

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS – FAGEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA
GESTÃO ORGANIZACIONAL E REGIONALIDADE**

EUNICE HENRIQUES PEREIRA VILELA

**VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A FORMAÇÃO DE PREÇOS DO
CAFÉ ARÁBICA: UMA ANÁLISE REGIONAL E NACIONAL**

Uberlândia – MG

2020

EUNICE HENRIQUES PEREIRA VILELA

**VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A FORMAÇÃO DE PREÇOS
DO CAFÉ ARÁBICA: UMA ANÁLISE REGIONAL E NACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Administração (PPGA) da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão Organizacional e Regionalidade (Ênfase em Finanças)

Orientador: Prof. Dr. Antonio Sérgio Torres Penedo

Uberlândia

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V699 Vilela, Eunice Henriques Pereira, 1994-
2020 Variáveis que influenciam a formação de preços do café arábica [recurso eletrônico]: uma análise regional e nacional / Eunice Henriques Pereira Vilela. - 2020.

Orientador: Antonio Sérgio Torres Penedo.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Administração.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.4>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Administração. I. Penedo, Antonio Sérgio Torres, 1979-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Administração. III. Título.

CDU: 658

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Administração

Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 5M, Sala 109 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3239-4525 - www.fagen.ufu.br - ppgaadm@fagen.ufu.br

ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Administração				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAdm - Número 227				
Data:	07 de fevereiro de 2020	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	11812ADM009				
Nome do Discente:	Eunice Henriques Pereira Vilela				
Título do Trabalho:	Variáveis que Influenciam a Formação de Preços do Café Arábica: Uma Análise Regional e Nacional				
Área de concentração:	Regionalidade e Gestão				
Linha de pesquisa:	Gestão Organizacional e Regionalidade				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Bloco 1F, sala 223, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Administração, assim composta: Professores Doutores: Vinícius Silva Pereira (FAGEN/UFU), Marcelo Augusto Ambrozini (FEA-RP) e Antonio Sérgio Torres Penedo orientador(a) do(a) candidato(a). Ressalta-se que o(a) Prof(a) Dr(a). Marcelo Augusto Ambrozini participou da defesa por meio de webconferência e os demais membros da banca e o(a) aluno(a) participaram in loco.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, a Prof(a). Dr(a). Antonio Sérgio Torres Penedo, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(a) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a)

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por Antônio Sérgio Torres Penedo, Professor(a) do Magistério



Superior, em 07/02/2020, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Silva Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/02/2020, às 17:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Augusto Ambrozini, Usuário Externo**, em 10/02/2020, às 11:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1835167** e o código CRC **6EC35878**.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais por serem meu porto seguro e pelo apoio incondicional a todas as minhas decisões, mesmo muitas vezes sem entendê-las completamente.

Agradeço também ao meu orientador Antonio Sérgio Torres Penedo, por sua orientação e por ter acreditado em mim desde o começo do mestrado. Aos professores Karém, Vinícius e Marcelo por aceitarem participar da banca e pelas valiosas contribuições a este trabalho.

Também não posso deixar de agradecer aos demais professores do PPGA, em especial aos professores Valdir, Verônica e André por sua contribuição a minha formação, mas principalmente, pela amizade e pelo exemplo de pessoas e profissionais que me fizeram ter certeza de estar no caminho certo.

Aos secretários Juliana e Vinícius, por todo apoio nas questões burocráticas e, principalmente, pelas conversas que tornaram os momentos no laboratório mais agradáveis.

Aos colegas do mestrado, que de diversas formas contribuíram para que essa jornada se tornasse mais leve e prazerosa. Agradeço especialmente à Juliane, Stefania, Miguel, Duterval, Rainer e Eduardo pelo companheirismo e amizade que tornavam os dias de aula os melhores da semana, a Nathália e ao Rodolfo pela companhia e paciência nas infindáveis tardes de inseguranças e incertezas no laboratório.

Ao Luís, que mesmo a quase 1000 km de distância, foi meu amigo mais presente. Sua contribuição, tanto acadêmica quanto para minha sanidade mental, foram fundamentais para que eu conseguisse chegar ao fim de jornada.

