

Retorno e risco da diversificação de culturas agrícolas: uma análise à luz da Teoria do Portfólio

Reginaldo Santana Figueiredo
Kellen Cristina Campos Fernandes
Odilon José de Oliveira Neto

RESUMO: As particularidades relacionadas às atividades agrícolas tornam-nas mais suscetíveis aos riscos relacionados com a produção e a comercialização. Diante desse problema, o presente estudo analisa a relação entre retorno e risco de diferentes combinações de culturas agrícolas produzidas no Estado de Goiás, utilizando a Teoria do Portfólio. Especificamente, foi também analisada a mitigação do risco de preços da combinação entre diferentes ativos agrícolas. Por se tratar de uma análise de risco dos mais importantes, grãos, fibras e oleaginosos produzidos e comercializados no Estado de Goiás, foram simuladas carteiras combinando a soja com as outras culturas selecionadas (algodão, feijão, milho, sorgo). A presença de soja em todas as carteiras simuladas se deve principalmente a sua flexibilidade em se associar a outras culturas agrícolas e também a sua participação significativa na pauta de exportação. Este estudo utiliza a programação linear para obter a fronteira eficiente, a partir de um conjunto de carteiras ótimas que oferece o maior retorno esperado para um determinado nível de risco ou o menor risco para um dado nível de retorno esperado. Os resultados para fronteira eficiente permitem ao agricultor escolher a combinação que ele prefere de acordo com o seu perfil de tolerância ao risco.

PALAVRAS-CHAVE: Risco. Diversificação. Teoria do Portfólio.

ABSTRACT: The particularities related to the agricultural activities turn them more susceptible to risks related to the production and the commercialization. In face of this problem, the present study analyzes the relationship between return and risk of different combinations of agricultural cultures produced in the State of Goiás using the portfolio theory. Specifically, it was also analyzed the mitigation of the risk of prices of the combination among different agricultural assets. As this study deals with the risk of the more important grains, fibers and oleaginous produced and commercialized in the State of Goiás, it was simulated portfolios combining the soy with the other selected cultures (cotton, bean, corn, sorghum). The presence of soybean in all portfolios simulated is due mainly its flexibility in associating to other agricultural cultures and also its significant participation in the export schedule. This study utilizes linear programming to obtain the efficient frontier, a set of optimal portfolios that offers the highest expected return for a defined level of risk or the lowest risk for a given level of expected return. The results for the efficient frontier allow the farmer can choose the combination he prefers in according his profile of risk tolerance.

KEYWORDS: Risk. Diversification. Portfolio Selection.

Recebido em: 20/06/2015

Aprovado em: 22/02/2016

Sistema de Avaliação: Double Blind Review

Editores Científicos: Maria Aparecida de Souza Melo e Simone Pereira Silva Bastos

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário tem contribuído, consideravelmente, para o desenvolvimento econômico do Brasil. No decorrer dos últimos anos, o Estado de Goiás tornou-se um importante polo de produção agropecuária, destacando-se no cenário nacional.

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

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

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

Atualmente, o agronegócio goiano pode ser considerado um dos setores de maior representatividade na economia, com grande participação no produto interno bruto estadual e expressiva contribuição no desempenho da balança, ao responder por, aproximadamente, 77% das exportações do estado (MDIC, 2012).

A inserção de Goiás no comércio internacional por meio da atividade exportadora é sustentada pela comercialização de produtos pertencentes ao complexo da soja e das carnes. No ano de 2010, esses segmentos representaram 83,55% das exportações do agronegócio goiano. O complexo soja foi responsável por 48,05%, seguido do complexo carnes, com 35,50% das vendas, com destaque para a carne bovina que participou com 18,77%, carne de aves (12,20%), suínos (3,85%) e outras carnes (0,67%) (MDIC, 2012).

Segundo dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado de Goiás ocupa posição de destaque no cenário agrícola nacional: maior produtor de sorgo (39,92%) e tomate (33,48%); terceiro maior produtor de algodão (6,12%) e girassol (19,23%); e quarto colocado na produção de soja (10,55%), feijão (9,14%) e cana de açúcar (6,69%) (IBGE, 2010).

