remuneração de 95% do CDI. O saldo final já desconta as despesas com os seis meses de armazenagem, que compreende o período entre a sua disponibilidade física, pós-colheita, até a venda no mercado à vista, ou seja, entre os meses de julho a janeiro.



Como salientou Jorion (2003), o investidor, descartando existência de alguma visão futura, deve diversificar suas possibilidades entre as fontes de risco financeiro. No caso particular do negociador de café no mercado à vista, deve compor suas posições entre a carteira de mínima variância e a de máximo retorno. Dessa forma, restringe o resultado da venda de seu produto a um intervalo que vai de 4,41% a 21,75%, assumindo um risco que oscila de forma inversa ao retorno e dentro do intervalo de 14,5 a 54,9 pontos percentuais.

Pela fronteira eficiente de risco-retorno, percebe-se que os mais avessos ao risco devem procurar carteiras mais próximas a carteira de mínima variância. E o gradual deslocamento desse ponto em direção a retornos mais elevados passa pela redução das posições em S_0 , ou seja, por um menor fluxo de venda na entrada de safra. A comercialização deve ser pulverizada ao longo de todo o ano comercial, com o retorno aumentando na proporção que se eleva o peso das vendas no período de entressafra.

Os mais propensos ao risco caminham em direção ao retorno mais alto e dessa forma concentram suas posições comerciais na entressafra, em particular no ativo S_{+6} , que é a venda da café no mês de janeiro. Resumidamente, a trajetória na fronteira de eficiente é a marcada pela troca entre o ativo de menor risco S_0 e o ativo de maior retorno S_{+6} , ou de outra forma, deixar de vender no período de safra para negociar no começo da entressafra.

Analisando as vinte carteiras referenciais que compõem a fronteira eficiente de venda física à vista de café identifica-se como a carteira que apresenta melhor razão risco-retorno a número 13, onde para cada unidade de retorno são necessárias 1,20 unidades de risco. Essa

carteira concentra na entressafra boa parte de seu peso na venda em janeiro (S_{+6}), que participa com 37,9% do total, sendo o restante é diluído mais ou menos na mesma proporção entre os ativos de S_{+7} a S_{+11} (comercialização do café nos meses de fevereiro a junho). Enfim, é uma carteira que aposta na entressafra e em especial no mês de janeiro.

É interessante notar que entre a carteira de mínima variância e a segunda carteira a taxa de crescimento marginal do risco em relação ao retorno é muito elevada, de 73,74 pontos, destoando bastante do restante da fronteira. Isso significa que a passagem de uma carteira para outra resulta na troca de uma unidade de retorno por 73,74 unidades de risco. Racionalmente não faz sentido o produtor avançar da primeira para a segunda carteira, em virtude do elevado risco assumido em comparação a um acréscimo de retorno muito pequeno.

O panorama melhora nas carteiras seguintes, que começam a incluir na sua composição o ativo S_{+6} , que apresenta maior retorno. Nesse sentido, uma melhor distribuição das vendas com a partir do ativo de menor risco deve incorporar a negociação no mês de janeiro, visando que o potencial retorno compense a elevação do risco assumido. Já a concentração da venda nos primeiros meses da temporada comercial mostra-se uma alternativa com risco elevado e baixa retorno.

Tabela 05: Relação Risco e Retorno das Carteiras Eficientes - Mercado a Vista de Café (S)

Número	Razão		Taxa marginal
Carteiras	Risco	Retorno	Risco
1	14.46	4.41	-
2	18.89	4.47	73.74
3	22.46	5.81	2.66
4	25.53	6.84	2.99
5	28.27	8.03	2.30
6	30.77	9.08	2.38
7	33.08	10.04	2.41
8	35.24	10.96	2.35
9	37.28	12.15	1.71
10	39.21	12.98	2.32
11	41.04	13.85	2.11
12	42.80	14.93	1.63
13	44.49	16.34	1.20
14	46.12	17.50	1.40
15	47.69	18.50	1.57
16	49.22	19.39	1.71
17	50.69	20.20	1.82
18	52.13	20.95	1.91
19	53.53	21.54	2.37
20	54.89	21.75	6.53

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro ponto a destacar é a troca entre a penúltima e última carteira da amostra da fronteira eficiente. A última carteira é a de maior retorno, que naturalmente concentra 100% de seu peso no ativo com maior retorno médio. Mas ao analisar as duas últimas carteiras percebe-se que o produtor pode conseguir um retorno médio muito próximo do máximo, distribuindo a comercialização em mais de um ativo, como no exemplo da carteira número 19, onde 89% da comercialização se concentram no ativo de maior retorno. No entanto, o saldo restante está distribuído em outros ativos, sendo 9% no segundo ativo com maior retorno (S_{+7}) e o resíduo diluído em outros dois ativos (S_{+8} e S_{+10}). O retorno médio dessa carteira é de 21,54%, muito próximo da carteira de retorno máximo, mas o risco é inferior, ficando em 53,53 pontos percentuais.

É bom ressaltar, que se assume no trabalho o risco como uma medida de volatilidade do retorno, que pode ser tanto abaixo do nível médio como acima desse patamar. Parte-se da premissa que o produtor, avesso ao risco, busca garantia de retorno, sendo a volatilidade em torno do retorno algo indesejado.

6.1.2 CAPM para os ativos de venda à vista de café (S)

A análise do modelo de equilíbrio CAPM parte do cálculo dos betas, que mede a sensibilidade do ativo em relação a mudanças no mercado. A tabela 06 indicou que o ativo S_0 é o mais defensivo, como beta de 0,1677 pontos, o que significa que sua oscilação é proporcionalmente menor que o mercado. Dessa forma, em um mercado em baixa quem vende na safra perderá proporcionalmente menos que aquele que deixa para vender ao longo da temporada. Já em mercado de alta ganhará proporcionalmente menos. Trata-se de posições mais conservadoras ou defensivas, de agentes que buscam o menor risco.

Ao se afastar do início da safra, o beta vai se elevando, mas segue abaixo da unidade até S_{+4} , ou seja, até o mês de novembro. Os meses de julho a novembro marcam justamente o período de safra, onde o mercado de café padece não só com o avanço da oferta brasileira, como também em função da chegada de produto de outras origens mundiais, em especial o Vietnã e a Colômbia, respectivamente, segundo e terceiro produtores mundiais. Produtores da América Central também iniciam seu ciclo produtivo nesse período. Enfim, é um momento de larga concentração vendedora, com natural reflexo negativo sobre os preços.

Como os ativos entre S_0 a S_{+4} são mais defensivos, não acompanhando na mesma proporção a flutuação do mercado, devem ser adotadas em carteiras com perfil mais conservador. Já do ativo S_{+5} até o S_{+11} o beta é superior a unidade, o que significa ativos mais

agressivos em relação ao resultado médio, pois apresentam oscilação proporcionalmente acima da obtida pelo mercado, tanto na alta como na baixa. Esses ativos cujo risco sistemático é mais alto devem ser adotados em carteiras com perfil mais arrojados.

Tabela 06: Coeficiente Sistemático - Venda a Vista de Café (S)

Ativos	BETA	Avaliação
S₀	0.1617	defensivo
S₊₁	0.2837	defensivo
S₊₂	0.3353	defensivo
S₊₃	0.5272	defensivo
S₊₄	0.7623	defensivo
S₊₅	1.3036	agressivo
S₊₆	1.7487	agressivo
S₊₇	1.5779	agressivo
S₊₈	1.3543	agressivo
S₊₉	1.2956	agressivo
S₊₁₀	1.3639	agressivo
S₊₁₁	1.2857	agressivo

Fonte: elaborado pelo autor

O ativo mais agressivo é o S₊₆, que alcança beta é 1,7487. Em média esse ativo oscila em torno de 74,79% acima da variação do mercado. Assim, se o mercado subir, normalmente esse ativo dá uma resposta 74,79% acima da média do mercado. Mas caso caia, a queda será 74,79% superior a queda média do mercado. Pelo potencial de ganho dessa opção é fundamental acrescentar esse ativo na carteira, em particular naquelas que buscam um maior retorno. Contudo, é recomendável compensar esse alto risco, com outros ativos, para não ficar vulnerável demais. O menor beta entre os ativos mais dinâmicos (acima da unidade) é obtido pelo ativo S₊₁₁, (venda à vista no mês de junho), que alcançou 1,2857 pontos. Assim, a venda no último mês de negociação pode apresentar uma oscilação em relação ao retorno médio do mercado de 28,6%.

Já uma análise a partir do modelo de CAPM aponta que todos os ativos S apresentaram retorno (R_s) acima do ativo livre de risco (R_f), o que significa que todos os ativos são, a princípio, atrativos aos investidores. A proxy para ativo livre de risco é justamente o ativo com menor variância entre os ativos possíveis, ou seja, a venda no mercado à vista em julho (S₀), aplicando o saldo em renda fixa (95% do CDI) até o final da temporada comercial.

Tabela 07: Avaliação dos Ativos com Venda a Vista de Café (S) - Modelo CAPM

Ativos	Betas	R _f	R _m	R _s	Avaliação
S ₀	0.1617	2.93	8.94	3.90	+
S ₊₁	0.2837	2.93	8.94	4.64	+
S ₊₂	0.3353	2.93	8.94	4.95	+
S ₊₃	0.5272	2.93	8.94	6.10	+
S ₊₄	0.7623	2.93	8.94	7.51	+
S ₊₅	1.3036	2.93	8.94	10.76	+
S ₊₆	1.7487	2.93	8.94	13.44	+
S ₊₇	1.5779	2.93	8.94	12.41	+
S ₊₈	1.3543	2.93	8.94	11.07	+
S ₊₉	1.2956	2.93	8.94	10.72	+
S ₊₁₀	1.3639	2.93	8.94	11.13	+
S ₊₁₁	1.2857	2.93	8.94	10.66	+

Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, em uma avaliação mais aprofundada percebe-se, que embora, haja um crescimento do retorno a partir do ativo livre de risco em S₀, o resultado permanece abaixo do retorno de mercado (R_m) até o ativo S₊₄ (negociação no mês de novembro). Os ativos só começam a remunerar acima da remuneração média do mercado (R_m) a partir do ativo S₊₅, ou seja, a partir da comercialização do café no mês de dezembro, alcançando seu melhor desempenho em janeiro (S₊₆), quando apresenta retorno de 13,44%, contra a média do mercado de 8,94%.

O intervalo entre os ativos S₊₅ a S₊₁₁, que compreende os meses de dezembro a junho, apresentou resultado acima de dois dígitos, oscilando entre 10,72% a 13,44%. Caracteriza-se como um intervalo bastante interessante para composição de venda no mercado físico à vista de café. E não à toa coincide com a entressafra da oferta da bebida no Brasil.

6.1.3 Avaliação dos ativos com venda à vista pelos Índices de Treynor e Índice de Sharpe

O Índice de Treynor (IT) indica S₊₇, que alcançou 0,112 pontos, como o ativo com maior prêmio sobre o risco. A venda do café no mês de fevereiro e a aplicação do resultado na renda fixa por mais quatro meses é a alternativa que apresenta melhor rentabilidade excedente sobre o risco sistemático. Na sequência aparece o ativo S₊₈, com 0,111 pontos e depois o ativo S₊₆, com 0,108 pontos. A região linear delimitada entre os S₊₆ a S₊₈, que compreende a venda de café entre os meses de janeiro a março, é a que apresenta maior rentabilidade excedente sobre o risco de mercado.

Os ativos com menor atratividade delimitam o intervalo entre agosto e outubro (S_{+1} a S_{+3}), cujo resultado sobre o risco sistemático é negativo. São ativos que o retorno esperado não compensa o risco sistemático.

Tabela 08: Índice de Atratividade de Treynor (IT) e Sharpe (IS) para Ativos Venda a Vista de Café (S)

Ativos	Retorno			Risco	Risco	Índice	Índice
	R_s	R_f	$(R_s - R_f)$	Sistemático (β_s)	Mercado (σ_m)	Treynor (IT_s)	Sharpe (IS_s)
S_0	2.93	2.93	0.00	16.17	15.51	0.000	0.000
S_{+1}	0.69	2.93	-2.24	28.37	18.46	-0.079	-0.121
S_{+2}	0.66	2.93	-2.27	33.53	19.05	-0.068	-0.119
S_{+3}	1.99	2.93	-0.94	52.72	21.35	-0.018	-0.044
S_{+4}	5.22	2.93	2.29	76.23	26.50	0.030	0.086
S_{+5}	10.94	2.93	8.01	130.36	42.58	0.061	0.188
S_{+6}	21.75	2.93	18.82	174.87	55.86	0.108	0.337
S_{+7}	20.54	2.93	17.61	157.79	48.01	0.112	0.367
S_{+8}	18.03	2.93	15.10	135.43	43.70	0.111	0.345
S_{+9}	9.27	2.93	6.34	129.56	39.48	0.049	0.161
S_{+10}	9.29	2.93	6.36	136.39	43.16	0.047	0.147
S_{+11}	5.97	2.93	3.04	128.57	44.90	0.024	0.068

Fonte: Elaborado pelo autor

O Índice de Sharpe (IS) tem um resultado similar ao apresentado pelo Índice de Treynor, com a venda em fevereiro do café a aplicação em renda fixa, apresentando o maior prêmio por unidade de risco, ao alcançar 0,367 pontos. No intervalo entre S_{+1} a S_{+3} o índice Sharpe também é negativo, demonstrando resultado negativo por unidade de risco.

Os índices de Treynor e Sharpe destacam como melhor momento de venda o mês de fevereiro seguido de março, com o mês de janeiro aparecendo na terceira opção. Essas três posições devem ser priorizadas na composição da carteira, em função da melhor relação risco-retorno. Na outra ponta, destacam como alternativas não recomendáveis os ativos S_{+1} a S_{+3} , onde o risco é muito elevado se comparado ao retorno esperado. Assim, a venda no período entre agosto e outubro deve ser evitada pelo negociador de café. Tanto IT como IS recomendam ou a venda no primeiro mês da temporada, pois é a alternativa mais segura de venda, ou aguardar para comercialização a partir de novembro, onde a relação risco-retorno volta a ficar vantajosa. Já a espera para vender no último mês da temporada apresenta um resultado inferior a vender em novembro, fato que deve ser levado em conta no momento de distribuir a comercialização ao longo da entressafra.

6.2 Fronteira Eficiente com Venda à Vista (S) e Futura (F) de Café

Nessa segunda etapa, adiciona-se aos ativos já existentes a possibilidade da utilização do mercado futuro, como instrumento de hedge para o preço de café. O primeiro ponto a destacar é que o período de análise mudou, compreendendo as temporadas comerciais de 1992/93 até 2008/09, em virtude da falta de informações no mercado futuro brasileiro anterior a essa data.

Comparando com o retorno médio do café com venda física à vista (S) no período de 1982/83 a 2008/09, que ficou em 9,09% e apresentou risco de 35,46 pontos percentuais, a adição dos novos ativos não só elevou o retorno médio como também reduziu o risco. Mas para uma comparação mais apropriada é preciso delimitar o mesmo período de análise, ou seja, entre os anos de 1992/93 a 2008/09. Nesse caso, a adição de ativos com fixações no mercado futuro elevou consideravelmente o retorno médio, que passou de 9,85%, quando era restrita somente ao ativo físico, para 16,85% com a alternativa de venda no mercado futuro. Porém, o risco também subiu consideravelmente, saindo de 16,75 pontos para 28,27 pontos percentuais.

A taxa de substituição do retorno por risco foi de 0,61 pontos, o que significa dizer que para um ponto de aumento de uma unidade no risco há uma recompensa de apenas 0,61 pontos no retorno médio. Trata-se uma análise direta sobre os dados médios de todos os ativos, que não necessariamente reflete o melhor arranjo desses ativos em carteira.

O resultado obtido pelo conjunto de ativos de venda física à vista (S) e negociação a partir de hedge de venda no mercado futuro (F) no período que compreende a temporada 1992/93 a 2008/09 é apresentado na tabela 08, que mostra que o melhor retorno foi alcançado a partir de uma operação de hedge de venda no mês de fevereiro contra a posição julho no mercado futuro brasileiro (FJ₋₅), cujo resultado ficou em 30,58%. Na sequência aparece o hedge no mercado futuro no mês de janeiro também contra o vencimento julho (FJ₊₆), que obteve retorno médio de 29,94%. E por fim, as fixações contra o vencimento setembro na BM&F nos meses de janeiro e fevereiro (FS₊₆ e FS₊₅), cujos retornos foram 27,40% e 27,23%, respectivamente.