E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

Resumo

A cafeicultura é uma atividade de acentuada relevância econômica e social para o Brasil e, especialmente, para o estado de Minas Gerais, principal estado produtor e responsável por mais da metade da produção nacional. Considerando essas características e a importância da gestão de custos de produção e de riscos para a rentabilidade e sustentabilidade do setor, esta dissertação está dividida em dois capítulos. O primeiro foca na cafeicultura no estado de Minas Gerais, com o objetivo de analisar o comportamento dos custos de produção em relação ao preço do café nas principais regiões produtoras do estado, sendo estas: o Sul de Minas, o Cerrado Mineiro e as Matas de Minas; além de verificar a influência da região como fator de diferenciação sobre o comportamento dessas variáveis. Para tanto, se utilizou de uma regressão com dados em painel que tinha como variável dependente o preço pago ao produtor pela saca de Café Arábica nas regiões supracitadas, entre 2007 e 2018, e do teste de Kruskal-Wallis, para identificar possíveis relações entre as variáveis de custos e a região produtora. Os resultados indicaram que os custos com máquinas, defensivos e o volume produzido tem uma relação negativa com as variações de preços do café, enquanto os impostos tem uma relação positiva, e que a região tem uma relação significativa com as variações de preços do café nas regiões produtoras de Minas Gerais. Identificou-se também que a produtividade, os custos com defensivos, mão de obra e máquinas apresentam distribuições diferentes de valores entre as regiões. O segundo capítulo, por sua vez, teve como objetivo elaborar e validar um modelo de previsão para o comportamento de preços do café brasileiro através do uso de Redes Neurais Artificiais. Para compor o modelo de previsão foram utilizadas variáveis relacionadas aos custos de produção do café nos principais municípios produtores do Brasil, variáveis macroeconômicas que podem afetar os preços das commodities agrícolas, variáveis relativas ao mercado brasileiro de café e variáveis relativas ao mercado mundial de café. Foram construídos e treinados modelos com doze arranjos de variáveis, que se diferenciam pelas variáveis que compõem suas entradas. Com um MSE de 0,0958 e um R² 0,8394, o modelo que apresentou melhor desempenho preditivo foi o arranjo composto pelas variáveis de custos de produção como máquinas, mão de obra, fertilizantes, defensivos e despesas financeiras, e pelas taxa de juros, câmbio, os impostos, e pelo consumo, exportação, estoques e produção de café no Brasil, na configuração com 13 neurônios na primeira camada escondida e 1 neurônio na segunda camada escondida.

Palavras-chave: Café; Regionalidade; Custos de Produção; Redes Neurais Artificiais; Gestão de Riscos.

Abstract

The coffee production is an activity of great economic and social relevance for Brazil and especially for the state of Minas Gerais, the main producing state and responsible for more than half of national production. Considering these characteristics and the importance of production cost and risk management for the profitability and sustainability of the sector, this dissertation is divided into two chapters. The first chapter focus on coffee growing in the state of Minas Gerais, with the objective of analyzing the behavior of production costs in relation to the price of coffee in the main producing regions of the state, namely: the South of Minas, the Cerrado Mineiro and the Matas de Mines; besides verifying the influence of the region as a differentiating factor on the behavior of these variables. For this, we used a panel data regression that had as dependent variable the price paid to the producer for the Arabica coffee bag in the aforementioned regions, between 2007 and 2018, and the Kruskal-Wallis test, to identify possible relationships between cost variables and the producing region. The results indicated that machine costs, pesticides and volume produced have a negative relationship with coffee price changes, while taxes have a positive relationship, and that the region has a significant relationship with coffee price changes in coffee producing regions of Minas Gerais. It was also identified that productivity, costs with pesticides, labor and machines present different distributions of values between regions. The second chapter, in turn, aimed to elaborate and validate a forecasting model for the price behavior of Brazilian coffee through the use of Artificial Neural Networks. To compose the forecast model, variables related to coffee production costs were used in the main producing municipalities of Brazil, macroeconomic variables that may affect the prices of agricultural commodities, variables related to the Brazilian coffee market and variables related to the world coffee market. Models were built and trained with twelve arrangements of variables, which differed by the variables that made up their inputs. With an MSE of 0.0958 and an R² 0.8394, the model with the best predictive performance was the arrangement composed of production cost variables such as machinery, labor, fertilizers, pesticides and financial expenses, and interest rates., foreign exchange, taxes, and for the consumption, export, stocks and production of coffee in Brazil, in the configuration with 13 neurons in the first hidden layer and 1 neuron in the second hidden layer.

Keywords: Coffee; Regionality; Production Costs; Artificial Neural Networks; Risk Management.

Lista de Ilustrações

Gráfico 1: Produção Café Arábica em Minas Gerais – 2007 a 2018	19
Gráfico 2: Custos com Máquinas na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	24
Gráfico 3: Custos com Mão de Obra na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	24
Gráfico 4: Custos com Fertilizantes na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	26
Gráfico 5: Custos com Defensivos na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	27
Gráfico 6: Custos com Beneficiamento e Armazenagem na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	28
Gráfico 7: Despesas Financeiras na Produção de Café Arábica em Minas Gerais	29
Gráfico 8: Resultados da Validação por Município Produtor	61

Lista de Tabelas

Tabela 1: Principais Componentes do Custo de Produção do Café	33
Tabela 2: Demais Variáveis Incluídas no Modelo	33
Tabela 3: Estatísticas Descritivas	35
Tabela 4: Matriz de Correlação das Variáveis	35
Tabela 5: Resultados do Modelo de Regressão	37
Tabela 6: Estatísticas do Teste Kruskal-Wallis	39
Tabela 7: Postos Médios das Variáveis com Distribuição Desigual	39
Tabela 8: Definição das Variáveis Utilizadas	53
Tabela 9: Variáveis Incluídas no Arranjo	54
Tabela 10: Número de Neurônios obtido através do método de Kolmogorov	56
Tabela 11: MSE para Diferentes Configurações de Rede Neural	57
Tabela 12: R ² para Diferentes Configurações de Rede Neural	58
Tabela 13: Resultados da Validação dos Modelos com Melhor Desempenho no Treinamento	59
Tabela 14: MSE e R ² para a Validação do Modelo 3	60

