Universidade de São Paulo

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Departamento de Economia, Administração e Sociologia

Análise da inserção de contratos futuros agropecuários em uma carteira de investimentos

Priscila de Oliveira

Monografia apresentada ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Piracicaba

2017

Priscila de Oliveira

Bacharela em Ciências Econômicas

Análise da inserção de contratos futuros agropecuários em uma carteira de investimentos

Orientador:
Prof. Dr. LUIZ FERNANDO SATOLO

Monografia apresentada ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Piracicaba

2017

Aos meus pais que nunca mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Agradecimentos

Agradeço à Deus pela vida, saúde e força para superar os obstáculos.

Agradeço aos meus pais Edina e Valter, pelo exemplo, amor, dedicação e pelo incentivo incondicional ao longo de toda a minha vida. Sem o apoio de vocês isto não seria possível.

Ao Cesar, meu companheiro e melhor amigo em todos os momentos, agradeço por todo amor, paciência, compreensão e incentivo dedicados durante estes anos.

Agradeço ainda aos amigos e familiares por toda ajuda ao longo deste período e pela companhia nos melhores e piores momentos, e, a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma maneira para o meu crescimento.

Aos professores, por todo o conhecimento compartilhado, e em especial ao meu orientador Luiz Fernando Satolo pelo suporte oferecido, além do tempo e atenção dispensados durante a monografia.

A Universidade de São Paulo, especialmente ao campus Luiz de Queiroz, por todas as oportunidades oferecidas, que foram essenciais para o meu desenvolvimento.

“Na escolha de um portfólio, os investidores devem procurar uma ampla diversificação. Além disso, eles devem entender que as ações - e os títulos corporativos também - envolvem risco; que os mercados inevitavelmente flutuam; e seu portfólio deve ser tal que eles estão dispostos a superar o mal, bem como os bons tempos.”

Harry Markowitz

Sumário

Resumo 5
Abstract 6
Lista de Figuras 7
Lista de Tabelas 8
1. Introdução 9
2. Revisão de literatura 11
2.1 Revisão de mercado 12
2.1.1 O desenvolvimento dos mercados futuros 12
2.1.2 Risco no mercado agrícola 13
2.1.3 Mercados futuros no Brasil 14
2.1.4 Posições assumidas pelos investidores 16
2.1.5 Teoria do portfólio 17
2.2 Revisão da teoria 18
3. Metodologia e fonte de dados 21
4. Resultados e discussão 24
5. Considerações finais 29
Referências Bibliográficas 30
Anexos 34

Resumo

Os derivativos do mercado agropecuário tem ganhado liquidez nos últimos anos, possibilitando diversas estratégias de diversificação de risco. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo analisar a inserção de contratos futuros agropecuários em uma carteira de investimentos no período de janeiro de 2012 a julho de 2017, através dos cálculos de log-retorno, índice de Sharpe e utilização do Python, a fim de se obter os pesos ótimos de alocação de cada ativo em uma carteira eficiente. O peso ótimo de alocação dos recursos encontrado para uma carteira eficiente corresponderia na posição comprada a 45% dos contratos de etanol anidro, 30% de açúcar cristal, 30% de boi gordo e 5% no Ibovespa, enquanto na posição vendida o peso ótimo seria de 2% de milho, 3% de soja, 7% de café e 3% de etanol hidratado. Pode-se notar que sua inclusão possibilitou a redução de risco e incremento do retorno ao investidor, sendo considerada portanto, uma estratégia benéfica ao investidor.

Palavras-chave: Teoria do Portfólio; carteira eficiente; mercados futuros

Abstract

Derivatives in the agricultural market have gained liquidity in recent years, making possible several risk diversification strategies. In this way, this work aims to analyze the insertion of agricultural futures contracts in an investment portfolio from January 2012 to July 2017, through calculations of log-return, Sharpe index and use of Python, in order to the optimal allocation weights of each asset are obtained in an efficient portfolio. The optimal allocation weight of resources in an efficient portfolio would correspond to the long position at 45% for anhydrous ethanol, 30% for crystal sugar, 30% for bullion and 5% for the Ibovespa, while in the short position the optimum weight would be 2% of corn, 3% of soybeans, 7% of coffee and 3% of hydrous ethanol. It may be noticed that their inclusion made it possible to reduce risk and increase investor returns and is therefore considered a beneficial strategy for the investor.
Keywords: Portfolio Theory, efficient portfolio, future markets

Lista de Figuras

Figura 1. Carteira de mínima variância e fronteira eficiente 18

Lista de Tabelas

Tabela 1. Portfólio de variância mínima 24
Tabela 2. Portfólio de Markowitz 25
Tabela 3. Portfólio de tangência..... 26
Tabela 4. Peso ótimo dos ativos 27

1. Introdução

Bolsas de valores são instituições que permitem o bom funcionamento do mercado acionário, através de um ambiente de negociação no qual compradores e vendedores comercializam títulos, valores mobiliários e outros ativos por meio das corretoras de valores que podem ocorrer nos pregões viva-voz e eletrônico (BM&FBOVESPA, 2010). Pinheiro (2012, p. 264) destaca que apesar de possuírem autorregulamentação, as bolsas "estão sujeitas ao controle e regulamentação de algum órgão governamental de controle, como no caso da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) no Brasil".

Os índices refletem o desempenho de uma carteira hipotética de ativos de maneira a representar a oscilação ocorrida ao longo de determinado período por esse conjunto de ativos, beneficiando os agentes envolvidos ao subsidiar o processo decisório de alocação de investimentos (LEITE; SANVICENTE, 1995; ASSAF NETO, 2009). De maneira geral, os índices são compostos pelos ativos mais representativos e com maior negociabilidade na bolsa em questão, como é o caso do índice brasileiro IBOVESPA, criado em 1968 e composto atualmente por ações de cerca de 60 companhias listadas na B3 (BM&FBOVESPA, 2017).

Desta maneira, o estudo dos conceitos de risco e incerteza é fundamental para a mitigação do risco dos investidores, e, a Teoria do Portfólio, proposta por Markowitz (1952), subsidia decisões visando a maximização do retorno esperado em relação aos níveis de risco quanto a alocação eficiente em carteiras de investimento.

A inclusão de contratos agrícolas em uma carteira de investimentos possibilita a diversificação do portfólio e consequente mitigação de riscos, porém os estudos acerca dos mercados futuros agrícolas ainda são incipientes no Brasil. Desta maneira, o trabalho se justifica como forma de auxiliar o processo decisório do gerenciamento de carteiras e a gestão de riscos no país. Por isso, este estudo pretende solucionar a seguinte questão: é viável incorporar os contratos futuros agropecuários em uma carteira de investimentos?

Assim, objetiva-se verificar os efeitos da utilização dos contratos futuros agropecuários em uma carteira de investimentos. Especificamente, busca-se analisar a viabilidade da incorporação destes ativos nas carteiras, valendo-se dos conceitos da teoria do portfólio a fim de mitigar os riscos associados à essa estratégia.

Serão analisados o índice Ibovespa, a fim de representar o principal índice do mercado acionário brasileiro além das cotações dos contratos futuros agrícolas de açúcar, boi gordo, café, etanol, milho e soja. O período analisado se estende de janeiro de 2012 a julho de 2017, de modo a representar um período recente e englobando a mudança na metodologia de cálculo do índice Ibovespa devido a conjuntura econômica atravessada pelo país na ocasião.