Nota-se, novamente, que os ativos de venda física durante o período de safra, entre S₀ a S₊₅ são os que apresentam retorno mais baixo. Enquanto os ativos com venda no mercado futuro, em especial os ativos F₋₄ a F₋₆ (fixação de preço no mercado futuro no período entre janeiro a março) apresentaram melhor desempenho médio. Isso é explicado pela sazonalidade. Quando o produtor resolve fixar preço no mercado futuro nos primeiros meses do ano, monta sua posição futura sobre a influência da entressafra física. E como o spread (diferença) entre os

vencimentos no mercado futuro de café (BM&F) é normalmente positivo, o contrato do vencimento de julho, por exemplo, mesmo se tratando de uma posição com entrega no período de safra, carrega esse valor positivo, o que resulta em preço mais elevado para as fixações antecipadas, justificando um melhor retorno médio para posições de hedge feitas no primeiro semestre, com destaque especial aos primeiros quatro meses do ano.

Observando pelo ponto de vista do desvio-padrão, o maior risco é encontrado nos ativos de venda física no período de entressafra, destacando-se a negociação em junho (S_{+11}), com desvio 46,42 pontos percentuais. Logo em seguida aparece a venda do café em maio (S_{+10}), cuja volatilidade gira em torno de 42,36 pontos percentuais. O menor risco é alcançado no ativo S_0 , o que era esperado, uma vez que se trata de um ativo focado basicamente na renda fixa, que naturalmente oscila muito menos do que o preço do café ao longo da temporada.

E entre os ativos com venda no mercado futuro percebe-se um desvio mais elevado entre aqueles que envolvem fixações no período entre quatro a seis períodos antes do início da safra, mais especificamente entre F_{-4} a F_{-6} . O risco está relacionado a possibilidade de mudança no cenário produtivo mundial, que afeta diretamente o preço do produto. A ocorrência de uma geadada ou de uma longa estiagem no Brasil, assim, como a passagem de um furacão no Caribe, podem mexer com o potencial produtivo mundial e resultar na disparada do preço do café, o que levará o hedger a assumir um prejuízo no mercado futuro, compensado, logicamente, depois pela venda no mercado físico. O risco nesse caso é econômico, com o café sendo vendido antecipadamente abaixo do que o que mercado negociaria o produto no futuro.

O conceito de risco utilizado nesse trabalho está associado à volatilidade. Assim, há também a possibilidade do mercado cair bem abaixo do nível médio de fixação de venda. Só que nesse caso, a queda do preço, com o mercado hedgeado, levará a um ganho econômico, com a bebida sendo vendida antecipadamente por um preço acima do que mercado estará negociando no futuro. Uma leitura positiva, diferentemente da anterior.

A razão risco-retorno melhorou sensivelmente, com troca de risco por retorno caindo significativamente. A redução do prazo de análise explica parte dessa mudança. O restante é justificado pela adição da possibilidade de hedge de venda no mercado futuro. Destaque para os dois extremos, onde o ativo de menor risco (S_{+0}) tem uma relação de 0,97 unidades de risco para cada unidade do retorno. E o ativo de maior retorno (FJ_{-5}) apresenta uma relação risco-retorno de 0,96 unidades. Nesses dois pontos a unidade de retorno é menor que a de risco, ou seja, o retorno compensa o risco.

A situação se deteriora com os ativos de venda à vista na entressafra, onde merece evidência a venda à vista no mês de junho (S_{+11}), último mês da temporada comercial, cuja

relação é de 6,78 unidades de risco para cada unidade de retorno. Isso coloca em dúvida se vale a pena deixar para vender o café no último mês da temporada, apostando nos efeitos positivos da sazonalidade ou do chamado “mercado de clima” com o inverno brasileiro. O alto risco em relação ao retorno potencial indica o contrário.

**Tabela 09: Retorno Médio Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café em %
- Temporadas 1992/93 a 2008/09 -**

Ativo	Retorno	Risco	Risco/Retorno
FJ₋₆	29.94	33.03	1.10
FJ₋₅	30.58	29.41	0.96
FJ₋₄	25.91	29.00	1.12
FJ₋₃	18.72	29.42	1.57
FJ₋₂	19.90	25.45	1.28
FJ₋₁	13.82	20.25	1.46
S₀	8.62	8.33	0.97
S₊₁	6.23	13.51	2.17
FS₋₆	27.40	36.24	1.32
FS₋₅	27.23	31.55	1.16
FS₋₄	24.42	30.02	1.23
FS₋₃	19.08	28.17	1.48
FS₋₂	19.20	26.01	1.35
FS₋₁	12.92	21.60	1.67
S₊₂	5.83	13.40	2.30
S₊₃	6.30	15.44	2.45
S₊₄	9.31	21.96	2.36
FD₋₆	24.71	37.36	1.51
FD₋₅	24.77	34.53	1.39
FD₋₄	22.75	33.85	1.49
FD₋₃	16.95	32.35	1.91
FD₋₂	16.63	29.16	1.75
FD₋₁	12.23	27.25	2.23
S₊₅	10.70	25.65	2.40
S₊₆	15.46	26.22	1.70
S₊₇	16.50	30.64	1.86
S₊₈	14.08	33.82	2.40
S₊₉	8.26	35.82	4.34
S₊₁₀	10.11	42.36	4.19
S₊₁₁	6.84	46.42	6.78
Média	16.85	28.27	1.68

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dessas informações elementares é obtida a matriz de variância e covariância do retorno, bem como, a matriz de correlação, que podem ser acompanhadas no anexo. O fato é que a adição da alternativa de hedge no mercado futuro trouxe uma nova dinâmica à correlação entre os ativos. Se comparado a carteira anterior, formada somente por ativos com venda no mercado físico, houve uma maior amplitude das correlações, bem como, o aparecimento de

correlação negativa entre alguns ativos. Isso fortalece o instrumental de diversificação, facilitando a tarefa de compor carteiras com menor variância.

Reforça-se a indicação de que a correlação é maior entre períodos mais próximos e dentro de mercados similares. Sendo assim, a distribuição ao longo da temporada comercial, a alternância entre os mercados e a diluição das posições entre vencimentos no mercado futuro tende a exercer um efeito benéfico sobre a carteira, reduzindo o risco sistêmico.

A carteira de mínima variância apresentou desvio-padrão de 4,7 pontos percentuais. Um risco bem menor do que o obtido por uma carteira formada unicamente pelo ativo de menor variância (S_0), que é 8,3 pontos percentuais. Isso reafirma a premissa básica de que a utilização de um número maior de ativos, de preferência com correlação negativa ou com baixa correlação entre eles, ajuda a reduzir o risco da carteira. O retorno médio da carteira de mínimo risco ao longo de 17 períodos, que compreende a temporada 1992/93 a 2008/09, ficou em 9,7%. Um desempenho também superior a carteira formada pelo ativo menor risco (S_0), que para o mesmo período obteve retorno médio de 8,6%.

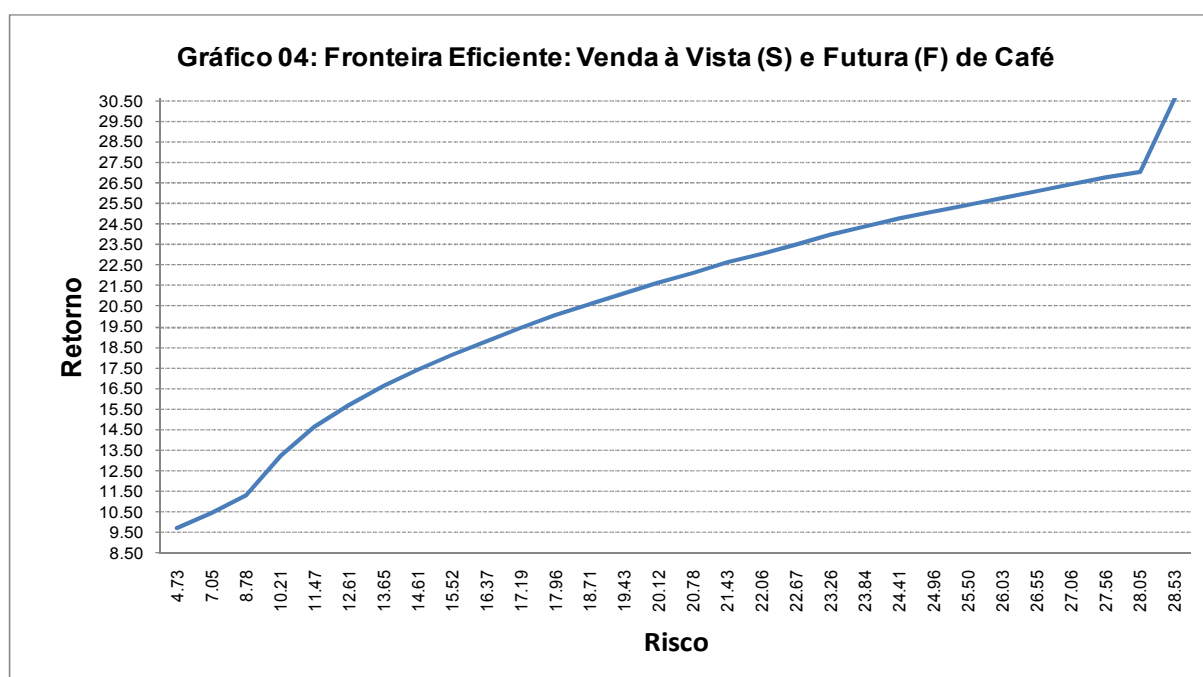
Em resumo, a carteira de mínima variância apresenta menor risco e maior retorno, que a alternativa de venda física à vista no primeiro mês da temporada comercial. A carteira de variância mínima concentra 69,2% de seu peso justamente na venda em julho (S_0), distribuindo o restante das posições entre os ativos S_{+3} e FS_{-6} , com pesos respectivos de 22,1% e 8,6%. Privilegia a venda no terceiro mês da temporada comercial (setembro) e a fixação antecipada em janeiro contra o vencimento julho na BM&F.

Saindo da área de menor risco e avançando ao longo da fronteira eficiente de risco-retorno, observa-se que à medida que diminui a participação da carteira S_0 , elevando, em um primeiro momento, a participação de outros ativos com venda física, como, por exemplo, S_{+1} , S_{+2} , S_{+3} , S_{+4} e S_{+5} , a rentabilidade da carteira se eleva. Na prática, o que está acontecendo é uma maior distribuição das vendas de café ao longo da temporada comercial, em especial nos primeiros meses da temporada.

A elevação do retorno também está associada ao gradual aumento na utilização de fixações no mercado futuro, com maior intensidade para os ativos FS_{-6} e FJ_{-6} , onde é feito o hedge de venda no mês de janeiro contra os vencimentos setembro e julho na BM&F. A distribuição de pequenas fixações no mercado futuro visa ampliar o retorno médio, mas sem elevar demais o risco.

A procura por mais retorno leva a um aumento na participação da venda futura no mês de janeiro contra vencimento julho na BM&F (FJ_{-6}), havendo, em proporção inversa, o desmanche das posições no ativo S_0 . Paralelamente, é mantida a proporção de 11% na venda no

mercado futuro em janeiro contra o vencimento setembro (FS-6). Essa posição serve como um contraponto de segurança a carteira, aliviando a volatilidade do retorno durante a transição das posições do mercado à vista para o mercado futuro. Com menor participação, mas também com peso relativamente estável em torno de 2%, destaca-se a posição FD-6, que é a venda no mercado futuro em janeiro contra o vencimento dezembro na BM&F. A distribuição das posições no mercado futuro serve não só para elevar o retorno da carteira como também para conter a inconstância do retorno, dando, por isso, mais segurança as carteiras.



Essa permuta de posições ganha intensidade, tendo como reflexo a elevação da participação do ativo FJ-6 e a redução do ativo S₀. Mas entre o intervalo de risco de 28,05 a 28,5 pontos é observado um corte nas carteiras, saindo do ativo FJ-6 para concentrar o peso em FJ-5, ativo de maior retorno. O retorno nessa última porção da fronteira eficiente oscila entre 27% a 30,6%. A carteira de máximo retorno concentra 100% de seu peso no ativo de maior rentabilidade, que é a venda no mercado futuro no mês de janeiro contra o vencimento julho na BM&F.

Tabela 10: Composição das Carteiras Eficientes: Mercado a Vista (S) e Futuro (F) de Café

Carteiras	FJ ₆	FJ ₅	FJ ₄	FJ ₃	FJ ₂	FJ ₁	S ₀	S ₊₁	FS ₆	FS ₅	FS ₄	FS ₃	FS ₂	FS ₁	S ₊₂	S ₊₃
01	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	69.2%	0.0%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.2%
02	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	43.5%	9.4%	10.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	11.1%	10.4%
03	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	35.0%	9.6%	11.2%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	1.7%	11.2%	10.6%
04	8.8%	0.5%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	33.0%	8.3%	11.2%	0.6%	0.5%	0.4%	0.2%	1.2%	9.9%	9.5%
05	15.6%	0.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	31.8%	7.5%	11.3%	0.6%	0.5%	0.3%	0.0%	0.8%	9.0%	8.7%
06	21.0%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	30.9%	6.7%	11.3%	0.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.3%	8.2%	8.0%
07	25.6%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.1%	6.1%	11.3%	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	7.5%	7.4%
08	29.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	29.4%	5.5%	11.3%	0.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	6.8%
09	33.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.8%	5.0%	11.4%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	6.3%	6.3%
10	36.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.2%	4.5%	11.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	5.8%
11	39.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.7%	4.1%	11.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	5.3%
12	42.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.1%	3.6%	11.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	4.9%
13	45.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.7%	3.2%	11.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	4.5%
14	47.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.2%	2.8%	11.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	4.1%
15	50.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.7%	2.4%	11.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	3.7%
16	52.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.2%	2.0%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	3.2%
17	54.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.8%	1.6%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	2.8%
18	56.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.2%	1.1%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.3%
19	58.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.7%	0.6%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.9%
20	60.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.2%	0.2%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.4%
21	62.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.7%	0.0%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%
22	63.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.0%	0.0%	11.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
23	65.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.7%	0.0%	11.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24	67.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.2%	0.0%	11.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	68.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	17.6%	0.0%	11.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26	70.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.1%	0.0%	11.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27	71.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.6%	0.0%	11.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
28	73.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.2%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
29	74.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.8%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

CONTINUAÇÃO

Carteiras	S ₊₄	FD ₋₆	FD ₋₅	FD ₋₄	FD ₋₃	FD ₋₂	FD ₋₁	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁	Retorno %	Risco %
01	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.72	4.73
02	6.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.47	7.05
03	6.2%	2.6%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	5.0%	0.6%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	11.29	8.78
04	5.5%	2.6%	0.7%	0.7%	0.6%	0.3%	0.1%	4.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	13.26	10.21
05	4.9%	2.6%	0.7%	0.7%	0.5%	0.1%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.62	11.47
06	4.3%	2.6%	0.6%	0.6%	0.4%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.69	12.61
07	3.8%	2.6%	0.6%	0.6%	0.2%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.61	13.65
08	3.4%	2.6%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	17.42	14.61
09	2.9%	2.6%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.15	15.52
10	2.5%	2.6%	0.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.82	16.37
11	2.1%	2.6%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.45	17.19
12	1.7%	2.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.04	17.96
13	1.4%	2.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.60	18.71
14	1.0%	2.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.13	19.43
15	0.6%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.65	20.12
16	0.3%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.14	20.78
17	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.61	21.43
18	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.06	22.06
19	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.51	22.67
20	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.93	23.26
21	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.35	23.84
22	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.74	24.41
23	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.10	24.96
24	0.0%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.44	25.50
25	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.77	26.03
26	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.10	26.55
27	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.42	27.06
28	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.73	27.56
29	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.03	28.05
30	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.58	28.53

Fonte: elaborado pelo autor

A transição é abrupta, como se percebe no gráfico 04, uma vez que o crescimento do retorno compensa em muito o risco assumido nesse período. Essa distorção final da curva de fronteira motivou a utilização de 30 carteiras na formação da fronteira eficiente, ao invés das 20 carteiras anteriores. A elevação do número de carteiras visa justamente uma melhor interpretação dessa particularidade do mercado.

A mudança do movimento se deve a característica dos dois ativos envolvidos nesse segmento da reta. O ativo FJ₆ apresenta um retorno médio de 29,9% para um risco de 33.0 pontos, enquanto FJ₅ sustenta retorno médio de 30,6%, superior ao do ativo anterior, para um risco menor, de 29,4 pontos percentuais. A relação entre risco e retorno do ativo FJ₆ foi muito vantajosa no período em análise, resultando naturalmente em uma acelerada a troca de um ativo por outro, explicando a mudança de inclinação na fronteira eficiente.