Sumário

Introdução Geral	11
2. Análise dos Custos de Produção em Relação de Preços do Café Arábica em Minas Gerais	16
2.1. Introdução	16
2.2. Referencial Teórico	19
2.2.1. Caracterização das Principais Regiões Produtoras de Café em Minas Gerais	19
2.2.2. Os Custos de Produção na Cafeicultura Mineira	23
2.2.3. Os Preços do Café Arábica em Minas Gerais	31
2.3. Aspectos Metodológicos	33
2.4. Resultados e Discussão	35
2.5. Considerações Finais	41
3. Previsão do comportamento de preços do café brasileiro: uma abordagem de Redes Neurais Artificiais	44
3.1. Introdução	44
3.2. Referencial Teórico	46
3.2.1. Formação de Preços de Comodities Agrícolas	46
3.2.2. A Cafeicultura no Brasil	48
3.2.3. Gestão de Riscos e Previsão de Preços no Agronegócio	50
3.3. Aspectos Metodológicos	53
3.4. Resultados e Discussão	58
3.5. Considerações Finais	63
4. Considerações Finais	65
Referências	68

Introdução Geral

O agronegócio possui papel de destaque na sustentação da economia brasileira, seja por seu peso na pauta de exportações do país ou por sua capacidade geradora de renda e de empregos (Ferreira, Borenstein & Fischmann, 2012). Duarte et al. (2011) afirmam que o agronegócio é um dos motores da economia nacional, capaz de impulsionar os demais setores, como a indústria, o comércio e o turismo, através de avanços qualitativos e quantitativos. Os dados do Censo Agropecuário de 2017, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), mostram que o Brasil possui 5.072.152 estabelecimentos rurais, que ocupam uma área total de 350,2 milhões de hectares e geraram, nesse período, um Valor Bruto da Produção equivalente R\$ 540,3 bilhões.

O Brasil é também o 3º maior exportador agrícola do mundo, com um total de 96 bilhões de dólares exportados em produtos agrícolas em 2017 (MAPA, 2018). De acordo com Ribeiro e Silva (2018), de 1997 a 2017 o Brasil exportou 1,23 trilhões de dólares, e o agronegócio foi o setor que mais contribuiu para a balança comercial e para a economia brasileira. Atualmente, o agronegócio responde por 44,8% das exportações totais do Brasil.

Nesse sentido, a cafeicultura apresenta papel de destaque na pauta exportadora brasileira desde o início de sua cultura no país. De acordo com o MAPA (2018), o Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor da bebida no mundo, de acordo com o MAPA (2018). Atualmente o café ocupa a 5º posição na pauta de exportação brasileira, movimentando US\$ 5,2 bilhões em 2017. Representando o mais tradicional item da pauta de exportações brasileira (Ormond, Paula & Faveret Filho, 1999).

Historicamente, a cafeicultura fez parte do desenvolvimento socioeconômico e territorial do Brasil. Sendo, Reis, Richetti e Lima (2005) o empreendimento agrícola pioneiro na formação econômica das regiões mais dinâmicas do País, uma vez que teve fundamental importância no processo de industrialização brasileiro. De acordo com Votta, Vian e Pitteli (2006), o café esteve presente em todos os momentos históricos do país, constituindo-se em fator de desenvolvimento e modernização do Brasil, pois, para escoar a produção de café foram construídas estradas de ferro, abertos novos portos, o número de bancos foi ampliado e o comércio tornou-se mais ágil.

Tratar da cafeicultura no Brasil é assunto complexo, uma vez que envolve diversos temas importantes para a formação do país, como desenvolvimento regional, escravidão, industrialização, desenvolvimento de transportes. Conforme Paula (2006), à medida que a

economia cafeeira cresce em produção e comercialização, seus efeitos multiplicadores, constituem fatores importantes para a sua própria reprodução. Autores clássicos de economia, como Celso Furtado (1959), discutem o papel dessa atividade como financiador do processo de industrialização do centro-sul brasileiro. Sendo também, de acordo com Bacha (1998) uma das atividades com maior capacidade geradora de empregos e fixadora de mão-de-obra no campo em várias regiões produtoras e um dos principais produtos agrícolas na pauta das exportações brasileiras, tornando-se um grande fornecedor de receitas cambiais (Souza, Vieira, Volpato & Alves, 2012).

O início do cultivo do grão em terras brasileiras se deu no estado do Pará, tendo sido posteriormente levado os estados do Amazonas e do Maranhão (Siqueira, 2005). A partir daí, a disseminação do cultivo do café pelo país ocorreu de forma relativamente rápida passando por diversos estados brasileiros, com uma produção inicialmente voltada para o mercado doméstico. Atualmente, a produção de café no país ocupa uma área de dois milhões de hectares com cerca de 300 mil produtores, predominando mini e pequenos, em aproximadamente 1.900 municípios, distribuídos nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará (MAPA, 2018). Entretanto a produção se concentrada principalmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná (Reis, Reis, Fontes, Takaki & Castro Júnior, 2001).

Minas Gerais é o maior produtor, com mais da metade da produção total (Embrapa, 2018). De acordo com Pelegrini e Simões (2011), considerando-se o volume de produção, a movimentação de capitais e a massa socioeconômica ocupada nesta atividade, a cafeicultura constitui um dos setores mais dinâmicos da agricultura do estado, destacando-se além do aspecto quantitativo, também por sua qualidade. O café é também a principal *commodity* de exportação do agronegócio mineiro, vendido para mais de 60 países do mundo e gera em torno de quatro milhões de empregos diretos e indiretos (Embrapa, 2018).