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

Embora, o agronegócio seja um setor muito competitivo, os integrantes das cadeias produtivas enfrentam riscos de produção e de preços, os quais além de causarem instabilidade à própria atividade, também podem provocar instabilidade em todos os demais membros da cadeia de produção da qual participam (MARQUES e AGUIAR, 1993).

Apesar do consenso em torno da presença do risco nas mais diversas

atividades econômicas, as particularidades do setor agropecuário e seus diferentes sistemas de produção, tornam-no mais suscetível a riscos relacionados tanto ao cultivo propriamente dito, quanto ao mercado. Diante dessa problemática, a presente pesquisa se propõe a analisar a relação retorno e risco de diferentes combinações de culturas agrícolas produzidas no Estado de Goiás a luz da Teoria do Portfólio. Especificamente verificou-se também a mitigação do risco de preços da combinação entre diferentes ativos agrícolas.

Para tanto, foram simulados portfólios compostos pelos cinco principais grãos, fibras e oleaginosas produzidos no Estado de Goiás, de modo a avaliar os riscos financeiros. Porém, devido a sua capacidade de consórcio a outras culturas agrícolas e participação na pauta exportadora, a soja foi escolhida para compor o conjunto de portfólios.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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

Os principais riscos da atividade agropecuária são geralmente organizados em quatro categorias, são eles: riscos de produção, riscos operacionais, riscos financeiros e riscos de mercado (KIMURA *et al.*, 1998).

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

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

Para Kimura *et al.* (1998), os riscos financeiros compreendem a possibilidade de perdas relacionadas a mudanças nos cenários econômicos, governamentais (de ordem legal, ambiental, fiscal, entre outras). O agricultor pode estar sujeito a flutuações nas taxas de juros sobre o capital emprestado, ou enfrentar dificuldades de fluxo de caixa se não houver fundos suficientes para reembolsar os credores. Além disso, os governos federal e estadual podem alterar as leis ou regulamentos, como as leis ambientais e fiscais ou modificar os programas das commodities agrícolas, gerando riscos que os agropecuaristas não conseguem prever (USDA, 2007).

Segundo Marques e Aguiar (1993), riscos de mercado referentes à volatilidade dos preços são muito grandes em mercados competitivos, como o agronegócio. Como os preços agrícolas são determinados principalmente nos mercados globais, mudanças inesperadas na demanda global ou o fornecimento de uma mercadoria pode levar a mudanças inesperadas nos preços recebidos pelos agricultores (USDA, 2007).

Embora os riscos de produção e de mercado sejam praticamente incontrolláveis pelos agropecuaristas, algumas medidas de gerenciamento de riscos podem ser adotadas. Dentre as quais, destacam-se a diversificação da produção; adoção de novas tecnologias, incluindo a agricultura de precisão e tecnologia da informação; conservação dos recursos financeiros; a contratação de seguros, previsão de preços e outras ferramentas de proteção (USDA, 2007).

O risco está presente em praticamente toda atividade econômica, especialmente as de cunho agropecuário. Os produtores rurais têm acesso a diversos mecanismos para a gestão desses riscos. No presente estudo, será utilizada a Teoria do Portfólio, desenvolvida por Markowitz (1952), devido a sua capacidade de resposta, parcimônia e robustez, além da sua grande contribuição para os estudos relacionados ao gerenciamento de risco.

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

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

esperado e da variância (ou desvio-padrão) desses retornos; e

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

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

Entende-se por portfólio um conjunto de ativos geralmente constituídos para redução do risco por meio da diversificação. As possíveis diversificações eficientes dos recursos financeiros possibilitam em diferentes alternativas de investimento (FAMA, 1976).