O alongamento da série temporal deve resultar em uma redução dessa vantagem, com distorção do mercado tendendo a sumir com o passar do tempo. Nesse sentido, a inclinação final da fronteira eficiente deve ir se alinhando gradativamente ao restante da curva, corrigindo essa deformidade.

Já a razão risco retorno das carteiras em S e F fica abaixo da unidade, a exceção são as carteiras no intervalo de 24 até 29, onde para cada unidade de retorno são necessárias mais do que uma unidade de risco. Trata-se de carteiras com retorno mais expressivo, exigindo em troca um risco maior. Fica abaixo da unidade a carteira de máximo retorno, cuja razão risco-retorno ficou em 0,93 unidades. Já a melhor relação risco-retorno é obtida na carteira de menor variância, onde para cada unidade de retorno são necessárias apenas 0,49 unidades de risco.

**Tabela 11: Risco e Retorno das Carteiras Eficientes - em %
Mercado a Vista (S) e Mercado Futuro (F) de Café**

Número Carteiras	Retorno	Risco	Razão Risco/Retorno	Taxa marginal Risco
01	9.72	4.73	0.49	-
02	10.47	7.05	0.67	3.10
03	11.29	8.78	0.78	2.10
04	13.26	10.21	0.77	0.73
05	14.62	11.47	0.78	0.92
06	15.69	12.61	0.80	1.06
07	16.61	13.65	0.82	1.13
08	17.42	14.61	0.84	1.20
09	18.15	15.52	0.86	1.24
10	18.82	16.37	0.87	1.27
11	19.45	17.19	0.88	1.30
12	20.04	17.96	0.90	1.31
13	20.60	18.71	0.91	1.33
14	21.13	19.43	0.92	1.34
15	21.65	20.12	0.93	1.35
16	22.14	20.78	0.94	1.36
17	22.61	21.43	0.95	1.37
18	23.06	22.06	0.96	1.38
19	23.51	22.67	0.96	1.38
20	23.93	23.26	0.97	1.39
21	24.35	23.84	0.98	1.41
22	24.74	24.41	0.99	1.43
23	25.10	24.96	0.99	1.53
24	25.44	25.50	1.00	1.60
25	25.77	26.03	1.01	1.60
26	26.10	26.55	1.02	1.60
27	26.42	27.06	1.02	1.60
28	26.73	27.56	1.03	1.61
29	27.03	28.05	1.04	1.61
30	30.58	28.53	0.93	0.14

Fonte: Elaborado pelo autor

A taxa de crescimento marginal do risco ao longo da fronteira eficiente é mais significativa entre as carteiras de menor risco. Destaque para a passagem da carteira de mínima variância para a segunda carteira, onde a relação aponta que para o aumento de uma unidade de retorno são exigidas 3,10 unidades de risco. A relação cai um pouco, mas continua alta em 2,10 unidades de risco por unidade de retorno entre a carteiras 2 e 3. A menor sensibilidade do risco em relação à mudança no retorno é alcançada na passagem da carteira número 29 para 30, quando a taxa marginal de crescimento do risco ficou em apenas 0,14%, ou seja, para cada aumento em uma unidade do retorno é pedido um crescimento de modestas 0,14 unidades de risco.

6.2.1 CAPM para os ativos com Venda à Vista (S) e Futura (F) de café

A análise do coeficiente sistemático indicou que o ativo S_0 é o mais defensivo, com beta de -0,09 pontos. Apresenta um comportamento ligeiramente inverso ao comportamento do mercado, mas muito próximo de zero, o que indica um ativo com, praticamente, nenhum risco sistêmico.

Tabela 12: Coeficiente Sistemático - Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café

Ativos	BETAS	Avaliação
FJ₋₆	1.21	agressivo
FJ₋₅	1.28	agressivo
FJ₋₄	1.22	agressivo
FJ₋₃	1.11	agressivo
FJ₋₂	0.87	defensivo
FJ₋₁	0.57	defensivo
S₀	-0.09	defensivo
S₊₁	0.32	defensivo
FS₋₆	1.27	agressivo
FS₋₅	1.36	agressivo
FS₋₄	1.34	agressivo
FS₋₃	1.27	agressivo
FS₋₂	1.11	agressivo
FS₋₁	0.89	defensivo
S₊₂	0.30	defensivo
S₊₃	0.46	defensivo
S₊₄	0.70	defensivo
FD₋₆	1.28	agressivo
FD₋₅	1.40	agressivo
FD₋₄	1.42	agressivo
FD₋₃	1.35	agressivo
FD₋₂	1.19	agressivo
FD₋₁	1.05	agressivo
S₊₅	0.77	defensivo
S₊₆	0.94	defensivo
S₊₇	1.09	agressivo
S₊₈	1.05	agressivo
S₊₉	1.03	agressivo
S₊₁₀	1.16	agressivo
S₊₁₁	1.07	agressivo

Fonte: elaborado pelo autor

Os ativos com fixações de posição no mercado futuro, particularmente entre os meses de janeiro a abril (F₋₆ a F₋₃) apresentam uma oscilação superior à oscilação do mercado, com

betas bem superiores a unidade, caracterizando como ativos mais agressivos. A exceção fica por conta de FJ₂, FJ₁ e FS₁, que são vendas no mercado futuro no mês de maio contra o vencimento julho e vendas mês de junho contra o vencimento julho e setembro na BM&F. São posições muito próximas do período de safra e, assim, tendem a ter um comportamento semelhante ao da negociação física na entrada de safra, caracterizando, por isso, por uma linha mais defensiva.

Os ativos de venda à vista de café ao avançar em direção a entressafra também apresentaram betas acima da unidade, particularmente a partir de fevereiro (S₊₇). Já as posições balizadas na venda física à vista próximo ao período de safra (S₊₁ a S₊₆) resultaram em beta inferior à unidade, mostrando-se uma alternativa mais defensiva do ponto de vista do risco-retorno.

O ativo mais agressivo é o FD₋₄, com beta de 1,42 pontos. A venda no mercado futuro feita no mês de março e contra o vencimento dezembro na BM&F apresenta um desvio de 42% em relação à média do mercado. Se o mercado estiver em alta, essa posição tende a dar uma resposta 42% acima da média do mercado. Caso a trajetória seja negativa, as perdas serão 42% maiores. Destaque também para a venda no mercado futuro em fevereiro contra o vencimento dezembro (FD₋₅), cujo beta é de 1,40 pontos, bem como, o hedge de venda montado no mês de abril também contra o vencimento dezembro (FD₋₃), cujo índice beta é 1,35 pontos.

O modelo de CAPM revela que todos os ativos que compõe o conjunto possível de retorno com venda à vista e futura (R_{SF}) apresentaram resultado acima do ativo livre de risco (R_f), a exceção apenas de S₀, o que significa que todos esses ativos são atrativos ao investimento, pois no mínimo cobrem o retorno do ativo de menor risco.

O resultado é mais expressivo para as posições com venda de café no mercado futuro, havendo uma leve vantagem para a fixação contra o vencimento dezembro na BM&F, com particular destaque para as operações feitas nos primeiros meses do ano. Na posição física, a exceção da venda na entrada de safra (S₀), as demais apresentam resultado positivo, que cresce a partir do afastamento da época de colheita.

Tabela 13: Avaliação dos Ativos Venda a Vista (S) e Futura (F) de Café - Modelo CAPM

Ativos	BETAS	R_f	R_m	R_{SF}	Avaliação
FJ ₋₆	1.21	8.62	16.85	18.61	+
FJ ₋₅	1.28	8.62	16.85	19.13	+
FJ ₋₄	1.22	8.62	16.85	18.63	+
FJ ₋₃	1.11	8.62	16.85	17.79	+
FJ ₋₂	0.87	8.62	16.85	15.76	+
FJ ₋₁	0.57	8.62	16.85	13.27	+
S ₀	-0.09	8.62	16.85	7.90	-
S ₊₁	0.32	8.62	16.85	11.28	+
FS ₋₆	1.27	8.62	16.85	19.11	+
FS ₋₅	1.36	8.62	16.85	19.80	+
FS ₋₄	1.34	8.62	16.85	19.62	+
FS ₋₃	1.27	8.62	16.85	19.04	+
FS ₋₂	1.11	8.62	16.85	17.72	+
FS ₋₁	0.89	8.62	16.85	15.98	+
S ₊₂	0.30	8.62	16.85	11.07	+
S ₊₃	0.46	8.62	16.85	12.44	+
S ₊₄	0.70	8.62	16.85	14.41	+
FD ₋₆	1.28	8.62	16.85	19.14	+
FD ₋₅	1.40	8.62	16.85	20.17	+
FD ₋₄	1.42	8.62	16.85	20.33	+
FD ₋₃	1.35	8.62	16.85	19.72	+
FD ₋₂	1.19	8.62	16.85	18.44	+
FD ₋₁	1.05	8.62	16.85	17.22	+
S ₊₅	0.77	8.62	16.85	14.94	+
S ₊₆	0.94	8.62	16.85	16.35	+
S ₊₇	1.09	8.62	16.85	17.59	+
S ₊₈	1.05	8.62	16.85	17.29	+
S ₊₉	1.03	8.62	16.85	17.13	+
S ₊₁₀	1.16	8.62	16.85	18.12	+
S ₊₁₁	1.07	8.62	16.85	17.40	+

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando, primeiramente, somente as posições com venda física, o mercado só começa apresentar um resultado acima da média do mercado (R_m) a partir da venda no mês de fevereiro (S_{+7}) e alcança seu melhor resultado em maio (S_{+10}), em 18,12 pontos percentuais. Considerando os ativos com fixações futuras, a exceção de algumas posições próximas da entrada de safra, como FJ₋₂, FJ₋₁ e FS₋₁, todos os demais apresentam resultado acima do mercado.

A recomendação de composição de carteira com base no modelo CAPM é utilizar ativos a partir de venda futura nos primeiros quatro meses do ano para todos os vencimentos na BM&F, mesclando com posições de venda física à vista na entressafra. Carteiras compostas com esses ativos tendem a apresentar um melhor resultado, apesar de mais arriscadas. Já um

produtor mais conservador sustentaria vendas no mercado à vista na entrada de safra. As fixações no mercado futuro próximas ao início do ciclo comercial, também teriam esse perfil.

6.2.2 Encontrando a carteira ótima com ativos S e F

O índice de Treynor (IT) destaca que a venda no mercado futuro em janeiro contra vencimento julho na BM&F (FJ₋₆), que alcançou 0,176 pontos, é o ativo com maior prêmio sobre o risco. Na sequência aparece a venda futura em fevereiro contra entrega julho na BM&F (FJ₋₅), que apresentou 0,172 pontos, e depois a negociação em janeiro contra vencimento setembro no mercado futuro paulista (FS₋₆), com 0,147 pontos.

A análise a partir do modelo CAPM destaca as posições de venda no mercado futuro contra o vencimento dezembro, por apresentar melhor potencial de oscilação frente à linha média do mercado. No caso do Índice de Treynor (IT) também se sobressaem à venda futura, mas contra o vencimento julho e em menor escala a entrega setembro na BM&F. Essas posições apresentam um ganho mais elevado por unidade de risco assumido, uma vez que o índice de Treynor prioriza ativos com melhor equacionamento risco-retorno.

De uma forma geral, os ativos focados na venda no mercado futuro (F) e fixações nos primeiros três meses do ano (F₋₆ a F₋₄), apresentam melhor rentabilidade excedente sobre a unidade de risco sistemático. Os ativos com menor atratividade são os aqueles marcados pela venda no mercado físico (S) em especial as posições no período de safra, delimitado entre agosto a outubro (S₊₁ a S₊₃).

Tabela 14: Índice de Atratividade de Treynor (IT) e Sharpe (IS) para os ativos S e F

Ativos	RETORNO			RISCO		Índice Treynor (IT _{SF})	Índice Sharpe (IS _{SF})
	SFT	R _f	(R _{SF} - R _f)	Não-Sistemático (σ _m)	Sistemático (β _{SF})		
FJ ₋₆	29.94	8.62	21.32	1,026.91	1.21	17.551	0.021
FJ ₋₅	30.58	8.62	21.96	814.20	1.28	17.191	0.027
FJ ₋₄	25.91	8.62	17.29	791.35	1.22	14.207	0.022
FJ ₋₃	18.72	8.62	10.11	814.47	1.11	9.068	0.012
FJ ₋₂	19.90	8.62	11.28	609.75	0.87	12.992	0.018
FJ ₋₁	13.82	8.62	5.21	385.88	0.57	9.210	0.013
S ₀	8.62	8.62	0.00	65.27	-0.09	0.000	0.000
S ₊₁	6.23	8.62	-2.39	171.79	0.32	-7.387	-0.014
FS ₋₆	27.40	8.62	18.78	1,236.11	1.27	14.733	0.015
FS ₋₅	27.23	8.62	18.61	936.64	1.36	13.698	0.020
FS ₋₄	24.42	8.62	15.80	848.34	1.34	11.817	0.019
FS ₋₃	19.08	8.62	10.46	746.89	1.27	8.259	0.014
FS ₋₂	19.20	8.62	10.58	636.48	1.11	9.558	0.017
FS ₋₁	12.92	8.62	4.30	439.05	0.89	4.806	0.010
S ₊₂	5.83	8.62	-2.78	169.01	0.30	-9.331	-0.016
S ₊₃	6.30	8.62	-2.32	224.31	0.46	-5.004	-0.010
S ₊₄	9.31	8.62	0.69	453.80	0.70	0.980	0.002
FD ₋₆	24.71	8.62	16.09	1,313.94	1.28	12.578	0.012
FD ₋₅	24.77	8.62	16.15	1,121.93	1.40	11.506	0.014
FD ₋₄	22.75	8.62	14.13	1,078.71	1.42	9.928	0.013
FD ₋₃	16.95	8.62	8.33	984.89	1.35	6.174	0.008
FD ₋₂	16.63	8.62	8.01	800.32	1.19	6.714	0.010
FD ₋₁	12.23	8.62	3.61	699.08	1.05	3.458	0.005
S ₊₅	10.70	8.62	2.09	619.13	0.77	2.715	0.003
S ₊₆	15.46	8.62	6.84	647.02	0.94	7.280	0.011
S ₊₇	16.50	8.62	7.88	883.55	1.09	7.224	0.009
S ₊₈	14.08	8.62	5.46	1,076.57	1.05	5.178	0.005
S ₊₉	8.26	8.62	-0.36	1,207.76	1.03	-0.346	0.000
S ₊₁₀	10.11	8.62	1.49	1,688.75	1.16	1.290	0.001
S ₊₁₁	6.84	8.62	-1.78	2,028.03	1.07	-1.664	-0.001

Fonte: Elaborado pelo autor

O Índice de Sharpe (IS) praticamente reflete as indicações do índice de Treynor, destacando o ativo FJ₋₅ com o maior prêmio por unidade de risco, com 0,747 pontos, seguido de FJ₋₆, com 0,176 pontos. O intervalo entre S₊₁ a S₊₃, bem como, o ativo S₊₁₁ apresentam resultado negativo, como aconteceu também na avaliação pelo IT. Já o ativo S₊₉, negativo pelo IT, apresentou resultado nulo por Índice de Sharpe.

Tabela 15: Ponto de Corte (C) dos ativos S e F

	IT_{SF}	Ponto Corte (C)	$IT_{SF} - C$	$IT_{SF} > C$
FJ₋₆	17.55	6.07	11.48	FJ-6
FJ₋₅	17.19	9.70	7.50	FJ-5
FS₋₆	14.73	10.58	4.15	FS-6
FJ₋₄	14.21	11.31	2.90	FJ-4
FS₋₅	13.70	11.72	1.97	FS-5
FJ₋₂	12.99	11.85	1.14	FJ-2
FD₋₆	12.58	11.92	0.66	FD-6
FS₋₄	11.82	11.90	-0.08	-
FD₋₅	11.51	11.86	-0.36	-
FD₋₄	9.93	11.68	-1.75	-
FS₋₂	9.56	11.49	-1.93	-
FJ₋₁	9.21	11.40	-2.19	-
FJ₋₃	9.07	11.25	-2.18	-
FS₋₃	8.26	11.01	-2.75	-
S₊₆	7.28	10.82	-3.54	-
S₊₇	7.22	10.65	-3.43	-
FD₋₂	6.71	10.42	-3.71	-
FD₋₃	6.17	10.18	-4.00	-
S₊₈	5.18	10.02	-4.84	-
FS₋₁	4.81	9.75	-4.95	-
FD₋₁	3.46	9.48	-6.03	-
S₊₅	2.71	9.31	-6.60	-
S₊₁₀	1.29	9.15	-7.86	-
S₊₄	0.98	8.92	-7.94	-
S₀	0.00	8.90	-8.90	-
S₊₉	-0.35	8.69	-9.04	-
S₊₁₁	-1.66	8.55	-10.22	-
S₊₃	-5.00	8.24	-13.25	-
S₊₁	-7.39	8.02	-15.41	-
S₊₂	-9.33	7.81	-17.14	-

Fonte: Elaborado pelo autor

O Índice de Treynor serve como base para disposição seqüencial dos ativos para o cálculo do ponto de corte, que será utilizado para selecionar os ativos que serão adicionados a carteira ótima, pelo modelo simplificado de Elton, Gruber e Padberg (1976). E em virtude da grande volatilidade do mercado, o ponto de corte ficou bastante elevado, com apenas sete ativos superando esse patamar.

