



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

FELIPE MORELLI DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO MERCADO FUTURO DO MILHO BRASILEIRO
COMO MECANISMO DE APOIO À COMERCIALIZAÇÃO PARA OS
PRODUTORES DE GOIÁS**

PUBLICAÇÃO: 125/2016

**Brasília/DF
Fevereiro/2016**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

FELIPE MORELLI DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO MERCADO FUTURO DO MILHO BRASILEIRO
COMO MECANISMO DE APOIO À COMERCIALIZAÇÃO PARA OS
PRODUTORES DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação Agronegócios, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Borges Botelho Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Itiberê Saldanha Silva

**Brasília/DF
Fevereiro/2016**

SILVA, F. M. **Avaliação do mercado futuro do milho brasileiro como mecanismo de apoio à comercialização para os produtores de Goiás.** 2016, 70 f.
Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado/tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Filipe Morelli da
Avaliação do mercado futuro do milho brasileiro como mecanismo de apoio à comercialização para os produtores de Goiás. / Filipe Morelli da Silva. – Brasília: [s.n], 2016.
70 f.

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.
Orientador: Prof. Dr. Flávio Botelho Borges Filho.

1. Milho. 2. Goiás. 3 Mecanismo de apoio à comercialização. I. Borges Filho, Flávio Botelho; II. Universidade de Brasília. II. Mestrado em Agronegócios. III. Título.

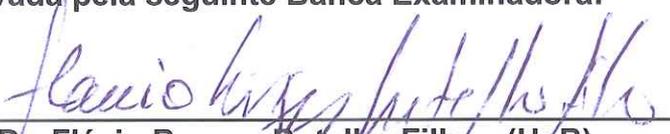
CDD ou CDU
Agris / FAO

FELIPE MORELLI DA SILVA

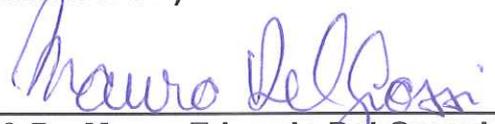
**AVALIAÇÃO DO MERCADO FUTURO DO MILHO BRASILEIRO COMO
MECANISMO DE APOIO À COMERCIALIZAÇÃO PARA OS PRODUTORES DE
GOIÁS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado/Doutorado do Programa de Pós-graduação Agronegócios da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:



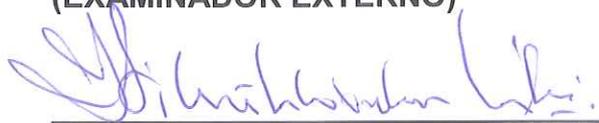
Prof. Dr. Flávio Borges Botelho Filho - (UnB)
(ORIENTADOR)



Prof. Dr. Mauro Eduardo Del Grossi - (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)



Prof. Dr. Manoel Pereira de Andrade - (UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)



Prof. Dr. Itiberê Saldanha Silva - (UnB)
(CO-ORIENTADOR)

Brasília, 25 de Fevereiro de 2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Altair Antônio da Silva e Jussara Morelli da Silva e ao meu irmão Rodrigo Morelli da Silva, pela inspiração, sabedoria, compreensão e auxílio.

À Universidade de Brasília, pela oportunidade de cursar o Mestrado Acadêmico e a todos os seus professores, alunos e funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (CEPEA/ESALQ), à Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e à Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA) pelos dados disponibilizados.

Ao orientador Prof. Dr. Flávio Borges Botelho Filho e ao co-orientador Prof. Dr. Itiberê Saldanha Silva, pela inspiração, paciência e conhecimentos transmitidos.

Ao Coordenador Prof. Dr. Marlon Vinícius Brisola e a todos os professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade de Brasília (PROPAGA/UnB), pela atenção e transmissão de conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Manoel Pereira de Andrade e ao Prof. Dr. Mauro Eduardo Del Grossi, pela atenção e pelas contribuições na elaboração desta dissertação.

Aos amigos e colegas que conheci durante o mestrado e à minha amiga de pesquisa Lêda Soares Alves.

Aos meus amigos e familiares, pela atenção e incentivo.

RESUMO

Estudou-se o mercado futuro brasileiro de milho como sendo um mecanismo de apoio à comercialização para os produtores goianos. Avaliaram-se os contratos futuros de milho negociados na BM&FBOVESPA, concluindo que os mesmos podem, realmente, ser utilizados em estratégias de *hedging*. Como metodologia, foram utilizados três aspectos envolvendo tal mercado, sendo eles: a liquidez dos contratos futuros de milho; o comportamento da base do milho em cidades goianas, onde o produto alcança certo destaque em nível de produção e comercialização e a razão ótima de *hedge* para essas mesmas localidades. Os resultados encontrados demonstram evolução no número de contratos futuros negociados, apesar daqueles contratos com vencimento em julho e outubro ainda apresentarem baixa liquidez. Concluiu-se, ainda, que para a maioria das cidades pesquisadas, a base do milho apresenta um comportamento que possibilita aos produtores realizarem estratégias de *hedge*. Porém, quanto à razão ótima de *hedge*, a mesma apresentou valor médio para a região de apenas 41%, a uma efetividade média de 17%.

Palavras-chave: Milho; Goiás; *Hedge* ótimo; Liquidez; Base.

ABSTRACT

Was studied the Brazilian futures market for corn as a marketing support mechanism to the Goiás Producers. Was evaluated if corn futures contracts traded on BM&FBOVESPA may actually be used in hedging strategies. As methodology, were analyzed three aspects involving such a Market: the liquidity of corn futures contracts; the corn basis behavior in five cities of Goiás, where the product reaches certain level of prominence in production and marketing, and the optimal hedge ratio for these same locations. The results demonstrate increase in the number of traded futures contracts, despite those contracts maturing in July and October still present low liquidity. It revealed also that, for the majority of cities, the basis of corn presents a behavior that enables producers perform hedge strategies. However, about the optimal hedge ratio, it showed average value for the region of only 41%, with an average of 17% effectiveness.

Keywords: Corn; Goiás; optimal hedge; Liquidity; Basis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Produção de milho dos maiores produtores mundiais (em milhões de toneladas) – de 2000 a 2013.....	17
Gráfico 2–Relação entre produção nacional e consumo animal de milho	20
Gráfico 3 – Exportação brasileira de milho entre 2001 e 2014.....	21
Gráfico 4 – Média mensal das exportações brasileira de milho entre 2006 e 2015* .	22
Gráfico 5– Número de contratos futuros de milho com vencimento em setembro de 2014 e negociados na BM&FBOVESPA, para o período entre o início de sua negociação (11/06/2013) e o seu vencimento (15/09/2014)	48
Gráfico 6– Histogramas das bases	54
Gráfico 7 – Comportamento do preço futuro e à vista da saca de milho de 60kg	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volatilidade da média dos preços à vista da saca de 60 kg para o Brasil entre outubro e novembro de 2015, entre maio e novembro de 2015 e entre novembro de 2014 e novembro de 2015.....	15
Tabela 2 – Maiores exportadores mundiais de milho, em milhões de toneladas, para a safra de 2012/13	18
Tabela 3 – Maiores Importadores mundiais de milho, em milhões de toneladas, para a safra de 2012/13	19
Tabela 4 – Consumo de milho por segmento no Brasil, em milhares de toneladas ..	20
Tabela 5 – Produção de milho (1ª e 2ª safra) entre as diferentes regiões brasileiras em milhares de toneladas para as safras de 2003/04 a 2013/14	23
Tabela 6 – Produtividade de milho (1ª e 2ª safra) entre as diferentes regiões brasileiras em Kg/ha para as safras de 2003/04 a 2013/14	23
Tabela7– Modelos convencionais e generalizados para a estimação dos <i>hedge</i> ótimo e da efetividade.	28
Tabela 8 – Relação entre o número de contratos futuros de milho negociados e a safra brasileira produzida	47
Tabela 9 – Média do número de contratos negociados diariamente para os diferentes meses de vencimento entre 2004 e 2015	48
Tabela 10 – Média diária do número de contratos negociados no período de três meses que antecedem seu mês de vencimento, entre 2004 e 2015	49
Tabela 11 – Média diária do número de contratos em aberto para os diferentes meses de vencimento entre 2009 e 2015.	50
Tabela 12 – Média diária do número de contratos em aberto no período de três meses que antecedem seu mês de vencimento, entre 2009 e 2015	50
Tabela 13 – Dados do contrato futuro de milho com liquidação financeira (CCM) e vencimento em agosto (Q), entre os anos de 2009 e 2015.....	51
Tabela 14– Estatística descritiva dos preços recebidos pelos produtores de milho por saca de 60kg, em R\$, de acordo com suas cidades	52
Tabela 15 – Estatística descritiva da base do milho para as 5* cidades goianas analisadas	53
Tabela 16 – Matriz de correlação entre as bases.....	53
Tabela 17 – Teste Kolmogorov-Smirnov de normalidade das bases	55

Tabela 18– Intervalo de confiança para as bases	55
Tabela 19 – Coeficiente de correlação entre o preço futuro e os preços à vista para cada cidade goiana analisada e para a cidade de Campinas - SP	58
Tabela 20 – Resultados dos testes de raiz unitária para as séries de preços semanais à vista e futuro de milho no período entre Janeiro de 2010 e dezembro de 2014.	58
Tabela 21 – Resultados dos testes de raiz unitária para as séries de preços semanais à vista e futuro de milho, em primeira diferença, no período entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.....	59
Tabela 22 - Razão ótima de <i>hedge</i> estimado para cada cidade segundo o modelo convencional em defasagem.....	60
Tabela 23 – Efetividade e razão ótima de <i>hedge</i> para as séries de preços semanais de milho entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.	61
Tabela 24 – Efetividade e razão ótima de <i>hedge</i> para as séries de preços semanais de milho entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.	61

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMILHO	Associação Brasileira das Indústrias do Milho
ABRAMILHO	Associação Brasileira dos Produtores de Milho
ALICEWeb	Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Web
AMIS	<i>Agricultural Market Information System</i>
BM&FBOVESPA	Bolsa de Mercadorias e Futuros
CBOT	<i>Chicago Board of Trade</i>
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
Kg	Quilograma
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
R\$	Real
SEAGRO	Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Irrigação do Ministério do Meio Ambiente
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problemas	15
1.2	O mercado do Milho	17
1.2.1	<i>Mercado internacional do milho</i>	17
1.2.2	<i>Mercado brasileiro do milho</i>	19
1.2.3	<i>Formação do preço do milho</i>	24
1.3	Objetivos	25
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	25
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1	<i>Hedge</i>	26
2.2	<i>Hedge de mínima variância</i>	28
2.3	Base	29
2.4	Risco de Base	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Liquidez dos contratos futuros	32
3.1.1	<i>Dados</i>	34
3.2	Base e o risco de base	34
3.2.1	<i>Dados</i>	35
3.2.2	<i>Cálculo da base</i>	35
3.2.3	<i>Teste de correlação</i>	36
3.2.4	<i>Testes de aderência à distribuição normal</i>	37
3.3	<i>Hedge de mínima variância e sua efetividade</i>	38
3.3.1	<i>Dados</i>	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Resultados quanto à liquidez dos contratos futuros	46
4.2	Resultados quanto à base e o risco de base	51
4.3	Resultados quanto ao <i>hedge</i> ótimo e sua efetividade	56
5	CONCLUSÕES GERAIS	65
6	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos alimentos mais consumidos no mundo, apesar de recentemente ter parte de sua produção destinada à produção de etanol. A sua produção ainda deverá aumentar devido à adoção de biotecnologias que permitem reduzir a vulnerabilidade da cultura frente a fatores como condições climáticas e exigência por água e defensivos agrícolas (AGRIANUAL, 2012. p 189).

Segundo as projeções para o período de 2012/13 a 2022/23, em estudo elaborado pelo MAPA (2014), Minas Gerais e Goiás continuarão entre os estados com maior produção de milho no país, juntamente com os estados do Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Tal estudo ainda aponta que, para os anos de 2022/23, a produção projetada dessa commodity será de 93,6 milhões de toneladas, sendo que, para o ano de 2012/13 a produção nacional foi de 78,5 milhões de toneladas. Entre 2013 e 2023 a produtividade média projetada para o milho será de 5,0 a 6,4 toneladas por hectare (valor ainda considerado baixo pela CONAB) e a área plantada deverá crescer 6,3%, passando para 21,6 milhões de hectares em 2022/23.

Um dos componentes de risco ao qual estão expostos os diferentes setores do agronegócio brasileiro e que deve ser considerado durante a tomada de decisões é a volatilidade dos preços das commodities, uma vez que a exposição à volatilidade pode acarretar impactos negativos tanto para produtores quanto para consumidores.

A volatilidade é o coeficiente de variação dos preços médios diários. Ela é expressa em porcentagem e se refere a um determinado período de tempo. (AMIS, 2015). Na tabela 1 tem-se a volatilidade dos preços reais do milho no Brasil. A mesma foi de 2,7% entre os meses de outubro e novembro de 2015 e, no intervalo dos últimos 12 meses (entre novembro de 2014 e novembro de 2015), foi de 11,5%.

Tabela 1 – Volatilidade da média dos preços à vista da saca de 60 kg para o Brasil entre outubro e novembro de 2015, entre maio e novembro de 2015 e entre novembro de 2014 e novembro de 2015.

Série	Nov/2015	Out a nov/2015		Maio a nov/2015		Nov/2014 a nov/2015	
	Valor (R\$)	Valor (R\$)	Variação (%)	Valor (R\$)	Variação (%)	Valor (R\$)	Variação (%)
Preços nominais	26,83	26,12	- 2,7	21,59	- 24,3	21,64	- 24,0
Preços reais	14,84	14,57	- 1,9	12,51	- 18,6	13,31	- 11,5

Fonte: AMIS (2015).

A volatilidade de preços agrícolas impacta na renda e nos investimentos dos agricultores, porém existem mecanismos que podem minimizar os riscos.

Um desses mecanismos é a estratégia de *hedge*, ou estratégia de cobertura de risco, a partir da qual os produtores conseguem fixar preços futuros para suas produções e reduzir a incerteza sobre suas receitas. O presente trabalho teve como objetivo estudar um mecanismo de proteção contra a variação dos preços e que está acessível aos produtores goianos de milho.

1.1 Problemas

O *hedge* de venda é realizado através da aquisição de contratos de futuros na posição vendida, que no caso dos agricultores brasileiros são adquiridos, ou preferencialmente, deveriam ser adquiridos junto à BM&FBOVESPA. Por este motivo, a competitividade do mercado futuro (capacidade da BM&FBOVESPA atrair agentes e tornar o negócio com contratos futuros mais atrativos que em bolsas estrangeiras) é tão importante, pois gera maior liquidez aos contratos negociados.

Quando um agente do agronegócio brasileiro toma como referencial o preço futuro em uma bolsa estrangeira (como a bolsa de Chicago ou de Nova York) para tomar suas decisões e realizar estratégias de proteção de preços, ele está considerando o preço físico no mercado dos EEUU. Este valor é determinado pela oferta e demanda interna dos EEUU, uma vez que o preço futuro em tais bolsas é balizado pelo preço à vista em seu mercado interno. Além do preço do milho no mercado dos EEUU, o câmbio afetará o preço do milho em reais. Dessa forma, o agricultor teria riscos menores (risco de base) se sua estratégia operasse com os preços futuros da BM&FBOVESPA.

Um limitador para à prática do *hedge* é a necessidade que os agentes têm de negociar contratos futuros em qualquer momento que acharem oportuno, o que, por sua vez, requer a existência de agentes interessados em comprá-los. Ou seja, é preciso verificar a quantidade diária de contratos que estão sendo negociados na bolsa e se essa quantidade garante a liquidez para os atores desse mercado.

Para que a estratégia de *hedge* de venda seja perfeita, ou seja, para que o produtor receba exatamente o preço fixado previamente com a venda dos contratos futuros, é preciso que haja uma convergência perfeita (variações idênticas dos dois preços no mesmo período) entre o preço à vista na praça onde ele efetivamente realizará a venda do produto e o preço futuro no momento do vencimento do contrato.

No entanto, não se verifica na prática a ocorrência de coberturas perfeitas do risco. Um dos motivos é que os preços futuros do milho são formados usando como referência o mercado da cidade de Campinas-SP.