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

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

Markowitz (1952) adverte que somente a diversificação na composição de um portfólio não constitui uma forma de

Retorno e risco da diversificação de culturas agrícolas: uma análise à luz da teoria do portfólio

redução dos riscos, sendo de suma importância a análise da contribuição de cada atividade ao risco total do portfólio e não o seu risco individual. Neste sentido, a composição de um portfólio eficiente implica na avaliação do retorno de cada atividade, das variações desses retornos e das relações entre os retornos das diversas atividades que o compõem.

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

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

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

Onde:

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

x_i é a proporção de recursos investidos no ativo i ; e

$E(r_i)$ é o retorno esperado do ativo i ; e n é o número de ativos que compõe o portfólio.

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

Minimizar

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_i r_i = \mu = E(r_p) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i x_j = 1 \quad (4)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

Onde:

σ_p é o desvio-padrão do portfólio;

n é o número de ativos que compõem o portfólio;

x_i é a proporção de recursos investidos no ativo i ;

x_j é a proporção de recursos investidos no ativo j ;

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

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

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

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

r_i é o retorno esperado do ativo i .

Em suma, a função objetivo modela o risco do portfólio, o qual o investidor deseja minimizar. A primeira restrição representa o valor esperado do retorno do portfólio. A penúltima restrição garante que todo o recurso disponível seja utilizado, e as duas últimas restrições asseguram que as proporções de recursos sejam diferentes de zero.

3 METODOLOGIA

Buscando atender ao objetivo proposto no artigo, optou-se pela aplicação de uma pesquisa descritiva do tipo quantitativa. Foram utilizados dados secundários referentes aos preços. Os dados utilizados, neste trabalho, consistem em preços médios mensais do milho, soja, feijão e sorgo (reais por saca de 60 quilogramas) e algodão (reais por arroba líquida) recebidos pelos produtores no Estado de Goiás. Os preços foram obtidos na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) entre os meses de dezembro de 2008 a maio de 2012. Em relação ao período da pesquisa, cada atividade possui 42 observações, totalizando 210 observações.

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

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

A variação relativa de preços entre os instantes de tempo gera retornos ao investidor, por este motivo a série de preços dos produtos agropecuários será transformada em retornos. Com base nos preços históricos reais, foram elaboradas séries históricas mensais de taxas de retorno. De acordo com Benninga (2000), essas taxas de retornos são representadas pela equação a seguir:

$$r_i = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (7)$$

Onde:

r_i é a taxa de retorno do ativo i ;

P_t é o preço do ativo i no período t ; e

P_{t-1} é o preço do ativo i no período $t-1$.

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

Foram utilizados *softwares* específicos para os modelos propostos à luz da Teoria do Portfólio, isto porque o número de restrições inviabilizaria a sua resolução manual. Para a otimização dos portfólios, foi utilizado o *software What's BEST!*, versão 11.1, desenvolvido por *Lindo Systems*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foram calculados os riscos e os retornos para cada produto, considerando que a totalidade dos recursos foi investida na comercialização de apenas um produto. As estatísticas referentes aos retornos esperados e aos riscos mensais de cada produto, estão dispostas na Tabela 1.

Analisando os dados da Tabela 1, referentes ao período compreendido entre dezembro de 2008 e maio de 2012, observa-se que o retorno esperado do feijão (2,20%) tende a superar os retornos dos demais ativos, no entanto apresenta o maior risco (15,42%). O sorgo apresenta o menor retorno (0,34%) e um dos menores retornos (6,3%).

Tabela 1 – Riscos e retornos esperados mensais para os principais grãos, fibras e oleaginosas produzidos no Estado de Goiás entre dezembro de 2008 e maio de 2012.