Assim, a carteira ótima pelo método simplificado de Elton, Gruber e Padberg (1976) ficou:

Tabela 16: Composição Carteira Ótima para Ativos S e F

Ativos	Z	ϕ	%
FJ_{.6}	0.01357	0.34619	34.62
FJ_{.5}	0.01176	0.29997	30.00
FS_{.6}	0.00428	0.10917	10.92
FJ_{.4}	0.00446	0.11370	11.37
FS_{.5}	0.00286	0.07302	7.30
FJ_{.2}	0.00163	0.04149	4.15
FD_{.6}	0.00065	0.01646	1.65
$\sum Z$	0.0392101		100.00

Fonte: Elaborado pelo autor

A carteira ótima é composta exclusivamente por ativos com venda no mercado futuro, com destaque a fixação nos meses de janeiro e fevereiro contra a entrega julho na BM&F, que respondem conjuntamente por pouco menos de 65% do peso da carteira. A carteira ótima contrabalança retorno médio potencial de 28,70% para um risco de 31,49 pontos percentuais.

6.3 Fronteira Eficiente Agregando a Possibilidade de Venda a Termo (T)

Nessa terceira e última etapa adiciona-se a carteira já existente a possibilidade de utilização do mercado a termo com adiantamento total dos recursos. Ao acrescentar esses novos ativos houve um melhora no perfil médio do mercado, com o aumento no retorno, havendo também uma pequena redução no desvio-padrão conjunto dos ativos. O retorno médio dos ativos compostos por venda física à vista de café, venda no mercado futuro e negociação a termo com adiantamento (S, F e T) ficou em 19,58% no período que se estende da temporada 1992/93 a 2008/09, acima dos 16,85% obtidos somente pelos ativos S e F. O desvio-padrão médio girou em torno de 28,10 pontos percentuais, ligeiramente abaixo dos 28,27 pontos percentuais da carteira com S e F.

O resultado médio obtido no conjunto de possibilidades no período que compreende a temporada 1992/93 a 2008/09 é resumido na tabela 17, que mostra que o melhor retorno foi alcançado com a venda a termo no mês de janeiro ($T_{.6}$), que obteve um retorno médio de 42,42%. Na sequência aparece o ativo com venda a termo no mês de fevereiro ($T_{.5}$), com retorno médio de 42,22%, e depois a venda a termo em março ($T_{.4}$), com retorno de 38,70%.

Nota-se que os ativos de venda a termo (T), em geral, apresentaram melhor desempenho no período analisado, seguido das posições com venda no mercado futuro (F) e, por último, da alternativa de venda física (S). Além disso, observa-se que o retorno é mais elevado para os ativos distanciados do período de safra, sendo que o pior desempenho fica por conta da venda à vista no mês de setembro (S_{+2}), cujo retorno médio nesses 17 períodos foi de apenas 5,83%.

Do ponto de vista do desvio-padrão, os ativos mais arriscados continuam sendo os de venda física no período de entressafra, com venda à vista no mês de maio (S_{+11}) destacando-se por apresentar maior desvio-padrão em relação à média, com 46,42 pontos percentuais. Entre os ativos com venda a termo o maior risco acontece na venda janeiro ($T_{.6}$), justamente aquele que apresenta maior retorno potencial, cuja volatilidade em torno da média gira em 35,21 pontos percentuais. Depois aparece a venda no mercado a termo em março ($T_{.4}$), com 30,99 pontos, e a venda a termo em fevereiro ($T_{.5}$), com 29,80 pontos percentuais. A relação risco-retorno apresenta agora oito ativos cuja relação é inferior à unidade. Além do ativo de menor risco (S_{+0}) e de $FJ_{.5}$ a relação acrescenta todos os ativos com venda a termo.

De uma forma geral, a possibilidade de venda a termo melhorou o ambiente de negócios, favorecendo não só a uma alta no retorno médio do mercado, como também ajudando a reduzir o risco. A vantagem do negócio a termo com adiantamento de recursos, nos moldes da Cédula do Produto Rural (CPR), é que o produtor fixa posição baseado no referencial futuro, a

exemplo do hedge, e recebe o recurso antecipado, descontado os juros no período, o que permite cobrir despesas, ou no caso do exemplo, investir em renda fixa (95% do CDI) até o final da temporada.

**Tabela 17: Retorno Médio Venda a Vista (S) Futuro (F) e a Termo (T) de Café em %
- Temporadas 1992/93 a 2008/09 -**

Ativos	Retorno	Risco	Risco/Retorno
T₋₆	42.42	35.21	0.83
T₋₅	42.22	29.80	0.71
T₋₄	38.70	30.99	0.80
T₋₃	27.55	26.41	0.96
T₋₂	26.72	22.50	0.84
T₋₁	21.94	18.42	0.84
FJ₋₆	29.94	33.03	1.10
FJ₋₅	30.58	29.41	0.96
FJ₋₄	25.91	29.00	1.12
FJ₋₃	18.72	29.42	1.57
FJ₋₂	19.90	25.45	1.28
FJ₋₁	13.82	20.25	1.46
S₀	8.62	8.33	0.97
S₊₁	6.23	13.51	2.17
FS₋₆	27.40	36.24	1.32
FS₋₅	27.23	31.55	1.16
FS₋₄	24.42	30.02	1.23
FS₋₃	19.08	28.17	1.48
FS₋₂	19.20	26.01	1.35
FS₋₁	12.92	21.60	1.67
S₊₂	5.83	13.40	2.30
S₊₃	6.30	15.44	2.45
S₊₄	9.31	21.96	2.36
FD₋₆	24.71	37.36	1.51
FD₋₅	24.77	34.53	1.39
FD₋₄	22.75	33.85	1.49
FD₋₃	16.95	32.35	1.91
FD₋₂	16.63	29.16	1.75
FD₋₁	12.23	27.25	2.23
S₊₅	10.70	25.65	2.40
S₊₆	15.46	26.22	1.70
S₊₇	16.50	30.64	1.86
S₊₈	14.08	33.82	2.40
S₊₉	8.26	35.82	4.34
S₊₁₀	10.11	42.36	4.19
S₊₁₁	6.84	46.42	6.78
Média	19.58	28.10	1.43

Fonte: Elaborado pelo autor

O risco da negociação a termo é similar a do mercado futuro, ou seja, uma drástica mudança no mercado que leve a uma disparada da cotação. Nesse sentido, a negociação antecipada teria sido firmada a um patamar abaixo do preço na entrega física do produto. Mas essa análise deve ser levar em conta, não só o preço do produto, mas também a remuneração financeira no período entre a negociação a termo e a entrega física do café.

A partir dessas informações elementares é obtida a matriz de variância e covariância do retorno, apresentada no anexo. E a partir dessas informações são formadas as carteiras que compõem a fronteira eficiente, que ficam no intervalo entre a carteira de mínima variância e máximo retorno.

Tabela 18: Composição das Carteiras Eficientes: Mercado a Vista (S), Futuro (F) e a Termo (T) de Café

Carteiras	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	FJ ₆	FJ ₅	FJ ₄	FJ ₃	FJ ₂	FJ ₁	S ₀	S ₁	FS ₆	FS ₅	FS ₄	FS ₃	FS ₂
01	3.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	67.6%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
02	2.5%	9.2%	0.1%	0.2%	0.2%	6.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	4.5%	23.1%	13.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
03	0.4%	0.9%	1.4%	1.4%	1.3%	1.1%	1.0%	1.6%	1.8%	1.8%	1.7%	1.2%	28.0%	0.7%	5.8%	1.2%	1.5%	1.5%	1.6%
04	0.0%	5.8%	1.7%	1.2%	0.4%	0.0%	1.4%	2.3%	2.5%	2.2%	1.2%	0.0%	24.2%	0.0%	6.3%	2.1%	2.5%	2.2%	1.8%
05	0.0%	12.3%	1.8%	0.8%	0.0%	0.0%	1.7%	2.6%	2.8%	2.2%	0.5%	0.0%	21.2%	0.0%	6.8%	2.7%	3.0%	2.6%	1.7%
06	0.0%	16.0%	1.8%	0.4%	0.0%	0.0%	2.0%	2.7%	2.8%	2.0%	0.0%	0.0%	17.8%	0.0%	7.4%	3.3%	3.5%	2.8%	1.3%
07	0.0%	18.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	2.7%	2.8%	1.7%	0.0%	0.0%	14.6%	0.0%	8.0%	3.8%	3.9%	2.9%	0.9%
08	0.0%	21.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	2.7%	2.7%	1.3%	0.0%	0.0%	11.6%	0.0%	8.6%	4.3%	4.2%	3.0%	0.5%
09	0.0%	24.7%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	2.7%	2.6%	0.9%	0.0%	0.0%	8.8%	0.0%	9.2%	4.7%	4.5%	3.0%	0.0%
10	0.0%	27.5%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	2.7%	2.4%	0.5%	0.0%	0.0%	6.3%	0.0%	9.7%	5.0%	4.7%	3.0%	0.0%
11	0.0%	30.4%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	2.6%	2.2%	0.1%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	10.2%	5.3%	4.8%	2.9%	0.0%
12	0.0%	33.2%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	2.5%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	10.6%	5.6%	5.0%	2.9%	0.0%
13	0.1%	35.5%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	2.4%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.2%	6.0%	5.1%	2.7%	0.0%
14	7.7%	34.9%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	1.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.2%	6.2%	4.7%	1.6%	0.0%
15	23.2%	31.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.4%	5.5%	1.3%	0.0%	0.0%
16	39.8%	28.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.1%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%
17	55.6%	22.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18	71.4%	13.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19	85.1%	5.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
20	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

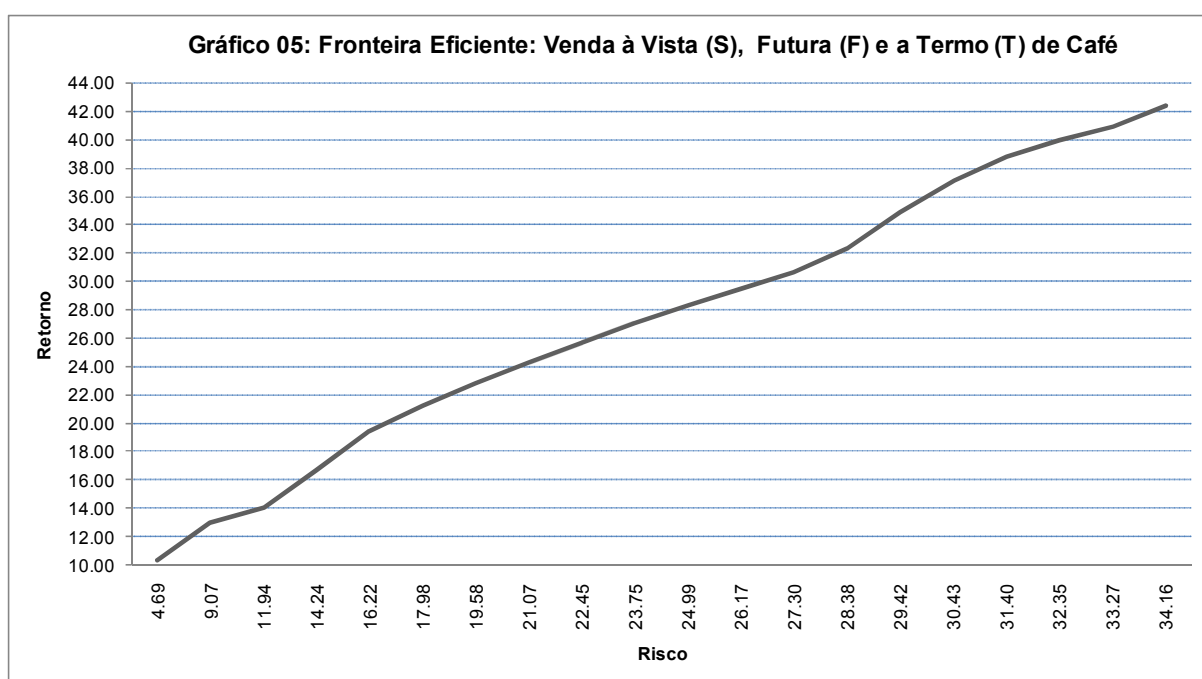
CONTINUAÇÃO																			Retorno	Risco
Carteiras	FS ₋₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	FD ₋₆	FD ₋₅	FD ₋₄	FD ₋₃	FD ₋₂	FD ₋₁	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁	%	%	
01	0.0%	0.0%	23.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.33	4.69	
02	0.1%	15.8%	13.5%	6.8%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.99	9.07	
03	1.2%	0.5%	23.7%	0.6%	0.6%	1.4%	1.8%	1.8%	1.8%	1.5%	0.7%	1.3%	1.7%	1.5%	1.4%	1.5%	1.2%	14.02	11.94	
04	0.6%	0.0%	21.6%	0.0%	1.3%	2.6%	3.2%	2.9%	2.4%	1.6%	0.0%	0.7%	1.5%	1.1%	0.9%	1.3%	0.6%	16.66	14.24	
05	0.0%	0.0%	19.7%	0.0%	1.9%	3.4%	4.0%	3.5%	2.6%	1.3%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	19.42	16.22	
06	0.0%	0.0%	17.3%	0.0%	2.6%	4.1%	4.8%	4.0%	2.6%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.23	17.98	
07	0.0%	0.0%	14.9%	0.0%	3.3%	4.8%	5.4%	4.4%	2.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.81	19.58	
08	0.0%	0.0%	12.7%	0.0%	4.0%	5.4%	6.0%	4.6%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.31	21.07	
09	0.0%	0.0%	10.6%	0.0%	4.6%	5.9%	6.4%	4.8%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.70	22.45	
10	0.0%	0.0%	8.6%	0.0%	5.2%	6.3%	6.8%	5.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.01	23.75	
11	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	5.7%	6.7%	7.1%	5.1%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.30	24.99	
12	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	6.2%	7.1%	7.3%	5.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	29.53	26.17	
13	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	6.8%	7.5%	7.6%	5.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.68	27.30	
14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.8%	7.8%	7.5%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	32.38	28.38	
15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.9%	7.1%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	34.92	29.42	
16	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	37.14	30.43	
17	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	38.81	31.40	
18	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	39.96	32.35	
19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.98	33.27	
20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	42.42	34.16	

Fonte: elaborado pelo autor

A carteira de mínima variância apresenta risco de 4,69 pontos percentuais, bem abaixo do ativo de menor risco (S₀) com 8,33 pontos percentuais. Se comparado a carteira anterior, formado somente por ativos F e S e onde a variância mínima apresentava oscilação de 4,73 pontos percentuais, também houve uma melhora. Já o retorno da carteira de menor variância, formada a partir de ativos S, F e T, alcançou 10,33%, um desempenho melhor que o da carteira

de mínimo risco formada somente com ativos F e S, que obteve um resultado médio de 9,72%. Esse comparativo mostra o efeito positivo da diversificação sobre a composição das carteiras.

A composição da carteira de mínima variância concentra 67,6% de seu peso no ativo de menor risco S_0 e o restante é distribuído em 23,3% para a negociação à vista no mês de outubro (S_{+3}) e 5,3% para venda no mercado futuro no mês de janeiro contra o vencimento julho na BM&F ($FS_{.6}$). Restam ainda 3,7% destinados a venda a termo no mês de janeiro ($T_{.6}$) e um residual de 0,06% para a venda à vista no mês de dezembro (S_{+5}). Embora bastante concentrada no ativo de menor risco, a carteira é mais pulverizada, buscando distribuir as alternativas nos diversos mercados, assim como, alongar a comercialização durante a temporada.



Avançando sobre a fronteira de eficiência, verifica-se uma queda na participação do ativo de menor risco (S_0), que na metade da extensão do limite ótimo já não tem mais participação na composição das carteiras. A venda entre agosto e novembro (S_{+1} a S_{+4}) continua a ter grande participação em carteiras mais conservadoras, próxima da mínima variância, com destaque a venda física à vista no mês de outubro (S_{+3}) na primeira metade da fronteira.