O cultivo do café se faz presente em varias regiões do estado, mas concentra-se principalmente em três mesorregiões sendo estas o Sul e Oeste de Minas, Alto Paranaíba, Triângulo e Noroeste Mineiro, e Zona da Mata, Mucuri e Jequitinhonha. Essas regiões conforme Vale, Calderaro e Fagundes (2014) apresentam semelhanças e diferenças entre si no que tange à estrutura fundiária, processo produtivo, mão-de-obra empregada e comercialização da produção, entretanto, são poucos os trabalhos que analisam essas peculiaridades regionais.

Nas últimas décadas o setor vivenciou um intenso processo de transformações e reajustamento, como decorrência da reestruturação tecnológica, migração rural/urbana, dos abalos advindos do setor de produção de fertilizantes, das variações cambiais e da inserção da cafeicultura de forma dependente na economia, característica comum aos demais segmentos produtivos rurais (Pelegrini & Simões, 2011).

Devido à essa importância muitos estudos já foram feitos a respeito da cafeicultura brasileira. Tanto na área de economia, tratando do papel do café no desenvolvimento econômico, regional e social do país (Cano, 1988; Furtado, 1959; Leff, 1972; Ortega & Jesus, 2011). Quanto em Administração e Contabilidade a respeito dos aspectos gerenciais da cultura, sendo que, grande parte desses trabalhos se voltam para questões relacionadas à análise e ao gerenciamento dos custos de produção (Bliska, Vegro, Afonso Júnior, Mourão & Cardoso, 2009; Duarte, Fehr, Tavares & Reis, 2015; Rabelo, Fernandes, Rocha, & Martins, 2005; Reis et al., 2001). Entretanto, como afirmam Ferreira, Borenstein e Fischmann (2012), devido a sua importância e também pelas especificidades que este seguimento apresenta, ainda há muito espaço para novos trabalhos nesse campo de estudo.

O interesse por estudos sobre os custos de produção são importantes no controle gerencial, como destaca Reis et al.(2001), pois possibilita o uso mais racional dos fatores produtivos na busca de competitividade e renda. E, aliados a eles, também é necessário explorar e discutir a aplicação de novas técnicas computacionais e/ou estatísticas, pautadas em um maior rigor metodológico. Uma vez que grande parcela dos trabalhos já feitos na área utiliza metodologias de análise mais simples, que acabam reduzindo a aplicabilidade dos resultados.

Conforme Santana, Dantas e Loiola (2016), para o gerenciamento das empresas produtoras de café é necessário um conhecimento do que ocorre dentro da mesma e do ambiente no qual estão inseridas, bem como de planejamento, avaliação de políticas e redução da incerteza. Portanto, estudos nessa área permitem um maior entendimento do funcionamento dessas empresas, uma vez que o empresário cafeicultor deve ter por conhecimento os seus custos, adequando-os a uma realidade que possibilite a boa administração do seu empreendimento, ser eficiente e alcançar os objetivos planejados.

Por essa razão nos últimos anos tem crescido o interesse por estudos que utilizem novos métodos de análise. Nesse sentido, tem se destacado o uso de modelos baseados em redes neurais artificiais, que apresentam características relevantes para tarefas que envolvam previsão e classificação, como a capacidade de generalização, adaptação, correlação e aprendizado, possibilitando a redução da incerteza, que é de especial importância dentro do

setor agropecuário, uma vez que este se encontra constantemente sujeito a distúrbios irregulares (Santana, Dantas & Loiola, 2016).

Considerando a relevância da cafeicultura para a economia brasileira, bem como seu papel de destaque no desenvolvimento das principais regiões do estado de Minas Gerais, e a importância de se fazer uma boa gestão de custos na agricultura, este trabalho busca responder as seguintes questões:

- Como se comportam os custos de produção do Café Arábica em relação ao preço de venda nas principais regiões produtoras de Minas Gerais?
- Qual a melhor combinação de variáveis para a previsão do comportamento de preços do Café Arábica no mercado físico brasileiro?

Assim, pretende-se, no segundo capítulo deste trabalho, fazer uma análise comportamento das variáveis de custos de produção da cafeicultura mineira, em relação ao preço de venda, buscando verificar também a influência da região sobre o comportamento dessas variáveis. E, no terceiro capítulo, desenvolver um modelo, baseado em Redes Neurais Artificiais, para previsão dos preços do Café Arábica no mercado físico brasileiro.

Esta dissertação tem, portanto, dois objetivos centrais, sendo estes:

Analizar o comportamento dos custos de produção em relação ao preço de venda do Café Arábica em Minas Gerais, buscando verificar similaridades e diferenças entre as três principais regiões produtoras do estado.

Elaborar e validar um modelo de Redes Neurais Artificiais para a previsão do comportamento dos preços do Café Arábica no mercado físico brasileiro, utilizando como entradas dos modelos, variáveis que compõem os custos de produção da cafeicultura, variáveis macroeconômicas que influenciam os preços e variáveis relacionadas ao mercado do café, como produção, estoques, consumo e exportação.

Este estudo se justifica devido à importância da cafeicultura para a economia brasileira ao contribuir para a ampliação do campo de pesquisa, bem como para a geração de informações que auxiliem no processo decisório tendo em vista que a gestão de riscos é fundamental na definição da rentabilidade e sustentabilidade do negócio cafeeiro. O trabalho busca também contribuir para a construção do conhecimento acerca das diferenças e similaridades existentes entre as regiões produtoras do estado de Minas Gerais, e na identificação dos custos mais significativos, auxiliando o produtor na gestão de custos e, consequentemente, no desempenho do negócio.