Ativos	Retorno	Desvio-padrão
Algodão	0,96%	10,71%
Feijão	2,23%	15,42%
Milho	0,52%	7,13%
Soja	0,69%	5,14%
Sorgo	0,34%	6,33%

Fonte: Acervo pessoal (2016)

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

volatilidade histórica com estimador do risco para respectiva série. Para testar a estacionariedade das séries em estudo, aplicou-se o teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller* Aumentado (*ADF*). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Teste de Raiz-Unitária em nível para os retornos para os principais grãos, fibras e oleaginosas produzidos no Estado de Goiás entre dezembro de 2008 e maio de 2012

Atividades	Estatística de Teste <i>ADF</i>	<i>Durbin-Watson</i>	Resultado
Algodão	-4,576925	2,103748	Pode-se rejeitar H_0
Feijão	-4,915271	1,846783	Pode-se rejeitar H_0
Milho	-4,151182	1,930411	Pode-se rejeitar H_0
Soja	-3,826612	2,126149	Pode-se rejeitar H_0
Sorgo	-4,194829	2,041829	Pode-se rejeitar H_0

Os valores críticos para o teste *ADF* para os níveis de significância de 1%, 5% e 10%, são: -3,605593; -2,936942 e -2,606857, respectivamente.

Fonte: Acervo pessoal (2016)

De acordo com os resultados da Tabela 2, os resultados do teste *ADF* para as séries de retornos, em nível, com intercepto, podem-se rejeitar a hipótese nula de existência de raiz unitária, em todos os níveis de significância, indicando que todas as séries são estacionárias. Os valores da estatística de *Durbin-Watson* em todas as séries apresentaram valores próximos de 2,0, evidenciando que o teste é conclusivo, visto que as séries não apresentam autocorrelação serial.

Aplicados os testes de raiz unitária às séries de retornos mensais, este estudo tem continuidade com o cálculo da matriz de correlação para verificar a possibilidade de redução dos riscos, por meio da estratégia de diversificação dos investimentos. A Tabela 3 apresenta os resultados da matriz de correlação entre os produtos agropecuários considerados neste trabalho.

Tabela 3 – Matriz de correlação dos retornos mensais para os principais grãos, fibras e oleaginosas produzidos no Estado de Goiás entre dezembro de 2008 e maio de 2012.

	Algodão	Feijão	Milho	Soja	Sorgo
Algodão	1	0,081 ^{***} (0,613)	0,572 [*] (0,000)	0,287 ^{***} (0,069)	0,451 [*] (0,003)
Feijão		1	0,093 ^{ns} (0,563)	-0,023 ^{ns} (0,886)	-0,029 ^{ns} (0,856)
Milho			1	0,468 [*] (0,002)	0,897 [*] (0,000)
Soja				1	0,432 [*] (0,005)
Sorgo					1

Nota: (*) significativa estatisticamente em 1%, (***) significativa estatisticamente em 10% e, (ns) não significativa estatisticamente.

Fonte: Acervo pessoal (2016)

A partir da análise de correlação, foram verificados ativos positivamente correlacionados, como é o caso da soja e milho (0,468), do algodão e do milho (0,572), do algodão e do sorgo (0,451), do milho e do sorgo (0,897), e da soja e do sorgo (0,432). Os retornos dos demais ativos apresentaram correlação nula, ou seja, as correlações não são significantes estatisticamente. Esses resultados sugerem uma possível viabilidade de redução de riscos a partir da adoção da estratégia de diversificação dos investimentos.

Com o intuito de obter a combinação de menor risco entre os produtos comercializados, foram simulados diferentes portfólios compostos por dois, três, quatro e cinco ativos. Por se tratar de uma análise de risco de produtos agropecuários comercializados no Estado de Goiás, foram simulados portfólios combinando a soja com os demais ativos, devido à grande participação dos produtos do complexo soja na pauta exportadora de Goiás.

Os portfólios foram otimizados com o intuito de identificar as participações de cada ativo na composição dos portfólios para que os riscos sejam minimizados. A Tabela 4 apresenta diferentes portfólios compostos por dois ativos com seus respectivos riscos e retornos esperados.