Sendo assim, é muito importante para os agricultores conhecerem a diferença entre o preço futuro e o preço à vista cotado na praça onde ele realizará a venda do milho. Essa diferença é conhecida por “base” e representa uma das variáveis consideradas para a execução de estratégias de proteção contra a variação de preços.

Na prática, o que ocorre são coberturas imperfeitas às variações de preços. A CBOT (1985, p. 76) ressalta que ao contrabalancear uma posição física com uma posição inversa equivalente no mercado futuro, o agricultor apenas substitui o risco de oscilação nos preços pelo risco da base. Mas, apesar de tais imperfeições, as oscilações da base tendem a ser mais estáveis, com menor amplitude que a oscilação dos preços futuros e à vista.

Outra questão diz respeito à quantidade de posições no mercado futuro que o agricultor deve ter para obter a proteção necessária. Entendendo as posições no mercado futuro e as posições no mercado à vista (valor monetário da mercadoria a ser coberta) como componentes da carteira de *hedge*, é possível chegar a um número de contratos futuros frente ao tamanho da posição física que reduza a exposição do agente à volatilidade de preços. Tal combinação é conhecida por *hedge* ótimo e a taxa de redução da exposição do agente é conhecida por efetividade do *hedge*.

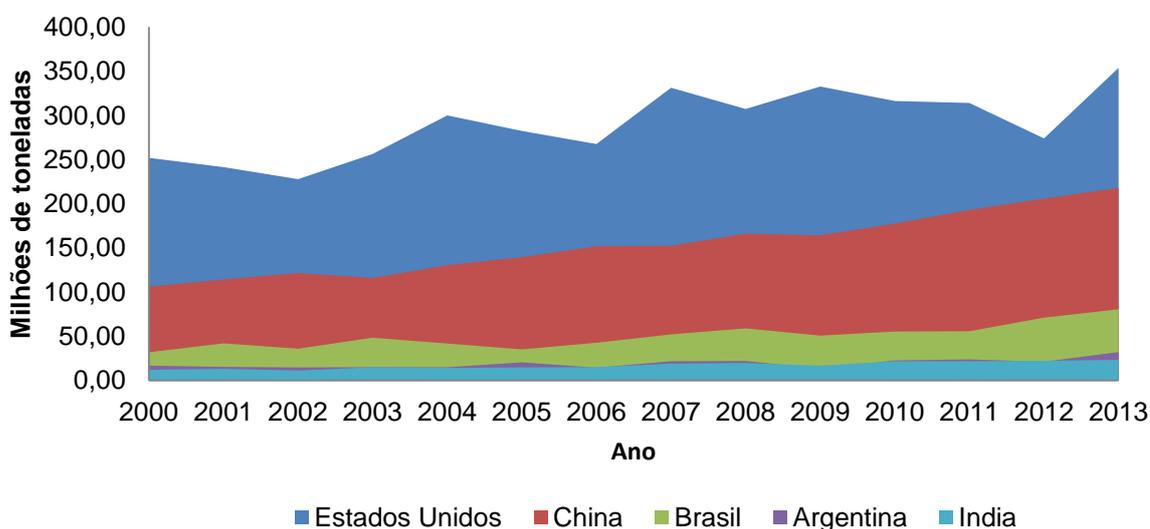
1.2 O mercado do Milho

1.2.1 Mercado internacional do milho

O cultivo do milho ocorre em praticamente todos os países, ocupando uma área de aproximadamente 160 milhões de hectares — a China sozinha ocupa algo em torno de 30 milhões de hectares. Quanto à competitividade, os EUA são um dos países com maior produtividade e com o emprego de tecnologia de ponta, são responsáveis por quase metade da produção mundial. Grande parte desta produção é destinada diretamente ao mercado interno do país e apenas 10% da produção é exportada (ABRAMILHO, 2010).

O país também segue como o principal produtor mundial da commodity, tendo colhido uma safra de 353,7 milhões de toneladas em 2013. A China ocupa o segundo lugar com 217,83 milhões de toneladas, seguida pelo Brasil com 80,54 milhões. A Argentina também se destaca, tendo produzido 32,12 milhões de toneladas durante o ano de 2013, a mesma apresenta números de produção próximos aos da Índia ao longo do período analisado (FAO, 2015).

Gráfico 1 – Produção de milho dos maiores produtores mundiais (em milhões de toneladas) – de 2000 a 2013.



Fonte: (FAO, 2015).

De acordo com os dados divulgados pelo USDA (2015), na safra de 2012/13 o Brasil figurava entre os maiores exportadores mundiais de milho, junto com EUA, Argentina e África do Sul. Quanto aos maiores importadores da commodity destaca-

se o Japão como primeiro colocado, seguido pela União Europeia, Coreia do Sul, Sudeste da Ásia, México e Egito, como se observa na Tabela 3.

Tabela 2 – Maiores exportadores mundiais de milho, em milhões de toneladas, para a safra de 2012/13

	Estoque inicial	Produção	Importação	Consumo Doméstico	Exportação	Estoque Final
Argentina	0,9	27	0	7,9	18,69	1,32
África do Sul	3,68	12,37	0,08	11	2,06	3,06
Brasil	9,21	81,5	0,89	52,5	24,95	14,15
EUA	25,12	273,19	4,06	262,97	18,55	20,86
Mundo	134,43	868	99,42	864,49	95,16	137,94

Fonte: USDA (2015).

Ao final da década de 1980 o Japão teve de aumentar as importações de milho dado o crescimento do consumo e da produção de carne em seu território. Tal tendência foi observada em outros países, tais como Coreia do Sul e Taiwan. Atualmente o Japão não produz grãos na forma de commodity agrícola, mas se destaca como um grande produtor de carne (BAGHESTANY; YAZDANI; AHMADIAN, 2014).

Diferentemente do Japão, o aumento da importação de milho pelo México não pode ser atribuído, mormente, ao aumento do consumo e da produção de carne. Analisando a oferta e a demanda de milho no México entre os anos de 1980 e 2010, Moreno-Sáenz et al. (2016) relaciona a dependência desse país por importações do produto à abertura comercial promovida pelo Tratado Norte Americano de Livre Comércio (NAFTA), o qual entrou em funcionamento em 1º de janeiro de 1994.

Segundo o mesmo autor, houve anos anteriores a 1994 nos quais a produção mexicana de milho per capita quase superou o consumo per capita do mesmo cereal, anos de 1982 e 1993 a exemplo, quando a razão entre consumo e produção de milho per capita girou em torno de 3,5 Kg e 1,5 Kg respectivamente. No entanto, entre os anos de 1994 e 2010 a razão média entre consumo e produção per capita de milho pela população mexicana girou em torno de 55 kg, o que reflete a alta dependência do país por importações, essas realizadas principalmente junto aos EEUU.

Lohmar (2015), indagando sobre a possibilidade da China aumentar a importação de milho, conclui que ainda há espaço para o crescimento produção e

consumo de carne no país. A questão é se a demanda adicional será produzida domesticamente ou será importada.

A China investiu, e é de se esperar que continue a investir, na modernização de sua indústria pecuária. Isso vai de encontro às políticas que liberalizam a importação de milho no país. Em 2013 o governo chinês retirou a restrição de que o país deveria ter autossuficiência em milho na ordem de 95%, a qual fazia parte de medidas para garantir a segurança alimentar da população. Tal fato pode ser interpretado como a adoção de um modelo de desenvolvimento mais voltado para a ideia mercadológica de alocação de recursos. Reflexo disso é que os preços do milho na china irão convergir para os níveis de preço de importação, o que irá aumentar a produção pecuária e a demanda por milho (LOHMAN, 2015).

A China tem o desafio de manter os preços do milho em um nível elevado para estimular o desenvolvimento de frigoríficos modernos e competitivos, ao mesmo tempo em que adota mecanismos de mercado. Portanto, a forma como a china irá lidar com esse conflito irá impactar as indústrias de alimento e frigoríficos ao redor do mundo. Cabe lembrar que o crescimento e a modernização da Indústria frigorífica chinesa foi um dos principais fatores para o crescimento do mercado global de soja nos últimos anos e, especula-se que um impacto similar será percebido pelo mercado global de milho nos próximos anos (LOHMAN, 2015).

Tabela 3 – Maiores Importadores mundiais de milho, em milhões de toneladas, para a safra de 2012/13

	Estoque inicial	Produção	Importação	Consumo Doméstico	Exportação	Estoque e Final
Egito	2,22	5,8	5,06	12	0,01	1,07
México	1,32	21,59	5,68	27	0,52	1,06
Sudeste asiático**	2,64	25,22	7,96	32,9	0,09	2,82
Coreia do Sul	1,48	0,08	8,17	8,48	0	1,26
União Europeia	6,68	58,9	11,36	69,6	2,19	5,15
Japão	0,61	0	14,41	14,5	0	0,52

**Indonésia, Malásia, Filipinas, Tailândia e Vietnã.

Fonte: USDA (2015).

1.2.2 Mercado brasileiro do milho

A demanda nacional de milho vem aumentando ao longo dos anos, fato ligado principalmente ao aumento do consumo animal, com destaque para a produção de aves de corte frente à suinocultura e à produção de aves poedeiras (Tabela 4). A

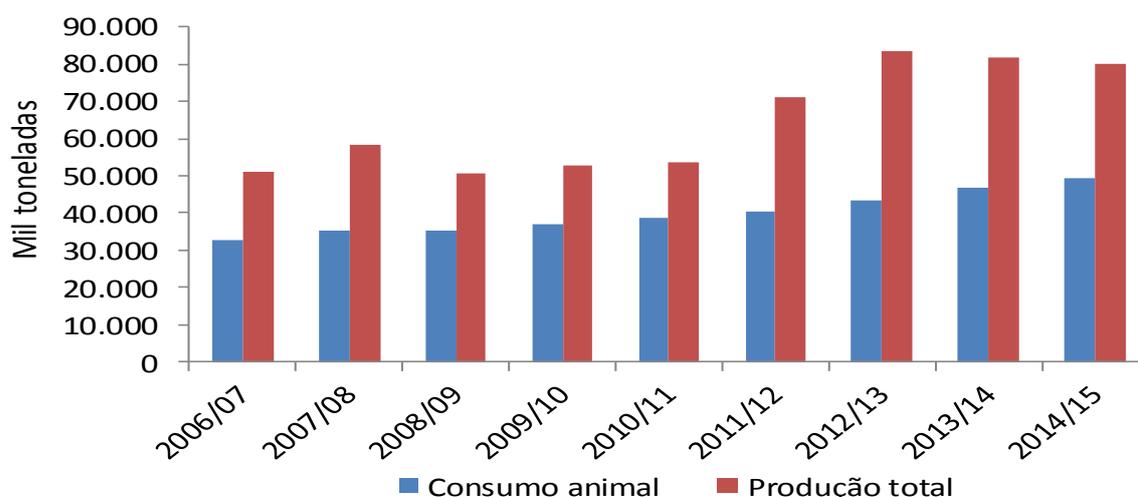
análise das últimas oito safras (de 2006 a 2014) aponta que mais de 50% da produção nacional é destinada ao consumo animal (Gráfico 2).

Tabela 4 – Consumo de milho por segmento no Brasil, em milhares de toneladas

	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
Consumo animal	32.943	35.236	35.230	36.868	38.828	40.298	43.453	45.737	49.498
Aves de corte	15.181	16.079	16.009	16.758	19.127	19.796	21.479	22.768	24.583
Aves de postura	2.800	3.006	3.068	3.221	3.275	3.390	3.661	3.789	4.074
Suinocultura	9.700	10.394	10.400	10.902	10.670	10.937	11.648	12.137	13.275
Bovinocultura	3.500	3.872	3.876	4.033	3.188	3.427	3.684	3.868	4.139
Outros animais	1.763	1.885	1.878	1.954	2.568	2.748	2.981	3.175	3.413
Consumo industrial	4.250	4.350	4.350	4.415	4.636	4.868	5.209	5.703	6.274
Consumo humano	1.709	1.800	1.827	1.854	1.873	1.892	1.882	1.873	1.863
Outros usos	3.195	3.029	3.001	2.986	2.849	3.545	4.257	3.800	3.892

Fonte: ABIMILHO, Céleres (2015).

Gráfico 2–Relação entre produção nacional e consumo animal de milho



Fonte: ABIMILHO (2015).

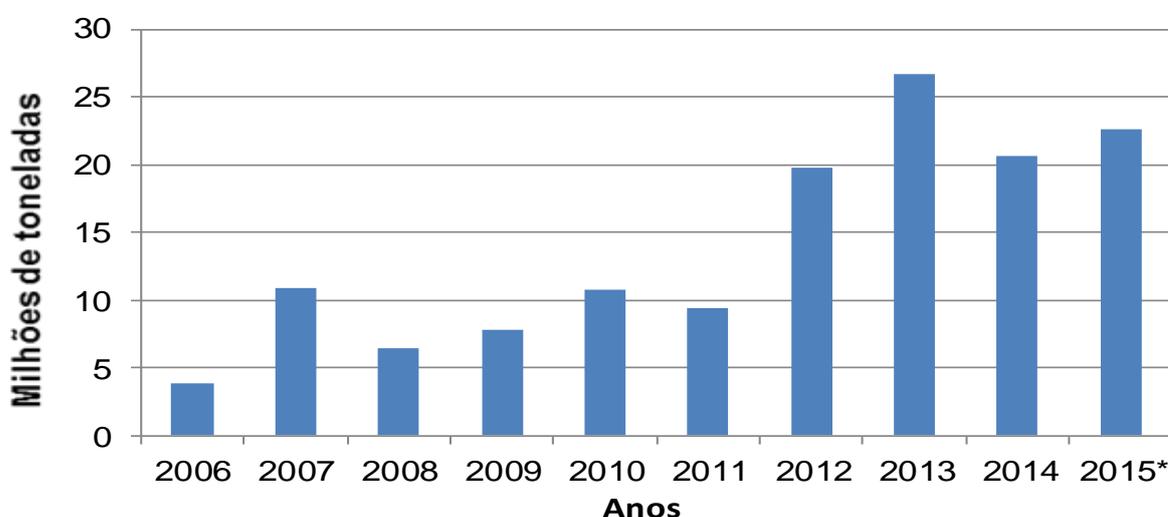
Grande parte da produção brasileira de milho ainda é voltada para o consumo do mercado interno. Entretanto, a partir de 2001, o país passou a figurar como exportador mundial. Parte dessa transformação se deve às cooperativas paranaenses, que viram no mercado externo as melhores oportunidades de retorno financeiro (CALDARELLI, 2010, p. 68).

A princípio, fatores adversos como a ausência de base exportadora de milho e a falta de competitividade do produto impediram que as exportações brasileiras de

milho ultrapassassem o volume alcançado em 2001 (5,62 milhões de toneladas). Porém, já no ano de 2004, elas retomaram o crescimento (CALDARELLI, 2010, p. 68).

O pico de exportação no ano de 2013 (observado no Gráfico 3), 26,6 milhões de toneladas, se justifica pela maior inserção do milho brasileiro no mercado externo, aliada ao baixo estoque do produto nos Estados Unidos — principal exportador mundial.

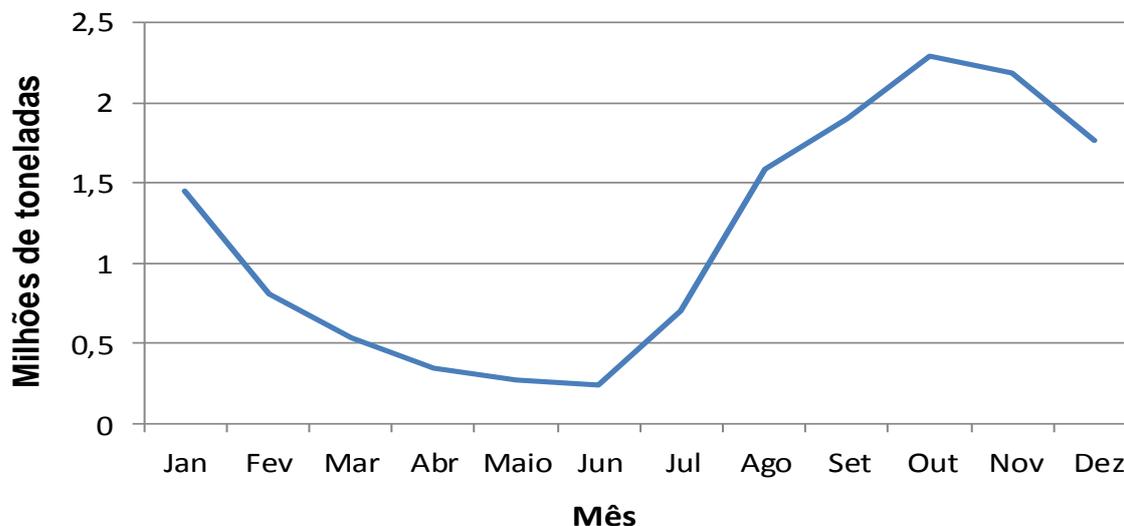
Gráfico 3 – Exportação brasileira de milho entre 2006 e 2015 em milhões de toneladas



Fonte: ALICEWEB (2015).