Para atingir aos objetivos propostos, este trabalho foi dividido em quatro capítulos. Sendo este o primeiro capítulo que apresenta a contextualização do tema a ser trabalhado, bem como os objetivos e justificativas da pesquisa.

O segundo capítulo, intitulado “Análise dos Custos de Produção em Relação de Preços do Café Arábica em Minas Gerais”, que analisa o comportamento dos custos de produção da cafeicultura verificando os componentes que apresentam relação significativa com as variações de preço do café, através de uma modelo de regressão múltipla com dados em painel. E também verificar a influência da região como fator de diferenciação sobre o comportamento dessas variáveis, através do teste Kruskal-Wallis.

O terceiro capítulo, intitulado “Previsão do Comportamento de Preços do Café Brasileiro: uma Abordagem de Redes Neurais Artificiais” elabora e valida um modelo de RNA para prever o comportamento de preços do Café Arábica no mercado físico brasileiro. E o quarto capítulo, encerra o trabalho apresentando seus resultados e conclusões, apontando ainda as limitações, implicações e sugestões de pesquisas futuras.

2. Análise dos Custos de Produção em Relação de Preços do Café Arábica em Minas Gerais

2.1. Introdução

Com um volume de 61,7 milhões de sacas beneficiadas em 2018, que representam cerca 36% da produção mundial, o Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de café (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2018). A cafeicultura é uma atividade de acentuada relevância econômica no desenvolvimento nacional, com uma importante função social por sua capacidade de gerar empregos e renda, e fundamental importância para o desenvolvimento regional, por sua capacidade de mover a economia em diversos setores, desde o cultivo até o beneficiamento e comercialização de produtos derivados do campo (Souza et al., 2012).

Principal espécie cultivada no país, o café arábica representa 74,02% da produção nacional e seu cultivo concentra-se nos estados de São Paulo, Paraná, Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais, sendo esse último o maior produtor da variedade, com mais da metade da produção total. Entre 2003 e 2017, o estado foi responsável por, em média, 69% do total de café arábica produzido no Brasil (CONAB, 2018). Nesse contexto, a cafeicultura se destaca como o principal produto da agropecuária mineira, tendo grande destaque no cenário econômico, político e social do estado. Pelegrini e Simões (2011) destacam que, considerando-se o volume de produção, a movimentação de capitais e a massa socioeconômica ocupada na atividade a cafeicultura constitui um dos setores mais dinâmicos da agricultura de Minas Gerais.

A importância do café para o estado é tamanha que, conforme Paula (2006), existe uma relação direta entre a expansão da cafeicultura em direção a Minas Gerais e o processo histórico de formação e identidade regional do estado. Foi a economia cafeeira que, segundo o autor, ao se expandir em direção a Minas, conformou as regiões e constituiu espaços específicos no contexto econômico e social do estado. Dentro do território mineiro existem quatro regiões cafeeiras com características e histórias distintas: Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Matas de Minas e Chapadas de Minas.

Entretanto, apesar da riqueza gerada pela produção cafeeira às regiões produtoras, é importante salientar que devida ao fato de se tratar de uma cultura altamente dependente de fatores fisiológicos, tratos culturais e ambientais está caracteriza-se como uma atividade de alto risco. Os fatores que afetam a cafeicultura podem ser separados em duas categorias: os controláveis e os incontroláveis (Fehr, Duarte, Tavares & Reis, 2012). Entre os fatores incontroláveis destacam-se o clima, as pragas que afetam a lavoura e a volatilidade do mercado, enquanto os elementos controláveis tratam-se da utilização dos recursos de produção (Almeida, Reis & Tavares, 2011).

Cabe, portanto, aos gestores rurais e pesquisadores da área a preocupação à respeito da alocação desses recursos, para tanto o conhecimento a respeito dos custos de produção torna-se de vital importância. Nesse sentido, Fehr et al. (2012) afirmam que o conhecimento a respeito dos custos de produção permite diagnosticar se um produto é rentável diante do preço praticado, ou, se não for rentável, se há a possibilidade de redução de seus custos. Consoante Medeiros, Costa e Silva (2005) defendem que compreender o comportamento dos custos melhora, portanto, a condição dos gestores perante a necessidade de prognosticar as mudanças na trajetória dos custos no âmbito operacional.

Por essa razão nos últimos anos tem sido observada a difusão de estudos científicos empíricos relacionados ao custo de produção da cafeicultura, como Almeida, Reis e Tavares, 2011; Bliska, Vegro, Afonso Júnior, Mourão e Cardoso, 2009; Costa, Garcia e Teixeira, 2001; Custódio, Fehr, Cardoso e Duarte, 2018; Duarte et al., 2015; Duarte, Pereira, Tavares e Reis, 2011; Duarte, Tavares e Reis, 2010; Fehr et al., 2012, Ferreira, Tavares, Lemes e Reis, 2011; Lima, Reis, Andrade, Castro Júnior e Faria, 2008; Mól et al., 2018; Oliveira e Vegro, 2004; Reis et. al, 2001; Silva e Reis, 2001; Souza, Reis e Silva, 2015; Vegro, Martin & Moricochi, 2000.