O hedge de venda contra vencimento setembro na BM&F feito no primeiro mês do ano ($FS_{.6}$) continua como um contraponto, sustentando participação que varia de 5% a 9% na primeira metade da fronteira. Supera levemente os 15% de participação já no terço final da fronteira para recuar a 9,5% na penúltima carteira. Demais ativos F e S com participação

residual, merecendo alguma menção a venda no mercado futuro em fevereiro e março (FS₅ e FS₄) contra entrega setembro na BM&F.

As fixações no mercado futuro, particularmente para entrega em julho, realizadas entre os meses de abril e maio, seguem com pouca participação. Já a venda no mercado futuro em janeiro contra o vencimento dezembro na BM&F (FD₆) também ganha evidência. Essa posição, no entanto, não ultrapassa a participação de 10% na carteira, caracterizando-se como um ativo de equilíbrio na troca de risco por retorno. Com menor peso, mas ainda importantes, as fixações no mercado futuro nos meses de fevereiro, março e abril contra o vencimento dezembro na bolsa de futuros.

E por fim os ativos T, onde a venda a termo no mês de fevereiro (T₅) tem uma trajetória similar a uma parábola, crescendo na primeira parte da fronteira até atingir o ápice em 35,5% na décima terceira carteira, ou seja, um pouco além da linha média de fronteira eficiente. Depois entra em declínio tendendo a zero quando a fronteira se aproxima do retorno máximo. Abre, então, espaço para que o ativo T₆, que se caracteriza pela negociação a termo no mês de janeiro. A carteira com máximo retorno é formada com 100% do ativo T₆, cujo retorno alcança 42,4% e o risco em 34,1 pontos percentuais.

**Tabela 19: Risco e Retorno das Carteiras Eficientes - em %
Mercado a Vista (S), Futuro (F) e a Termo (T) de Café**

Número Carteiras	Retorno	Risco	Razão Risco/Retorno	Taxa marginal Risco
01	10.33	4.69	0.45	-
02	12.99	9.07	0.70	1.65
03	14.02	11.94	0.85	2.78
04	16.66	14.24	0.85	0.87
05	19.42	16.22	0.84	0.72
06	21.23	17.98	0.85	0.97
07	22.81	19.58	0.86	1.02
08	24.31	21.07	0.87	0.99
09	25.70	22.45	0.87	0.99
10	27.01	23.75	0.88	1.00
11	28.30	24.99	0.88	0.96
12	29.53	26.17	0.89	0.96
13	30.68	27.30	0.89	0.98
14	32.38	28.38	0.88	0.64
15	34.92	29.42	0.84	0.41
16	37.14	30.43	0.82	0.45
17	38.81	31.40	0.81	0.58
18	39.96	32.35	0.81	0.82
19	40.98	33.27	0.81	0.90
20	42.42	34.16	0.81	0.62

Fonte: Elaborado pelo autor

A razão risco-retorno ficou abaixo da unidade para todas as carteiras, o que indica que o retorno supera o risco em todas as carteiras. A melhor relação é obtida na carteira de mínima variância, quando uma unidade de retorno equivale a 0,45 unidades de risco. A pior razão de risco-retorno é encontrada nas carteiras 12 e 13, quando relação passa a 0,89 unidades de risco por retorno.

A taxa de crescimento marginal do risco ao longo da fronteira eficiente é mais aguda entre as primeiras carteiras, particularmente entre a carteira 2 e 3, que alcançou 2,78 pontos. O aumento de uma unidade de retorno corresponde a um incremento de 2,78 unidades de risco. A melhor troca se dá entre as carteiras 14 e 15, quando o aumento de uma unidade de retorno corresponde ao crescimento de apenas 0,41 unidades de risco.

6.4 CAPM para ativos com Venda a Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café

A análise do coeficiente sistemático de um conjunto possível, que engloba possibilidade de venda física à vista (S), no mercado futuro (F) e no mercado a termo (T), mantém o ativo S_0 como mais defensivo, com beta de -0,07 pontos. Ainda mais próximo de zero, praticamente imune a influências sistêmicas. Ratifica-e a ideia de S_0 como a proxy de um ativo livre de risco.

Todos os ativos com fixações futuras no período de janeiro a abril (F_{-6} a F_{-3}) apresentaram risco sistêmico acima da unidade, revelando potencial de oscilação para cima ou para baixo superior a média do mercado. Entre as vendas no mercado futuro, a exceção ficou por conta do vencimento dezembro (FD), que inclusive, em posições mais próximas da safra (FD_{-2} a FD_{-3}) apresenta desempenho acima da média do mercado. O ativo com maior resposta em relação ao risco sistêmico foi justamente a venda em março contra a entrega em dezembro na BM&F (FD_{-4}), cujo beta ficou em 1,45 pontos.

Somente duas posições no mercado físico à vista apresentaram beta acima da unidade, a venda no mês de fevereiro (S_{+7}) e no mês de maio (S_{+10}), e mesmo assim muito próximo a oscilação média do mercado, o que caracteriza esses dois ativos alinhados a movimentação do mercado.

E por fim, os ativos de venda no mercado a termo, que a exemplo das posições com venda futura, apresentaram coeficiente sistemático acima da unidade entre janeiro e abril (T_{-6} a T_{-3}), obtendo maior beta em março (T_{-4}) com 1,21 pontos. Em posições mais próximas da safra o ativo com negociação a termo também assume um comportamento mais defensivo, apresentando uma oscilação menor que a média do mercado.

Tabela 20: Coeficiente Sistemático: Venda a Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café

Ativos	BETAS	Avaliação
T ₋₆	1.05	agressivo
T ₋₅	1.19	agressivo
T ₋₄	1.21	agressivo
T ₋₃	1.05	agressivo
T ₋₂	0.83	defensivo
T ₋₁	0.61	defensivo
FJ ₋₆	1.30	agressivo
FJ ₋₅	1.33	agressivo
FJ ₋₄	1.30	agressivo
FJ ₋₃	1.20	agressivo
FJ ₋₂	0.94	defensivo
FJ ₋₁	0.61	defensivo
S ₀	-0.07	defensivo
S ₊₁	0.32	defensivo
FS ₋₆	1.35	agressivo
FS ₋₅	1.42	agressivo
FS ₋₄	1.40	agressivo
FS ₋₃	1.32	agressivo
FS ₋₂	1.16	agressivo
FS ₋₁	0.93	defensivo
S ₊₂	0.25	defensivo
S ₊₃	0.40	defensivo
S ₊₄	0.63	defensivo
FD ₋₆	1.32	agressivo
FD ₋₅	1.42	agressivo
FD ₋₄	1.45	agressivo
FD ₋₃	1.37	agressivo
FD ₋₂	1.21	agressivo
FD ₋₁	1.04	agressivo
S ₊₅	0.70	defensivo
S ₊₆	0.87	defensivo
S ₊₇	1.01	agressivo
S ₊₈	0.97	defensivo
S ₊₉	0.93	defensivo
S ₊₁₀	1.04	agressivo
S ₊₁₁	0.96	defensivo

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo de CAPM aponta que todos os ativos com venda à vista, no mercado futuro e a termo (R_{SFT}) apresentaram desempenho melhor que o ativo livre de risco (R_f), a exceção ficou novamente por conta do ativo S_0 . Isso significa que todos esses ativos projetam retorno acima do investimento com menor risco. O resultado do modelo CAPM confirma as indicações do coeficiente sistemático, destacando os ativos com venda futura (F) e os ativos com venda a

termo (T) como aqueles que apresentam maior retorno sobre o mercado. Destaque para o ativo FD₄ que obteve 20,55%, contra média do mercado em 16,85%.

Tabela 21: Avaliação dos Ativos com Venda à Vista (S), Futura (F) e a Termo (T) de Café - Modelo CAPM

Ativos	BETAS	R _f	R _m	R _{SFT}	Avaliação
T ₋₆	1.05	8.62	16.85	17.30	+
T ₋₅	1.19	8.62	16.85	18.40	+
T ₋₄	1.21	8.62	16.85	18.60	+
T ₋₃	1.05	8.62	16.85	17.26	+
T ₋₂	0.83	8.62	16.85	15.42	+
T ₋₁	0.61	8.62	16.85	13.62	+
FJ ₋₆	1.30	8.62	16.85	19.30	-
FJ ₋₅	1.33	8.62	16.85	19.56	+
FJ ₋₄	1.30	8.62	16.85	19.28	+
FJ ₋₃	1.20	8.62	16.85	18.47	+
FJ ₋₂	0.94	8.62	16.85	16.31	+
FJ ₋₁	0.61	8.62	16.85	13.62	+
S ₀	-0.07	8.62	16.85	8.02	-
S ₊₁	0.32	8.62	16.85	11.29	+
FS ₋₆	1.35	8.62	16.85	19.73	+
FS ₋₅	1.42	8.62	16.85	20.29	+
FS ₋₄	1.40	8.62	16.85	20.14	+
FS ₋₃	1.32	8.62	16.85	19.51	+
FS ₋₂	1.16	8.62	16.85	18.14	+
FS ₋₁	0.93	8.62	16.85	16.24	+
S ₊₂	0.25	8.62	16.85	10.66	+
S ₊₃	0.40	8.62	16.85	11.92	+
S ₊₄	0.63	8.62	16.85	13.77	+
FD ₋₆	1.32	8.62	16.85	19.48	+
FD ₋₅	1.42	8.62	16.85	20.33	+
FD ₋₄	1.45	8.62	16.85	20.55	+
FD ₋₃	1.37	8.62	16.85	19.88	+
FD ₋₂	1.21	8.62	16.85	18.60	+
FD ₋₁	1.04	8.62	16.85	17.21	+
S ₊₅	0.70	8.62	16.85	14.35	+
S ₊₆	0.87	8.62	16.85	15.78	+
S ₊₇	1.01	8.62	16.85	16.91	+
S ₊₈	0.97	8.62	16.85	16.61	+
S ₊₉	0.93	8.62	16.85	16.24	+
S ₊₁₀	1.04	8.62	16.85	17.20	+
S ₊₁₁	0.96	8.62	16.85	16.48	+

Fonte: Elaborado pelo autor

Já os ativos com venda futura contra a posição julho na BM&F nos dois meses que antecedem a nova temporada (FJ₋₂ e FJ₋₁) e o ativo contra a posição setembro na bolsa de futuros brasileira a uma posição do início da temporada (FS₋₁) apresentaram desempenho abaixo do mercado. O mesmo se verifica na venda a termo nos dois meses que antecedem o começo da temporada comercial (T₋₂ e T₋₁). Na venda física os únicos ativos que conseguiram

resultado acima do mercado foram aqueles que contemplam a venda à vista nos meses de fevereiro e maio (S_{+7} e S_{+10}).

Pelo CAPM ativos com venda a termo e fixações no mercado futuro no começo do ano destacam-se nas carteiras mais agressivas. As carteiras mais conservadoras concentram-se na venda à vista no período de safra, ou no hedge no mercado futuro em período imediatamente anterior ao início do ciclo comercial, em função da influência recebida da safra.

6.5 Encontrando a carteira ótima com ativos S, F e T

O índice de Treynor indica o ativo T_{-6} , que alcançou 0,320 pontos, como a posição com maior prêmio sobre o risco. Na sequência aparece o ativo T_{-5} com 0,283 pontos e depois o ativo T_{-4} que obteve 0,248 pontos. De uma forma geral, os ativos com venda futura (F) e a termo (T) com fixações nos primeiros três meses do ano (F_{-6} a F_{-4}) apresentam melhor rentabilidade excedente sobre a unidade de risco sistemático. Os ativos com menor atratividade são os de venda no mercado físico (S) em especial as posições no período de safra, delimitada entre a venda física nos meses de agosto e outubro (S_{+1} a S_{+3}).

O índice de Sharpe destaca a venda a termo em fevereiro (T_{-5}) como o ativo com maior prêmio por unidade de risco de mercado, atingindo 1,127 pontos. Na sequência aparecem os ativos T_{-4} e T_{-6} , (venda a termo nos meses de março e janeiro), com 0,971 pontos e 0,960 pontos, respectivamente. Além disso, confirma o intervalo delimitado entre a venda à vista nos meses de agosto a outubro (S_{+1} a S_{+3}) e o ativo S_{+9} (venda em abril) como os piores desempenhos em relação ao mercado, ao apresentar índice negativo.

Tabela 22: Índice de Atratividade de Treynor (IT) e Sharpe (IS) para os ativos S, F e T

Ativos	RETORNO			RISCO		Índice Treynor (IT _{SFT})	Índice Sharpe (IS _{SFT})
	R _{SFT}	R _f	(R _{SFT} - R _f)	Não-Sistemático (σ _m)	Sistemático (β _{SFT})*		
T ₋₆	42.42	8.62	33.80	35.21	105.48	0.320	0.960
T ₋₅	42.22	8.62	33.60	29.80	118.87	0.283	1.127
T ₋₄	38.70	8.62	30.08	30.99	121.32	0.248	0.971
T ₋₃	27.55	8.62	18.93	26.41	105.03	0.180	0.717
T ₋₂	26.72	8.62	18.10	22.50	82.66	0.219	0.805
T ₋₁	21.94	8.62	13.32	18.42	60.82	0.219	0.723
FJ ₋₆	29.94	8.62	21.32	33.03	129.83	0.164	0.645
FJ ₋₅	30.58	8.62	21.96	29.41	133.03	0.165	0.747
FJ ₋₄	25.91	8.62	17.29	29.00	129.56	0.133	0.596
FJ ₋₃	18.72	8.62	10.11	29.42	119.68	0.084	0.344
FJ ₋₂	19.90	8.62	11.28	25.45	93.52	0.121	0.443
FJ ₋₁	13.82	8.62	5.21	20.25	60.75	0.086	0.257
S ₀	8.62	8.62	0.00	8.33	-7.28	0.000	0.000
S ₊₁	6.23	8.62	-2.39	13.51	32.50	-0.074	-0.177
FS ₋₆	27.40	8.62	18.78	36.24	135.08	0.139	0.518
FS ₋₅	27.23	8.62	18.61	31.55	141.86	0.131	0.590
FS ₋₄	24.42	8.62	15.80	30.02	140.01	0.113	0.526
FS ₋₃	19.08	8.62	10.46	28.17	132.35	0.079	0.371
FS ₋₂	19.20	8.62	10.58	26.01	115.75	0.091	0.407
FS ₋₁	12.92	8.62	4.30	21.60	92.59	0.046	0.199
S ₊₂	5.83	8.62	-2.78	13.40	24.77	-0.112	-0.208
S ₊₃	6.30	8.62	-2.32	15.44	40.08	-0.058	-0.151
S ₊₄	9.31	8.62	0.69	21.96	62.55	0.011	0.031
FD ₋₆	24.71	8.62	16.09	37.36	132.02	0.122	0.431
FD ₋₅	24.77	8.62	16.15	34.53	142.35	0.113	0.468
FD ₋₄	22.75	8.62	14.13	33.85	145.04	0.097	0.417
FD ₋₃	16.95	8.62	8.33	32.35	136.87	0.061	0.257
FD ₋₂	16.63	8.62	8.01	29.16	121.33	0.066	0.275
FD ₋₁	12.23	8.62	3.61	27.25	104.47	0.035	0.133
S ₊₅	10.70	8.62	2.09	25.65	69.65	0.030	0.081
S ₊₆	15.46	8.62	6.84	26.22	87.02	0.079	0.261
S ₊₇	16.50	8.62	7.88	30.64	100.80	0.078	0.257
S ₊₈	14.08	8.62	5.46	33.82	97.17	0.056	0.161
S ₊₉	8.26	8.62	-0.36	35.82	92.61	-0.004	-0.010
S ₊₁₀	10.11	8.62	1.49	42.36	104.31	0.014	0.035
S ₊₁₁	6.84	8.62	-1.78	46.42	95.54	-0.019	-0.038

Fonte: Elaborado pelo autor

*Beta multiplicado por 100

O ponto de corte delimitou apenas cinco ativos que superaram esse patamar, sendo todos centrados na venda a termo do café.