Observando-se o gráfico 4, parece haver sazonalidade para as exportações brasileiras de milho. A movimentação das exportações ao longo de um ano sinalizam tendência de alta entre os meses de junho a outubro, com médias de exportação em milhões de toneladas iguais a 0,25 e 2,29 respectivamente, e tendência de baixa entre novembro e maio do ano subsequente, com médias iguais a 2,19 e 0,27 respectivamente.

Gráfico 4 – Média mensal das exportações brasileira de milho entre 2006 e 2015*



*Dados entre dezembro de 2006 e dezembro de 2015

Fonte: (ALICEWEB, 2015).

Apesar das projeções do MAPA (2014) apontarem um aumento das exportações brasileiras para os próximos anos, ainda restam melhorias a serem feitas — especialmente em níveis estruturais, políticos, de crédito e de pesquisa. Sobre isso, Caldarelli (2010, p. 73) enfatiza, entre outros pontos, a necessidade de melhorias nos processos logísticos do país, sob pena de impor barreiras ao mercado externo. Deve-se também chamar atenção para a necessidade de melhorias na coordenação das atividades da cadeia produtiva do milho, a qual depende de interações mais fortes entre seus elos e as ações governamentais.

Analisando a Tabela 5 que retrata a produção brasileira de milho para as diferentes regiões do país entre 2003 e 2014 é possível notar uma concentração da produção nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo que a primeira se destaca pela maior produtividade nacional.

Por sua vez, as regiões Norte e Nordeste apresentam baixa produção em comparação com as demais. Essas regiões também apresentam as menores produtividades do país, com médias de 2.708 kg/ha e 1.698 kg/ha, respectivamente. Considerando que a produtividade brasileira de milho gira em torno de 3.961 kg/ha, é evidente a discrepância entre essas regiões e o restante do país — o que pode sugerir uma concentração da tecnologia de produção nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste em detrimento das regiões Norte e Nordeste (Tabela 6).

Tabela 5 – Produção de milho (1ª e 2ª safra) entre as diferentes regiões brasileiras em milhares de toneladas para as safras de 2003/04 a 2015/16*

Safra	Região					
	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-oeste	Brasil
2003/04	1090	3003	18032	10649	9355	42129
2004/05	1108	2969	12804	10303	7823	35007
2005/06	1129	3242	18899	9652	9592	42515
2006/07	1243	3106	23673	10353	12994	51370
2007/08	1373	4396	24780	11418	16686	58652
2008/09	1248	4642	18615	10935	15564	51004
2009/10	1287	4274	22836	10716	16907	56018
2010/11	1416	6128	21596	10952	17316	57407
2011/12	1652	4364	23047	12800	31116	72980
2012/13	1672	4860	26385	12678	35911	81506
2013/14	1821	7575	24874	10728	35054	80052
2014/15	2561	6246	25225	11061	39582	84672
2015/16*	2505	6175	23410	10568	39369	82044
Média	1547	4690	21860	10987	22098	61181

Fonte: (CONAB, 2015).

*valores estimados

Tabela 6 – Produtividade de milho (1ª e 2ª safra) entre as diferentes regiões brasileiras em Kg/ha para as safras de 2003/04 a 2013/14

Safra	Região					
	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-oeste	Brasil
2003/04	1920	1075	3956	4319	4031	3060
2004/05	1953	1080	3091	4147	3454	2745
2005/06	2029	1137	4011	3904	4043	3025
2006/07	2202	1049	4867	4306	3986	3282
2007/08	2399	1474	4872	4857	4421	3605
2008/09	2393	1532	3847	4852	4411	3407
2009/10	2503	1613	5717	5071	4541	3889
2010/11	2713	1947	5225	5104	4489	3896
2011/12	2902	1802	4953	5708	5880	4249
2012/13	3166	2090	5774	5755	5789	4515
2013/14	3304	2612	6113	5093	5652	5057
2014/15	3838	2333	6622	5368	6108	5370
2015/16*	3885	2328	6454	5548	6106	5370
Média	2708	1698	5039	4925	4839	3961

Fonte: (CONAB, 2015).

*Valores estimados

1.2.3 Formação do preço do milho

Caldarelli e Bacchi (2012), abordando os fatores que influenciam o preço do milho no Brasil, concluem que existe complementariedade entre a oferta de milho e soja, dada principalmente pela competição entre as duas culturas pelo fator terra. Também constata a existência de substitutibilidade entre a demanda dessas commodities, dado que elas competem pela composição de ração, que a renda e o nível de juros afetam o preço do milho e que existe influência dos preços externos sobre os preços praticados no mercado interno.

De quase 80 milhões de toneladas de milho produzidas no ano de 2014, apenas 20 milhões foram exportadas. O restante foi direcionado, principalmente, ao setor nacional de produção de carnes. O que indica forte influência do mercado interno na formação do preço à vista do milho e, conseqüentemente, seu preço futuro.

Outro ponto importante quanto à formação do preço à vista do milho é sua correlação com o preço à vista da soja. Segundo Caldarelli (2010, p. 32), a correlação entre os preços pagos aos produtores de soja e milho entre os anos de 1990 e 2008 foi em torno de 0,67 — o que, segundo o autor, representa um movimento de longo prazo com relativa sincronização.

Também tratando dessa relação entre produção de soja e milho, Chiodi (2006, p. 15) afirma que estas são culturas substitutas no curto prazo, mas que a produção de milho tende a acompanhar a expansão da produção de soja no médio e longo prazo. Uma possível explicação pode ser atribuída ao sistema rotacional de cultivo envolvendo as duas culturas. A soja geralmente é semeada antes do milho por apresentar restrições hídricas mais acentuadas, além de ser influenciada pelo foto-período — o que a impede de ser plantada na proximidade a meses com horas de insolação em declínio. Outra possibilidade pode ser atribuída ao elevado patamar de preços atingidos pela soja nos últimos anos, levando o milho a ser substituído.

Ainda quanto ao preço no mercado interno, Caldarelli (2010, p. 124), estudando a quantidade comercializada e o preço do milho no mercado interno, concluiu que um aumento do preço do milho no segmento produtor, em um determinado ano, é seguido por uma significativa queda do preço no ano seguinte, tanto no segmento produtivo quanto no atacadista — o que não é percebido pelo mercado da soja, que apresenta maior inserção no mercado internacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Estudar a estratégia de *hedge* para os produtores goianos de milho como forma de gerenciar os riscos da volatilidade de preços.

1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a liquidez dos contratos futuros de milho negociados na BM&FBOVESPA;
- Calcular o risco de base para a região de Goiás (envolvendo 5 cidades distintas);
- Calcular a taxa ótima de *hedge* e sua eficiência para a região de Goiás.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hedge

Hedge é a operação de compra ou venda de contratos futuros quando se tem por objetivo a proteção contra oscilações de preços no mercado físico. Tal operação consiste em tomar a posição inversa à posição mantida no mercado à vista, ou seja, caso o agente possua posições vendidas no mercado à vista, ele deverá manter posições compradas no mercado futuro, e vice-versa. A necessidade de cobertura surge do risco de mudanças de preços ao qual estão expostos produtores, indústrias e processadoras envolvidos com commodities básicas (CBOT, 1985, p. 75).

De acordo com Marques et al. (2006, p.108), o preço efetivo que um *hedge* de venda¹ receberá pelo ativo está em função do preço à vista no instante S_2 e, o resultado obtido da posição futura F_1-F_2 , pode ser representado da seguinte forma:

$$S_2 - F_2 = B_2$$

somando o preço futuro referente ao instante 1, tem-se:

$$S_2 + F_1 - F_2 = F_1 + B_2 \quad (1)$$

Onde:

S_2 = preço à vista no instante 2;

F_1 = preço futuro no instante 1;

F_2 = preço futuro no instante 2;

B_2 = valor da base no instante 2, ou risco de base.

Para um *hedge* de compra, o preço a ser recebido depende das mesmas variáveis que influenciam o preço a ser recebido por um *hedger* de venda – preço à vista no instante 2 e resultado da posição futura – no entanto seu cálculo se dá da seguinte forma:

$$S_2 - F_2 = B_2$$

subtraindo o preço futuro referente ao instante 1, tem-se:

$$F_2 - F_1 - S_2 = B_2 - F_1 \quad (2)$$

¹ Agroindústrias, frigoríficos e integradoras são exemplos de *hedgers* de compra, enquanto que produtores rurais, cooperativas e fornecedores de insumo são exemplos de *hedgers* de venda.

Segundo Botelho Filho e Souza Júnior (2006), o resultado de uma operação de *hedge*, lucrativo ou não, pode ser representado em termos de preço à vista e futuro ou por meio da mudança de base:

$$\begin{aligned} R &= (S_2 - S_1) + (F_1 - F_2) \\ &= (S_2 - F_2) + (S_1 - F_1) \\ &= (B_2 - B_1) = \Delta B \end{aligned} \quad (3)$$

B : base

ΔB : mudança de base

R : resultado (lucro ou prejuízo)

Feita a operação no mercado de futuros, os movimentos relativos dos preços, que fortalecem ou enfraquecem a base, se tornam mais relevantes ao *hedge* que o nível absoluto dos preços ou mesmo, a tendência do mercado em si (GAVOTTI, 2012).

Nesse caso, o *hedge* de compra é desfavorecido pelo fortalecimento da base – processo em que o preço à vista tende a ficar mais próximo do preço futuro –, enquanto que na mesma situação o *hedge* de venda é favorecido. O inverso também é válido, ou seja, o enfraquecimento da base – processo em que o preço futuro tende a se distanciar do preço à vista – é favorável ao *hedge* de compra e desfavorável ao *hedge* de venda.

Estratégias de *hedge* são viáveis porque os preços futuros e à vista tendem a se mover paralelamente, uma vez que tanto os mercados físicos quanto os mercados futuros são regidos e influenciados pelos mesmos fatores (CBOT, 1985, p. 75). Dessa forma, é possível que o comprador ou vendedor de um contrato futuro elimine todo seu risco, obtendo exatamente o preço que havia planejado para sua produção e realizando, portanto, um *hedge* perfeito (CBOT, 1985, p. 107).

Contudo, Marques et al. (2006, p. 107) apontam que há diversos fatores que tornam o *hedge* perfeito improvável e que podem causar um *hedge* imperfeito: o ativo a ser coberto no mercado físico ter qualidades diferentes daquele especificado pelo contrato futuro se a data exata de compra ou venda do ativo no mercado físico é desconhecida e a existência de estratégias que encerram o contrato futuro antes mesmo de seu vencimento.

2.2 Hedge de mínima variância

O *hedge* ótimo, ou *hedge* de mínima variância, segundo Hull (2006), é a proporção de posições no mercado futuro em relação às posições no mercado à vista. Tal posição permitiria ao agricultor avesso a riscos reduzir sua exposição à volatilidade de preços com a menor quantidade de contratos possível. Esse agricultor tentaria cobrir todas as suas posições no mercado à vista com posições no mercado futuro, levando em consideração uma taxa ótima de *hedge*. Portanto, pode-se considerar que o *hedge* de mínima variância leva em consideração um agente infinitamente avesso ao risco.

Apesar de existir diferentes modelos capazes de estimar o *hedge* de mínima variância, assim como sua efetividade (Tabela 7), é preciso escolher aquele mais confiável do ponto de vista estatístico.

Em estudos sobre a cobertura da volatilidade de preços de milho em municípios goianos, Rodrigues e Cunha (2013) concluíram que os modelos mais satisfatórios, levando em conta parâmetros econométricos (critérios de Akaike (AIC) e de Schwarz(SC)), seriam os modelos de séries cointegradas de Engle-Granger com mecanismo de correção de erro (MCE).

Tabela7– Modelos convencionais e generalizados para a estimação dos *hedge* ótimo e da efetividade.

Modelos convencionais	Modelos generalizados
(4) $p_t = \beta_0 + \beta_1 * f_t + \varepsilon_t$	(5) $p_t = \beta_0 + \beta_1 * f_t + a(L) * p_{t-1} + b(L) * f_{t-1} + \varepsilon_t$
(6) $\Delta p_t = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_t + \varepsilon_t$	(7) $\Delta p_t = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_t + a(L) * \Delta p_{t-1} + b(L) * \Delta f_{t-1} + \varepsilon_t$
(8) $\frac{\Delta p_t}{p_{t-1}} = \beta_0 + \beta_1 * \frac{\Delta f_t}{f_{t-1}} + \varepsilon_t$	

Fonte: Myers e Thompson (1989) e Tonin et al. (2009).

Nota: Δ representa a primeira diferença; β_0 o intercepto; β_1 coeficiente angular; p_t preço à vista no instante t; f_t preço futuro no instante t; p_{t-1} preço à vista defasado em um período; f_{t-1} preço futuro defasado em um período; $a(L)$ e $b(L)$ representam polinômios e ε_t o erro aleatório. Os modelos 4 e 5 são utilizados para séries estacionárias e os modelos 6; 7 e 8 para séries não estacionárias.

2.3 Base

Base é a diferença entre o preço físico do ativo na região em que se encontra o agricultor e o preço futuro. A eficiência de mercado, a efetividade de *hedge* e a análise do comportamento da base são algumas das linhas de pesquisas que se destinam à compreensão do conceito: base. Dentre elas, a análise do comportamento da base envolve o cálculo do risco de base, assim como, das tendências de fortalecimento ou enfraquecimento da mesma. Analisa o comportamento da base segundo o mês de vencimento do contrato (GAVOTTI, 2012).

Espera-se que o preço futuro e o preço à vista convirjam até que se tornem iguais no momento do vencimento do contrato. Nesse momento se espera uma base igual à zero. Uma explicação dada por CBOT (1985, p. 77) sobre a razão da convergência entre os preços futuros e à vista no mês de vencimento é que no momento em que ocorre o vencimento do contrato futuro, os fatores de oferta e procura se tornam idênticos.

Caso não ocorra tal convergência entre preços, aquele agente que estiver negociando em ambos os mercados, ao perceber que a diferença entre tais preços é maior que os custos envolvidos com a entrega ou recebimento da commodity, poderá comprar no mercado de menor preço e vender naquele de preço mais elevado (CBOT, 1985, p. 76).

CBOT (1985, p. 76), ressalta os seguintes fatores que podem afetar a base local das commodities agrícolas:

- a. oferta e procura totais pela commodity;
- b. oferta e procura totais por commodities substituta, e preços comparáveis;
- c. disparidades geográficas entre oferta e procura;
- d. problemas de transporte;
- e. estruturas de preços de transportes;
- f. espaço disponível de armazenamento;
- g. fatores de qualidade e capacidade de condicionamento;
- h. expectativas.

O comportamento da base no período de vencimento dos contratos impacta as transações e os contratos de exportação. Também afeta o comportamento dos

usuários do mercado de commodities de maneira geral. Devido a isso, *tradings*, integradoras e firmas de comercialização de insumos têm especial interesse em conhecer os valores históricos da base, os quais, juntamente com os preços futuros, permitem estimar os preços a serem observados no mercado físico (caso sejam mantidas as condições de qualidade do produto) (BOTELHO FILHO; SOUZA JÚNIOR, 2006).