O trabalho é composto pela introdução, revisão bibliográfica, dividida em revisão de mercado e da teoria, onde são abordados os conceitos de retorno, risco e incerteza, apresenta-se a Teoria do Portfólio e os contratos futuros agropecuários, além das discussões de trabalhos correlatos encontrados na literatura. Na metodologia e fonte de dados abordam-se o cálculo do log-retorno e do índice de Sharpe, enquanto os resultados e discussão trazem os resultados obtidos ao longo do trabalho e suas considerações a serem discutidas na conclusão.

2. Revisão de literatura

No mercado financeiro, as decisões dos agentes são pautadas no risco e retorno apresentado com o intuito de subsidiar a tomada de decisão dos investidores quanto a melhor combinação de investimentos dado os diferentes níveis de risco e taxas de retorno.

De acordo com Mattos (2000), o retorno de um ativo pode ser mensurado pelo total de lucros ou prejuízos oriundos do investimento ao longo de determinado período de tempo, considerando como padrão a medida de variação percentual no valor do ativo analisado, o acréscimo em seu valor e as eventuais distribuições de caixa. Contudo, não é possível saber com exatidão qual será o retorno obtido no momento da realização de um investimento, sendo responsabilidade dos investidores a decisão dentre as opções disponíveis quais apresentam o maior retorno esperado através da análise da média ponderada dos possíveis retornos.

Knight (1921) destaca a importância da diferenciação dos conceitos de incerteza e risco, comumente considerados sinônimos. O autor aponta que enquanto a incerteza pode ser compreendida como uma série de variáveis indeterminadas que não podem ser mensuradas de maneira quantitativa, não havendo, portanto, a possibilidade de conhecer sua dimensão e seus impactos, o risco é definido como uma série de variáveis conhecidas que podem ser mensuradas através de probabilidades relacionadas a cada conjunto de resultados esperados. Desta maneira, é possível que o retorno obtido seja diferente do retorno esperado para determinado ativo, havendo diferentes tipos de risco, podendo-se destacar o risco de mercado, o risco de liquidez, o risco de crédito, o risco operacional e o risco legal.

No mercado financeiro destacam-se os dois primeiros tipos de risco, de modo que Duarte Jr (2006) conceitua o risco de mercado como associado a possibilidade de perdas financeiras decorrentes da variação de preço de determinado ativo diante do cenário econômico, enquanto Mendonça Neto e Riccio (2009) consideram que o risco de liquidez está relacionado à dificuldade de comercialização de um ativo devido à escassez de negociações, forçando uma redução nos preços destes ativos a fim de estimular o mercado.

Duarte Jr (2006) destaca ainda a presença do risco de crédito, que diz respeito a possíveis perdas decorrentes do não pagamento por parte do tomador de crédito, o risco operacional como sendo relacionado a perdas decorrentes da má-gestão e a

ineficiência dos recursos utilizados e o risco legal que se refere às possíveis perdas decorrentes de falhas no âmbito legal, como contratos não amparados pela lei, falta de documentação adequada, operações ilegais, dentre outros.

No presente trabalho, a análise será centrada no risco de mercado que afeta diretamente os investidores, especuladores e arbitradores. Farhi (1999) considera que enquanto os especuladores obtêm seu lucro através da negociação de ativos em períodos relativamente curtos, assumindo riscos mais elevados e sendo fundamentais para a liquidez do mercado, o investidor tende a permanecer com seus ativos por períodos prolongados, auferindo lucro menores em decorrência da menor exposição ao risco, visando a valorização dos papéis e o recebimento de dividendos.

Assim como os especuladores, os arbitradores buscam ineficiências de mercado operando de maneira simultânea ativos iguais ou similares por valores distintos e em diferentes mercados, obtendo seu lucro pelas distorções de preço, e estando sujeitos a menores riscos (PINHEIRO, 2012).

2.1 Revisão de mercado

2.1.1 O desenvolvimento dos mercados futuros

Os primeiros indícios dos mercados futuros são atribuídos à Thales de Mileto, que obteve grandes lucros ao prever uma ótima safra de azeitona devido ao seu conhecimento em astronomia, alugando todas as prensas que seriam necessárias futuramente pelos produtores, mostrando a possibilidade de lucrar através de suas previsões. Na Grécia e na Roma antiga, os mercados já haviam atingido um certo grau de formalização, com tempo e lugar determinados para as negociações, devido a padronização monetária e contratação da entrega futura, e, apesar da queda dessas civilizações, os princípios básicos de um mercado central sobreviveram à Idade Média, apesar da redução nos fluxos comerciais no período feudal (FORBES, 1994).

Com a melhora dos transportes e comunicações, as feiras medievais organizadas pelos *pieds poudrés* ou "homens de pés empoeirados" que viajavam pelas cidades, deram lugar a praças comerciais especializadas que funcionavam inicialmente ao ar livre, e posteriormente em instalações próprias (FORBES, 1994). Desenvolveram-se então, a partir de 1700, bolsas na Europa, Japão e Estados

Unidos, atraindo interesses comerciais, além de fornecedores e compradores das mercadorias (MARQUES et al., 2006).

Segundo a Chicago Board of Trade (1985), os primeiros mercados dedicavam-se as transações em dinheiro, com entrega imediata, sendo comum a descoberta que a oferta de produtos era muito superior à demanda e tendo de descartar as mercadorias por falta de compradores. Assim, em 1848, formou-se *a Chicago Board of Trade (CBOT)*, onde eram praticadas a contratação a prazo e as negociações à vista, resolvendo a questão de compradores e vendedores, porém ainda sem o controle dos riscos financeiros das oscilações de preços causadas por fatores externos.

2.1.2 Risco no mercado agrícola

Marques et al. (2006) destacam dois tipos de riscos presentes no mercado agrícola, o risco de preço e o risco de produção. O risco de produção, está relacionado aos problemas que podem comprometer as culturas agrícolas, e podem ser mitigados através da utilização do seguro agrícola e de tecnologias disponíveis ao produtor.

O risco de preço, por sua vez, diz respeito às oscilações de preço passíveis de gerenciamento através dos mercados futuros pela figura de *hedgers*, especuladores ou arbitradores. Segundo a Commodity Futures TracUng Commission (1997, apud Fileni, 1999, p. 5) os *hedgers* são agentes de mercado interessados na mercadoria comercializada no mercado futuro, tomando posição contrária à sua posição no mercado à vista, visando a redução do risco de prejuízos decorrentes de oscilações indesejadas de preço, ou ainda se tornando uma alternativa temporária para a transação à vista que ocorrerá no futuro.

No mercado agrícola, os especuladores se destacam como agentes dispostos a assumir riscos, na busca de lucros decorrentes de movimentos favoráveis de preço, garantindo o bom funcionamento dos mercados futuros ao transferirem o risco de preço dos *hedgers* para o mercado, e propiciarem liquidez sem a ocorrência de movimentos extremos de preço (FILENI, 1999), ao passo que os arbitradores realizam transações conjuntas nos mercados físico e futuro visando lucros com menores riscos (HULL, 1996).

2.1.3 Mercados futuros no Brasil

A possibilidade de ganhos nos mercados futuros tem atraído cada vez mais investidores oriundos de todos os setores da economia desde a década de 70, interessados em administrar seus riscos através de estratégias executadas nos mercados derivativos. Além disso, a localização geográfica do Brasil possibilita uma gama de recursos naturais, cujas estratégias de desenvolvimento econômico são capazes de transformar o país em referência mundial na produção e exportação de produtos dos mais diversos setores (MARQUES et al. 2006).