Tabela 4 – Composições dos portfólios formados pelas combinações entre dois ativos agrícolas que minimizam o risco do investimento

Portfólios	Algodão	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Risco	Retorno esperado	CV
Soja/Algodão	18,72%	-	-	81,28%	-	4,64%	0,74%	6,270
Soja/Feijão	-	10,01%	-	89,99%	-	4,88%	0,84%	5,810
Soja/Milho	-	-	21,57%	78,43%	-	4,94%	0,65%	7,600
Soja/Sorgo	-	-	-	67,82%	32,18%	4,74%	0,58%	8,172

Nota: (CV) é o coeficiente de variação

Fonte: Acervo pessoal (2016)

Retorno e risco da diversificação de culturas agrícolas: uma análise à luz da teoria do portfólio

De acordo com os resultados expostos na Tabela 4, pode-se observar que dentre os portfólios formados por dois ativos, o portfólio que apresentou maior risco (4,94%) é composto por 21,57% de milho e 78,43% de soja, o que pode ser explicado pela correlação positiva (0,468) entre os dois ativos. O portfólio de menor risco (4,64%) é composto por 18,72% de algodão e 81,28% de soja, devido à ausência de correlação entre os dois ativos.

Observa-se que embora o portfólio composto por soja e feijão apresente um risco relativamente alto (4,88%), essa composição também foi a que apresentou o maior retorno esperado (0,84%) dentre os portfólios analisados. Apesar de os ativos não apresentarem correlação significativa, esse fato pode ser justificado pelo alto nível de risco e retorno esperado atribuído ao feijão. Do ponto de vista do coeficiente de variação, esse portfólio apresentou menor

dispersão relativa conforme resultado para o coeficiente de variação (5,810) dentre os demais.

Por outro lado, o portfólio composto por 67,82% de soja e 32,18% de sorgo apresentou coeficiente de variação (8,172) superior aos outros portfólios, devido à correlação positiva entre os ativos. Além disso, esse portfólio também apresentou o menor retorno esperado (0,58%) comparado aos demais portfólios compostos por dois ativos.

Para melhor entender o princípio da diversificação, incluiu-se mais um ativo na composição do portfólio. A Tabela 5 apresenta as composições dos portfólios formados pelas combinações de três ativos, com seus respectivos riscos e retornos esperados.

Tabela 5 – Composições dos portfólios formados pelas combinações de três ativos agrícolas que minimizam o risco do investimento

Portfólios	Algodão	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Risco	Retorno esperado	CV
Soja/Algodão/Feijão	17,17%	8,29%	-	74,54%	-	4,44%	0,86%	5,163
Soja/Algodão/Milho	18,72%	-	0,00%	81,28%	-	4,64%	0,74%	6,270
Soja/Algodão/Sorgo	13,53%	-	-	69,42%	17,05%	4,55%	0,67%	6,791
Soja/Feijão/Milho	-	9,32%	19,56%	71,12%	-	4,71%	0,80%	5,888
Soja/Feijão/Sorgo	-	8,63%	-	61,96%	29,41%	4,53%	0,72%	6,292
Soja/Milho/Sorgo	-	-	0,00%	67,82%	32,18%	4,74%	0,58%	8,172

Nota: (CV) é o coeficiente de variação

Fonte: Acervo pessoal (2016)

Os resultados dispostos na Tabela 5 mostram que o portfólio que apresentou o menor risco (4,44%) é composto por 74,54% de soja, 17,17% de algodão e 8,29% de feijão, devido à ausência de correlação entre os ativos. Enquanto que o portfólio composto por 0,00% de milho, 67,82% de soja e 32,18% de sorgo apresentou o maior

risco (4,74%) dentre os demais, decorrente da alta correlação positiva significativa entre os ativos.

É importante ressaltar que a inclusão do feijão e do sorgo no portfólio composto por soja e algodão contribuiu para a redução do risco. O portfólio composto por soja e algodão proporcionou risco de 4,64%, no entanto, os portfólios compostos por soja,

algodão e feijão e por soja, algodão e sorgo apresentaram riscos de 4,44% e 4,55%, respectivamente.