Tabela 23: Ponto de Corte (C) dos ativos S, F e T

	IT_{SFT}	Ponto Corte (C)	$IT_{SFT} - C$	$IT_{SFT} > C$
T ₋₆	32.05	8.33	23.71	T-6
T ₋₅	28.27	14.62	13.65	T-5
T ₋₄	24.80	16.99	7.80	T-4
T ₋₂	21.90	17.83	4.07	T-2
T ₋₁	21.90	18.32	3.58	T-1
T ₋₃	18.02	18.28	-0.25	-
FJ ₋₅	16.51	17.99	-1.48	-
FJ ₋₆	16.42	17.82	-1.40	-
FS ₋₆	13.90	17.47	-3.57	-
FJ ₋₄	13.34	17.00	-3.66	-
FS ₋₅	13.12	16.60	-3.48	-
FD ₋₆	12.19	16.34	-4.15	-
FJ ₋₂	12.06	16.08	-4.02	-
FD ₋₅	11.34	15.74	-4.40	-
FS ₋₄	11.28	15.37	-4.09	-
FD ₋₄	9.74	15.00	-5.25	-
FS ₋₂	9.14	14.61	-5.47	-
FJ ₋₁	8.57	14.43	-5.86	-
FJ ₋₃	8.44	14.13	-5.68	-
FS ₋₃	7.90	13.73	-5.83	-
S ₊₆	7.86	13.55	-5.69	-
S ₊₇	7.82	13.38	-5.56	-
FD ₋₂	6.60	13.08	-6.47	-
FD ₋₃	6.09	12.77	-6.68	-
S ₊₈	5.62	12.62	-7.01	-
FS ₋₁	4.64	12.28	-7.64	-
FD ₋₁	3.46	11.99	-8.53	-
S ₊₅	3.00	11.84	-8.85	-
S ₊₁₀	1.43	11.71	-10.28	-
S ₊₄	1.10	11.52	-10.42	-
S ₀	0.00	11.50	-11.50	-
S ₊₉	-0.39	11.34	-11.72	-
S ₊₁₁	-1.86	11.22	-13.08	-
S ₊₃	-5.80	10.98	-16.78	-
S ₊₁	-7.35	10.77	-18.12	-
S ₊₂	-11.24	10.61	-21.86	-

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos ativos selecionados pelo ponto de corte a carteira ótima pelo método simplificado de Elton, Gruber e Padberg (1976) ficou:

Tabela 24: Composição Carteira Ótima S, F e T

Ativos	Z	ϕ	%
T ₋₆	0.71042	0.37228	37.23
T ₋₅	0.54429	0.28522	28.52
T ₋₄	0.34869	0.18272	18.27
T ₋₂	0.15934	0.08350	8.35
T ₋₁	0.14556	0.07628	7.63
$\sum Z$	1.90828		100.00

Fonte: Elaborado pelo autor

A carteira ótima concentra seu peso nos ativos com venda a termo, com destaque a venda antecipada nos meses de janeiro e fevereiro. A carteira apresenta retorno médio de 38,81% para um risco de 30,55 pontos percentuais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A decisão de vender ou não o café sempre amedrontou os produtores, tornando-se um dilema, por vezes intransponível. A teoria de carteiras aplicada à comercialização de café no mercado brasileiro apresenta uma alternativa, que pode auxiliar os cafeicultores nessa escolha, facilitando a montagem de uma estratégia comercial ao longo da temporada. A vantagem do modelo é a simplicidade, com a decisão concentrada unicamente na relação risco e retorno entre os ativos ou carteiras de ativos comerciais. Isso não só permite uma distribuição ponderada das vendas ao longo da temporada, como também, facilita a utilização dos diversos mercados, tendo como base de escolha o potencial de retorno de cada carteira e o histórico de volatilidade em relação ao retorno esperado.

Além de expor de forma analítica as diversas possibilidades, permite uma ponderação mais flexível, ajustando-se ao perfil de risco de cada agente econômico isoladamente, sem comprometer a racionalidade do modelo. A conotação financeira assumida no trabalho busca uma avaliação mais fria, focando a análise unicamente na questão do retorno e do risco potencial ao longo do ciclo comercial, tendo por balizamento uma série histórica de resultados. Evita-se, a partir daí, o envolvimento passional com o objeto em negociação, o que muitas vezes se traduz na crença de que o futuro sempre será melhor que o presente. Essa característica esperançosa, inerente a atividade agrícola, muitas vezes ofusca uma avaliação mais técnica e leva a erros estratégicos.

Os resultados apresentados no trabalho confirmaram algumas premissas empíricas, como a do efeito sazonal sobre os retornos médios, mas também lançam a luz pontos de dúvidas, como a validade, em certos casos, de deixar para negociar o café somente no auge da entressafra, dado a relação risco-retorno desvantajosa. Em termos gerais fica evidente que a diversificação nos mercados e ao longo da temporada comercial melhorou sensivelmente a relação risco-retorno. Isso é traduzido em um incremento no potencial de retorno a partir de uma redução no risco assumido. Confirma, dessa forma, a premissa básica da teoria de carteira desenvolvida a partir de Markowitz (1952).

É nítida também a melhora no desempenho a partir da adição de ativos com venda no mercado futuro (F) e a termo (T) das carteiras. Empiricamente, é bom notar que estas alternativas comerciais apresentam certas limitações, particularmente em relação ao volume de negócios. No caso das operações de hedge no mercado futuro brasileiro há a questão das margens de garantia, o que faz muitos produtores limitar ou mesmo evitar o mecanismo, por conta de receios de chamadas de margem, que poderiam comprometer seu fluxo de caixa.

Linhas de financiamento começam a ser disponibilizadas, o que pode diminuir essa dificuldade. No caso da negociação a termo, o obstáculo é o interesse concentrado em determinada época do ano, uma vez que o fluxo de negócios está atrelado, em grande parcela, à cobertura de embarque dos exportadores ao longo dos primeiros meses da temporada. Na outra ponta, o produtor também adota uma conduta reticente, uma vez que ainda não colheu o produto, estando sujeito, por isso, ao risco de uma quebra na produção ou questões que envolvam a qualidade da bebida.

É inegável também a pressão negativa sobre os preços nos primeiros meses da temporada comercial, impactando negativamente o retorno do mercado. Uma alternativa para evitar o comprometimento nesse período crítico do ciclo comercial é justamente antecipar a posição comercial, através de uma negociação a termo ou com uma trava de preço no mercado futuro. Outra hipótese seria adiar a venda para entressafra, mas nesse caso, atenção para não alongar demais a venda para o final da temporada, cuja negociação tem se mostrado desfavorável do ponto de vista do risco e retorno.

Apesar de resultados vigorosos, a técnica de carteira mostra restrições, em especial devido à falta de dinamismo do modelo, insensível a uma mudança das variáveis ao longo da temporada. A metodologia de Elton, Gruber e Padberg (1976) para obtenção da carteira ótima concentra-se em torno dos ativos de maior retorno, o que pode trazer vulnerabilidade a carteira.

Fica também a sugestão para novos estudos, incorporando a alternativa do mercado de opções sobre os futuros de café. Não foi utilizado nesse trabalho, devido à falta de liquidez dessas operações na BM&F, uma vez que os negócios com opções com produtos agrícolas no mercado brasileiro estão restritos às negociações no mercado de balcão. Uma alternativa é fazer esse estudo utilizando o contrato de opções de café na bolsa de norte-americana a ICE Futures.

REFERÊNCIAS

- BACHA, C. J. A cafeicultura brasileira nas décadas de 80 e 90 e suas perspectivas. Revista Preços Agrícolas, Esalq-USP, ano 12, número 141. Piracicaba, agosto de 1998.
- BACHA, C. J. C; DANELON, L. e BEL FILHO, E. D. Evolução da taxa de juros real do crédito rural no Brasil – período de 1985 a 2003, Revista Teoria e Evidência Econômica, v 14, n26, Passo Fundo maio de 2006.
- BARROS, G. S. de C; SPOLADOR, H. F. S. & PONCHIO, L. A. Formação da taxa de CPR de café. Resenha da BM&F, São Paulo, número 151, abril 2002.
- BITENCURT, W.A; PEREIRA, N.C; CASTRO JUNIOR, L.G; REIS, R.P; CALEGARIO, C.L. Um estudo econométrico da base da commodity café a partir dos índices ESALQ e preço futuro BM&F. Anais do Congresso da Sober, 2003.
- BERNSTEIN, P. L. Desafio aos deuses: a fascinante história do risco. Rio de Janeiro, 1997. Campus
- BESSADA, O. M.; BARBEDO, C. H. e ARAÚJO, G. S. Mercado de Derivativos no Brasil: conceitos, operações e estratégias. Rio de Janeiro: Recorde, 2005.
- BLACK, F. e SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. Journal of Political Economy 81, maio-junho de 1973.
- BOND, G.E e THOMPSON, S.R. Optimal Commodity Hedging within the Capital Asset Pricing Model. The Journal of Futures Markets, Vol. 6, No 3, ano de 1986
- COSTA, T. M. T e PIACENTI, C.A. Utilização de contratos futuros agropecuários no perfil médio de investimentos dos fundos de pensão no Brasil. Revista de Contabilidade e Finanças da USP, v 19 número 46. São Paulo, janeiro/abril de 2008.
- CUSINATO, Rafael. T. Teoria da Decisão Sob Incerteza e a Hipótese da Utilidade Esperada: Conceitos Analíticos e Paradoxos. Dissertação UFRGS. Porto Alegre, 2003.
- DAMODARAN, A. Finanças Corporativas: Teoria e Prática, 2004. Segunda Edição. Porto Alegre: Bookman
- ELTON, E.J; GRUBER, M.J e PADBERG, M.W. Simple criteria for optimal portfolio section . The Journal of Finance, Vol. XXXI, NO 5, dezembro 1976.
- ELTON, E.J; GRUBER, M.J e URICH, T.J. Are betas best. The Journal of Finance, Vol. XXXIII, NO 5, dezembro 1978.
- ELTON, E.J. and GRUBER, M.J. Modern portfolio theory, 1950 to date. Journal of Banking & Finance, 21 (1997), 1743-1759.

ELTON, J.E.; GRUBER, M.J.; BROWN, S.J. e GOETZMANN, W.N. Moderna Teoria de Carteiras e Análise de Investimentos, 2004. Atlas, São Paulo.

FAMA, E.F and FRENCH, K.R. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. Journal of Economic Perspectives. Volume 18, número 3, ano de 2004.

FARIAS, C. A.; VIEIRA, W. C.; SANTOS, M. L. Teoria dos jogos e seleção de portfólio: uma proposta de adaptação ao modelo minimax e aplicação ao mercado acionário brasileiro. Revista de Economia e Agronegócio, Vol.2, número 1, 2004

FRIEDMAN, M. and SAVAGE, L.J. The Utility Analysis of Choice involving Risk. Chicago, The Journal of Political Economy. Volume LVI August 1948 number 4.

FONTES, R.E.; CASTRO JUNIOR, L.G e AZEVEDO, A.F. Base e risco de base da cafeicultura em Minas Gerais e São Paulo. Resenha BM&F. n 153, p 50-56, jan-mar 2003.

FONTES, R.E; CASTRO JUNIOR, L.G; VILAS BOAS, L.H.B; ROMANIELLO, M.M; LETTIERI, M; NORONHA, R. Investimentos em commodities agropecuárias – uma análise comparativa do risco e retorno entre o mercado derivativo e o acionário. Anais do Congresso da Sober, 2004.

FUTURES INDUSTRY INSTITUTE. Curso de futuros e opções. São Paulo, BM&F 1995.

GASQUES, J.G e VERDE, C.M.V. Novas fontes de recursos, propostas e experiências de financiamento rural. Texto para discussão, número 392, IPEA, Brasília dezembro de 1995.

GASQUES, J.G. Gastos Públicos na Agricultura. Texto para discussão, número 782, IPEA, Brasília março de 2001.

GRINBLATT, M. e TITMAN, S. Mercados financeiros e estratégia corporativa, 2005. Segunda Edição

GITMAN, L.J. Princípios da Administração Financeira, 2002. Sétima edição, Harbra, São Paulo.

GONZALEZ, B. C. R. e MARQUES, P. V. A cédula do produto rural – CPR e seus ambientes contratual e operacional. Revista Estudos Econômicos, USP. V.29, N 1, janeiro-março 1999.

GUJARATI, Damodar. Econometria Básica, 2006. Elsevier, Rio de Janeiro.

HULL, J. C. Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções, 2006. Quarta edição, BM&F, São Paulo.

JORION, P. Value at risk: a nova fonte de referência para a gestão de risco financeiro, 2003. Segunda edição, BM&F, São Paulo.

KREPS, D.M. A Course in Microeconomic Theory. Harvester Wheatsheaf. 1990. First edition. Cambridge.

LINTNER, J. The Valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economic and Statistics*, Vol, 47, No.1, February 1965.

MACHINA, M.J. Choice under uncertainty: problems solved and unsolved. *Economic Perspectives*, volume I, number 1, verão de 1987.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. *The Journal Of Finance*, Vol 7, No 1 (Mar, 1952), pp 77-91

MARQUES, P.V.; MELLO, P.C.; MARTINES FILHO, J.G. Mercados futuros e de opções agropecuárias. Piracicaba, SP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP, 2006, série didática número 129.

MAS-COLELL, A; WHINSTON, M.D e GREEN, J.R. *Microeconomic Theory*. Oxford University. 1995.

MENDES, J. T. G. *Economia Agrícola - Princípios básicos e aplicações*. Segunda edição, Curitiba: ZNT, 1998.

MERTON, R.C. An analytic derivation of the efficient portfolio frontier. *Journal of financial and quantitative analysis*. Vol 7, No 4 (Sep, 1972).

MICELLI, W.M. CPR financeira: uma estratégia de hedge com opções de venda. *Resenha da BM&F*, São Paulo, n 156, p 58-64, setembro 2002.

MICELLI, W.M. Derivativos agropecuários: excelente alternativa para diversificar risco e rentabilidade. *Resenha da BM&F*, São Paulo, n 153, jan/mar 2003.

MITRA, G.; KYRIAKIS, T.; LUCAS, C.; PIRBHAI, M. A review of portfolio planning: models and systems. Carisma, Brunel University, 2003

NOGUEIRA, F.T.P.; AGUIAR, D. R.D; LIMA, J. E. Efetividade do hedge no mercado brasileiro de café. *Resenha BM&F* número 150, Julho/Agosto de 2002.

ORMAND, J.G.P, PAULA, S.R.L e FAVERET FILHO, P. *Café: (re)conquista dos mercados*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 10, setembro. 1999.

PINTO, W. J. *Relações de preços e hedging no mercado de café*. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, 2001.

PRATT, J. W. Risk Aversion in the Small and in the Large. *Econometrica*, Vol.32, No. 1-2 (January-April, 1964).

REZENDE, G.C. Política de preços mínimos na década de 90: dos velhos aos novos instrumentos. Texto para discussão número 740, IPEA. Rio de Janeiro, julho de 2000.

ROSS, S. A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing, *Journal of Economic Theory* número 13, 1976

RUBINSTEIN, M. Markowitz's "Portfolion Selection": a fifty-year retrospective. *The Journal of Finance*, Vol LVII, No 3, Junho de 2002.

SAES, M.S.M. A Racionalidade econômica da regulamentação no mercado de brasileiro de café. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SAES, M.S.M & NAKAZONE, D. Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio – cadeia café. 2002. Nota técnica final – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - São Paulo.

SCHOUCHANA, F & MICELI, W.M. Introdução aos mercados futuros e de opções agropecuários no Brasil. São Paulo: BM&F, 2004.

SHARPE, W.F. A simplified model for portfolio analysis. *Management Science*, vol 9, No 2, January 1963.

SHARPE, W.F. Capital Asset Prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, Vol XIX, No 3, Setembro 1964.

SHARPE, W.F. Mutual Fund Performance. *Journal of Business*, Chicago V.39, número 1, janeiro de 1966.

SIMON, C.P. e BLUME, L. Matemática para economistas. Porto Alegre. Bookman, 2004.

STOLL, H.R. Commodity futures and spot price determination and hedging in capital market equilibrium. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol XIV, número 4, Novembro de 1979.

TOBIN, J. Liquidity Preference as behavior towards risk. *Review of Economic Studies*, February 1958.

TREYNOR, J. L. How to rate management of investment funds. *Harvard Business review*, V. 43, 1965.

TREYNOR, J. L. e BLACK, F. How to use security analysis to improve portfolio selection, *Journal of Business*, January 1973.

VARIAN, H.R. *Microeconomic Analysis*, 1992. Third edition. University of Michigan. USA.

VON NEUMANN, J. e MORGERNSTERN, O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Fifth Edition. Princeton University, 1953.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 – Custo de Armazenagem.....	141
ANEXO 02 – Café –Referencial de Custo de Produção	142
ANEXO 03 – Matriz dos Variância e Covariância ativos S e F	143
ANEXO 04 – Correlação entre os ativos S e F	144
ANEXO 05 – Matriz dos Variância e Covariância ativos S, F e T	145

CUSTO DE ARMAZENAGEM

Ao Ilmo. Sr.
Gil C. Barabach
 Porto Alegre RS

Prezado Gil,

Realmente estamos com uma agenda bastante apertada, fato não usual nesta época do ano, portanto eu peço desculpas pelo meu atraso e agradeço sua lembrança.