Hull (1996) conceitua os contratos futuros agrícolas como compromissos de compra e venda estabelecido por duas partes em relação a uma determinada mercadoria que possui uma praça de referência, na qual o preço do mercado físico da commodity agrícola se iguala ao preço do contrato futuro no dia do seu vencimento. Atualmente, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), vinculado a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ realiza o levantamento dos preços praticados nas praças de referência da BM&F, que negocia seis *commodities* agrícolas na BM&F, que são o açúcar, o boi gordo, o café arábica, o etanol, o milho e a soja.

Commodity pode ser compreendida como um produto em estado bruto, padronizado, homogêneo e produzido em larga escala que não deve ser perecível, podendo desta forma, ser armazenado por alguns meses (MARQUES; MELLO; MARTINES Fo, 2006).

O açúcar é uma *commodity* tradicional no Brasil dado o contexto histórico do país e pode ser exportado na forma do açúcar refinado, cristal e demerara, com a produção espalhada pelo país garantindo a oferta contínua do produto. O açúcar do tipo *Very High Polarization (VHP)* é utilizado como insumo para a produção de diferentes tipos de açúcar e é normalmente destinado para exportação, enquanto o açúcar cristal é destinado para abastecer o mercado interno (CNA, 2007).

O contrato do açúcar cristal especifica as características necessárias para sua comercialização e determina o tamanho do contrato a 508 sacas de 50kg líquidos, totalizando 25,4 toneladas métricas, com último dia de negociação estabelecido no 15º dia do mês de vencimento, vencendo nos meses de fevereiro, abril, junho, setembro e dezembro, sempre com liquidação financeira no vencimento.

O boi gordo também se destaca no país, que é um dos maiores exportadores de carne bovina, e sua negociação tem como objetivo auxiliar a gestão de risco dos agentes envolvidos. Seu contrato, cuja liquidação é financeira, especifica a negociação de bovinos machos com no mínimo 16 arrobas líquidos e idade máxima de 42 meses. Os contratos são firmados para 330 arrobas líquidas e possuem vencimento em todos os meses, sendo negociados até o último dia do mês.

O café possui amplo mercado consumidor e o Brasil se destaca na produção e exportação do grão, especialmente o arábica. O café pode ser liquidado financeiramente antes ou no momento do vencimento. Porém, ao contrário dos contratos supracitados, pode ocorrer a entrega física da mercadoria, que possui São Paulo como praça de referência. Seu contrato é estabelecido em 100 sacas de 60kg líquidos, totalizando 6 toneladas métricas do produto, cotados em dólares norte-americanos, com variação mínima de US$0,05. A negociação ocorre nos meses de março, maio, julho, setembro e dezembro com vencimento ocorrendo no 6º dia útil anterior ao último dia útil do mês do vencimento.

O etanol é utilizado como combustível e também como importante insumo de diversas indústrias, podendo ser encontrado na forma de anidro que é misturado à gasolina, e na forma de etanol hidratado em que é acrescentado água. Os contratos de ambos se assemelham quanto ao tamanho estabelecido de 30m³, negociados todos os meses em reais com variação mínima de R$0,50 e negociados até a última sessão anterior ao mês de vencimento. Contudo, enquanto o etanol hidratado caracteriza-se por sua liquidação financeira, o etanol anidro é caracterizado pela liquidação física com entrega na cidade de Paulínia (SP) e no terminal portuário de Santos (SP).

O milho é amplamente utilizado pela indústria e o país é um grande exportador. O contrato, que possui liquidação financeira, possui 450 sacas de 60kg líquidos, totalizando 27 toneladas métricas, negociados nos meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro em reais com variação mínima de R$0,01 e vencimento do 15º dia do mês do vencimento

A soja é utilizada para uma série de finalidades na cadeia produtiva e é amplamente utilizada no mercado global. No Brasil, o contrato de soja com liquidação financeira tem tamanho estabelecido em 450 sacas de 60kg líquidos (equivalentes a 27 toneladas métrica, negociadas em dólares norte-americanos nos meses de março,

abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro, com variação mínima de US$0,01 e vencimento ocorrendo no segundo dia útil anterior ao mês de vencimento do contrato.

A Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil (CNA; 2017) estima que o agronegócio representou cerca de 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2017, projetando ainda um crescimento de 0,5% a 1% para o próximo ano. Deste total, a CNA estima que a agropecuária represente cerca de 9% a 11% do PIB do Brasil em 2017.

O desempenho operacional de outubro de 2017 (B3, 2017) revela que o segmento BOVESPA apresentou um volume financeiro médio diário de 10,2 bilhões reais, enquanto o segmento BM&F movimentou um volume de cerca de 3,23 milhões de contratos que representam quase 9 milhões de reais diariamente. Isto demonstra um cenário promissor para a negociação em ambos os segmentos, de modo que para se destacar nos mercados futuros agropecuários, é fundamental obter vantagens competitivas de produção, comercialização e logística, principalmente através da utilização de mercado de derivativos.

2.1.4 Posições assumidas pelos investidores

Os *hedgers* buscam na bolsa um meio de mitigar o risco quanto às oscilações de preço, sendo possível se posicionar no mercado de maneira comprada (*long*) ou de maneira vendida (*short*). Desta maneira, os mercados futuros desenvolveram o ajuste diário, como forma de garantia do cumprimento dos contratos, através do qual compradores e vendedores “acertam a diferença entre o preço futuro anterior e atual de forma diária, de acordo com elevações ou quedas no preço futuro da mercadoria” (MARQUES et al., 2006, p. 75).

A *Clearing* ou câmara de compensação, no caso da BM&FBOVESPA é responsável pela execução dos serviços de "registro, a compensação, a liquidação e o gerenciamento de risco de operações com derivativos financeiros e de commodities, mercado de balcão (*swaps*, termo de moeda e opções flexíveis) e mercado a vista de ouro" (BMF&BOVESPA, 2017), atuando como contraparte em todas as operações realizadas pelos agentes do mercado. Além disso, há as margens de garantia, estabelecidas pela Câmara BM&FBOVESPA que devem ser depositadas pelos

participantes do mercado conforme o ativo, vencimento deste ativo ou posição assumida (BM&FBOVESPA, 2017)

Ao montar a operação com mercados futuros, deve-se considerar qual o objetivo do agente de mercado. Um produtor que queira se proteger da queda de preços no momento da venda de seu produto deve realizar um hedge de venda (*short*), lucrando através do ajuste diário caso haja queda no preço futuro, enquanto recomenda-se que o interessado na matéria-prima realize um hedge de compra (*long*) de modo a lucrar caso o preço futuro do ativo negociado suba, e terá prejuízo caso este valor caia (MARQUES et al., 2006).

2.1.5 Teoria do portfólio

A Teoria Do Portfólio, também conhecida como teoria da carteira, proposta por Markowitz (1952) trata da possibilidade de maximização do retorno esperado de acordo com a relação do investidor quanto aos níveis de risco, de modo a realizar alocações eficientes nas carteiras de investimentos.