Em caso de fortalecimento de base com preços à vista substancialmente superiores aos preços futuros, poder-se-ia comprar contratos futuros, receber a entrega do ativo e, imediatamente, vendê-lo no mercado à vista. Dessa forma, desde que os custos de carregamento da posição sejam eliminados, se realizará uma arbitragem lucrativa. Este tipo de arbitragem, segundo a *Chicago Board of Trade* (1985, p. 82), tem forte influência sobre a base pois a medida em que novos operadores perceberem tal oportunidade, maior será o número de compradores de contratos futuros, o que elevará o preço futuro a ponto de recolocar a base em sua linha “normal”.

A base pode representar os custos de carregamento (armazenamento, juros, seguros e perdas). Esses custos variam e são proporcionalmente maiores com o tempo, até o vencimento da posição².

Uma interpretação análoga seria a de que os custos associados ao tempo, diminuiriam com a proximidade do vencimento, quando a base se estreitaria até o ponto em que representasse apenas os custos de transporte, os quais são considerados constantes ao longo do período de tempo correspondente (CBOT, 1985, p.77).

Quanto à diminuição dos custos de carregamento ao longo do tempo, Botelho Filho e Souza Júnior (2006) afirmam também, que tal redução não se deve apenas a diminuição do período de armazenagem, mas também em virtude da diminuição da incidência de juros e encargos.

2.4 Risco de Base

Antes do vencimento do contrato a base poderá ser negativa ou positiva. Caso ocorra uma convergência perfeita e, na data de vencimento, o preço à vista se

² A base também inclui outros custos, tais como aqueles destacados por Marques et al. (2006, p. 106): transporte; impostos; quebra de transporte; comissões; oferta e demanda locais.

igualar ao preço futuro, a base deverá ser zero (se o ativo coberto e o objeto do contrato futuro forem os mesmos).

Todavia, apesar da possibilidade de se monitorar a base, ao invés dos preços à vista e futuro em si, ainda existem incertezas sobre o comportamento da mesma em um período futuro, o que é denominado risco de base. Nesse caso, o estudo do risco de base estaria corroborando com o uso de contratos futuros como forma de cobertura de riscos.

Também quanto ao risco de base, Botelho Filho e Souza Júnior (2006) afirmam que a variabilidade, a independência e os prêmios nos mercados à vista e futuros colaboram para que nem sempre os preços futuros e à vista se movam na mesma direção e proporção.

Para Hull (2006), outra causa natural do risco de base seria o *convenience yield*, que varia segundo desequilíbrios entre oferta e procura e das dificuldades associadas ao armazenamento e/ou transporte do produto.

O *convenience yield* de determinada commodity consiste na vantagem em possuí-la fisicamente em vez de deter apenas contratos futuros. Tal vantagem se baseia na capacidade de obter lucros sobre escassez temporária ou mesmo em conseguir manter um processo produtivo em andamento (Hull, 2006, p.76).

Ainda segundo Hull (2006, p.76), o *convenience yield* também pode ser entendido como sendo o reflexo das expectativas do mercado quanto à disponibilidade futura de uma commodity. Dessa forma, caso os usuários da commodity possuam estoques elevados, espera-se um *convenience yield* reduzido. O inverso também é verdadeiro.

Importante também ressaltar que são esperados riscos de base menores para commodities de consumo do que para ativos de investimento como moedas, índices de ações, ouro e prata. Isso, devido aos processos de arbitragem que conduzem a uma relação bem definida entre preço futuro e a vista (Hull, 2006, p. 96).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse capítulo será tratada a metodologia para determinar a liquidez dos contratos futuros de milho negociados na BM&FBOVESPA, a metodologia para determinar o comportamento da base do milho e a metodologia para determinar o *hedge* de mínima variância e sua efetividade.

3.1 Liquidez dos contratos futuros

Comparou-se a produção brasileira de milho com a quantidade que era negociada na BM&F. Ou seja, analisou-se a porcentagem da produção brasileira que era negociada por meio de contratos futuros. A esta porcentagem foi atribuída a incógnita “ PP_j ”, calculada da seguinte forma segundo Vieira et al. (2008):

$$PP_j\% = \frac{CN_j \times 450 \times 60 \times 100}{PN_j} \quad (9)$$

Onde:

PP_j = Porcentagem da produção nacional de milho que é negociada pela bolsa em determinado ano “j”;

CN_j = Número de contratos futuros de milho negociados na BM&F para determinado ano “j”;

PN_j = Produção nacional de milho (em kg) para determinado ano “j”;

j = Ano.

As posições compradoras e vendedoras em aberto e que sofrem ajustes diários servem de base para saber se os contratos futuros têm liquidez ou não. Quanto a isso, Marques et al. (2006, p 89)³ apontam que um contrato futuro terá liquidez quando apresentar média diária de posições em aberto superior a quatro mil.

³ Marques, P.V.; P. C. de Mello & J.G. Martines F. Mercados Futuros e de Opções Agropecuárias. Piracicaba, S.P., Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP, 2006, Série Didática nº D-129.

Assim, calculou-se a média diária de posições em aberto para os contratos futuros de milho com diferentes meses de vencimento, entre o período de 2004 e 2014, por meio da seguinte fórmula:

$$\overline{PA}_i = \frac{\sum_1^n PA}{n} \quad (10)$$

Onde:

\overline{PA}_i = média diária de posições em aberto para os contratos futuros de milho negociados na BM&F;

i = mês de vencimento do contrato futuro, podendo ser janeiro, março, maio, julho, setembro ou novembro;

n = número de dias em que o contrato futuro foi negociado na bolsa;

PA = número de posições em aberto de determinado contrato futuro de milho para determinado dia de negociação.

Outro indicador de liquidez importante é o número de contratos negociados por dia na bolsa de mercados futuros. Quanto a isso, Marques et al. (2006, p. 89) afirmam que uma média diária que gire em torno de mil contratos negociados seria satisfatória para indicar liquidez de tal mercado. Assim, calculou-se a média diária de contratos futuros de milho negociados na BM&F da seguinte forma:

$$\overline{CN}_i = \frac{\sum_1^n CN}{n} \quad (11)$$

Onde:

\overline{CN}_i = média diária de contratos futuros de milho negociados na BM&F para determinado mês “i” de vencimento;

i = mês de vencimento do contrato futuro, podendo ser janeiro, março, maio, julho, setembro ou novembro;

n = número de dias em que o contrato futuro foi negociado na bolsa;

CN = número contratos futuros de milho negociados para determinado dia de negociação.

Determinou-se as médias diárias de posições em aberto (\overline{PA}_i) e de contratos negociados (\overline{CN}_i), tanto para o período total em que o contrato futuro foi negociado (ou seja, “n” igual ao número total de dias em que houve negociação) quanto para o período compreendido entre os três últimos meses antecedentes ao mês de vencimento do contrato. Isso se fez necessário, pois, segundo Marques et al. (2006, p. 89) o conceito de liquidez no mercado futuro está atrelado ao número de contratos em aberto e, portanto, à facilidade de entrar ou sair de tal mercado.

Segundo Guimarães (2007) — que compara o volume de negócios praticados no mercado futuro ao volume de estoque do mercado físico, no que diz respeito a variáveis importantes para a compreensão do mercado —, o volume de negócios praticados no mercado futuro demandaria maior conhecimento e, em contrapartida, vem apresentando menos estudos quando comparado ao volume de estoque.

No entanto, admite-se que os *traders* são mais eficientes na execução de negócios quando conhecem a liquidez do contrato com que estão dispostos a operar.

Guimarães (2007) define esse volume de negociações como sendo a quantidade de contratos negociados em determinado período, podendo representar tanto a abertura de novas posições quando a liquidação de posições já contratadas.

3.1.1 Dados

As séries de dados foram obtidas a partir do sistema de recuperação de informações da BM&FBOVESPA e compreenderam o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2015. No caso foram utilizadas duas séries: uma referente ao número de contratos negociados e a outra referente ao número de contratos em aberto. Ambas são compostas por valores com frequência diária (lembrando que em dias feriado e finais de semanas não ocorrem pregões e, portanto, não há registros).

3.2 Base e o risco de base

Quanto à área de estudo, foram analisados os seguintes municípios goianos: Posse; Rio Verde; Formosa; Catalão e Ceres. A escolha dos mesmos se deu pela importância da produção do milho em tais regiões, a disponibilidade de dados confiáveis e a relativa distância entre eles.

3.2.1 Dados

A série de dados de preços futuros utilizada, obtida a partir do sistema de recuperação de informações da BM&FBOVESPA, compreendeu o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014 e foi elaborada utilizando-se os primeiros vencimentos em aberto. Ou seja, a medida que um contrato futuro vencia, automaticamente utilizavam-se as cotações do próximo vencimento.

Não foram utilizadas as cotações dos preços futuros da semana de vencimento do contrato como forma de reduzir os efeitos da volatilidade anormal nesse período (*Expiration-day effect*). Tal metodologia está de acordo com aquela empregada por Souza et al. (2013).

No caso dos preços médios semanais recebidos pelos produtores goianos em cada cidade estudada, séries que também compreenderam o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014, os mesmos foram coletados junto à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação de Goiás (SEAGRO, 2015) em R\$/saca. Em particular para tais preços no mercado à vista, faz-se importante destacar sua característica de série incompleta, pois, nem sempre nas datas em que houve pregões houve negociação no mercado físico.

3.2.2 Cálculo da base

Os cálculos referentes à base e ao risco de base seguiram a proposta de Marques et al. (2006, p. 107). A base foi obtida pela diferença entre o preço pago aos produtores (spot) e o preço futuro, segundo a expressão:

$$B_{t,T} = S_t - F_{t,T} \quad (12)$$

Onde:

$B_{t,T}$ = Valor da base no período t, para o mês de vencimento T;

S_t = Preço no mercado físico (spot) para o mês t;

$F_{t,T}$ = preço do contrato em t, para o vencimento em T.

O risco de base foi calculado pelo valor do desvio-padrão das bases encontradas, representado pela seguinte expressão:

$$RB = \frac{\left(\sum_{t=1} (B_{t,T} - MB)^2\right)^{0,5}}{n - 1} \quad (13)$$

em que:

RB = Valor do risco de base;

MB = Valor da base-média para cada localidade;

$B_{t,T}$ = Valor da base-média no período t , para o mês de vencimento T ;

n = número de bases consideradas nas regiões ou localidades em análise.

3.2.3 Teste de correlação

Para compreender o comportamento de uma base, frente ao comportamento de outra base, em uma cidade distinta, buscou-se calcular o coeficiente de correlação de Pearson, ou simplesmente, coeficiente ρ , o qual deve variar entre os valores de 1 e -1.

De forma exemplificada, em uma correlação positiva – ρ acima de zero e mais próximo de 1 – a base na cidade hipotética A tenderia a aumentar juntamente com a base na cidade B. Caso estivessem negativamente correlacionadas – ρ abaixo de zero e mais próximo de -1 – o aumento da base em B se daria juntamente com a redução da base em A. Um valor de ρ próximo de zero significa que as bases não estão correlacionadas.

Hoffmann (2006, p. 284) demonstra o cálculo do coeficiente ρ da seguinte forma:

$$\rho = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (14)$$

onde “X” e “Y” representam as variáveis (bases) a serem testadas em um intervalo de “i” observações.

Após o cálculo das correlações, as mesmas foram testadas estatisticamente. De forma mais clara, o que foi testado foi hipótese de nulidade $H_0: \rho = 0$, ou seja, a hipótese de que não há nenhuma correlação entre bases distintas na população de onde se retirou a amostra. A metodologia seguida foi a mesma proposta por

Hoffmann (2006, p. 287), onde calcula-se o valor t e, em seguida, o valor crítico de t (t_o). Tais valores são comparados levando em consideração um grau de liberdade igual a $n-2$ e um nível de significância de 5%.

$$t = \frac{\rho\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (15)$$

Onde a variável “ n ” representa o número de observações.

O cálculo e a construção de uma matriz contendo os valores das correlações, assim como os testes de significância, foram todos executados por meio do software Microsoft Excel.

3.2.4 Testes de aderência à distribuição normal

Com o intuito de testar a hipótese de normalidade das bases do milho nas 5 cidades goianas (Posse, Rio Verde, Formosa, Catalão e Ceres), verificou-se se o conjunto das bases calculadas para cada uma das cidades tem algum vínculo com certo tipo de distribuição, nesse caso a distribuição normal.

Para isso, o teste de aderência utilizado foi o de Kolmogorov-Smirnov (K-S), realizado com o auxílio do software SPSS. De acordo com Siegel e Castellan Júnior (2008, p. 71). Tal teste determina a distribuição da frequência acumulada dada certa distribuição teórica – no caso, a distribuição normal – e a compara com a distribuição da frequência acumulada observada.

Segundo Gujarati e Porter (2009. P, 99) a distribuição normal é uma das mais conhecidas formas de distribuição e se aplica a um número elevado de fenômenos, além de ser relativamente simples por requerer apenas dois parâmetros: a média e a variância. A suposição de normalidade também permite utilizar certas provas estatísticas para modelos de regressão, tais como a t , F e χ^2 .

Quanto às propriedades de uma distribuição normal, Gujarati e Porter (2009. P, 817) afirmam que a mesma é simétrica ao redor de seu valor médio e que aproximadamente 68% da área abaixo à curva normal se encontra entre os valores de $\mu \pm \sigma$ (onde μ é a média e σ a variância da distribuição). Também afirmam que 95% da área se encontra entre $\mu \pm 2\sigma$.

Com isso, caso a distribuição das bases para cada cidade se enquadre em uma distribuição normal, é possível determinar intervalos de confiança para os valores prováveis da base do milho.

3.3 *Hedge* de mínima variância e sua efetividade

Segundo Tonin, Braga e Coelho (2009), o embasamento teórico para o cálculo de uma razão ótima de *hedge* só foi possível graças ao surgimento da teoria do portfólio, desenvolvida por Markowitz (1952). Tal teoria traz que a combinação de diferentes ativos, neste caso posições no mercado físico (valor em dinheiro da mercadoria a ser coberta) e no mercado futuro de milho, formariam uma carteira de *hedge*, cuja lucratividade poderia ser calculada pela média ponderada dos retornos de cada ativo.

Markowitz (1952) também concluiu que o portfólio deve ser formado por ativos que não apresentem elevada covariância entre eles, chamando a atenção para a importância de se diversificar. Para Batistella (2006, p. 26), os agentes do agronegócio estariam utilizando contratos futuros como forma de promover a diversificação de portfólios que, neste caso, seriam compostos por apenas dois ativos: os retornos dos contratos futuros e da posição no mercado à vista. Dessa maneira, a redução do risco de portfólio resultaria da proporção de contratos futuros em relação à posição no mercado à vista.

Para o cálculo da Razão ótima e da efetividade do *hedge* foram utilizados os passos descritos por Nogueira, Aguiar e Lima (2002). Primeiramente, os autores descreveram o que seria a receita do portfólio com posições, tanto no mercado à vista quanto no mercado futuro, ou seja, a soma dos resultados em ambos os mercados:

$$R_h = V(p'_t - p_{t-1}) + F(f'_t - f_{t-1}) \quad (16)$$

onde:

R_h = Receita do portfólio;

V = tamanho da posição no mercado físico;

F = tamanho da posição no mercado futuro;

$(p'_t - p_{t-1})$ = diferença do preço à vista entre os instantes t e $t-1$;

$(f'_t - f_{t-1})$ = diferença do preço futuro entre os instantes t e t-1;

A razão de *hedge*, representada aqui pela incógnita “h”, é a razão entre o tamanho da posição no mercado futuro e o tamanho da posição no mercado físico, ou seja:

$$h = \frac{F}{V} \quad (17)$$

Em seguida, é preciso encontrar a receita por unidade do produto, obtida através da divisão da receita do portfólio pelo tamanho das posições no mercado à vista. Tal passo irá englobar a razão de *hedge* ao modelo:

$$\frac{R_h}{V} = (p'_t - p_{t-1}) + h(f'_t - f_{t-1}) \quad (18)$$

onde:

$\frac{R_h}{V}$ = receita do produto.

Como se busca uma razão de *hedge* tal que a variação da receita seja mínima, os próximos passos, ainda segundo Nogueira, Aguiar e Lima (2002), seriam o cálculo da variância da receita por produto e o cálculo derivado da variância encontrada. Portanto:

$$\begin{aligned} \text{var}\left(\frac{R_h}{V}\right) &= \text{var}[(p'_t - p_{t-1}) + h(f'_t - f_{t-1})] = \\ \sigma_h^2 &= \sigma_p^2 + h^2 * \sigma_f^2 - 2 * h * \sigma_{pf} \end{aligned} \quad (19)$$

onde:

σ_h^2 = variância da receita por unidade de produto;

σ_p^2 = variância da mudança no preço à vista;

σ_f^2 = variância da mudança no preço futuro;

σ_{pf} = covariância entre as mudanças nos preços a vista e futuro.