Alguns desses estudos focaram sua análise nos custos de produção em regiões específicas do país (Costa, Garcia & Teixeira, 2001; Reis et al., 2001; Silva & Reis, 2001), outros buscaram analisar as diferenças entre as várias regiões produtoras do país (Custódio et al., 2018; Duarte et al., 2015; Duarte et al., 2011; Duarte, Tavares & Reis, 2010; Fehr et al., 2012; Souza, Reis & Silva, 2015). Esses estudos identificaram que, de modo geral, os gastos com mão de obra, fertilizantes e agrotóxicos, foram os mais expressivos na composição dos custos de produção nas regiões estudadas, porém destaca-se a existência de comportamentos diferentes entre as regiões analisadas.

Focando especificamente no estado de Minas Gerais, foram identificados apenas os trabalhos de Reis et al. (2001) e Silva e Reis (2001), porém estes se tratam de estudos de caso ou multicasos que concentram-se em apenas uma das regiões produtoras, Sul de Minas e a região de Lavras, respectivamente. Dessa forma, neste capítulo busca-se oferecer uma contribuição teórica e este campo de pesquisa ao se propor a analisar do comportamento dos custos de produção de sua relação com o preço de venda do café arábica em Minas Gerais no período de 2007 a 2018 e verificar a existências de similaridades ou diferenças nessa relação entre as três principais macrorregiões produtoras do estado. Portanto, o problema que norteia esta pesquisa é: como se comportam os custos de produção do café arábica em relação ao preço pago ao produtor nas regiões produtoras de Minas Gerais?

O objetivo geral do trabalho é fazer uma análise comportamento dos custos de produção da cafeicultura em relação ao preço pago aos produtores pelo Café Arábica em Minas Gerais. E como objetivo específico verificar a influência da região como fator de diferenciação sobre o comportamento dessas variáveis.

Para atingir tais objetivos são utilizados dois métodos estatísticos, sendo o primeiro uma regressão com dados em painel que tem como variável dependente o preço pago ao produtor pela saca de 60 kg de café arábica (tipo 6 bebida dura), nos principais municípios produtores das supracitadas regiões, entre 2007 e 2018. Cujas variáveis independentes foram definidas com base no levantamento de custos de produção elaborado pela CONAB. E o teste de Kruskal-Wallis, buscando identificar possíveis relações entre as variáveis de custos de produção e a região produtora, tendo como fator de agrupamento das variáveis de teste as três regiões analisadas no trabalho.

Esse trabalho se justifica, além da importância nacional e regional da cafeicultura para a economia e sociedade, também pela necessidade de se analisar e compreender as similaridades e diferenças existentes entre essas regiões, buscando oferecer aos agentes envolvidos no cultivo e comercialização do café informações que colaborem para o aprimoramento da gestão e para a sustentabilidade da cafeicultura no estado. Nesse sentido, Vegro e Assumpção (2003) defendem que análises em sua região, com características em comum podem auxiliar o cafeicultor na identificação de sua estrutura de custos de produção.

Este capítulo está dividido em tópicos, sendo esta a parte introdutória. O referencial teórico é apresentado no próximo tópico. O terceiro tópico destaca os procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa. Na sequência, mostra-se a análise e discussão dos

resultados obtidos na pesquisa. Para finalizar o estudo, o último tópico se refere às considerações finais do capítulo.

2.2. Referencial Teórico

2.2.1. *Caracterização das Principais Regiões Produtoras de Café em Minas Gerais*

Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil, responsável por mais de 50% da produção nacional (Fundação João Pinheiro, 2018), com predominância da produção da variedade arábica que corresponde a 98% do total produzido no país (UNICAFÉ, 2019). No estado, a cafeicultura exerce grande influência na economia de vários municípios produtores que dependem diretamente da atividade como fonte de receitas, assim, o agronegócio do café pode ser considerado como um fator de desenvolvimento regional (Vale, Calderaro & Fagundes, 2014).