Esta teoria parte do princípio de que o investidor é avesso ao risco, de maneira que, ao se deparar com dois investimentos que possuam o mesmo retorno esperado, o investidor optará pelo investimento que apresentar o menor risco. Desta forma, o investidor não se preocupa apenas com a maximização de seu retorno esperado, mas também com sua utilidade esperada. Desta forma, Markowitz propõe a utilização de ferramenta estatística da variância para mensuração do risco de um portfólio a fim de medir a dispersão em torno de um valor esperado.

Thome Neto et al. (2011) consideram que a existência de diferentes critérios para a construção de uma carteira torna possível "uma carteira com o mesmo risco da carteira teórica do índice que ofereça maior retorno e que seja eficiente, pelo menos em relação ao conjunto de ações considerado". Considerando a Teoria do Portfólio, no qual os agentes são avessos ao risco, é possível traçar diferentes combinações de investimento buscando-se o maior retorno e/ou o menor risco.

Prates (2016) descreve a Carteira de Mínima Variância como um portfólio ótimo resultante de um ponto mínimo, que apresentaria o menor desvio-padrão dentre todas as opções. Ao considerar os pontos oriundos destas combinações de ativos é possível encontrar a fronteira eficiente de Markowitz, na qual se obtém um maior retorno e menor risco, conforme é possível observar na Figura 1.

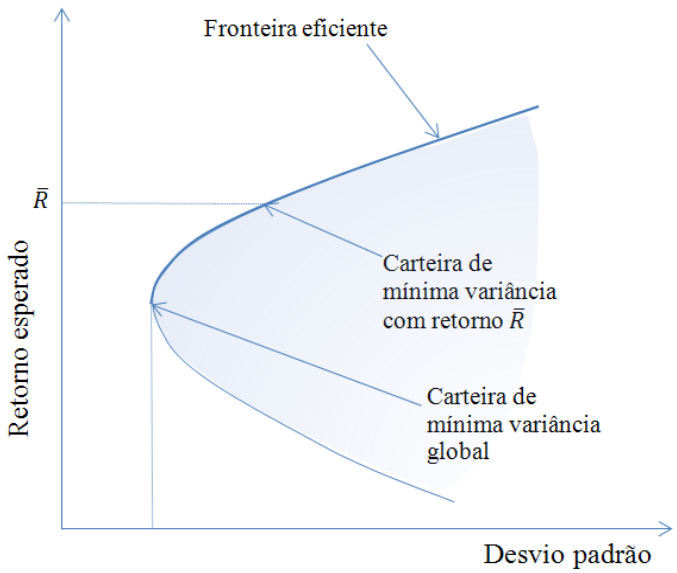

Figura 1. Carteira de mínima variância e fronteira eficiente

Fonte: Prates (2016)

A partir do ponto que tangencia a fronteira eficiente, formando uma reta que passa pelo ponto de origem, é possível obter o chamado Portfólio de Tangência, que representa o maior Índice de Sharpe dentre as opções disponíveis (BARROS, 2013).

2.2 Revisão da teoria

Mattos (2000) analisa o potencial de utilização de contratos futuros agropecuários na composição de carteiras de investimento em ações visando a redução de riscos entre os anos de 1994 e 1998. Após o cálculo das taxas de retorno dos ativos e das carteiras, riscos envolvidos, análises de correlação e desempenho dos ativos, o autor conclui que, para o período analisado, a utilização de contratos futuros agropecuários não é a melhor estratégia isoladamente quando comparada ao IBOVESPA, porém podem ter bons resultados quanto à mitigação de riscos ao combinar estas estratégias.

Assim, acredita-se que a estratégia ainda não é adotada devido à falta de familiaridade com os mercados agrícolas no Brasil quando comparado ao mercado acionário, além do número reduzido de contratos agropecuários, que apresentam baixa liquidez. Cabe salientar que na ocasião, o autor analisou os contratos futuros de

açúcar, boi gordo, milho, soja, café e algodão, e que este último não é mais negociado pela B3.

Junqueira (2005) estudou o mercado de café através da atuação de fundos que operam nos mercados futuros e suas estratégias de redução de risco com a inclusão de contratos futuros no portfólio. O estudo realizado para o ano de 2005 concluiu que a inclusão de futuros do café arábica foi capaz de reduzir o risco da carteira para certo patamar, de modo que a estratégia de diversificação de carteiras pode ser considerada eficiente.

Contudo, o autor acredita que não seja possível estabelecer uma única razão para a volatilidade, mas sim uma série de componentes que acarretam nas oscilações dos mercados futuros.

Silveira (2010) realizou um estudo a respeito do impacto de alocação de contratos futuros agrícolas em uma carteira diversificada para o período de 1994 a 2007. Valendo-se dos cálculos de risco, correlação e taxa de retorno o autor discorre que não se pode concluir que haja benefícios com a inclusão dos derivativos sobre *commodities*, visto que, de maneira geral, os ganhos obtidos em determinados anos foram anulados por outros períodos devido à sazonalidade das *commodities* agrícolas. Assim, o autor sugere que sejam elaboradas análises fundamentalistas para que seja possível comparar os resultados obtidos.

Cruz et al (2013) analisam os riscos de investimento em um índice ponderado de contratos futuros de *commodities* em relação às ações e aos títulos de renda fixa, do período que se estende de 2004 a 2011. Os autores utilizam análises de risco e retorno, coeficiente de Spearman, além de modelagem de séries temporais para elaborar o estudo, de modo que o resultado apontou que investimentos em índices não podem ser considerados como estratégicas eficientes na mitigação de riscos.

Por outro lado, os autores acreditam que o investimento direto nos mercados futuros sobre *commodities* apresentam menores riscos se comparado ao mercado acionário, além de não terem apresentado resultado negativo para os investidores no período analisado.

Desta forma, podemos observar que a literatura a respeito do assunto ainda é escassa, e, de maneira geral, concentra-se na teoria do portfólio, através da diversificação de carteiras de investimento com inclusão de contratos futuros agrícolas como maneira de mitigar os riscos aos investidores.

Na bibliografia internacional, pode-se destacar o trabalho de Egelkraut e Woodard (2005) que analisaram os efeitos da diversificação de carteira com a inclusão de contratos futuros em um portfólio de 1994 a 2003. Os autores consideraram a incorporação de futuros alavancados, devido às margens de garantia, e, após calcularem o Índice de Sharpe e as taxas de risco e retorno, puderam chegar a uma alocação de pesos ótimos com a utilização da teoria de Markowitz. A inclusão de restrições que forçam um determinado risco do portfólio, resultou em maiores retornos ajustados a estes riscos.

Desta forma, os autores concluíram que a utilização dos contratos futuros analisados não eram elementos de um portfólio ótimo quando analisados de maneira individual, com exceção do petróleo, e, não encontraram um desempenho superior. Ao agruparem períodos como sendo de crise ou expansão econômica, perceberam ainda que não houve impacto nas análises anteriores.

Jensen et al. (2000) analisaram o uso eficiente dos contratos futuros de *commodities* em portfólios diversificados para determinar se uma medida esperada da política monetária pode ser usada para melhorar o desempenho da carteira, através da alteração dos pesos dos ativos. Para isso, analisaram ações, títulos, *Treasury bills*, imóveis e futuros de *commodities*, do período de 1973 a 1997, traçando relações de risco e retorno e calculando as correlações.

Os autores concluíram que, no período, os contratos futuros de maneira independente não se mostraram atrativos devido ao menor retorno e maior desvio padrão se comparados às ações. Porém, na composição do portfólio foi possível otimizar a relação entre risco e retorno com a inclusão destes contratos, aumentando significativamente os retornos das carteiras diversificadas.