Derivando a equação anterior em função da razão de *hedge*, é possível encontrar a razão de *hedge* ótima, ou seja, aquela em que a cobertura proporciona a mínima variância da receita:

$$\frac{\partial(\sigma_h^2)}{\partial h} = 2 * h * \sigma_f^2 - 2 * \sigma_{pf} = 0$$

$$h^* = \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \quad (20)$$

Importante lembrar que, caso σ_{pf} seja igual a σ_f^2 , o *hedge* de mínima variância seria igual a 1, o que significa um *hedge* perfeito, no qual toda a posição no mercado físico estaria coberta (caso observado apenas sob a hipótese de ausência de risco de base ou em raras coincidências).

Também é possível constatar que o tamanho da posição no mercado futuro pode ser maior que a posição no mercado a vista ($h^* > 1$).

A partir disso, é possível calcular a proporção da variância da receita que pode ser eliminada ao adotar-se um nível de *hedge* ótimo, ou seja, a efetividade do *hedge*. Portanto, os próximos passos consistem em calcular a efetividade do *hedge*. Seguem as descrições de Nogueira, Aguiar e Lima (2002). Matematicamente:

$$e = \frac{\text{var}(p) - \text{var}(h^*)}{\text{var}(p)} = 1 - \frac{\text{var}(h^*)}{\text{var}(p)} \quad (21)$$

onde:

e = efetividade do *hedge*;

$\text{var}(h^*)$ = variância na receita com *hedge* ótimo;

$\text{var}(p)$ = variância na receita sem *hedge* ótimo.

Como a variância na receita de um portfólio sem *hedge* ótimo (sem operações no mercado futuro) é igual à própria variância do preço à vista, $\text{var}(p) = \sigma_p^2$, é possível reescrever a equação da variação da receita por produto da seguinte forma:

$$var(h^*) = \sigma_p^2 + \left(\frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2}\right)^2 * \sigma_f^2 - 2 * \left(\frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2}\right) * \sigma_{pf} \quad (22)$$

simplificando:

$$var(h^*) = \sigma_p^2 - \left(\frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2}\right) \quad (23)$$

Nesse ponto ambos os lados da equação anterior serão multiplicados pela variância da mudança no preço à vista (σ_p^2). Isso permitirá integrar ao modelo, o coeficiente de correção linear entre as duas variáveis (preço futuro e a vista), definido como sendo a razão entre a covariância entre as duas variáveis e pelo produto do desvio padrão de cada uma, representado pela incógnita (ρ). Sendo assim:

$$[var(h^*)]\sigma_p^2 = \left[\sigma_p^2 - \left(\frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2}\right)\right]\sigma_p^2 \quad (24)$$

simplificando:

$$var(h^*) = \sigma_p^2 \left[1 - \left(\frac{\sigma_{pf}}{\sigma_p \sigma_f}\right)^2\right]$$

$$var(h^*) = \sigma_p^2 [1 - (\rho_{pf})^2] \quad (25)$$

Como o intuito é demonstrar a efetividade do *hedge* quando se utiliza a razão ótima de *hedge*, substitui-se a equação 25 na equação 21 e considera $var(p)$ igual a σ_p^2 :

$$e = 1 - \frac{var(h^*)}{var(p)} = \frac{\sigma_p^2 * (1 - \rho_{pf}^2)}{\sigma_p^2} \quad (26)$$

simplificando:

$$e = \rho_{pf}^2 \quad (27)$$

Tais cálculos demonstraram que ao utilizar a razão ótima de *hedge*, a efetividade do *hedge* é igual ao quadrado do coeficiente de correlação linear entre as mudanças (desvio-padrão) dos preços a vista (σ_p) e futuros (σ_f).

E como o coeficiente de correlação é um valor que varia entre zero e um, e obrigatoriamente também tem que estar entre esses valores. Portanto, quanto maior a correlação entre as mudanças nos preços futuros e as mudanças nos preços à vista, maior será a efetividade do *hedge*.

Analisando os cálculos anteriores, é possível notar que a razão ótima de *hedge* (a covariância entre as mudanças nos preços à vista e futuro dividida pela variância da mudança no preço futuro), nada mais é do que o coeficiente angular de uma regressão simples (β).

Nota-se, também, que a efetividade do *hedge* (o quadrado do coeficiente de correlação entre as mudanças dos preços à vista e dos preços futuros), quando é utilizada em sua razão ótima de *hedge*, o resultado é o próprio coeficiente de determinação (R^2) de uma regressão simples.

Contudo, é preciso tomar alguns cuidados antes de utilizar regressões simples para a estimação de parâmetros e coeficientes de determinação. Segundo Nogueira, Aguiar e Lima (2002) apenas se utiliza esse tipo de regressão quando as séries de dados envolvidas são estacionárias, ou seja, apresentam média constante, sem tendência.

Caso as séries sejam não estacionárias, e mesmo assim constituam a regressão linear, é possível obter valores elevados para R^2 . Tais valores, porém, não mais representam verdadeira relação entre as variáveis. Pelo contrário, significam apenas que existe uma forte tendência entre elas, o que é denominado de regressão espúria.

Dessa forma, antes de adotar qualquer modelo para estimar a taxa de *hedge* ótimo ou a efetividade do *hedge*, é preciso determinar se as séries de preços futuros e à vista são estacionárias ou não⁴.

Caso as séries sejam estacionárias, é possível prosseguir com um modelo de regressão simples e utilizar a distribuição estatística t (t de *student*) para confirmar sobre o coeficiente angular.

Para determinar sobre a estacionariedade das duas séries temporais, aplicou-se o teste de raiz unitária, ou teste de Dickey-Fuller (DF), seguindo os passos descritos por Gujarati e Porter (2009).

⁴ Segundo Batistella (2006) geralmente as séries temporais de indicadores econômicos apresentam tendência ao longo do tempo e, como um dos motivos para isso, o autor cita o efeito da inflação.

Determinada a estacionariedade das séries, é preciso escolher um entre os vários modelos existentes para encontrar a razão ótima de *hedge*.

Segundo Nogueira, Aguiar e Lima (2002) caso as variáveis preço à vista e futuro sejam estacionárias, é possível utilizar um modelo de regressão simples entre os preços à vista (em nível), e os preços futuros (também em nível) para encontrar a inclinação (coeficiente angular).

Sendo assim, o cálculo do *hedge* ótimo e da efetividade do *hedge* serão realizados de forma que a variável dependente e a variável independente sejam consideradas em nível (sem defasagem). Tal modelo, denominado de equação em nível de preço, foi descrito por Nogueira, Aguiar e Lima (2002) da seguinte forma:

$$p_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 * f_{j,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (28)$$

onde:

$p_{i,t}$ = preço à vista cotado na respectiva praça (Rio Verde, Bom Jesus, Formosa, Mineiros ou Catalão), no período t;

α_0 = coeficiente linear (ou intercepto) a ser estimado;

α_1 = coeficiente angular (aqui equivalente à razão ótima de *hedge*) a ser estimado;

$f_{j,t}$ = preço futuro no período t;

$\varepsilon_{i,t}$ = erro aleatório.

Caso as variáveis sejam não-estacionárias, é possível utilizar um modelo em primeira diferença, descrito por Myers e Thompson (1989) e que considera as séries defasadas em um período.

Os autores afirmam que em primeira diferença, tais séries poderiam se tornar estacionárias, o que permitiria alcançar estimações mais eficientes da razão ótima de *hedge*. Assim sendo, o modelo em primeira diferença pode ser representado da seguinte forma:

$$\Delta p_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_{j,t} + \mu_{i,t} \quad (29)$$

onde:

$\Delta p_{i,t} = p_{i,t} - p_{i,t-1}$ = diferença de preços à vista cotados na respectiva praça e no período t;

β_0 = coeficiente linear (ou intercepto) a ser estimado;

β_1 = coeficiente angular (aqui equivalente à razão ótima de *hedge*) a ser estimado;

$\Delta f_{i,t} = f_{i,t} - f_{i,t-1}$ = diferença de preços futuros no período t;

$\mu_{i,t}$ = erro aleatório.

Não obstante, Myers e Thompson (1989) e Tonin et al. (2009) também afirmam que as informações disponíveis ao agricultor no momento de sua tomada de decisões podem influenciar a variância e a covariância do *hedge* ótimo. Por este motivo, o modelo utilizado para estimar a eficiência e o *hedge* ótimo deveria considerar, além das séries de preços em primeira diferença, as demais defasagens das séries.

Foram utilizados dois modelos para estimar a efetividade e o *hedge* ótimo,: o modelo em primeira diferença e o modelo proposto por Myers e Thompson (1989), isto é, a equação em diferença de preços defasados:

$$\Delta p_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_{j,t} + a(L) * \Delta p_{i,t-1} + b(L) * \Delta f_{j,t-1} + \mu_{i,t} \quad (30)$$

onde:

$a(L)$ = polinômio em L que define as defasagens dos preços à vista;

$b(L)$ = polinômio em L que define as defasagens dos preços à vista.

Para a escolha da equação que melhor representa a relação entre a série preço futuro e a série de preço à vista em cada praça, dadas as inúmeras composições possíveis de defasagens para formar os polinômios, adotou-se o procedimento realizado por Tonin et al. (2009).

A princípio, os polinômios eram formados apenas pela defasagem dos preços à vista. Em seguida, foram adicionadas as defasagens de preços futuros ou à vista, ou ambas. Foram estimadas equações com até doze defasagens.

Segundo o estatístico de Durbin-Watson⁵ (DW), apenas as equações que não apresentassem auto correlação e que apresentassem coeficientes estatisticamente significativos ao nível de 1% de significância eram consideradas.

3.3.1 *Dados*

As séries de preços no mercado físico, para cada uma das cinco cidades analisadas, foram obtidas junto à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação de Goiás (SEAGRO, 2015) e representam séries históricas semanais de preços à vista pagos ao produtor pela saca de 60kg entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014. Para formar a série de preços no mercado futuro também com frequência semanal, foi obtida a série de preços de ajuste diários referentes ao contrato de milho (CCM) com o vencimento mais próximo (primeiro vencimento em aberto), dados esses obtidos junto ao sistema de recuperação de dados da BM&BOVESPA. De posse da série diária de preços futuros calculou-se a média aritmética semanal.

⁵ A autocorrelação no modelo indica que o mesmo foi mal formulado e inviabiliza os testes t e f sobre seus parâmetros. Dessa forma, estatísticos de Durbin-Watson (DW) entre 1,85 e 2,15 indicariam ausência de autocorrelação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos da liquidez dos contratos futuros de milho e do comportamento da base nas cinco cidades consideradas.

4.1 Resultados quanto à liquidez dos contratos futuros

Nota-se que o mercado futuro de milho no Brasil vem ganhando destaque, o que se percebe por meio do aumento progressivo ano a ano do número de contratos negociados (Tabela 8). A porcentagem da produção brasileira de milho negociada na BM&FBOVESPA — apesar de baixa quando comparada a outras bolsas de maior importância — também vem apresentando significativa evolução. Para o ano de 2004, apenas 3,37% da produção nacional de milho era negociada por meio de contratos futuros. Em 2005, esse valor saltou para 7,54% e em 2014 chegou a 32,66%.

Entre os anos de 2004 e 2014 houve crescimento de 385,37% no número de contratos de milho negociados na BM&FBOVESPA. Apenas entre os anos de 2008 e 2009 ocorreu redução no número de contratos negociados (-30,13%), porém, tal decréscimo é explicado por mudanças ocorridas no próprio contrato futuro de milho, onde esse passou de liquidação física para liquidação financeira. Portanto, houve um crescimento anual médio de 38,54% para esse período.

Tal crescimento é superior ao crescimento da produção brasileira de milho que, entre 2004 e 2014, apresentou evolução de 101,94%, quando a produção em milhões de toneladas saltou de 42,13 para 80,05. Dessa forma, o mercado futuro segue crescendo a taxas maiores que o mercado à vista e, caso a média de crescimento dessa taxa relativa se mantenha em torno de 2,93% ao ano — como constatado entre os anos de 2004 e 2014 — espera-se que em 23 anos 100% da produção brasileira de milho já esteja sendo negociada na BM&FBOVESPA.

Tabela 8 – Relação entre o número de contratos futuros de milho negociados e a safra brasileira produzida, de janeiro de 2004 a novembro de 2015.

Ano	Contratos negociados	Quantidade negociada (mil toneladas)	Produção Nacional (Mil toneladas)	Percentual negociado
2004	52600	1420,2	42128,5	3,37%
2005	97795	2640,465	35006,7	7,54%
2006	135188	3650,076	42514,9	8,59%
2007	207724	5608,548	51369,9	10,92%
2008*	408994	11042,838	58652,3	18,83%
2009*	285780	7716,06	51003,8	15,13%
2010	364045	9829,215	56018,1	17,55%
2011	464387	12538,449	57406,9	21,84%
2012	683881	18464,787	72979,5	25,30%
2013	738812	19947,924	81505,7	24,47%
2014	966531	26096,337	80052,0	32,60%
2015**	660886	17843,920	84672,0	---

*Os contratos futuros com liquidação financeira (CCM) passam a ser comercializados em 19/09/2008 e os contratos futuros com liquidação física (CNI) deixam de ser comercializados em 18/05/2009. Portanto, nesse intervalo prevalecem os dois tipos de contratos.

Tamanho do contrato igual a 450 sacas de 60 kg.

**Dados entre janeiro e novembro de 2015.

Fonte: CONAB (2015) e BM&FBOVESPA(2015).

Em sequência, são apresentadas as médias diárias do número de contratos negociados para o período total de vigência dos mesmos (Tabela 9), notando-se reduzida liquidez de quase todos os contratos. Os únicos contratos que alcançaram níveis relevantes de liquidez foram aqueles com vencimento em setembro de 2014. No entanto, faz-se importante recordar a concentração do volume negociado nos meses que antecedem o vencimento dos contratos e que, caso calculada, apresentaria valores de variação bastante elevados para tais médias. Portanto, para o conhecimento da liquidez dos contratos futuros de milho na BM&FBOVESPA, uma análise que cobre apenas parte do tempo de vigência do contrato (como aquela apresentada na Tabela 10), seria de maior relevância.

Tabela 9 – Média do número de contratos negociados diariamente para os diferentes meses de vencimento entre 2004 e 2015

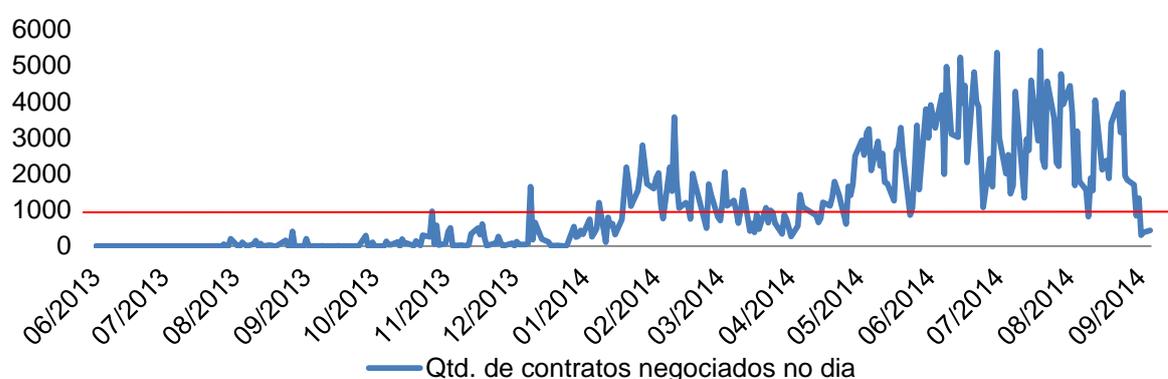
Ano de vencimento	Mês de vencimento					
	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro
2004	15	37	69	71	52	57
2005	40	27	40	39	74	123
2006	107	59	78	82	88	146
2007	99	101	119	66	97	155
2008	178	161	248	106	438	350
2009**	352	146	217	5	192	232
2010	270	206	287	1	637	332
2011	258	286	285	0	616	299
2012	394	332	327	21	942	556
2013	329	344	414	20	858	817
2014	472	422	554	11	1094	766
2015	680	508	420	0	979	494

** Médias representadas pela soma de ambos os contratos em vigência para esse ano (CNI e CCM).

Fonte: dados de pesquisa.