A inclusão do sorgo, do algodão e do feijão no portfólio composto por soja e milho também contribuiu para a diminuição significativa do risco. O risco do portfólio composto por soja e milho corresponde a 4,94%, enquanto os portfólios compostos por soja, algodão e milho; por soja, feijão e milho e por soja, sorgo e milho apresentaram

riscos de 4,64%; 4,71% e 4,74%, respectivamente.

Com o intuito de verificar o comportamento dos riscos e dos retornos esperados, diversificou-se ainda mais os portfólios, através da inclusão de outro ativo. Na tabela 6, são expostas as composições dos portfólios formados pelas combinações de quatro ativos que minimizam o risco do investimento.

Tabela 6 – Composições dos portfólios formados pelas combinações de quatro ativos agrícolas que minimizam o risco do investimento

Portfólios	Algodão	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Risco	Retorno esperado	CV
Soja/Algodão/Feijão/Sorgo	12,44%	8,03%	-	63,85%	15,68%	4,37%	0,79%	5,532
Soja/Algodão/Feijão/Milho	17,17%	8,29%	0,00%	74,54%	-	4,44%	0,86%	5,163
Soja/Feijão/Milho/Sorgo	-	16,36%	0,00%	56,72%	26,92%	4,33%	0,64%	6,766

Nota: (CV) é o coeficiente de variação

Fonte: Acervo pessoal (2016)

Conforme os resultados da Tabela 6, o portfólio composto por soja, algodão, feijão e milho é o de maior risco (4,44%) e maior retorno esperado (0,86%), dentre os demais portfólios compostos por quatro ativos. Da mesma forma, o portfólio que proporcionou o menor risco (4,33%) e o menor retorno esperado (0,64%) é composto por soja, feijão, milho e sorgo.

Entretanto, ao se analisar os resultados do ponto de vista do coeficiente de variação, observa-se que o portfólio composto por soja, feijão, milho e sorgo apontou um coeficiente de variação (6,766) superior aos demais, enquanto que o portfólio composto por soja, algodão, feijão e milho apresentou o menor coeficiente de variação (5,163) dentre os portfólios analisados.

De modo geral, observou-se que todos os portfólios compostos por quatro ativos estimaram riscos inferiores aos dos

portfólios com três ativos. Dessa forma, a inclusão de um ativo nos portfólios compostos por três ativos contribuiu para a diminuição do risco do portfólio.

Nota-se, portanto, que enquanto o portfólio composto por soja, algodão e sorgo apresentou risco de 4,55%, o portfólio composto por soja, algodão, feijão e sorgo teve um risco estimado em 4,37%. A combinação de soja, feijão e milho apresentou um risco de 4,71%, ao acrescentar o algodão, o risco diminuiu para 4,44%. O portfólio composto por soja, milho e sorgo apresentou risco de 4,74%, a inclusão do feijão na composição desse portfólio contribuiu para que o risco se reduzisse para 4,33%.

Tabela 7 – Composições dos portfólios formados pelas combinações de cinco ativos que minimizam o risco do investimento

Portfólios	Algodão	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Risco	Retorno	CV
Soja/Algodão/Feijão/Milho/Sorgo	12,44%	8,03%	0,00%	63,85%	15,68%	4,37%	0,79%	5,532

Fonte: Acervo pessoal (2016)

Por fim, buscou-se conhecer o comportamento dos riscos e dos retornos esperados ao compor um portfólio com os cinco ativos, considerados no presente trabalho. A Tabela 7 apresenta a composição do portfólio formado pela combinação de cinco ativos, com seu respectivo risco e retorno esperado.

De acordo com os resultados expostos na Tabela 7, nota-se que a inclusão do milho na composição do portfólio formado pela soja, algodão, feijão e sorgo não altera as participações dos ativos na formação do portfólio. Esse fato pode ser explicado pela participação do milho no portfólio que é 0,00%, devido às altas correlações positivas entre o milho e a soja, entre o milho e o sorgo e entre o milho e o algodão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor agropecuário é composto por diferentes sistemas de produção suscetíveis a riscos relacionados tanto à produção quanto ao mercado, os quais não podem ser controlados. Dessa forma, a diversificação das atividades agropecuárias constitui um mecanismo eficiente para a gestão desses riscos, ao possibilitar a obtenção de resultados econômicos satisfatórios e atender aos objetivos do produtor rural.

Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi analisar a relação retorno e risco de diferentes combinações de culturas agrícolas produzidas no Estado de Goiás

com a utilização de uma abordagem baseada em Programação Linear, aplicada à Teoria do Portfólio, desenvolvida por Harry Markowitz.

Para tanto, foram levantadas, entre os meses de dezembro de 2008 a maio de 2012, as séries históricas de preços da soja, algodão, milho, feijão e sorgo recebidos pelos produtores no Estado de Goiás para calcular as séries de retornos. Verificada a estacionariedade das séries, foram calculadas as volatilidades, as correlações e as estatísticas descritivas, conforme a metodologia proposta pela Teoria do Portfólio. Após a formulação do modelo de otimização, foram obtidos os portfólios ótimos.

Com relação aos portfólios formados por dois ativos, notou-se que o portfólio composto por aproximadamente 90% de soja e 10% de feijão foi o que apresentou o melhor equilíbrio em retorno e risco entre os portfólios, respectivamente, 0,84% e 4,88%. Do ponto de vista de um investidor com maior aversão ao risco, este também é considerado como a melhor opção de investimento, o que foi comprovado pelo seu baixo coeficiente de variação.

Por outro lado, em se tratando dos portfólios compostos por três ativos, ou seja, a combinação 17,17% de algodão, 8,29% de feijão e 74,54% de soja, apresentou-se como a mais viável sob o ponto de vista do investimento, com o maior retorno (0,86%) e o menor risco (4,44%), entre os portfólios selecionados.

Os resultados da relação retorno e risco da combinação entre quatro e cinco ativos agrícolas merecem destaque. Nesse patamar, enquanto a combinação soja, algodão, feijão e milho, foi a mais significativa entre as combinações com quatro ativos, a inclusão do milho na composição do portfólio com cinco ativos, não altera as participações dos demais. Esse resultado vai ao encontro a teoria proposta por Markowitz, já que a covariância positiva significativa entre o milho e as demais culturas ampliaria o risco do portfólio.

No contexto geral, os resultados permitiram apontar as combinações que apresentam maior equilíbrio na relação retorno e risco, assim como contribuem para que o produtor agrícola do Estado de Goiás decida com maior precisão pela combinação mais adequada de grãos, fibras e oleaginosas a serem produzidas em sua propriedade, isto é, considerando o seu perfil-investidor de aversão ao risco.

Com relação ao método utilizado nesta pesquisa, em que se procurou estudar a relação retorno esperado e risco, foi bem-sucedido no que diz respeito aos objetivos iniciais propostos. O objetivo principal, que visou disponibilizar uma ferramenta para auxiliar o produtor na alocação dos recursos em cada uma das culturas estudadas, foi inteiramente alcançado, pois indicou de forma clara, baseando-se em dados históricos, diferentes possibilidades de combinações de atividades agropecuárias, com seus respectivos riscos e retornos esperados.

Quanto às limitações do trabalho, pode-se afirmar que estas são de ordem metodológica inerentes aos dados utilizados. A dificuldade de obtenção de dados limitou a formulação do modelo, visto que a inclusão de outras variáveis poderia contribuir para a melhor aplicação do modelo. Também há

que se considerar, que a presente pesquisa se refere ao recorte temporal compreendido entre dezembro de 2008 e maio de 2012. É importante ressaltar que o envolvimento de especialistas técnicos e financeiros na formulação do modelo permitirá o aperfeiçoamento e a ampliação do seu potencial de aplicação.

Ao fim, propõe-se que futuros estudos relacionados à temática retorno e risco possam ser realizados em outras regiões, assim como, outros ativos agrícolas sejam incorporados a avaliações, com a finalidade de contribuir para tomada de decisão por parte de produtores, e também para o desenvolvimento da pesquisa pautada na gestão do risco no mercado de *commodities* agrícolas.