Ao considerar a rigidez monetária no desempenho dos contratos futuros, foram considerados os ambientes recessivo e expansivo, e os resultados divergiram da primeira análise, tanto para os futuros de maneira isolada, quanto na composição do portfólio. Isto ocorreu, pois, nos cenários de política restritivas, os futuros agrícolas apresentaram um resultado favorável quanto ao risco e retorno, tanto de maneira independente quanto na inclusão das carteiras. Entretanto, nos períodos de política expansionista, não havia benefício na utilização dos contratos agrícolas em ambas as situações, demonstrando a importância da rigidez monetária para a decisão quanto à alocação de ativos.

3. Metodologia e fonte de dados

Este trabalho utilizará a linguagem de programação Python para processar e modelar os dados coletados, além de métodos estatísticos e econométricos, que serão detalhados adiante, a fim de se atingir os objetivos propostos.

Serão utilizados dados correspondentes ao período de 01 de janeiro de 2012 a 31 de julho de 2017, totalizando 67 meses, referentes ao índice Ibovespa e às cotações de mercados futuros, que serão coletados junto à B3 (Brasil, Bolsa, Balcão). O período selecionado visa representar a atual conjuntura econômica, compreendendo a mudança metodológica de cálculo do Ibovespa ocorrida em 2012.

Para realizar a padronização das cotações, serão considerados os preços de ajuste ocorridos no fechamento do pregão, agrupando-se os dados nas datas em que houverem negociação do Ibovespa e do contrato futuro agropecuário a ser analisado. Cabe salientar que devido às peculiaridades de cada contrato, foram consideradas como zero as datas em que não havia cotação de determinado contrato.

Além disso, os resultados obtidos serão comparados com um estudo semelhante realizado na década de 1990, elaborado por Mattos (2000), a fim de verificar a ocorrência de mudanças significativas no cenário entre estes dois períodos.

O cálculo do log-retorno do índice Ibovespa e dos contratos futuros agropecuários selecionados, além de suas variâncias, que representam a dispersão do retorno em torno de um valor esperado, será utilizado para medir o risco de um portfólio. Além disso, será necessário calcular o índice de Sharpe para avaliar as relações existentes entre risco e retorno.

Log-retorno

A taxa de retorno é amplamente utilizada na literatura, através do cálculo da variação do valor de um ativo no decorrer do tempo em detrimento do uso da análise do preços dos ativos, pelo fato de o retorno fornecer informações mais relevantes aos investidores, quando comparados a série de preços.

O preço de um ativo em determinado instante t pode ser denominado como P_t e o retorno entre os instantes final e inicial pode ser calculado pela razão da diferença entre Pt e P_{t-1} em relação a P_{t-1} , conforme a Equação 1.

$$rt = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (1)$$

Pode-se considerar que os preços dos ativos entre os instantes t e $t - \Delta t$ são próximos, de modo que o Rt é inferior a 1, sendo possível considerar que o $\ln(1 + R_t) \approx R_t$. Neste caso, utiliza-se o logaritmo natural de um retorno, conhecido como log-retorno devido às suas características, como adição temporal, estacionariedade e ergodicidade, sendo calculado conforme a Equação 2.

$$r_t = \ln(1 + R_t) = ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \approx R_t \quad (2)$$

Índice de Sharpe

Santos (2008) destaca a importância do estudo dos índices de desempenho de ativos de risco como forma de avaliar o desempenho dos fundos de investimentos e dos administradores. Neste contexto, o Índice de Sharpe (IS), formulado por Sharpe (1966), é utilizado para analisar um investimento através da relação entre o retorno excedente da alternativa de investimento pela sua volatilidade, e pode ser obtido pela Equação 3.

$$IS = \frac{Retorno\ da\ carteira - Retorno\ livre\ de\ risco}{Desvio\ padrão\ da\ carteira} \quad (3)$$

Bacon (2008), por sua vez, considera que apenas a mensuração do retorno de um portfólio é insuficiente para subsidiar decisões, sendo necessária a utilização de um índice de referência, denominado *benchmark* para a avaliação adequada do risco e retorno. Desta maneira, o Índice de Sharpe modificado (ISm) pode ser uma alternativa de adaptação deste índice, no qual se considera o retorno do *benchmark*, conforme a Equação 4.

$$ISm = \frac{Retorno\ da\ carteira - Retorno\ benchmark}{Desvio\ padrão\ da\ carteira} \quad (4)$$

Varga (2001) destaca ainda o fato de que o Índice de Sharpe tradicional poderia apresentar valores exorbitantes caso utilizados em ativos de pouca volatilidade, além de poder se apresentar com sinal negativo caso o retorno esperado seja inferior ao do ativo sem risco.

Portanto, o Índice de Sharpe modificado será utilizado neste trabalho visando a busca do melhor retorno dentre as possíveis combinações. O *benchmark* considerado é o Ibovespa, visto que é o ativo alvo das análises de diversificação de portfólio.

Python

Para a modelagem dos dados, o Python foi a linguagem de programação selecionada para o trabalho, valendo-se da utilização de módulos específicos para a otimização de carteiras. O Python foi escolhido pela sua agilidade e capacidade de modelar com eficiência grandes volumes de dados, além de sua expressividade crescente no mercado.

O Spyder 2.7 proporcionou um ambiente de desenvolvimento intuitivo trazendo bibliotecas pré-instaladas, além de tornar possível a utilização de módulos específicos para o Python.

Desta maneira, a utilização do módulo *Financial Portfolio Optimization,* também chamado *portfolioopt,* possibilitou a otimização financeira do portfólio, através da elaboração das carteiras de mínima variância, Markowitz e de tangência nas posições apenas comprado e também comprado e vendido, cujos resultados obtidos serão apresentados no anexo presente ao final deste trabalho.

4. Resultados e discussão

Resultados e discussão

A partir da teoria discutida ao longo do trabalho, é possível traçar análises preliminares acerca dos dados coletados. Utiliza-se o Índice de Sharpe modificado a fim de realizar a comparação entre a realização do investimento apenas no índice Ibovespa ou a diversificação dos investimentos com a inclusão de contratos futuros agropecuários.

Considerando a Teoria do Portfólio, na qual entende-se que o indivíduo é avesso ao risco e, ao se deparar com duas opções de investimento, elegerá a que apresentar o menor risco caso possuam o mesmo retorno ou optará pelo maior retorno, é razoável optar pela carteira com maior Índice de Sharpe modificado, que indicaria o maior excesso de retorno para o mesmo nível de risco ou menor nível risco para o mesmo excesso de retorno.

Inicialmente analisa-se o portfólio de mínima variância, nas posições apenas comprado e de comprado e vendido, onde busca-se um ponto de mínimo capaz de representar o menor desvio-padrão dentre as possíveis combinações de investimento.

Tabela 1. Portfólio de mínima variância

	Portfólio de mínima variância (apenas comprado)	**Portfólio de mínima variância (comprado/ vendido)**
Retorno da carteira	0,000139722	0,000142428
Retorno do Benchmark (IBOV)	0,000119548	0,000119548
Desvio da carteira	0,002797271	0,00277308
Variância da carteira	7,82473E-06	7,68997E-06
ISm	**0,007212004**	**0,008250815**

Fonte 1. Elaborado pela autora

A Tabela 1 sintetiza os resultados do portfólio de mínima variância, onde é possível visualizar um Índice de Sharpe modificado superior quando se estende a análise às posições comprada e vendida. Isto indica que dentre as duas opções o investidor obteria maior vantagem ao optar pelo segundo caso, que apresenta um Sharpe de 0,0082 em decorrência do maior retorno e menor desvio da carteira.