Observando o Gráfico 5 é possível notar que o número de contratos negociados aumenta com a aproximação do mês de vencimento do mesmo, ou seja, aquele mês em que o contrato deixará de ser negociado. Portanto, os meses iniciais de negociação do contrato apresentam menor liquidez quando comparados aos meses que antecedem o fim de sua negociação — nesse caso, os meses junho, julho e agosto.

Gráfico 5— Número de contratos futuros de milho com vencimento em setembro de 2014 e negociados na BM&FBOVESPA, para o período entre o início de sua negociação (11/06/2013) e o seu vencimento (15/09/2014)



Fonte: (BM&FBOVESPA, 2015).

Quando se trabalha apenas com uma fração do tempo em que o contrato se encontra negociável (os últimos três meses que antecedem seu vencimento), observa-se níveis mais elevados de liquidez.

De acordo com a Tabela 10, aqueles contratos com vencimento em maio, setembro e novembro, apresentaram liquidez relativamente elevada a partir do ano de 2012, com médias diárias de contratos negociados bem acima de mil. Em 2013, 2014 e 2015, também foram notados valores elevados para aqueles com vencimento em janeiro e março.

Em contrapartida, os contratos com vencimento em julho não apresentaram liquidez para esse período final de três meses.

Tabela 10 – Média diária do número de contratos negociados no período de três meses que antecedem seu mês de vencimento, entre 2004 e 2015

Ano de vencimento	Mês de vencimento					
	Janeiro	Março	Maio	Julho	Setembro	Novembro
2004	0	43	78	86	77	108
2005	85	57	76	40	91	206
2006	181	71	153	103	72	171
2007	270	172	161	116	104	210
2008	453	341	359	340	892	527
2009*	387	311	241	14	559	472
2010	554	338	253	4	822	721
2011	454	633	847	0	1547	739
2012	774	875	1202	38	3040	1268
2013	919	1215	1475	49	2050	1970
2014	1368	1505	1545	30	2921	2609
2015	1958	2395	1485	1	2365	1415

** Médias representadas pela soma de ambos os contratos em vigência para esse ano (CNI e CCM).

Fonte: dados de pesquisa.

Quanto ao número de contratos em aberto e sua média diária para todo o período de negociação (Tabela 11), observa-se que apenas aqueles com vencimento em setembro apresentam médias elevadas, o que pode significar maior liquidez destes em comparação aos demais. Porém, assim como o número de contratos negociados, o número de contratos em aberto também se concentra nos meses próximos ao seu vencimento, resultando uma variação elevada para todo o período. Por outro lado, a análise da Tabela 12 evidência valores mais elevados de contratos em aberto quando se trabalha com um limite de tempo menor e mais próximo da data de vencimento do contrato.

Para o ano de 2014, aqueles contratos com vencimento em janeiro, março, maio, setembro e novembro poderiam ser considerados líquidos, permitindo a

entrada e saída dos agricultores do mercado futuro com razoável facilidade nos três últimos meses que antecedem o fim do contrato.

Tabela 11 – Média diária do número de contratos em aberto para os diferentes meses de vencimento entre 2009 e 2015.

Ano de vencimento	Mês de vencimento					
	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro
2004	79	419	786	1028	630	628
2005	421	292	384	422	955	1304
2006	1006	750	747	609	909	1963
2007	866	972	1423	597	1260	1704
2008	1278	1119	1931	511	3684	2673
2009*	2203	1195	2876	39	2151	1872
2010	1957	2105	4374	11	11099	2810
2011	1795	2141	2669	0	4810	2071
2012	3024	3053	2835	163	4568	2665
2013	2162	2245	2975	274	5815	4165
2014	2668	3044	3311	104	9354	3726
2015	3581	2149	2279	13	6513	2453

*Médias representadas pela soma de ambos os contratos em vigência para esse ano (CNI e CCM).
Fonte: dados de pesquisa.

Tabela 12 – Média diária do número de contratos em aberto no período de três meses que antecedem seu mês de vencimento, entre 2009 e 2015

Ano de vencimento	Mês de vencimento					
	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro
2004	0	545	1065	1269	770	1408
2005	876	637	948	695	1443	2011
2006	1662	1094	1585	816	947	2454
2007	1938	1767	2888	928	1261	1840
2008	2955	2774	3271	1549	6269	4835
2009	3493	2585	4767	120	4892	3308
2010	3939	3330	7907	22	14249	4368
2011	3304	3925	6478	0	8133	4778
2012	4567	5617	8573	371	8411	5375
2013	5041	6220	7487	638	10441	8638
2014	6954	9485	9914	283	19109	12371
2015	9061	8507	5790	23	12756	5504

Fonte: dados de pesquisa.

Apesar da importância da criação do contrato futuro de milho com vencimento em agosto, a mudança não foi estrutural. Sendo assim, não acarretou em alterações significativas no desempenho deste tipo de contrato.

Observando-se a Tabela 13, que trata apenas dos contratos com vencimento em agosto, percebe-se o reduzido número de dias em que os contratos puderam ser negociados, entre 2009 e 2010. Em 2011, apesar dos 256 dias em que o contrato ficou disponível para negociação, este não recebeu nenhuma oferta de compra ou venda. Nos anos de 2012 e 2013 ele sequer chegou a ser comercializado e, em 2014, apresentou apenas 57 contratos negociados — o que torna evidente sua baixa liquidez.

Tanto o contrato futuro de milho com vencimento em agosto, quanto aquele com vencimento em julho (o qual também apresentou baixa liquidez), não são recomendados para aqueles com interesse em realizar cobertura do milho físico. Na verdade, tais agricultores terão que escolher um contrato futuro posterior a esses meses de vencimento. Ou seja, aqueles com interesse em estratégias de cobertura para o milho em julho ou agosto terão de negociar o contrato futuro com vencimento em setembro na BM&FBOVESPA.

Essa estratégia poderia utilizar contratos futuros de outras bolsas (como a de Chicago, por exemplo). No entanto, como já apontado anteriormente, o preço do milho no Brasil ainda é pouco influenciado pelo mercado externo, tendo sua formação baseada principalmente na demanda e oferta interna.

Tabela 13 – Dados do contrato futuro de milho com liquidação financeira (CCM) e vencimento em agosto, entre os anos de 2009 e 2015

Ano de vencimento	Dias com negociação	Contratos negociados	Contratos em aberto	Média diária de contratos negociados	Média diária de contratos em aberto
2009*	63	60	50	0,95	0,79
2010	60	0	0	0	0
2011	260	0	0	0	0
2012**	-	-	-	-	-
2013**	-	-	-	-	-
2014	221	57	506	0,26	2,29
2015**	-	-	-	-	-

* O contrato Futuro CCM com vencimento em agosto de 2009 (Q09) não foi negociado entre os dias 06/11/2008 e 09/01/2009 e nem entre os dias 13/02/2009 e 17/08/2009.

** Os contratos CCM com vencimento em Q12, Q13 e Q15 não foram comercializados.

Fonte: dados de pesquisa.

4.2 Resultados quanto à base e o risco de base

Segundo a Tabela 14, é possível notar que os preços médios para cada cidade apresentaram certa igualdade entre si, e que, o coeficiente de variação de

tais preços recebidos pelos produtores se apresentou relativamente elevado, com máxima de 22% para a cidade de Mineiros e mínima de 18% para a cidade de Rio Verde. Tal fator pode ser entendido como uma relativa instabilidade do mercado do milho na região. Outra interpretação possível para a instabilidade dos preços seria o maior risco de atuação no mercado de milho em tal localidade.

Os valores médios recebidos por saca fora similares entre as cinco cidades, com uma média entre elas de 20,56 R\$/saca. Catalão apresentou a maior média de preços (21,53) e Mineiros a menor (19,77). O valor máximo por saca é referente à cidade de Formosa (30,33) e o valor mínimo é atribuído à cidade de Mineiros (10,15).

Tabela 14– Estatística descritiva dos preços nominais recebidos pelos produtores de milho por saca de 60kg, em R\$, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014 e de acordo com suas cidades

	Cidade				
	Rio Verde	Bom Jesus	Formosa	Mineiros	Catalão
Média	20,26	20,28	20,94	19,77	21,53
Desvio padrão	3,72	3,81	4,24	4,30	4,19
Coefficiente de variação	0,18	0,19	0,20	0,22	0,19
Mínimo	12,50	13,17	12,00	10,15	12,00
Máximo	27,25	28,00	30,33	30,00	30,00
Observações	260	260	260	260	260

Fonte: dados de pesquisa.

Ao analisarem-se os valores máximos e mínimos para todas as bases, Tabela 15, observa-se uma elevada amplitude das mesmas, como no caso da cidade de Formosa, onde a base máxima foi de 2,85 R\$ e a base mínima de -17,07 R\$. Em contrapartida, Rio Verde apresentou a menor amplitude para as bases, assim como o menor desvio padrão (1,93).

Todas as cidades, com exceção de Rio Verde, apresentaram médias negativas para as bases e também valores máximos positivos para a base. Em condições ideais, espera-se que a base local seja negativa, representando apenas o custo em transportar o ativo até a praça utilizada para compor os preços futuros (no caso do milho a cidade de Campinas). Uma possível explicação para tal comportamento parte de Fontes et al. (2005). Para os autores, os mercados em situação invertida – bases positivas – podem ser explicados por faltas momentâneas de produto no mercado local. Outra explicação provável seria o próprio risco de base.

Tabela 15 – Estatística descritiva da base do milho para as cinco cidades goianas analisadas entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014

	Cidade				
	Rio Verde	Bom Jesus	Formosa	Mineiros	Catalão
Média	-6,59	-6,57	-5,90	-7,08	-5,32
Desvio padrão	1,93	2,80	3,47	2,37	2,27
Coeficiente de variação	-0,29	-0,43	-0,59	-0,34	-0,43
Mínimo	-11,87	-14,24	-17,07	-15,31	-16,15
Máximo	-0,78	2,51	2,85	2,78	1,81
Observações	260	260	260	260	260
Distância até Campinas-SP (km)*	850	990	960	978	602

Fonte: dados de pesquisa.

*Google Maps (2015)

Catalão, cidade menos distante até Campinas-SP (602 km), apresentou a maior média de bases (-5,32), o que ressalta a importância do componente “transporte” na formação da base. As demais cidades, que estavam em média a 944,5 km de Campinas, apresentaram médias para as bases inferiores à de Catalão.

Quanto à matriz de correlação entre as bases, representada pela Tabela 16, é possível observar que houve correlação positiva e significativa entre as bases de todas as cidades. A cidade de Rio Verde apresentou correlações mais elevadas com as outras cidades e a menor correlação encontrada foi entre as bases de Formosa e Catalão.

Portanto, é possível afirmar que a diferença entre o preço físico e futuro apresenta um comportamento homogêneo entre as cidades avaliadas. Segundo Gabriel (2010), a importância dessa constatação reside na possibilidade de se utilizar contratos futuros em estratégias eficazes de cobertura contra riscos, independentemente do local onde os preços à vista são negociados, ou mesmo, das particularidades de cada cidade.

Tabela 16 – Matriz de correlação entre as bases

	Rio Verde	Bom Jesus	Formosa	Mineiros	Catalão
Rio Verde	1				
Bom Jesus	0,798*	1			
Formosa	0,616*	0,595*	1		
Mineiros	0,793*	0,728*	0,548*	1	
Catalão	0,701*	0,556*	0,527*	0,688*	1

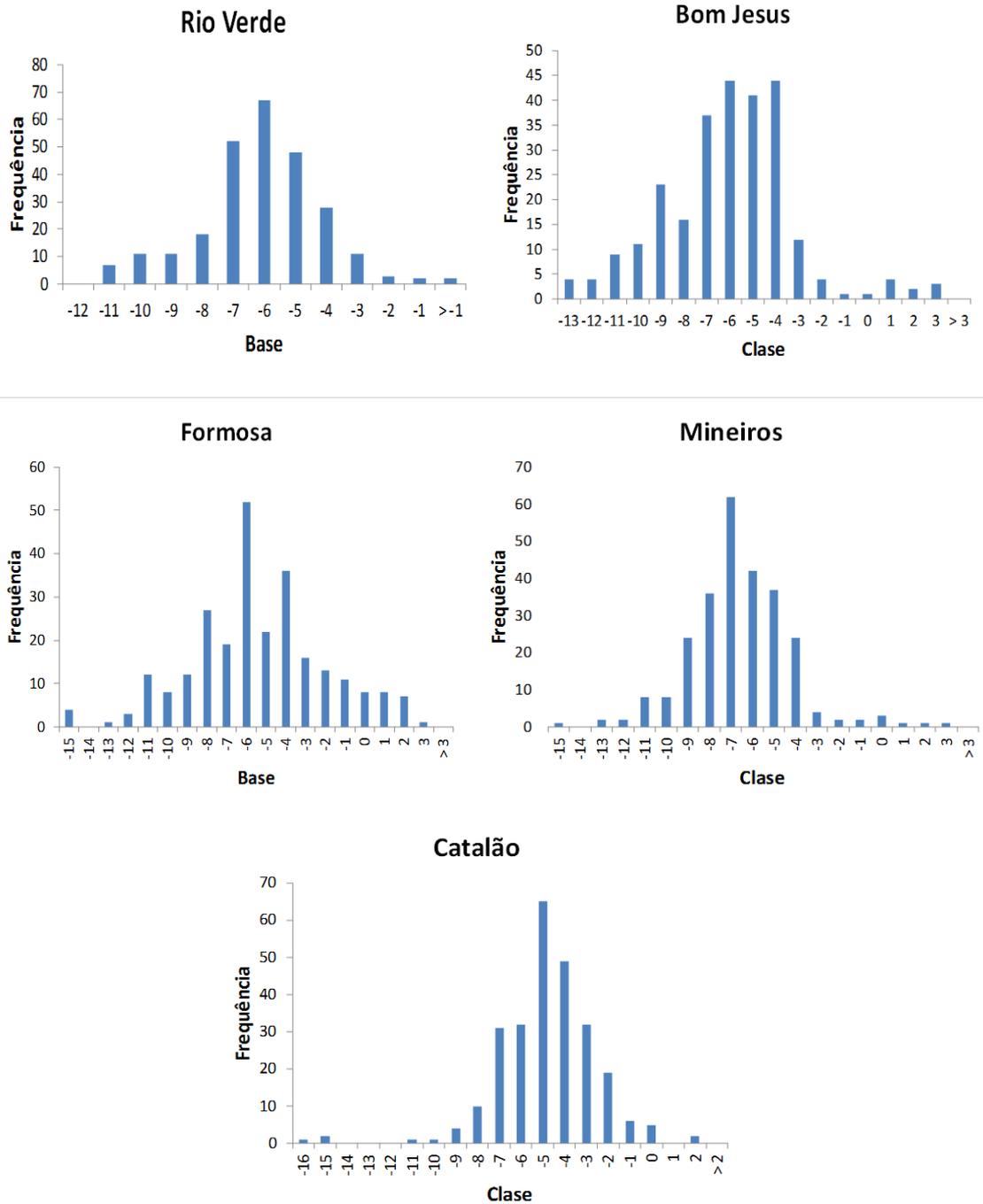
*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Fonte: dados de pesquisa.

De acordo com os histogramas apresentados no Gráfico 6, é possível notar que as bases seguem uma forma de distribuição semelhante a uma distribuição

normal. No entanto, tal similitude deve ser comprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Gráfico 6– Histogramas das bases



Fonte: Dados de pesquisa.

Observando a Tabela 17, é possível notar que a distribuição da frequência das bases se equipara a uma distribuição normal, com exceção da cidade de Bom

Jesus, que, por ter apresentado um Valor-p menor do que 0.05, exibe uma distribuição da frequência de suas bases estatisticamente diferente de uma curva normal.