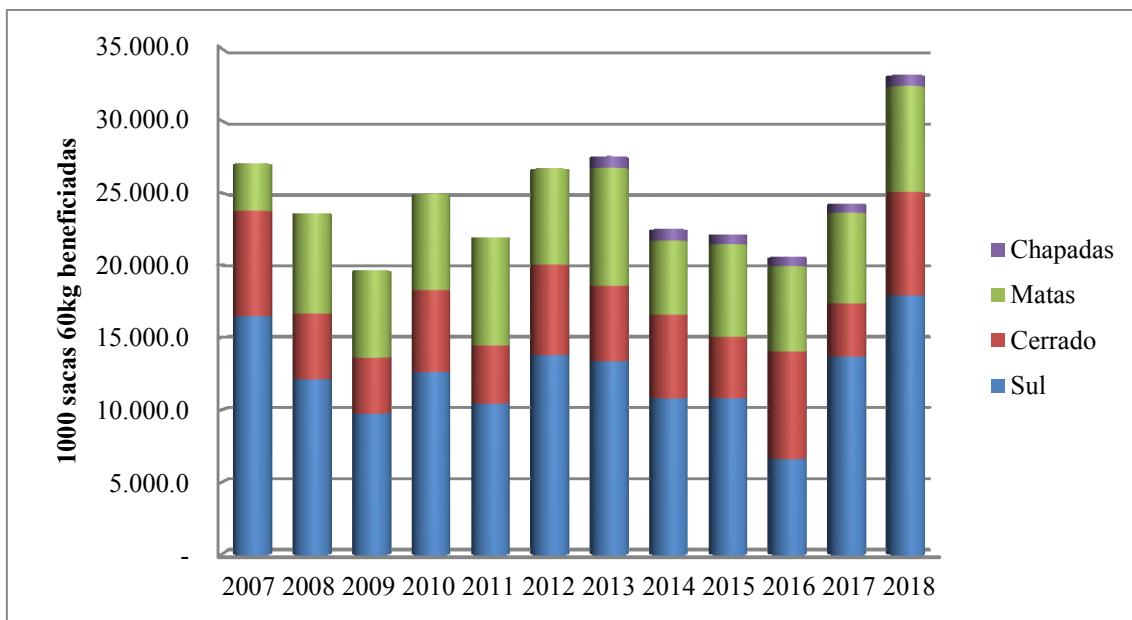
O estado possui uma área cultivada de 1,2 milhão de hectares (Fundação João Pinheiro, 2018), no entanto, devido à diversidade de condições ambientais, solos, microclimas e ecossistemas existentes (Pelegrini & Simões, 2011), bem como à disponibilidade diversificada de fatores de produção, habilidades de trabalho, de gestão e de dinâmicas de crescimento entre as regiões (Oliveira, Gomes, Rufino, Silva Júnior & Gomes, 2008), as áreas produtoras de café no estado de Minas Gerais podem ser divididas em quatro macrorregiões denominadas como: Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Matas de Minas e Chapadas de Minas.

As Chapadas de Minas compreendem a região Norte e os vales do Jequitinhonha e do Mucuri que possuem 77 municípios produtores e uma área plantada de 37,8 mil hectares. O Cerrado corresponde à área do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Nordeste do estado, somando 51 municípios e uma área cafeeira de 211,9 mil hectares. As Matas de Minas compreendem a Zona da Mata mineira, ao Vale do Rio Doce e a central do estado, são 181 municípios e uma área cultivada de 322 mil hectares. E a região denominada Sul de Minas, engloba as regiões sul e centro-oeste, que juntas possuem a maior área dedicada ao café no estado, com 649,9 mil hectares plantados em 154 municípios (FJP, 2018).

De modo geral, a produção de café em Minas Gerais tem apresentado nas últimas décadas significativo crescimento, não apenas em função do aumento da área de cultivo, mas, principalmente, em decorrência da melhoria dos índices de produtividade (Pelegrini & Simões, 2011). Atualmente, a região Sul do estado concentra grande parte da produção de café em Minas Gerais. Todavia, apesar da tradição na produção a região ainda apresenta

produtividade inferior ao Cerrado Mineiro. O volume de café arábica produzido em cada região entre 2007 e 2018 pode ser observado no Gráfico 1:

Gráfico 1: Produção Café Arábica em Minas Gerais – 2007 a 2018



Fonte: Elaboração Própria com dados da CONAB

No gráfico é possível observar a ocorrência da bienalidade nas três regiões analisadas. A bienalidade ou ciclo bienal da produção é uma característica inata do cafeiro que se refere à alternância anual de frutificação alta e baixa (Silva & Reis, 2013). Todavia, analisando a tendência geral observa-se que o volume de café produzido na região do Cerrado Mineiro manteve uma tendência de crescimento ao longo dos anos enquanto nas Matas, apesar do crescimento entre 2005 e 2013, ocorreu uma retração nos últimos anos. Já a região Sul apresentava um crescimento acentuado da produção até 2012, com uma considerável redução do volume produzido entre 2012 e 2016 e uma retomada do crescimento a partir de então.

A liderança do estado de Minas Gerais na cafeicultura se efetivou a partir da década de 1970, superando os principais estados produtores na época, Paraná e São Paulo (Vale, Calderaro & Fagundes, 2014). Desde então, a cafeicultura mineira vem apresentando maior produtividade com relação aos demais estados, devido entre outros fatores à aptidão natural do estado para condução desta cultura, especialmente relacionada com as condições de relevo, clima e solos (Pelegrini & Simões, 2011). Contudo, existe uma grande heterogeneidade entre as regiões produtoras do estado, tanto em relação a essas características quanto aos modelos tecnológicos aplicados na cafeicultura, assim cada região produtora apresenta potencialidades e fragilidades específicas (Vilela & Rufino, 2010).

Seguindo uma ordenação cronológica do período em que se iniciou o cultivo do café nessas regiões, a primeira área produtora do estado de Minas Gerais foi a macrorregião da Zona da Mata, Rio Doce e Central Mineira, denominada como “Matas de Minas”. O cultivo nessa região teve início em meados de 1819 como alternativa econômica após o esgotamento da produção aurífera no estado (Lima, 1977) e também ligada à expansão da atividade cafeeira no Rio de Janeiro, devido à proximidade com as regiões produtoras do estado (Paula, 2006).

A segunda macrorregião na qual se desenvolveu a cafeicultura em Minas Gerais foi o Sul do estado. A expansão cafeeira para essa região, conforme Lima (1977), iniciou-se nas décadas de 1880 e 1890 principalmente nos municípios próximo à fronteira com o estado de São Paulo. Num processo que, de acordo com Fileto e Alencar (2001), também esteve ligado à diminuição da produção de ouro no estado. Esses autores explicam que, como na região do ouro não haviam sido criadas formas permanentes de atividades econômicas, boa parte da população se dispersou por uma vasta região e, devido a essa falta de alternativas, teve de se apegar a terra e à produção agrícola.