Segue o informativo a respeito de: custos de armazenagem, seguro e *ad valorem*, em armazéns gerais.

1.07. Armazenagem Diária (valor fixo, por unidade)	0,0165
1.09. Seguro contra fogo, intempéries e Ad Valorem –índice sobre cada R\$ 1,00 do valor informado para a mercadoria.....	0,000135

Trocando em miúdos:

1 - Para um período de 30 dias:

- O valor fixo de armazenagem seria o fator **0,0165** multiplicado por 30 = R\$ 0,495

- Para seguro e *ad valorem* usamos o valor referência da Assoc. Comercial de Santos - hoje em R\$ 326,00 por saca de café - multiplicamos então o fator **0,000135** por 326,00 (temos seguro e *ad valorem* ao dia): R\$ 0,044. Para trinta dias: 0,044 x 30 = R\$ 1,32

Portanto, o composto Armazenagem + Seguro + *Ad Valorem*: perfaz R\$ 1,815 por saca de café para uma estadia de 30 dias.

A tarifa de entrada de produto (movimentação e empilhamento) : R\$ 0,90 por saca de café.

A Tarifa de Expedição (carga em qualquer unitização - containeres ou caminhões) : R\$ 0.90 por saca de café

Estes valores sofrerão reajuste no próximo ano.

Espero ter respondido sua pergunta inicial.

Segue meu abraço:

Tadeu Leme

Plinio Tadeu Zenker Leme

Sócio Diretor

Cel +55 (19) 9213.2840

www.lemearmazens.com.br

CAFÉ - REFERENCIAL DE CUSTOS DE PRODUÇÃO							
- Base para a região Sul de Minas - Março de 2006							
Especificação	UD	Produtividade de 20 sacas por hectare				30 sacas	40 sacas
		Preço Unitário	Valor Total	% Simples	% Total	Valor Total	Valor Total
MATERIAIS							
Superfosfato simples	Kg	0.64	70.40	5.37	1.67	96.00	128.00
Sulfato de amônio	Kg	0.55	495.00	37.73	11.76	660.00	962.50
Cloreto de potássio	Kg	0.77	178.02	13.57	4.23	232.20	309.60
Sulfato de zinco	Kg	1.45	5.22	0.40	0.12	6.96	58.00
Ácido bórico	Kg	2.13	7.67	0.58	0.18	53.25	63.90
Calcário	T	75.00	150.00	11.43	3.56	150.00	150.00
Inseticida	L+L+Kg	18.76	75.05	5.72	1.78	75.05	771.02
Fungicida	Kg+L	34.64	138.57	10.56	3.29	579.36	-
Herbicida (pós-emergência)	L	8.55	25.65	1.96	0.61	25.65	5.96
Sacaria nova (tipo Exp.)	UD	3.69	73.80	5.63	1.75	110.70	147.60
Utensílios	2.40%	-	92.46	7.05	2.20	122.26	150.33
Subtotal	-	-	1,311.84	100.00	31.17	2,111.43	2,746.91
SERVIÇOS							
Aplicação de defensivos	HT	35.00	140.00	4.83	3.33	210.00	115.20
Arruação + esparramação	DH	24.00	312.00	10.77	7.41	360.00	72.00
Aplicação de calcário	HT	35.00	35.00	1.21	0.83	70.00	48.00
Adubação em cobertura	DH	24.00	72.00	2.49	1.71	108.00	120.00
Desbrota	DB	36.00	216.00	7.46	5.13	216.00	432.00
Capina química	HT	35.00	70.00	2.42	1.66	35.00	-
Capinas manuais (repassé)	DH	24.00	144.00	4.97	3.42	144.00	288.00
Colheita	DH	24.00	1,344.00	46.40	31.94	1,512.00	1,992.00
Secagem	DH	24.00	240.00	8.29	5.70	360.00	480.00
Beneficiamento	SC	3.00	60.00	2.07	1.43	90.00	120.00
Transporte	10%	-	263.30	9.09	6.26	310.50	366.72
Subtotal	-	-	2,896.30	100.00	68.83	3,415.50	4,033.92
TOTAL GERAL			4,208.14	100.00		5,526.93	6,780.83
Custo Financeiro (8,75%)		239.34				314.34	385.66
Custo Total Bruto Variável	R\$/ha	4,447.48				5,841.27	7,166.49
Remuneração do fator	R\$/ha	1334.24				1752.38	2149.95
Custo Total (Fixo+Variável)	R\$/ha	5,781.72				7,593.65	9,316.44
Custo Unitário Variável	R\$/saca	222.37				194.71	179.16
Custo Unitário Total	R\$/saca	289.09				253.12	232.91
FONTE: EMATER/MG - com base em relatório técnico de cooperativas, Emater/MG e UFLA							
Obs: Sistema de custo para solo de média fertilidade com até 2.500 covas/hectare							

Tabela: Matriz de Variância e Covariância do retorno dos ativos S e F

	FJ ₆	FJ ₅	FJ ₄	FJ ₃	FJ ₂	FJ ₁	S ₀	S ₁	FS ₆	FS ₅	FS ₄	FS ₃	FS ₂	FS ₁	S ₂	S ₃	S ₄	FD ₆	FD ₅	FD ₄	FD ₃	FD ₂	FD ₁	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁
FJ₆	1,026.91	835.83	728.71	612.47	397.30	175.23	-74.92	46.29	1,040.63	859.02	748.95	655.75	481.03	323.03	-51.42	46.16	155.29	953.92	792.14	731.06	619.42	484.17	359.60	202.63	182.68	231.29	232.78	146.74	245.85	272.29
FJ₅	835.83	814.20	680.78	545.93	418.86	235.78	-30.50	153.55	844.08	785.15	702.88	611.49	514.02	379.93	68.28	112.26	188.92	760.72	727.53	684.81	569.95	495.79	397.29	225.28	285.03	387.73	387.59	363.16	480.72	532.07
FJ₄	728.71	680.78	791.35	755.72	592.64	389.97	1.67	130.00	653.30	669.52	716.99	667.93	575.06	422.38	50.02	123.17	209.53	612.78	646.93	730.77	661.79	597.65	469.68	252.60	319.05	346.13	281.85	183.63	166.57	57.85
FJ₃	612.47	545.93	755.72	814.47	631.66	430.90	17.38	129.28	489.95	551.39	635.77	645.93	555.70	406.31	53.48	120.19	207.70	469.29	547.96	671.39	665.57	605.40	468.69	255.33	344.78	355.55	269.90	138.22	67.14	-113.50
FJ₂	397.30	418.86	592.64	631.66	609.75	455.64	60.87	183.21	271.31	371.08	457.38	468.09	520.64	393.42	94.97	78.36	129.57	225.86	336.60	451.67	460.12	505.54	408.07	160.99	268.85	292.92	228.96	149.49	75.53	-78.49
FJ₁	175.23	235.78	389.97	430.90	455.64	385.88	68.59	158.26	61.64	181.94	262.27	275.68	358.90	302.19	95.64	52.94	84.76	18.21	150.85	250.17	264.91	333.20	300.01	132.10	224.39	247.63	214.49	154.18	70.14	-72.43
S₀	-74.92	-30.50	1.67	17.38	60.87	68.59	65.27	47.43	-142.29	-88.06	-67.38	-58.30	-8.57	-5.15	10.72	-47.49	-79.24	-139.28	-79.42	-53.51	-48.51	-3.72	0.17	-93.72	-47.71	-23.52	-20.04	-25.73	-39.18	-62.46
S₁	46.29	153.55	130.00	129.28	183.21	158.26	47.43	171.79	-0.14	91.11	97.35	111.81	181.89	158.45	127.97	58.27	56.14	-32.61	68.97	83.99	100.17	147.50	142.93	42.71	121.38	198.01	170.97	202.26	212.54	223.31
FS₆	1,040.63	844.08	653.30	489.95	271.31	61.64	-142.29	-0.14	1,236.11	1,012.35	858.87	736.15	533.44	387.28	-75.51	64.72	206.57	1,164.38	948.13	823.81	698.84	527.28	421.62	238.84	153.47	140.46	147.73	118.20	234.12	332.13
FS₅	859.02	785.15	669.52	551.39	371.08	181.94	-88.06	91.11	1,012.35	936.64	842.33	749.14	599.72	468.67	24.14	118.70	232.80	984.03	921.80	852.12	750.16	627.49	528.07	251.58	254.98	276.47	259.71	248.04	327.48	370.10
FS₄	748.95	702.88	716.99	635.77	457.38	262.27	-67.38	97.35	858.87	842.33	848.34	774.92	639.04	495.71	44.58	164.30	286.93	847.76	836.69	856.59	782.19	665.77	552.55	287.13	305.18	293.78	236.63	213.24	228.51	199.05
FS₃	655.75	611.49	667.93	645.93	468.09	275.68	-58.30	111.81	736.15	749.14	774.92	746.89	620.40	477.40	66.19	176.21	302.25	722.69	740.43	780.50	756.15	645.48	526.43	299.41	338.21	327.73	259.65	229.80	220.60	162.36
FS₂	481.03	514.02	575.06	555.70	520.64	358.90	-8.57	181.89	533.44	599.72	639.04	620.40	636.48	505.89	114.30	140.89	237.37	504.88	571.89	622.05	620.12	615.13	526.98	228.83	293.52	293.86	230.53	228.66	194.63	126.66
FS₁	323.03	379.93	422.38	406.31	393.42	302.19	-5.15	158.45	387.28	468.67	495.71	477.40	505.89	439.05	109.24	118.57	203.89	367.68	453.94	486.12	487.70	490.09	460.82	213.07	265.88	270.08	236.90	244.94	207.15	141.41
S₂	-51.42	68.28	50.02	53.48	94.97	95.64	10.72	127.97	-75.51	24.14	44.58	66.19	114.30	109.24	169.01	140.24	148.07	-63.84	39.85	56.27	74.00	109.07	106.67	142.22	205.88	276.87	254.67	302.87	306.29	306.51
S₃	46.16	112.26	123.17	120.19	78.36	52.94	-47.49	58.27	64.72	118.70	164.30	176.21	140.89	118.57	140.24	224.31	294.75	109.66	165.74	202.80	219.00	173.76	160.17	305.57	315.74	328.09	278.08	302.36	307.80	291.15
S₄	155.29	188.92	209.53	207.70	129.57	84.76	-79.24	56.14	206.57	232.80	286.93	302.25	237.37	203.89	148.07	294.75	453.80	241.06	274.86	322.78	364.46	269.74	269.63	484.51	450.36	419.82	356.54	367.12	350.85	307.37
FD₆	953.92	760.72	612.78	469.29	225.86	18.21	-139.28	-32.61	1,164.38	984.03	847.76	722.69	504.88	367.68	-63.84	109.66	241.06	1,313.94	1,133.53	1,012.59	886.25	694.59	593.80	227.87	119.38	79.64	39.49	13.43	132.88	182.98
FD₅	792.14	727.53	646.93	547.96	336.60	150.85	-79.42	68.97	948.13	921.80	836.69	740.43	571.89	453.94	39.85	165.74	274.86	1,133.53	1,121.93	1,055.10	948.70	802.45	715.43	257.03	247.29	252.51	189.23	173.68	260.70	252.11
FD₄	731.06	684.81	730.77	671.39	451.67	250.17	-53.51	83.99	823.81	852.12	856.59	780.50	622.05	486.12	56.27	202.80	322.78	1,012.59	1,055.10	1,078.71	996.45	855.41	751.55	295.15	309.51	292.01	185.65	142.54	166.25	81.14
FD₃	619.42	569.95	661.79	665.57	460.12	264.91	-48.51	100.17	698.84	750.16	782.19	756.15	620.12	487.70	74.00	219.00	364.46	886.25	948.70	996.45	984.89	844.60	750.46	324.44	344.95	312.54	193.52	151.69	144.28	23.44
FD₂	484.17	495.79	597.65	605.40	505.54	333.20	-3.72	147.50	527.28	627.49	665.77	645.48	615.13	490.09	109.07	173.76	269.74	694.59	802.45	855.41	844.60	800.32	712.84	233.07	290.45	278.92	172.62	145.54	116.48	-11.45
FD₁	359.60	397.29	469.68	468.69	408.07	300.01	0.17	142.93	421.62	528.07	552.55	526.43	526.98	460.82	106.67	160.17	269.63	593.80	715.43	751.55	750.46	712.84	699.08	251.55	281.69	262.26	174.98	159.01	127.20	2.36
S₅	202.63	225.28	252.60	255.33	160.99	132.10	-93.72	42.71	238.84	251.58	287.13	299.41	228.83	213.07	142.22	305.57	484.51	227.87	257.03	295.15	324.44	233.07	251.55	619.13	561.54	508.32	460.93	418.17	394.54	334.85
S₆	182.68	285.03	319.05	344.78	268.85	224.39	-47.71	121.38	153.47	254.98	305.18	338.21	293.52	265.88	205.88	315.74	450.36	119.38	247.29	309.51	344.95	290.45	281.69	561.54	647.02	697.43	688.79	665.13	680.73	596.54
S₇	231.29	387.73	346.13	355.55	292.92	247.63	-23.52	198.01	140.46	276.47	293.78	327.73	293.86	270.08	276.87	328.09	419.82	79.64	252.51	292.01	312.54	278.92	262.26	508.32	697.43	883.55	926.84	936.83	1,026.74	968.22
S₈	232.78	387.59	281.85	269.90	228.96	214.49	-20.04	170.97	147.73	259.71	236.63	259.65	230.53	236.90	254.67	278.08	356.54	39.49	189.23	185.65	193.52	172.62	174.98	460.93	688.79	926.84	1,076.57	1,103.55	1,243.76	1,196.44
S₉	146.74	363.16	183.63	138.22	149.49	154.18	-25.73	202.26	118.20	248.04	213.24	229.80	228.66	244.94	302.87	302.36	367.12	13.43	173.68	142.54	151.69	145.54	159.01	418.17	665.13	936.83	1,103.55	1,207.76	1,382.67	1,392.33
S₁₀	245.85	480.72	166.57	67.14	75.53	70.14	-39.18	212.54	234.12	327.48	228.51	220.60	194.63	207.15	306.29	307.80	350.85	132.88	260.70	166.25	144.28	116.48	127.20	394.54	680.73	1,026.74	1,243.76	1,382.67	1,688.75	1,781.83
S₁₁	272.29	532.07	57.85	-113.50	-78.49	-72.43	-62.46	223.31	332.13	370.10	199.05	162.36	126.66	141.41	306.51	291.15	307.37	182.98	252.11	81.14	23.44	-11.45	2.36	334.85	596.54	968.22	1,196.44	1,392.33	1,781.83	2,028.03

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela: Correlação entre os ativos S e F