Dessa maneira, é possível e válida a construção de limites superiores e inferiores para as bases apenas para as cidades de Rio Verde, Formosa, Mineiros e Catalão. Ou seja, cidades cuja distribuição das bases seguiu uma curva normal. Tais valores são apresentados na Tabela 18.

Tabela 17 – Teste Kolmogorov-Smirnov de normalidade das bases

	Cidades				
	Rio Verde	Bom Jesus	Formosa	Mineiros	Catalão
Parâmetros de normalidade					
Nº de observações	260	260	260	260	260
Média	-6,59	-6,57	-5,90	-7,08	-5,32
Desvio padrão	1,93	2,80	3,47	2,37	2,27
Diferenças extremas					
Absoluto	0,09	0,09	0,05	0,06	0,08
Positivo	0,04	0,09	0,05	0,06	0,07
Negativo	-0,09	-0,06	-0,05	-0,06	-0,08
Kolmogorov-Smirnov Z	1,38	1,39	0,87	1,04	1,23
Valor-P	0,05	0,04	0,43	0,23	0,10

Fonte: dados de pesquisa.

Tabela 18– Intervalo de confiança para as bases

95% de confiança	Rio Verde	Formosa	Mineiros	Catalão
Limite inferior	-10,4553552	-12,8381513	-11,8241752	-9,86044969
Limite Superior	-2,72032047	1,03682185	-2,33426968	-0,77089519

Fonte: dados de pesquisa.

Por meio da Tabela 18, é possível perceber que, para as diferentes cidades estudadas, o intervalo de confiança para a base do milho se mostrou elevado. Gabriel (2010) aponta que o conhecimento destes limites têm elevada importância para aqueles que desejam empregar alguma estratégia de cobertura contra riscos, pois, caso tal agente perceba valores de base fora dos limites superiores e inferiores, é forte a probabilidade de que a mesma retorne ao seu padrão histórico.

O fato da base para algumas cidades possuir distribuição normal, permite calcular seus limites máximos e mínimos. Entretanto, o uso de contratos futuros

pelos produtores rurais da região para diminuir o risco de volatilidade dos preços ainda é reduzido.

O baixo interesse dos produtores por estratégias de *hedge* de venda poderia estar relacionado ao nível mais elevado em que se encontram os preços futuros frente aos preços praticados no mercado à vista. Esse cenário enfraqueceria a base, principalmente durante a entressafra, além de garantir maiores vantagens aos frigoríficos, integradoras e agroindústrias (*hedger* de compra).

Outro motivo por tal desinteresse teria origem nos elevados custos de transação. Quanto a isso, Cunha et al. (2013) afirmam que os produtores de milho da região de Rio Verde (GO) preferem parcerias e contratos a termo com demandantes, uma vez que os custos de transação são elevados ao se comercializar o milho fora de tal região.

Cunha et al. (2013), estudando a base do milho na cidade de Rio verde (GO) entre 03/01/2005 e 15/03/2011, encontraram uma média para a mesma de R\$ 5,60 e um desvio padrão de R\$ 1,46. Os autores relacionam o enfraquecimento da base no período analisado ao poder de negociação por parte dos compradores, uma vez que são agroindústrias e integradoras interessadas na fabricação de ração do complexo de carne da região. No entanto, os mesmos não aprofundaram sua pesquisa quanto à existência, ou não, de concentração de mercado na região.

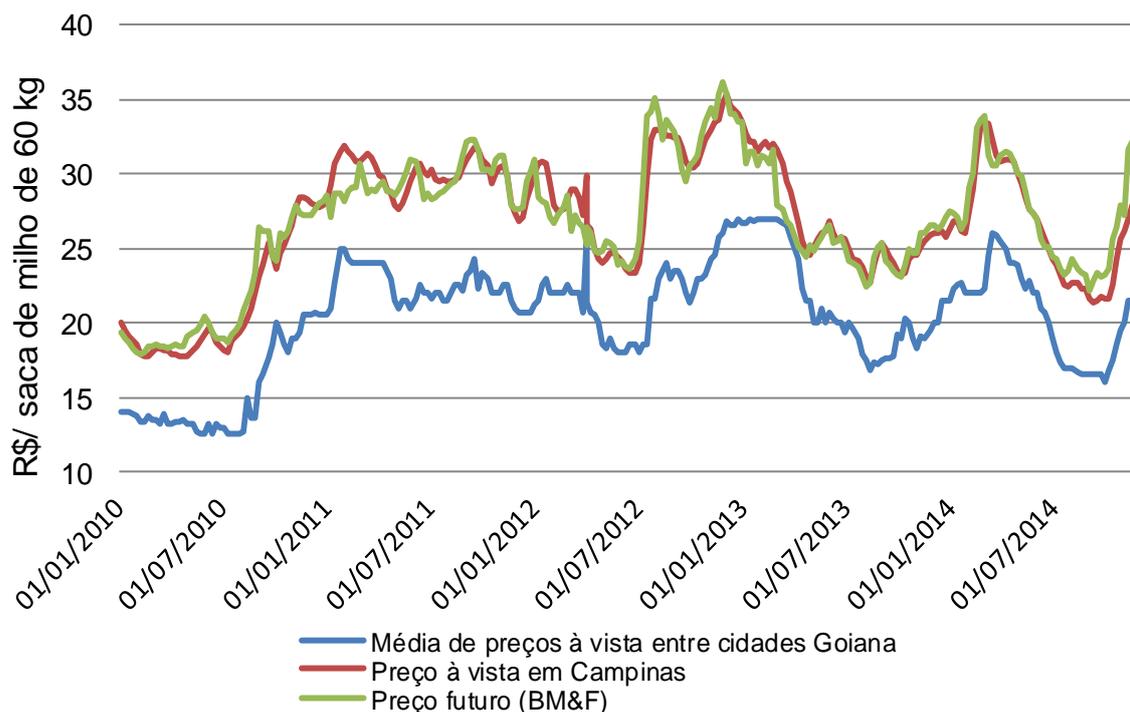
Outra explicação dada por Cunha et al. (2013) ao enfraquecimento da base na região de Rio Verde (GO), está relacionada ao fato dos agentes atribuírem elevado peso aos preços praticados na região. Nesse caso, as estruturas de governança estabelecidas nessa região estariam contribuindo para o enfraquecimento da base, tornando os preços praticados na região menores que aqueles praticados na BM&F.

4.3 Resultados quanto ao *hedge* ótimo e sua efetividade

Segundo Hull (2009, p. 53), a escolha do melhor contrato futuro para realizar estratégias de cobertura deve obedecer a correlação existente entre o ativo objeto de cobertura, nesse caso o milho, e o contrato futuro. Sendo assim, entre os diferentes contratos futuros oferecidos, deve-se optar por aqueles que apresentem maior correlação com o ativo.

Analisando o comportamento dos preços através do Gráfico 7 e, segundo o coeficiente de correlação de Person– este calculado entre cada séries de preços à vista e a série de preços futuros (Tabela 19) – é possível notar um auto grau de correlação entre tais séries (coeficientes mais próximos de 1).

Gráfico 7 – Comportamento do preço futuro e à vista da saca de milho de 60kg



Fonte: dados de pesquisa.

A cidade que apresentou maior correlação entre os preços praticados à vista e os preços futuros fora a cidade de Campinas-SP, uma vez que tal cidade desempenha o papel de praça para a formação dos preços dos contratos futuros de milho na BM&FBOVESPA. Em seguida, vieram as correlações para as cidades de Rio Verde, Catalão e Mineiros. As cidades que apresentaram preços à vista com menor grau de correlação com o preço futuro foram: Bom Jesus e Formosa.

Tabela 19 – Coeficiente de correlação entre o preço futuro e os preços à vista para cada cidade goiana analisada e para a cidade de Campinas - SP

Cidade	Coeficiente de correlação
Bom Jesus	0,762
Catalão	0,855
Formosa	0,665
Mineiros	0,845
Rio Verde	0,890
Campinas-SP	0,960
Preço Futuro	1

Fonte: dados de pesquisa.

O teste de Dickey-Fuller (DF) mostrou que tanto a série de preços futuros quanto a série de preços à vista eram não estacionárias, conforme mostrado na Tabela 20. Portanto, a regressão linear simples entre essas duas séries em nível poderia gerar uma regressão espúria.

Tabela 20 – Resultados dos testes de raiz unitária para as séries de preços semanais à vista e futuro de milho no período entre Janeiro de 2010 e dezembro de 2014.

Cidade	Número de defasagens (Lags)	Tipo de equação estimada	Valor crítico de DF*	Resultado do teste DF	P-valor
Rio Verde	1	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,250	0,459
Bom Jesus	2	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,453	0,351
Formosa	2	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,883	0,170
Mineiros	1	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,422	0,367
Catalão	1	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,215	0,479
Campinas-SP	1	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,901	0,164
Preço Futuro	1	Com tendência e com intercepto	-3,994	-2,647	0,260

Fonte: dados de pesquisa.

* Valor crítico a 1% de significância.

Hipótese nula (H₀): Série possui raiz unitária, indicando uma série não estacionária.

O passo seguinte consistiu em testar a estacionariedade das séries em sua primeira diferença⁶. Myers e Thompson (1989) sugerem que, caso as séries em nível sejam não estacionárias – não sendo possível utilizá-las para determinar a eficiência e o *hedge* ótimo – a primeira diferença de tais séries ainda poderia ser estacionária. Portanto, elas poderiam ser utilizadas para as estimações.

A Tabela 21 traz os resultados em primeira diferença, onde as séries não possuem raiz unitária, e, então, são estacionárias.

Tabela 21 – Resultados dos testes de raiz unitária para as séries de preços semanais à vista e futuro de milho, em primeira diferença, no período entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.

Cidade	Número de defasagens (Lags)	Tipo de equação estimada	Valor crítico de DF*	Resultado do teste DF	P-valor
Rio Verde	0	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-13,196	0,000
Bom Jesus	1	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-7,207	0,000
Formosa	1	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-14,036	0,000
Mineiros	0	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-19,278	0,000
Catalão	0	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-18,527	0,000
Campinas-SP	0	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-8,281	0,000
Preço Futuro	0	Sem tendência e sem intercepto	-2,574	-13,226	0,000

Fonte: dados de pesquisa.

* Valor crítico a 1% de significância.

Hipótese nula (H₀): Série possui raiz unitária.

Como o teste de Dickey-Fuller mostrou que as séries semanais de preços são não estacionárias em nível, mas estacionárias em sua primeira diferença, a efetividade do *hedge* e o *hedge* de mínima variância foram calculados por meio de dois métodos: o convencional em primeira diferença e aquele em diferença de preços defasados proposto por Myers e Thompson (1989).

⁶ Segundo Nogueira, Aguiar e Lima (2002) uma série estacionária em primeira diferença trata-se de uma série integrada de ordem 1, podendo ser representada da seguinte forma: I(1).

Dessa forma, a Tabela 22 traz os resultados da razão ótima e da efetividade do *hedge* para as séries de preços semanais em primeira diferença estimados pelo método convencional.

Tabela 22 - Razão ótima de *hedge* estimado para cada cidade segundo o modelo convencional em defasagem

Modelo						
$\Delta p_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_{j,t} + \mu_{i,t}$						
Cidade	Parâmetro	Coefficiente	P-valor*	Hedge ótimo	R²	DW
Bom Jesus	Intercepto	0,0244	0,491	0,035	0,004	1,322
	β_1	0,0352	0,324			
Catalão	Intercepto	0,0344	0,632	0,008	0,000	2,293
	β_1	0,0078	0,915			
Formosa	Intercepto	0,0565	0,490	-0,064	0,002	1,844
	β_1	-0,0638	0,440			
Mineiros	Intercepto	0,0245	0,778	0,164	0,013	2,418
	β_1	0,1644	0,062			
Rio Verde	Intercepto	0,0247	0,595	0,160	0,043	1,731
	β_1	0,1600	0,001			
Campinas-SP	Intercepto	0,0155	0,683	0,414	0,312	1,424
	β_1	0,4140	0,000			

Fonte: dados de pesquisa.

*Quanto maior o P-valor, maiores são as chances de não se rejeitar a hipótese nula (H_0 = parâmetro igual a zero). P-valor < 0,01 (estatisticamente significativo a 1%). P-valor < 0,05 (estatisticamente significativo a 5%). P-valor < 0,10 (estatisticamente significativo a 10%).

Com exceção do modelo estimado para a cidade de Formosa, os demais apresentaram problemas com autocorrelação das variáveis segundo o teste de Durbin-Watson (DW) e, apenas para as cidades de Rio Verde e Campinas os coeficientes angulares foram significativos a 1%.

A Tabela 23 apresenta os modelos estimados segundo Myers e Thompson (1989). A Tabela 24 mostra os resultados da razão ótima e da efetividade do *hedge* para as séries de preços semanais em primeira diferença segundo modelo acima.

Tabela 23 – Efetividade e razão ótima de *hedge* para as séries de preços semanais de milho entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.

Modelo proposto por Myers e Thompson (1989):

$$\Delta p_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 * \Delta f_{j,t} + a(L) * \Delta p_{i,t-1} + b(L) * \Delta f_{j,t-1} + \mu_{i,t}$$

Cidade	Modelo Estimado						
Bom Jesus	0,02 (0,614)	+ 0,202 $\Delta f_{j,t}$ (0,0012)	- 0,412 $\Delta f_{j,t-1}$ (0,0007)	+ 0,343 $\Delta f_{j,t-2}$ (0,0017)	- 0,102 $\Delta f_{j,t-3}$ (0,0051)		
Catalão	0,022 (0,751)	+ 0,308 $\Delta f_{j,t}$ (0,0035)	- 0,499 $\Delta f_{j,t-1}$ (0,0007)	+ 0,218 $\Delta f_{j,t-2}$ (0,0020)	+ 0,063 $\Delta p_{j,t-3}$ (0,0000)		
Formosa	0,041 (0,618)	+ 0,418 $\Delta f_{j,t}$ (0,0106)	- 1,658 $\Delta f_{j,t-1}$ (0,0001)	+ 2,100 $\Delta f_{j,t-2}$ (0,0002)	- 1,082 $\Delta f_{j,t-3}$ (0,0011)	+0,237 $\Delta f_{j,t-5}$ (0,0059)	- 0,069 $\Delta f_{j,t-6}$ (0,0139)
Mineiros	0,016 (0,828)	+ 0,374 $\Delta f_{j,t}$ (0,0001)	- 0,315 $\Delta f_{j,t}$ (0,0000)	+0,179 $\Delta p_{j,t-2}$ (0,0000)			
Rio Verde	0,011 (0,792)	+ 0,540 $\Delta f_{j,t}$ (0,0000)	- 0,841 $\Delta f_{j,t-1}$ (0,0000)	+ 0,621 $\Delta f_{j,t-2}$ (0,0000)	- 0,19 $\Delta f_{j,t-3}$ (0,0000)		
Campinas	-0,002 (0,951)	+ 0,879 $\Delta f_{j,t}$ (0,0000)	- 0,718 $\Delta f_{j,t-1}$ (0,0000)	+ 0,169 $\Delta f_{j,t-2}$ (0,0000)			

Fonte: Dados de Pesquisa.

Nota: os valores entre parênteses representam o p-valor segundo a hipótese nula H_0 : parâmetro igual a zero.

Tabela 24 – Efetividade e razão ótima de *hedge* para as séries de preços semanais de milho entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014.

Cidade	DW	R ²	β_1
Bom Jesus	1,41	0,050	0,202
Catalão	2,15	0,136	0,308
Formosa	1,92	0,074	0,418
Mineiros	1,9	0,293	0,374
Rio Verde	1,89	0,177	0,540
Campinas-SP	1,67	0,659	0,879
Média*		0,170	0,410

Fonte: dados de pesquisa.

β_1 = proporção da posição à vista que deve ser tomada no mercado futuro a fim de proporcionar a menor exposição ao risco (razão ótima de *hedge*).

R² = Quadrado da correlação linear entre as variações dos preços à vista e as variações dos preços futuros (efetividade da tomada de posições no mercado futuro).

*Média formada pelos valores entre as cidades de Catalão, Formosa, Mineiros e Rio verde. A cidade de Bom Jesus não foi considerada por ter apresentado problema de autocorrelação.