Em seguida, analisa-se o modelo proposto por Markowitz com retorno alvo de 0,00013 que indica o melhor retorno em 70% da amostra quando comparado aos resultados dos retornos diários. A Tabela 2, apresentada a seguir, sintetiza estes resultados.

Tabela 2. Portfólio de Markowitz

	Portfólio de Markowitz (Apenas comprado)	**Portfólio de Markowitz (Comprado/ vendido)**	**Portfólio de Markowitz (Mercado neutro)**
Retorno da carteira	0,000142557	0,000142407	0,000131956
Retorno do Benchmark (IBOV)	0,000119548	0,000119548	0,000119548
Desvio da carteira	0,002794144	0,00277308	0,002274366
Variância da carteira	7,80724E-06	7,68997E-06	5,17274E-06
ISm	**0,008234764**	**0,00824341**	**0,00545598**

Fonte 2. Elaborado pela autora

Pela análise da Tabela 2 pode-se verificar que as posições apenas comprado e de comprado e vendido apresentam resultados similares, com um Índice de Sharpe modificado de aproximadamente 0,0082, enquanto nos mercados neutros, nos quais o retorno em excesso do mercado é zerado, este índice é de 0,0054. Isto permite perceber que no portfólio de Markowitz, no qual se busca a maximização dos retornos esperados em dado nível de risco, o investidor obteria maior vantagem ao optar pela segunda carteira, nas posições de comprado e vendido que apresenta maior Índice de Sharpe modificado.

Contudo, se comparado ao portfólio de mínima variância verifica-se que o portfólio de Markowitz possui um Índice de Sharpe modificado inferior, tornando a primeira opção – a carteira de mínima variância nas posições comprado e vendido - mais atraente.

Considerando todas as possíveis carteiras de investimento é possível definir uma fronteira eficiente delimitada pelos maiores retornos com menores riscos, no qual se encontra o portfólio ótimo. Desta maneira, a Tabela 3 traz os portfólios de tangência com posição apenas comprado e de comprado e vendido que serão analisados a seguir.

Tabela 3. Portfólio de tangência

	Portfólio de tangência (apenas comprado)	Portfólio de tangência (comprado/ vendido)
Retorno da carteira	0,000250834	0,000324164
Retorno do Benchmark (IBOV)	0,000119548	0,000119548
Desvio da carteira	0,003545709	0,004183579
Variância da carteira	1,25721E-05	1,75023E-05
ISm	**0,037026756**	**0,04890937**

Fonte 3. Elaborado pela autora

Na análise da Tabela 3, verifica-se que ambas as posições o Portfólio de Tangência apresentam os maiores Índices de Sharpe modificados dentre as carteiras analisadas, de modo que estas seriam portanto as carteiras mais eficientes. Assim como nos demais casos, ao expandir a análise para as posições comprado e vendido podemos encontrar o maior Índice de Sharpe modificado.

É possível verificar ainda que o retorno do *Benchmark* de aproximadamente 0,012, é o menor retorno encontrado quando comparado aos retornos das demais carteiras supracitadas. Considerando-se portanto que todos os Índices de Sharpe modificados analisados apresentaram resultado superior a zero e acima do *Benchmark* analisado, admite-se portanto um benefício na performance das carteiras ao realizar a diversificação dos investimentos com a alocação de contratos futuros agropecuários.

Desta forma, para se atingir os objetivos propostos de analisar a viabilidade da incorporação de contratos futuros agropecuários em carteiras de investimento, calculou-se o peso ótimo destes contratos em uma carteira eficiente localizada no limite da fronteira eficiente. Para isso, considerou-se o portfólio de tangência com operações comprado e vendido, que apresenta o maior índice Sharpe modificado dentre as opções analisadas e elaborou-se uma tabela de pesos ótimos dos ativos, representada na Tabela 4.

Tabela 4. Peso ótimo dos ativos

Portfólio de tangência (comprado/ vendido)	
Ativo	**Peso ótimo**
BGI	0,329849
CCM	-0,024991
SFI	-0,032871
ICF	-0,073391
ETH	-0,031434
ETN	0,450061
ACF	0,332203
IBOV	0,050574

Fonte 4. Elaborado pela autora

Na Tabela 4, verifica-se que no período analisado, que se estende de 2012 a 2017, o peso ótimo de cada ativo em uma carteira de investimento corresponderia a alocação na posição comprada de cerca de 45% dos recursos em contratos de etanol anidro, 30% nos contratos de açúcar cristal, 30% nos contratos de boi gordo e 5% no Ibovespa. Por outro lado, o sinal negativo indica o peso ótimo dos ativos que deveriam ser obtidos na posição vendida no mercado de modo a alocar de maneira eficiente os recursos.

Assim, percebe-se que a diversificação dos recursos com a inclusão destes contratos é capaz de aumentar os retornos do investidor, além de mitigar os riscos de maneira mais eficaz quando comparado ao investimento realizado exclusivamente no índice Ibovespa.

É possível ainda traçar comparações com os resultados obtidos por Mattos (2000), que considerou os contratos futuros isoladamente em uma carteira, enquanto o presente trabalho realizou combinações de contratos futuros agropecuários com o índice Ibovespa a fim de encontrar os pesos ótimos de cada ativo em uma carteira eficiente. Cabe salientar que Mattos analisou o contrato futuro de algodão, que não é mais comercializado na bolsa brasileira, enquanto o presente estudo analisou o contrato futuro do etanol, lançado em maio de 2007 devido ao aumento de sua expressividade, além da necessidade de sua internacionalização.

Os resultados obtidos por Mattos (2000) demonstram que no período de 1994 a 1998, de maneira geral, o retorno do Ibovespa superava os retornos dos contratos futuros analisados, de modo que a inclusão destes contratos reduziria o retorno do

investidor. Verificou-se também que a inclusão de contratos futuros agropecuários resultava na elevação do risco na maior parte dos subperíodos, além de reduzir o Índice de Sharpe nos contratos.

Com isso, percebe-se que em geral não havia atrativo para a inclusão destes contratos no período, ao contrário do verificado no presente trabalho onde foi possível aumentar o retorno e reduzir os riscos através da diversificação do portfólio. Dentre os fatores motivadores desta divergência pode-se destacar as profundas alterações na conjuntura econômica do país, além do aumento no número de negociações e consequente consolidação dos mercados futuros, que possibilitam a estabilização do mercado.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade da inserção de contratos futuros agropecuários em carteiras de investimento a fim de mitigar os riscos. Isto foi possível através da análise das cotações do índice Ibovespa e dos contratos futuros agropecuários negociados no mercado bursátil brasileiro no período de 2012 a 2017.

Elaborou-se uma série de comparativos com base na análise do Índice de Sharpe modificado, cujos resultados apontaram que a diversificação do portfólio através da inclusão de contratos futuros agropecuários é viável para o período analisado. Isto ocorreu graças ao aumento do retorno esperado com a diversificação da carteira de investimento, associado a uma redução de riscos para o investidor quando comparado a estratégia de investimento em único ativo - no caso analisado o Índice Ibovespa, selecionado como *benchmark*.