REFERÊNCIAS

BENNINGA, S. **Financial modeling**. 2. ed. Massachusetts Institute of Technology, 2000, 622 p.

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

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

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

ESTEVAM, L. A. **O tempo da transformação: estrutura e dinâmica na**

- formação econômica de Goiás.** Campinas, 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento - SEGPLAN; Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas - SEPIN. **Goiás em Dados 2011.** Goiânia: SEGPLAN, 2011. 196 p.
- FAMA, E. F. **Foundation of Finance.** New York: Basic Book, 1976.
- GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira.** 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745 p.
- GRINBLATT, M.; TITMAN, S. **Mercados Financeiros e Estratégia Corporativa.** Porto Alegre: Bookman, 2005. 723 p.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p.
- HADAWAY, S. C. Diversification possibilities in agricultural land investments. **The Appraisal Journal**, v. 46, n. 4, p. 529-537. Oct. 1978.
- HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R.B.M.; ANDERSON, J. R.; LIEN, G. **Coping with risk in agriculture.** 2. ed. Cambridge: CABI Publishing, 2004.
- HARDWOOD, J.; HEIFNER, R.; COBLE, K.; PERRY, J. **Managing Risk in Farming: Concepts, Research and Analysis.** U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report nº 774, 1999. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/aer774> . Acesso em 27 jan. 2012.
- KIMURA, H. Administração de riscos em empresas agropecuárias e agroindustriais. **Caderno de Pesquisas em Administração,** São Paulo, v.1, n. 7, 2º trimestre, 1998. p. 51-61.
- LAZZAROTTO, J. J. **Desempenho econômico e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná.** 2009. 176f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.
- MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v.7, n.1, p.77-91, 1952.
- MARQUES, P. V.; AGUIAR, D. R. D. **Comercialização de produtos agrícolas.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 295 p.
- MOREIRA, V. R. **Gestão dos riscos do agronegócio no contexto cooperativista.** 2009. 208 f. Tese (Doutorado em Administração). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.
- PÁDUA, A. A. S. **Migração, Expansão Demográfica e Desenvolvimento Econômico em Goiás.** 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial). Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.
- PEREIRA, S. L.; ALMEIDA FILHO, N. Alterações Estruturais na Economia Goiana e do Sudoeste Goiano. In: **O Agronegócio nas Terras de Goiás.** Uberlândia: Editora Edufu. 1. ed. 2003. 343 p.
- REILLY, F.K.; BROWN, K.C. **Investment Analysis and Portfolio Management.** Thomson South-Western. 9th edition. 2009.
- USDA. **Risk management.** United States Department of Agriculture – 2007. Farm Bill Theme Papers. Disponível em: <http://www.usda.gov/documents/Farbill07riskmgmtrev.pdf>. Acessado em: 10 fev. 2012.

OS AUTORES

Reginaldo Santana Figueiredo

Doutor em Economia pela UFRJ
Instituição: Universidade Federal de Goiás –
UFG
Endereço: Escola de Agronomia, Rodovia
Goiânia - Nova Veneza, km Zero, Caixa-
Postal: 131, Goiânia/GO.
E-mail: emaildesantana@gmail.com

Kellen Cristina Campos Fernandes

Mestre em Agronegócio pela UFG
Instituição: Instituto de Ensino Superior de
Rio Verde – IESRIVER
Endereço: Rua Doze de Outubro, S/N -
Jardim Adriana Rio Verde/GO.
E-mail: kellenrv@yahoo.com.br

Odilon José de Oliveira Neto

Doutor em Administração pela FGV/EAESP
Instituição: Universidade Federal de
Uberlândia – UFU
Endereço: Faculdade de Ciências Integradas
do Pontal, Universidade Federal de
Uberlândia, Rua 20, nº 1600, Bairro Tupã,
Ituiutaba/MG.
E-mail: professorodilon@gmail.com