Apesar de todos os modelos apresentarem coeficientes estatisticamente significativos a 1%, não foi possível descrever um modelo para a cidade de Bom

Jesus que não apresentasse autocorrelação. Segundo o estatístico de Durbin-Watson, os modelos para as demais cidades não apresentaram autocorrelação.

A menor efetividade de *hedge* foi encontrada para a cidade de Formosa ($R^2 = 0,074$). Isso indica que a tomada de posições no mercado futuro de milho da BM&FBOVESPA, na proporção de *hedge* ótimo (0,418), reduziria o risco de volatilidade dos preços, ao qual estariam expostos os agentes, em apenas 7,4%. Independente da cidade considerada, a efetividade do *hedge* foi baixa, com média igual a 0,170.

De forma semelhante, Tonin et al. (2009) também encontraram efetividade de *hedge* insatisfatória para o milho na região de Maringá-PR quando analisaram o período de novembro de 1996 a novembro de 2007.

Já Silveira e Lima (2014) encontraram efetividade de *hedge* reduzida (37,4%) inclusive para a cidade de Campinas-SP, quando analisaram séries semanais de preços entre fevereiro de 2009 e janeiro de 2013.

Nogueira (2013), ao analisar séries diárias de preços à vista disponibilizados pelo CEPEA entre maio de 2010 e junho de 2013, também concluiu que existe baixa efetividade para as estratégias de *hedge* realizadas junto à BM&FBOVESPA. A autora estimou efetividade de aproximadamente 5,4% para o boi gordo, 18% para o café, 16% para o etanol, 5% para o milho e 10% para a soja.

Diferentemente dos resultados obtidos pelo presente trabalho e pelos trabalhos de Tonin et al. (2009), Silveira e Lima (2014) e Nogueira (2013), Batistella (2006) concluiu que a efetividade das operações envolvendo contratos futuros de milho na BM&FBOVESPA para diferentes regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, na proporção ótima, foram todas superiores a 50%. Cabe ressaltar que todos os autores trabalharam com intervalos e frequência de séries diferentes, onde, as séries mensais – como é o caso de Batistella (2006) – invariavelmente mostraram valores mais elevados, tanto para o *hedge* ótimo como para sua efetividade.

Batistella (2006) encontrou valores de efetividade de *hedge* próximos a 56%, enquanto este trabalho encontrou valores na ordem de 17,7%. Tal diferença pode ser explicada pelo tipo de modelo adotado por Batistella, uma vez que o autor utilizou séries temporais mensais em primeira defasagem, mas sem levar em consideração a influência das informações disponíveis no momento em que o agente toma suas decisões.

A razão ótima de *hedge* média entre as quatro cidades consideradas, excetuando apenas a cidade de Bom Jesus, foi de 0,410. O qual quer dizer que, quando os agentes de tal região almejarem se proteger contra a flutuação do preço do milho, os mesmos deverão assumir posições no mercado futuro que cubram entorno de 41% de suas posições no mercado à vista. Com isso a carteira de *hedge* formada pelos ativos no mercado físico e futuro terá a menor variância possível.

A razão ótima de *hedge* para a cidade de Rio Verde foi de 0,540. Tal valor está próximo daquele encontrado por Batistella (2006) ao analisar a mesma cidade (0,607), porém, considerando séries mensais entre janeiro de 2000 e julho de 2005 e fazendo uso do modelo convencional em diferença.

Ainda quanto à cidade de Rio Verde, uma das mais importantes em produção de milho no estado de Goiás, Rodrigues e Cunha (2013), utilizando o mesmo modelo aqui empregado para o cálculo do *hedge* ótimo (Myers e Thompson (1989)) e série de preços semanais entre janeiro de 2005 e março de 2011, encontraram razão ótima de *hedge* para tal cidade igual a 58,62% (valores também muito próximo daquele obtido pelo presente trabalho, 54%) e efetividade de 44,7%.

Uma das explicações dada por Tonin et al. (2009) quanto à baixa razão ótima, e à baixa efetividade de *hedge* quando são utilizados contratos futuros de milho negociados na BM&FBOVESPA, remete também à baixa liquidez de tais contratos. Uma vez que quando analisados contratos de maior liquidez, como o de café e o de boi gordo, percebe-se razões ótimas e efetividades mais elevadas.

No entanto, Rocha et al., (2010) encontraram valores satisfatórios para a razão ótima de *hedge* (0,6475) e para a efetividade da estratégia (0,4632) quando analisado um contrato de baixa liquidez na BM&FBOVESPA, como o contrato futuro de soja (o qual apresenta liquidez menor até que a do contrato de milho). Dessa forma, deve se considerar variáveis que vão além da liquidez dos contratos futuros para explicar a baixa razão ótima e a baixa efetividade de *hedge* para algumas regiões.

Apesar dos reduzidos valores de *hedge* ótimo e de efetividade encontrados pelo presente trabalho, Rodrigues e Cunha (2013), ao analisarem cidades goianas que em sua grande maioria diferenciavam daquelas que foram tratadas aqui, concluíram que a operação de *hedge* é efetiva nos municípios goianos de: Acreúna; Chapadão do Céu; Cristalina; Itumbiara; Jataí; Mineiros; Montividiu; Morrinhos; Rio

Verde e Santa Helena de Goiás. Segundo tais autores, a taxa ótima de *hedge* entre esses municípios foi de 62%, com uma efetividade média de 51%.

Porém, quando desagregadas, aquelas cidades que foram tratadas tanto no presente trabalho quanto no trabalho de Rodrigues e Cunha (2013), Rio Verde e Mineiros, apresentaram valores de *hedge* ótimo e efetividade parecidos com os valores aqui encontrados. Para a cidade de Rio Verde, a diferença de *hedge* ótimo entre os dois trabalhos foi de apenas 2,55% e, para a cidade de Mineiros, de 11,95%. Quanto à efetividade, a diferença foi de 15% para a cidade de Rio Verde e de 4,2% para a cidade de Mineiros.⁷

Isso leva a crer que os parâmetros que balizam a estratégia de cobertura contra riscos devem ser analisados, de preferência, a nível municipal ou sub-regional, e que uma generalização dos mesmos para todo o estado de Goiás, pode acarretar em erros.

⁷ Deve-se levar em conta que, apesar dos modelos utilizados serem os mesmos, a fonte, o intervalo e a frequência das séries nesse caso são diferentes entre os trabalhos.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Alguns contratos futuros apresentam elevada liquidez apenas para os meses que antecedem o mês de vencimento, e não para todo o período em que é possível negociá-lo — caso dos contratos com vencimento em maio, setembro, novembro e, recentemente, janeiro. Outros contratos nunca chegaram a apresentar alta liquidez, mesmo quando analisado o período onde se esperava maior negociação — caso do contrato com vencimento em julho e do contrato com vencimento em agosto, criados recentemente.

É notória a progressiva evolução dos contratos futuros de milho. A cada ano, o número de contratos negociados aumenta, saltando de 52.600, em 2004, para 966.531, em 2014. Em contrapartida, tanto os contratos com vencimento em julho quanto os que vencem em agosto — criados no momento da alteração do contrato futuro de milho, em 2008, quando passaram a ter apenas liquidação financeira— nunca chegaram a apresentar boa liquidez.

Outro ponto que merece destaque é a evolução percebida nas exportações de milho nos últimos anos — o conseqüente aumento da influência do mercado externo sobre o preço da commodity no mercado interno brasileiro, e o possível fortalecimento da importância dos contratos futuros de milho como mecanismo de redução de riscos.

Apesar da base do milho não ter apresentado distribuição normal para a cidade de Bom Jesus, as outras cidades analisadas tiveram seus limites máximos e mínimos para a base calculados, o que, de certa forma, torna mais propício estratégias de cobertura bem sucedidas em tais regiões. Para a cidade de Rio Verde encontrou-se limite superiores e inferiores de base iguais a -2,75 R\$ e - 10,46 R\$, respectivamente e com intervalo de confiança na ordem de 95%. Formosa (1,04; -12,84), Mineiros (-2,33; -11,82) e Catalão (-0,77; -9,86) apresentaram limites superiores e inferiores próximos aos de Rio Verde.

A correlação positiva e significativa entre as bases do milho na cidade de Rio Verde, Bom Jesus, Formosa, Mineiros e Catalão revela que as mesmas se comportam de forma similar o que, para o agricultor, significa certa independência quanto ao local onde serão negociados os preços à vista e, também, quanto às particularidades da cidade.

Uma explicação possível para o distanciamento entre os preços futuros e à vista está relacionada à época de comercialização da safra. Em épocas de safra é comum o movimento de fortalecimento da base, já no período de entressafra, são mais comuns os movimentos de enfraquecimento de base. Portanto, são necessários novos estudos abordando o comportamento dos agricultores para verificar se eles adotam alguma estratégia de armazenamento da produção.

As distâncias das praças até a cidade de Campinas-SP, em parte, também poderiam explicar o motivo pelos quais se relataram valores altos para as bases. No entanto, é preciso que sejam realizados novos estudos nessa área.

A maior razão de *hedge* foi observada para a cidade de Rio Verde (0,540) e a menor para a cidade de Catalão (0,308). A média para a região analisada foi de 0,41, o qual quer dizer que quando um agente localizado no estado de Goiás almeja reduzir seu risco de exposição à volatilidade dos preços do milho a uma taxa mínima, o mesmo deve assumir posições no mercado futuro que cubram 41% de suas posições no mercado à vista.

Quanto à efetividade do *hedge*, observaram-se valores insatisfatórios, onde a média da região considerada foi de apenas 0,17. Isso significa que quando um agente do estado de Goiás toma posições no mercado futuro a uma razão ótima para se proteger contra a volatilidade dos preços do milho, o mesmo estaria reduzindo apenas 17% o risco de volatilidade. No entanto, cabe destacar que o cálculo do *hedge* ótimo e de sua efetividade, ao menos para a região estudada, deve se dar a nível municipal. Uma extrapolação dos valores médios aqui encontrados não é recomendada para os demais municípios goianos.

6 REFERÊNCIAS

ABIMILHO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. **Estimativa de consumo por segmento**. ABIMILHO, São Paulo: SP, 2015. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 28 set. 2015.

ABRAMILHO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MILHO. **A dimensão do Milho no Mundo**. ABRAMILHO, São Paulo:SP, 2010. Disponível em: <<http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>>. Acesso em: 28 set. 2015.

AGRIANUAL - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Informa Economics South America/FNP, 2012.

AMIS. **Prices and price volatility**. Disponível em: <<http://www.amis-outlook.org/indicators/prices/en/>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BAGHESTANY, A. A.; YAZDANI, S.; AHMADIAN, M. World Trade Market Structure for Corn. **International Journal of Life Sciences**, v. 8, n. 5, 2014. Disponível em: <<http://nepjol.info/index.php/IJLS/article/view/11856/9658>>. Acesso em: 28 set. 2015.

BATISTELLA, É, L. **Comercialização de Milho no Brasil: Análise da Utilização do Mercado de Futuros da BM&F**. 2006. 166f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília, Brasília.

BM&FBOVESPA. **Sistema de recuperação de informações**. Disponível em: <<http://www2.bmf.com.br/Mais/Index.html?Idioma=pt-br>>. Acesso em: 28 set. 2015.

BOTELHO FILHO, F. B.; SOUZA JÚNIOR, G. M. D. O risco de base para a soja em Sinop e Lucas, Mato Grosso. **Revista de Política Agrícola**, v. 4, n. 15, p. 85–97, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo**. Brasília: MAPA/ACS, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/projecoes_2013-2014_2023-2024.pdf>. Acesso em: 28 set. 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. **Base de dados ALICE-Web**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2015.

CALDARELLI, C, E. **Fatores de Influência no Preço do Milho no Brasil**. 2010.

152f. Dissertação (Tese em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, v. 22, n. 1, p. 141–164, 2012.

CBOT. Chicago Board of Trade. **Manual de commodities**. São Paulo: PROMEC, 1985.

CHIODI, L. **Integração espacial no mercado brasileiro de milho**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Central de informações agropecuárias**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2015.

CUNHA, C. A. DA; SCALCO, PAULO R.; WANDER, A. E. Custos de transação e comportamento da base para o preço do milho em Rio Verde, GO. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, n. 22, p. 88–95, 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em: 28 set. 2015.

FONTES, R. E.; CASTRO JUNIOR, L. G. DE; AZEVEDO, A. F. Estratégia de comercialização em mercados derivativos - descobrimento de base e risco de base da cafeicultura em diversas localidades de Minas Gerais e São Paulo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 2, n. 29, p. 382–389, 2005.

GABRIEL, F. **Base e o Risco de Base do Café Arábica no Brasil: um estudo empírico para o período 2003-2010**. In: Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities - CGRCC, 4, 2010, São paulo, SP. Anais (on line). São Paulo: Instituto Educacional BM&FBovespa, 2010. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/CGRCC/download/Base-e-o-Risco-de-Base-do-Cafe-Arabica-no-Brasil-Um-Estudo-Empirico-para-o-periodo-2003-2010.pdf>> Acesso em: 28 set. 2015.

GAVOTTI, F. S. M. **Oportunidades de hedge no mercado de açúcar: uma análise por meio da base**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOOGLE. **Google Maps**. 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso em: 28 set. 2015.

GUIMARÃES, R. DE S. **Volume de contratos futuros de soja negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F)**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2007.

GUIMARÃES, R. D. S. **Volume de contratos futuros de soja negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F)**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUJARATI, D.; PORTER, D. **Basic econometrics**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2009. 921 p.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 4. ed. São Paulo: Thomson, 2006. 432 p.

HULL, J. C. **Introdução ao mercado futuro e de opções**. 2. ed. São Paulo: Cultura Editores Associados, 2006. 461p.

HULL, J. C. **Options, futures, and other derivatives**. 7. ed. New Jersey: Person Prentice Hall, 2009. 896 p.

LOHMAR, B. Will China Import More Corn? **The magazine of Food, Farm, and Resource Issues**, v. 30, n. 2, p. 1–7, 2015.

MARKOWITZ, R. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C.; MARTINES, J. G. F. **Mercados futuros e de opções agropecuárias**. 1. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, 2006. 312 p.

MORENO-SÁENZ, L. I.; GONZÁLEZ-ANDRADE, S.; MATUS-GARDEA, J. A. Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 7, n. 1, p. 115–126, 2016.

MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. Generalized Optimal Hedge Ratio Estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 4, p. 858–868, 1989.

NOGUEIRA, C. M. D. S. **Eficiência e razão de hedge: uma análise dos mercados futuros brasileiros de boi, café, etanol, milho e soja**. 2013. 62f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade

Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

NOGUEIRA, F. T. P.; AGUIAR, D. R. D.; LIMA, J. E. Efetividade do hedge no mercado brasileiro de café arábica. **Resenha BM&F**, n. 150, p. 11, 2002.

ROCHA, D. T. D.; CORSO, J. M. D.; PEDRO, J. J.; DILVA, W. V. Relação entre os preços do grão de soja nos mercados à vista e futuro: uma análise a partir da razão de Hedge. **Revista da Faculdade de Administração e Economia**, v. 1, n. 2, p. 113–137, 2010.

RODRIGUES, G. Z.; CUNHA, C. A. DA. Operações de hedge de milho para importantes municípios goianos. **Revista de Política Agrícola**, v. 4, n. 22, p. 38–55, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Central de informações agropecuárias**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2015.

SEAGRO. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura e Pecuária**. Disponível em: <<http://www.sed.go.gov.br/post/ver/194219>>. Acesso em: 5 out. 2015.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JÚNIOR, N. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SILVEIRA, I. M. D; LIMA, J. E. D. Análise da efetividade de hedge com contratos futuros de milho na BM&F. **Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural**, v. 52, p. 17, 2014.

SOUZA, W. A. D. R. D.; Araújo, L. T. D. S. P. D.; COSTA, A. R. R.; UEDA, D. S.; MARQUES, P. V. Análise do comportamento e previsão da base para a soja em paranaguá, com utilização de contratos futuros na CBOT. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 1, 2013.

TONIN, J. M.; BRAGA, M. J.; COELHO, A. B. Efetividade de hedge do milho com contratos futuros da BM&F: uma aplicação para a região de Maringá (PR). **Revista de Economia**, v. 35, n. 31, p. 115–140, 2009.

USDA. united states department of agriculture. **Data and statistics**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 28 set. 2015.