Diante disto, foi possível traçar combinações que indicassem os pesos ótimos de alocação de cada ativo em uma carteira de investimentos eficiente, subsidiando as decisões dos agente.

Além disso, pode-se perceber profundas alterações ao longo do tempo ao realizar comparações com trabalhos anteriores que demonstram um cenário distinto duas décadas atrás, quando esta mesma estratégia não se mostrava atrativa aos investidores. O aumento no número de clientes e negociações na bolsa, a consolidação do país enquanto destaque no agronegócio mundial e o maior acesso às informações atreladas a este mercado, podem ser explicações para a melhora no cenário de diversificação de carteiras.

Desta maneira, pode-se concluir que a diversificação do portfólio com a inclusão de contratos futuros agropecuários é viável e traz benefícios ao investidor no período analisado, que se estende de 2012 a 2017.

Referências Bibliográficas

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

B3. **Apresentação mensal – outubro 2017**. Disponível em: <http://ri.bmfbovespa.com.br/ptb/2147/B3%20%20Apresentao%20Mensal_Outubro.pdf>. Acesso em 20 nov. 2017

BARROS, D. L. S. **Otimização de portfólios para várias medidas de risco: aplicação em R.** 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de M Métodos Quantitativos em Economia e Gestão, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/reitoria/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=137220>. Acesso em: 15 nov. 2017.

BM&FBOVESPA. **Clearing BM&FBOVESPA.** Disponível em: < http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/clearing/clearing-bm-fbovespa/>. Acesso em: 12 dez. 2017.

BM&FBOVESPA. **Garantias.** Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/clearing/clearing-bm-fbovespa/administracao-de-riscos/garantias/valor-minimo-dos-ativos-para-deposito-em-garantia/>. Acesso em: 12 dez. 2017.

BM&FBOVESPA. **Índice Bovespa (Ibovespa).** Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-amplos/indice-bovespa-ibovespa.htm>. Acesso em: 30 out. 2017.

BM&FBOVESPA. **Introdução aos mercados de capitais**. São Paulo, 2010. 44 p.

CHICAGO BOARD OF TRADE. **Manual de Commodities**. Tradução de C. F. Forbes. São Paulo, 1985. 390 p.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Agronegócio contribui para queda da inflação e geração de empregos em 2017. Disponível em: <

http://www.cnabrasil.org.br/noticias/agronegocio-contribui-para-queda-da-inflacao-e-geracao-de-empregos-em-2017>. Acesso em: 06 dez. 2017.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Cana-de-açúcar: orientações para o setor canavieiro – ambiental, fundiário e contratos**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil; Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: CNA/ SENAR, 2007. 44 p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana-de-acucar_orientacoes_para_o_setor_canavieiro_000fipw96tk02wyiv80z4s4733kvhu6q.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.

CRUZ, W. L. V; REIS, M. C.; PINHO, F. M. **Investimento em contratos futuros de commodities: uma análise quanto ao risco e retorno.** 2013. Disponível em: <http://www.convibra.com.br/artigo.asp?ev=23&id=5280>. Acesso em: 20 ago. 2017.

DUARTE JR., A. M. (1996). **Risco: definições, tipos, medição e recomendações para seu gerenciamento**. Resenha BM&F, novembro/dezembro, pp. 25 – 33

EGELKRAUT, T.M.; WOODARD, J.D.; GARCIA, P.; PENNINGS, J.M.E. **Portfolio diversification with commodity futures: properties of levered futures**. In: NCR-134 Conference on applied commodity price analysis, forecasting and market risk management, 2005, St. Louis. 14 p.

FARHI, M. **Derivativos financeiros: hedge, especulação e arbitragem**. Revista Economia e Sociedade, Campinas, v.13, p.93-114, dez. 1999

FILENI, D. H. **O risco de base, a efetividade do hedging e um modelo para a estimativa da base**: uma contribuição ao agronegócio do café em Minas Gerais. Lavras, 1999.

FORBES, L. F. **Mercados futuros: uma introdução**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1994. 68 p.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. São Paulo: BM&F/Cultura, 1996. 448 p.

JENSEN, G.R.; JOHNSON, R.R.; MERCER, J.M. **Efficient use of commodity futures in diversified portfolios.** The Journal of Futures Markets, New York, v. 20, n. 5, p. 489-506, 2000.

JUNQUEIRA, F. Z. **Contratos futuros de café como alternativa para diminuir o risco de uma carteira**. 2005. 15f. Monografia (Conclusão de Curso) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração, São Paulo.

KNIGHT, F. **Risk, uncertainty and profit**. London: Houghton Mifflin, 1921.

LEITE, P. H.; SANVICENTE, A. Z. **Índice Bovespa: um padrão para os investimentos brasileiros**. São Paulo, Editora Atlas, 1995.

MARQUES, P.V.; MELLO, P. C. de & MARTINES Fo., J.G., 2006 **Mercados futuros e de opções agropecuárias**. Piracicaba: ESALQ LES, 2006. 334 p.

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

MATTOS, F. L. **Utilização de contratos futuros agropecuários em carteiras de investimento: um estudo de viabilidade**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2000

MENDONÇA NETO, O.R; RICCIO, E. L. **A qualidade da informação contábil e o risco de liquidez de mercado.** Revista Organizações em Contexto-online, v. 4, n. 8, p. 100-120, 2009.

PINHEIRO, J. L.; **Mercado de Capitais: fundamentos e técnicas**; Atlas, 2012

PORTAL ACTION. **Retornos**. Disponível em: < http://www.portalaction.com.br/series-temporais/51-retornos>. Acesso em: 10 out. 2017.

PRATES, W. R. **Teoria de Markowitz (teoria da carteira) e a fronteira eficiente**. 2016. Disponível em: < http://www.wrprates.com/teoria-de-markowitz-teoria-da-carteira-e-a-fronteira-eficiente/>. Acesso em: 08 out. 2017.

RABELO JUNIOR, T. S.; IKEDA, R. H. **Mercados eficientes e arbitragem: um estudo sob o enfoque das finanças comportamentais.** Revista Contabilidade & Finanças, v. 15, n. 34, p. 97-107, 2004.

RICCIO, E. L.; MENDONÇA NETO, O. R.; CARDOSO, R. L. **Transparência das informações contábeis: uma análise dos fatores de riscos citados por empresas brasileiras.** UnB Contábil, v. 8, n. 1, jan./jun., 2005.

SILVEIRA, R. L. F.; BARROS, G. S. C. **Uma análise da alocação de contratos futuros sobre commodities em portfólios diversificados**. Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 48, n. 1, p. 195-222, mar. 2010.

THOME NETO, C. LEAL, R. P. C.; ALMEIDA, V. S. **Um índice de mínima variância de ações brasileiras.** Econ. Apl., Ribeirão Preto , v. 15, n. 4, p. 535-557, Dec. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502011000400002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 dez. 2017.

ZIELINSKI, C. **Financial Portfolio Optimization**. Disponível em: <https://github.com/czielinski/portfolioopt>. Acesso em 15 nov. 2017.