	FJ ₆	FJ ₅	FJ ₄	FJ ₃	FJ ₂	FJ ₁	S ₀	S ₊₁	FS ₆	FS ₅	FS ₄	FS ₃	FS ₂	FS ₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	FD ₆	FD ₅	FD ₄	FD ₃	FD ₂	FD ₁	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁							
FJ ₆	1.00																																				
FJ ₅	0.91	1.00																																			
FJ ₄	0.81	0.85	1.00																																		
FJ ₃	0.67	0.67	0.94	1.00																																	
FJ ₂	0.50	0.59	0.85	0.90	1.00																																
FJ ₁	0.28	0.42	0.71	0.77	0.94	1.00																															
S ₀	-0.29	-0.13	0.01	0.08	0.31	0.43	1.00																														
S ₊₁	0.11	0.41	0.35	0.35	0.57	0.61	0.45	1.00																													
FS ₆	0.92	0.84	0.66	0.49	0.31	0.09	-0.50	0.00	1.00																												
FS ₅	0.88	0.90	0.78	0.63	0.49	0.30	-0.36	0.23	0.94	1.00																											
FS ₄	0.80	0.85	0.88	0.76	0.64	0.46	-0.29	0.26	0.84	0.94	1.00																										
FS ₃	0.75	0.78	0.87	0.83	0.69	0.51	-0.26	0.31	0.77	0.90	0.97	1.00																									
FS ₂	0.59	0.71	0.81	0.77	0.84	0.72	-0.04	0.55	0.60	0.78	0.87	0.90	1.00																								
FS ₁	0.48	0.64	0.72	0.68	0.76	0.73	-0.03	0.58	0.53	0.73	0.81	0.83	0.96	1.00																							
S ₊₂	-0.12	0.18	0.14	0.14	0.30	0.37	0.10	0.75	-0.17	0.06	0.12	0.19	0.35	0.40	1.00																						
S ₊₃	0.10	0.26	0.29	0.28	0.21	0.18	-0.39	0.30	0.12	0.26	0.38	0.43	0.37	0.38	0.72	1.00																					
S ₊₄	0.23	0.31	0.35	0.34	0.25	0.20	-0.46	0.20	0.28	0.36	0.46	0.52	0.44	0.46	0.53	0.92	1.00																				
FD ₆	0.82	0.74	0.60	0.45	0.25	0.03	-0.48	-0.07	0.91	0.89	0.80	0.73	0.55	0.48	-0.14	0.20	0.31	1.00																			
FD ₅	0.74	0.76	0.69	0.57	0.41	0.23	-0.29	0.16	0.81	0.90	0.86	0.81	0.68	0.65	0.09	0.33	0.39	0.93	1.00																		
FD ₄	0.69	0.73	0.79	0.72	0.56	0.39	-0.20	0.20	0.71	0.85	0.90	0.87	0.75	0.71	0.13	0.41	0.46	0.85	0.96	1.00																	
FD ₃	0.62	0.64	0.75	0.74	0.59	0.43	-0.19	0.24	0.63	0.78	0.86	0.88	0.78	0.74	0.18	0.47	0.55	0.78	0.90	0.97	1.00																
FD ₂	0.53	0.61	0.75	0.75	0.72	0.60	-0.02	0.40	0.53	0.72	0.81	0.83	0.86	0.83	0.30	0.41	0.45	0.68	0.85	0.92	0.95	1.00															
FD ₁	0.42	0.53	0.63	0.62	0.63	0.58	0.00	0.41	0.45	0.65	0.72	0.73	0.79	0.83	0.31	0.40	0.48	0.62	0.81	0.87	0.90	0.95	1.00														
S ₊₅	0.25	0.32	0.36	0.36	0.26	0.27	-0.47	0.13	0.27	0.33	0.40	0.44	0.36	0.41	0.44	0.82	0.91	0.25	0.31	0.36	0.42	0.33	0.38	1.00													
S ₊₆	0.22	0.39	0.45	0.47	0.43	0.45	-0.23	0.36	0.17	0.33	0.41	0.49	0.46	0.50	0.62	0.83	0.83	0.13	0.29	0.37	0.43	0.40	0.42	0.89	1.00												
S ₊₇	0.24	0.46	0.41	0.42	0.40	0.42	-0.10	0.51	0.13	0.30	0.34	0.40	0.39	0.43	0.72	0.74	0.66	0.07	0.25	0.30	0.34	0.33	0.33	0.69	0.92	1.00											
S ₊₈	0.22	0.41	0.31	0.29	0.28	0.33	-0.08	0.40	0.13	0.26	0.25	0.29	0.28	0.34	0.60	0.57	0.51	0.03	0.17	0.17	0.19	0.19	0.20	0.56	0.83	0.95	1.00										
S ₊₉	0.13	0.37	0.19	0.14	0.17	0.23	-0.09	0.44	0.10	0.23	0.21	0.24	0.26	0.34	0.67	0.58	0.50	0.01	0.15	0.12	0.14	0.15	0.17	0.48	0.75	0.91	0.97	1.00									
S ₊₁₀	0.19	0.41	0.14	0.06	0.07	0.09	-0.12	0.39	0.16	0.26	0.19	0.20	0.19	0.24	0.57	0.50	0.40	0.09	0.19	0.12	0.11	0.10	0.12	0.39	0.65	0.84	0.92	0.97	1.00								
S ₊₁₁	0.19	0.41	0.05	-0.09	-0.07	-0.08	-0.17	0.38	0.21	0.27	0.15	0.13	0.11	0.15	0.52	0.43	0.32	0.11	0.17	0.05	0.02	-0.01	0.00	0.30	0.52	0.72	0.81	0.89	0.96	1.00							

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela: Matriz de Variância e Covariância do retorno dos ativos S, F e T

	T ₋₆	T ₋₅	T ₋₄	T ₋₃	T ₋₂	T ₋₁	FJ ₋₆	FJ ₋₅	FJ ₋₄	FJ ₋₃	FJ ₋₂	FJ ₋₁	S ₀	S ₋₁	FS ₋₆	FS ₋₅	FS ₋₄	FS ₋₃	FS ₋₂	FS ₋₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	FD ₋₆	FD ₋₅	FD ₋₄	FD ₋₃	FD ₋₂	FD ₋₁	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁
T ₋₆	1,166.8	849.3	743.8	582.6	342.6	107.0	888.2	696.0	558.2	459.3	222.3	31.6	-93.4	-8.5	1,000.6	809.5	673.3	585.6	372.7	239.6	-126.8	-49.3	-27.9	917.5	714.4	598.2	480.3	335.7	194.0	28.1	-2.8	15.8	40.1	-26.5	123.5	248.9
T ₋₅	849.3	835.9	788.4	629.1	419.0	265.6	703.3	621.1	568.3	528.8	385.2	221.9	-38.2	101.3	781.2	722.0	653.5	608.1	509.9	400.1	-39.8	12.4	85.5	708.3	653.9	610.4	571.5	481.1	402.5	145.8	183.9	200.2	206.4	144.7	239.8	266.9
T ₋₄	743.8	788.4	903.7	744.4	537.3	369.7	650.5	608.3	699.0	673.9	525.7	347.9	10.3	118.2	653.2	665.6	703.8	655.0	566.0	437.9	-39.3	21.3	82.5	573.0	592.1	653.9	605.5	530.9	431.0	128.0	201.5	195.4	159.3	68.8	94.3	44.8
T ₋₃	582.6	629.1	744.4	656.4	494.9	339.0	533.5	504.4	618.2	631.3	498.2	333.0	28.1	131.7	496.1	540.3	593.3	579.1	506.0	384.2	1.2	28.5	74.0	431.5	480.3	553.9	536.8	481.4	373.5	84.6	181.8	203.3	167.2	95.9	93.6	19.5
T ₋₂	342.6	419.0	537.3	494.9	476.4	343.0	380.1	405.9	516.5	519.5	496.5	364.9	58.2	152.7	304.4	378.6	435.6	422.9	453.4	344.9	54.3	15.7	26.8	228.6	303.7	379.9	357.2	397.1	299.5	40.4	153.8	196.0	182.2	134.2	99.6	12.5
T ₋₁	107.0	265.6	369.7	339.0	343.0	319.3	233.5	271.3	368.6	370.4	388.9	321.3	56.6	137.4	168.5	237.9	298.5	290.0	351.5	298.7	57.5	26.7	79.3	98.5	177.0	253.2	259.9	296.4	277.0	97.3	164.1	183.2	177.5	142.9	83.6	-16.8
FJ ₋₆	888.2	703.3	650.5	533.5	380.1	233.5	1,026.9	835.8	728.7	612.5	397.3	175.2	-74.9	46.3	1,040.6	859.0	749.0	655.7	481.0	323.0	-51.4	46.2	155.3	953.9	792.1	731.1	619.4	484.2	359.6	202.6	182.7	231.3	232.8	146.7	245.8	272.3
FJ ₋₅	696.0	621.1	608.3	504.4	405.9	271.3	835.8	814.2	680.8	545.9	418.9	235.8	-30.5	153.5	844.1	785.1	702.9	611.5	514.0	379.9	68.3	112.3	188.9	760.7	727.5	684.8	570.0	495.8	397.3	225.3	285.0	387.7	387.6	363.2	480.7	532.1
FJ ₋₄	558.2	568.3	699.0	618.2	516.5	368.6	728.7	680.8	791.4	755.7	592.6	390.0	1.7	130.0	653.3	669.5	717.0	667.9	575.1	422.4	50.0	123.2	209.5	612.8	646.9	730.8	661.8	597.6	469.7	252.6	319.1	346.1	281.9	183.6	166.6	57.8
FJ ₋₃	459.3	528.8	673.9	631.3	519.5	370.4	612.5	545.9	755.7	814.5	631.7	430.9	17.4	129.3	489.9	551.4	635.8	645.9	555.7	406.3	53.5	120.2	207.7	469.3	548.0	671.4	665.6	605.4	468.7	255.3	344.8	355.6	269.9	138.2	67.1	-113.5
FJ ₋₂	222.3	385.2	525.7	498.2	496.5	388.9	397.3	418.9	592.6	631.7	609.7	455.6	60.9	183.2	271.3	371.1	457.4	468.1	520.6	393.4	95.0	78.4	129.6	225.9	336.6	451.7	460.1	505.5	408.1	161.0	268.9	292.9	229.0	149.5	75.5	-78.5
FJ ₋₁	31.6	221.9	347.9	333.0	364.9	321.3	175.2	235.8	390.0	430.9	455.6	385.9	68.6	158.3	61.6	181.9	262.3	275.7	358.9	302.2	95.6	52.9	84.8	18.2	150.9	250.2	264.9	333.2	300.0	132.1	224.4	247.6	214.5	154.2	70.1	-72.4
S ₀	-93.4	-38.2	10.3	28.1	58.2	56.6	-74.9	-30.5	1.7	17.4	60.9	68.6	65.3	47.4	-142.3	-88.1	-67.4	-58.3	-8.6	-5.2	10.7	-47.5	-79.2	-139.3	-79.4	-53.5	-48.5	-3.7	0.2	-93.7	-47.7	-23.5	-20.0	-25.7	-39.2	-62.5
S ₋₁	-8.5	101.3	118.2	131.7	152.7	137.4	46.3	153.5	130.0	129.3	183.2	158.3	47.4	171.8	-0.1	91.1	97.4	111.8	181.9	158.4	128.0	58.3	56.1	-32.6	69.0	84.0	100.2	147.5	142.9	42.7	121.4	198.0	171.0	202.3	210.5	223.3
FS ₋₆	1,000.6	781.2	653.2	496.1	304.4	168.5	1,040.6	844.1	653.3	489.9	271.3	61.6	-142.3	-0.1	1,236.1	1,012.4	858.9	736.1	533.4	387.3	-75.5	64.7	206.6	1,164.4	948.1	823.8	698.8	527.3	421.6	238.8	153.5	140.5	147.7	118.2	234.1	332.1
FS ₋₅	809.5	722.0	665.6	540.3	378.6	237.9	859.0	785.1	669.5	551.4	371.1	181.9	-88.1	91.1	1,012.4	936.6	842.3	749.1	599.7	468.7	24.1	118.7	232.8	984.0	921.8	852.1	750.2	627.5	528.1	251.6	255.0	276.5	259.7	248.0	327.5	370.1
FS ₋₄	673.3	653.5	703.8	593.3	435.6	298.5	749.0	702.9	717.0	635.8	457.4	262.3	-67.4	97.4	858.9	842.3	848.3	774.9	639.0	495.7	44.6	164.3	286.9	847.8	836.7	856.6	782.2	665.8	552.5	287.1	305.2	293.8	236.6	213.2	228.5	199.1
FS ₋₃	585.6	608.1	655.0	579.1	422.9	290.0	655.7	611.5	667.9	645.9	468.1	275.7	-58.3	111.8	736.1	749.1	774.9	746.9	620.4	477.4	66.2	176.2	302.2	722.7	740.4	780.5	756.2	645.5	526.4	299.4	338.2	327.7	259.7	229.8	220.6	162.4
FS ₋₂	372.7	509.9	568.0	506.0	453.4	351.5	481.0	514.0	575.1	555.7	520.6	358.9	-8.6	181.9	533.4	599.7	639.0	620.4	636.5	505.9	114.3	140.9	237.4	504.9	571.9	622.0	620.1	615.1	527.0	228.8	293.5	293.9	250.5	228.7	194.6	126.7
FS ₋₁	239.6	400.1	437.9	384.2	344.9	298.7	323.0	379.9	422.4	406.3	393.4	302.2	-5.2	158.4	387.3	468.7	495.7	477.4	505.9	439.1	109.2	118.6	203.9	367.7	453.9	486.1	487.7	490.1	467.0	213.1	265.9	270.1	236.9	244.9	207.2	141.4
S ₊₂	-126.8	-39.8	-39.3	1.2	54.3	57.5	-51.4	68.3	50.0	53.5	95.0	95.6	10.7	128.0	-75.5	24.1	44.6	66.2	114.3	109.2	169.0	140.2	148.1	-63.8	39.9	56.3	74.0	109.1	106.7	142.2	205.9	276.9	254.7	302.9	306.3	306.5
S ₊₃	-49.3	12.4	21.3	28.5	15.7	26.7	46.2	112.3	123.2	120.2	78.4	52.9	-47.5	58.3	64.7	118.7	164.3	176.2	140.9	118.6	140.2	224.3	294.7	109.7	165.7	202.8	219.0	173.8	160.2	305.6	315.7	328.1	278.1	302.4	307.8	291.2
S ₊₄	-27.9	85.5	82.5	74.0	26.8	79.3	155.3	188.9	209.5	207.7	129.6	84.8	-79.2	56.1	206.6	232.8	286.9	302.2	237.4	203.9	148.1	294.7	453.8	241.1	274.9	322.8	364.5	269.7	269.6	484.5	450.4	419.8	356.5	367.1	350.8	307.4
FD ₋₆	917.5	708.3	573.0	431.5	228.6	98.5	953.9	760.7	612.8	469.3	225.9	18.2	-139.3	-32.6	1,164.4	984.0	847.8	722.7	504.9	367.7	-63.8	109.7	241.1	1,313.9	1,133.5	1,012.6	886.2	694.6	593.8	227.9	119.4	79.6	39.5	13.4	132.9	183.0
FD ₋₅	714.4	653.9	592.1	480.3	303.7	177.0	792.1	727.5	646.9	548.0	336.6	150.9	-79.4	69.0	948.1	921.8	836.7	740.4	571.9	453.9	39.9	165.7	274.9	1,133.5	1,121.9	1,055.1	948.7	802.5	715.4	257.0	247.3	252.5	189.2	173.7	260.7	252.1
FD ₋₄	598.2	610.4	653.9	553.9	379.9	253.2	731.1	684.8	730.8	671.4	451.7	250.2	-53.5	84.0	823.8	852.1	856.6	780.5	622.0	486.1	56.3	202.8	322.8	1,012.6	1,055.1	1,078.7	996.5	855.4	751.6	295.2	309.5	292.0	185.7	142.5	166.2	81.1
FD ₋₃	480.3	571.5	605.5	536.8	357.2	259.9	619.4	570.0	661.8	665.6	460.1	264.9	-48.5	100.2	698.8	750.2	782.2	756.2	620.1	487.7	74.0	219.0	364.5	886.2	948.7	996.5	984.9	844.6	750.5	324.4	344.9	312.5	193.5	151.7	144.3	23.4
FD ₋₂	335.7	481.1	530.9	481.4	397.1	296.4	484.2	495.8	597.6	605.4	505.5	333.2	-3.7	147.5	527.3	627.5	665.8	645.5	615.1	490.1	109.1	173.8	269.7	694.6	802.5	855.4	844.6	800.3	712.8	233.1	290.5	278.9	173.6	145.5	116.5	-11.4
FD ₋₁	194.0	402.5	431.0	373.5	299.5	277.0	359.6	397.3	469.7	468.7	408.1	300.0	0.2	142.9	421.6	528.1	552.5	526.4	527.0	460.8	106.7	160.2	269.6	593.8	715.4	751.6	750.5	712.8	699.1	251.6	281.7	262.3	175.0	159.0	127.2	2.4
S ₊₅	28.1	145.8	128.0	84.6	40.4	97.3	202.6	225.3	252.6	255.3	161.0	132.1	-93.7	42.7	238.8	251.6	287.1	299.4	228.8	213.1	142.2	305.6	484.5	227.9	257.0	295.2	324.4	233.1	251.6	619.1	561.5	508.3	460.9	418.2	394.5	334.8
S ₊₆	-2.8	183.9	201.5	181.8	153.8	164.1	182.7	285.0	319.1	344.8	268.9	224.4	-47.7	121.4	153.5	255.0	305.2	338.2	293.5	265.9	205.9	315.7	450.4	119.4	247.3	309.5	344.9	290.5	281.7	561.5	647.0	697.4	688.8	665.1	680.7	596.5
S ₊₇	15.8	200.2	195.4	203.3	196.0	183.2	231.3	387.7	346.1	355.6	292.9	247.6	-23.5	198.0	140.5	276.5	293.8	327.7	293.9	270.1	276.9	328.1	419.8	79.6	252.5	292.0	312.5	278.9	262.3</							