Anexos

Rotina Utilizada

```
import portfolioopt as pfopt
import pandas as pd

xl = pd.ExcelFile('C:/Users/Priscila/Desktop/Log_retorno.xlsx')
returns = xl.parse('Log_retorno')

avg_rets = returns.mean()

cov_mat = returns.cov()


def section(caption):
    print('\n\n' + str(caption))
    print('-' * len(caption))


def print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights):
    """
    Print information on expected portfolio performance.
    """
    ret = (weights * avg_rets).sum()
    std = (weights * returns).sum(1).std()
    sharpe = ret / std
    print("Optimal weights:\n{}\n".format(weights))
    print("Expected return:   {}".format(ret))
    print("Expected variance: {}".format(std**2))
    print("Expected Sharpe:   {}".format(sharpe))


def main():

    section("Sample returns")
    print(returns.head(10))
    print("...")

    section("Average returns")
    print(avg_rets)

    section("Covariance matrix")
    print(cov_mat)

    section("Minimum variance portfolio (long only)")
    weights = pfopt.min_var_portfolio(cov_mat)
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    section("Minimum variance portfolio (long/short)")
    weights = pfopt.min_var_portfolio(cov_mat, allow_short=True)
```

```
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    # Define some target return, here the 70% quantile of the average returns
    target_ret = avg_rets.quantile(0.7)

    section("Markowitz portfolio (long only, target return: {:.5f})".format(target_ret))
    weights = pfopt.markowitz_portfolio(cov_mat, avg_rets, target_ret)
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    section("Markowitz portfolio (long/short, target return: {:.5f})".format(target_ret))
    weights = pfopt.markowitz_portfolio(cov_mat, avg_rets, target_ret,
allow_short=True)
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    section("Markowitz portfolio (market neutral, target return: {:.5f})".format(target_ret))
    weights = pfopt.markowitz_portfolio(cov_mat, avg_rets, target_ret,
allow_short=True,
                                                    market_neutral=True)
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    section("Tangency portfolio (long only)")
    weights = pfopt.tangency_portfolio(cov_mat, avg_rets)
    weights = pfopt.truncate_weights(weights)   # Truncate some tiny weights
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)

    section("Tangency portfolio (long/short)")
    weights = pfopt.tangency_portfolio(cov_mat, avg_rets, allow_short=True)
    print_portfolio_info(returns, avg_rets, weights)


if __name__ == '__main__':
    main()
```

Resultados obtidos

Sample returns

Data	BGI	CCM	SFI	ICF	ETH	ETN	ACF	IBOV
02/01/2012	0.005690	0.014742	0.014322	0.001965	0.008032	0	0	0.024522
03/01/2012	-0.006608	0.011318	0.005318	0.002451	0.005584	0	0	0.001687
04/01/2012	-0.012212	0.003210	-0.000707	-0.031333	0.010289	0	0	-0.013890
05/01/2012	0.000000	0.003839	-0.004255	0.008051	0.000787	0	0	0.000927
06/01/2012	0.000000	-0.002558	0.014815	-0.001505	-0.000787	0	0	0.008200
09/01/2012	0.000516	-0.004492	-0.004562	0.016263	-0.007905	0	0	0.012164
10/01/2012	0.000516	-0.000965	-0.020253	0.032073	0.000000	0	0	0.002612
11/01/2012	-0.001239	0.005457	-0.012642	-0.002714	-0.016000	0	0	-0.000694
12/01/2012	0.005767	0.007653	-0.014278	-0.025416	-0.008097	0	0	-0.013005
13/01/2012	0.000513	-0.108613	0.007348	0.003601	-0.008163	0	0	0.013600

Average returns

BGI	0.000206
CCM	-0.000107
SFI	-0.000185
ICF	-0.000438
ETH	0.000133
ETN	0.000106
ACF	0.000499
IBOV	0.000120

dtype: float64

Covariance matrix

	BGI	CCM	SFI	ICF	ETH	ETN	ACF	IBOV
BGI	3,68E+01	-0.000002	-7,66E-02	6,37E+00	1,59E+01	1,23E+00	-2,18E+00	8,97E-01
CCM	-2,15E+00	0.000284	4,30E+01	3,56E+00	1,10E+01	1,72E+00	1,25E+01	-1,71E+01
SFI	-7,66E-02	0.000043	2,38E+02	3,04E+01	8,37E-01	6,42E-01	-7,08E-01	2,21E+01
ICF	6,37E+00	0.000004	3,04E+01	4,06E+02	4,81E+00	-4,45E-01	1,08E+01	3,69E+01
ETH	1,59E+01	0.000011	8,37E-01	4,81E+00	1,23E+02	1,19E+01	2,71E+00	4,28E+00
ETN	1,23E+00	0.000002	6,42E-01	-4,45E-01	1,19E+01	1,18E+01	1,43E+00	-1,74E+00
ACF	-2,18E+00	0.000013	-7,08E-01	1,08E+01	2,71E+00	1,43E+00	8,53E+01	-2,42E+00

```
Minimum variance portfolio (long only)
---------------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.192378
  CCM        0.021482
  SFI        0.023665
  ICF        0.012524
  ETH        0.002372
  ETN        0.626725
  ACF        0.082149
  IBOV       0.038706
dtype: float64

Expected return:   0.000139721532272
Expected variance: 7.82472629528e-06
Expected Sharpe:   0.0499492259173


Minimum variance portfolio (long/short)
----------------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.204771
  CCM        0.021170
  SFI        0.022294
  ICF        0.009196
  ETH        -0.032662
  ETN        0.653182
  ACF        0.082514
  IBOV       0.039535
dtype: float64

Expected return:   0.000142427771289
Expected variance: 7.68997307126e-06
Expected Sharpe:   0.0513608578638
```

```
Markowitz portfolio (long only, target return: 0.00013)
-------------------------------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.194347
  CCM        0.020233
  SFI        0.022707
  ICF        0.009661
  ETH        0.000666
  ETN        0.629668
  ACF        0.083622
  IBOV       0.039096
dtype: float64

Expected return:   0.000142556716163
Expected variance: 7.80723867092e-06
Expected Sharpe:   0.051019823825

Markowitz portfolio (long/short, target return: 0.00013)
--------------------------------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.204756
  CCM        0.021175
  SFI        0.022300
  ICF        0.009205
  ETH        -0.032662
  ETN        0.653205
  ACF        0.082486
  IBOV       0.039534
dtype: float64

Expected return:   0.000142407237917
Expected variance: 7.68997311387e-06
Expected Sharpe:   0.0513534531853


Markowitz portfolio (market neutral, target return: 0.00013)
------------------------------------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.090818
  CCM        -0.033517
  SFI        -0.040055
  ICF        -0.059965
  ETH        0.000892
  ETN        -0.147484
  ACF        0.181296
  IBOV       0.008015
dtype: float64
```

```
Expected return:   0.000131956493777
Expected variance: 5.17273847675e-06
Expected Sharpe:   0.0580190357046


Tangency portfolio (long only)
------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.283753
  CCM        0.000000
  SFI        0.000000
  ICF        0.000000
  ETH        0.000000
  ETN        0.387954
  ACF        0.295198
  IBOV       0.033095
dtype: float64

Expected return:   0.000250833709284
Expected variance: 1.25720536159e-05
Expected Sharpe:   0.0707428884557

Tangency portfolio (long/short)
-------------------------------
Optimal weights:
  BGI        0.329849
  CCM        -0.024991
  SFI        -0.032871
  ICF        -0.073391
  ETH        -0.031434
  ETN        0.450061
  ACF        0.332203
  IBOV       0.050574
dtype: float64

Expected return:   0.000324163822789
Expected variance: 1.75023345326e-05
Expected Sharpe:   0.0774848068855
```