Assim, no início do século XIX o Sul de Minas tornou-se área agrícola, com predominância da pecuária, tanto de corte quanto de leite. A região passou então a contar com grandes proprietários e fazendas equipadas para diversas atividades agropecuárias, o que possibilitou a partir dos anos de 1870 a introdução da cafeicultura e a especialização da região na agricultura de exportação, transformando-se na principal região produtora de café do estado (Filleto & Alencar, 2001).

Tanto a região Sul quanto as Matas de Minas apresentam características de clima e solo semelhantes, com uma topografia muito acidentada, característica das regiões de montanha (Vilela & Rufino, 2010). Nessas regiões há predominância de solos férteis, apropriados para o cultivo de café, e um clima ameno com temperaturas médias entre 16,5° e 20°C, no inverno, contudo, apresentam temperaturas mais baixas que contribuem para a ocorrência de geadas. O clima úmido no período da colheita também pode prejudicar a qualidade dos grãos (Simões e Pelegrini, 2010). Predomina em ambas as regiões a produção da variedade de café arábica.

O terceiro processo de expansão da cafeicultura mineira se deu na macrorregião do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas, denominada como Cerrado Mineiro. A expansão da cafeicultura no Cerrado ocorreu, de acordo com Andrade (1994), apoiada por recursos não tipicamente do café, mas originários de programas especiais de desenvolvimento

agropecuário regional, tendo como base a ação das associações rurais. Nessa região, o café foi introduzido de maneira intensa a partir 1969 com a política de modernização da cafeicultura brasileira e estimulada pelo Plano de Renovação e Revigoramento dos Cafezais (PRRC). O PRRC visava à elevação da produção e da produtividade do café, por meio da implantação de cultivos racionais em áreas climaticamente favoráveis, com menor propensão a geadas (Ortega & Jesus, 2011).

Dessa forma, por se tratar de uma região que apresenta padrão edoclimático uniforme, possibilitando a produção de cafés de alta qualidade, boa parte dos municípios do Cerrado Mineiro foi contemplada, direta ou indiretamente, com os recursos do PRRC. As inovações físico-químicas também foram fundamentais para o desenvolvimento da cafeicultura na região, principalmente no tocante à correção do solo para adaptá-lo à cultura do café, pois o solo da região geralmente é ácido e pobre em nutrientes. Essas inovações intensificaram a expansão da cafeicultura na região o que culminou, nos anos 2000, em uma das atividades cafeeiras mais desenvolvidas do país (Ortega & Jesus, 2011).

Na região as externas áreas de topografia plana favorecem a mecanização, possibilitando uma redução dos custos de produção. O clima é considerado adequado para a produção de café, sendo quente e chuvoso no verão, período da folhada do cafeeiro, o que favorece a formação dos frutos, e quente e seco no inverno, que diminui o risco de geadas. O uso de irrigação também é frequente, apresentando um número de propriedades que utilizam desta bastante superior às demais regiões produtoras do estado (Simões & Pelegrini, 2010).

O mais recente movimento de expansão da cafeicultura em Minas Gerais aconteceu na macrorregião das Chapadas que compreende o Norte, Jequitinhonha e Mucuri. A cafeicultura praticada nessas mesorregiões apresenta área de cultivo e produção pouco representativos na produção total estadual, todavia, conforme Pelegrini e Simões (2011) destaca-se por apresentar índices de produtividade superiores aos verificados nas tradicionais áreas de produção do Sul e Zona da Mata. De acordo com os autores esse desempenho pode ser atribuído à adoção de sistemas de produção intensivos, com aplicação de modernas tecnologias de cultivo de café, e condições favoráveis de topografia, altitude, disponibilidade de água para irrigação e luminosidade.

Contudo, nesta macrorregião existem restrições para o cultivo de café arábica, devido às condições térmicas e hídricas. A região vem então se especializando no desenvolvimento da variedade café robusta (EMATER, 2018). Devido às diferenças de características, preço e produção existentes entre as variedades arábica e robusta, neste trabalho será analisado o

comportamento dos custos de produção e sua relação com o preço pago aos produtores no mercado físico pelo café arábica, cuja produção predomina no estado de Minas Gerais. Assim, serão objeto de estudo de análise deste trabalho as macrorregiões produtoras do Sul, Cerrado e Matas de Minas.

2.2.2. Os Custos de Produção na Cafeicultura Mineira

O processo de modernização pelo qual a agricultura brasileira passou nas últimas décadas, aliada à redução da intervenção governamental no setor, expôs a cafeicultura às condições de instabilidade impostas pelo livre comércio e fez com que o setor se tornasse mais competitivo, tornando necessário um maior aparato administrativo para sua gestão. Nesse contexto, a gestão de custos de produção se destaca com um importante instrumento do processo de decisão, podendo ser utilizado na administração rural para determinar a eficiência produtiva e no planejamento da gestão (Martin et al., 1994).

O termo “Custo”, de acordo com Martins (2003), refere-se aos gastos relativos ao consumo na produção. Estes gastos são compostos pelos fatores de produção que serão consumidos e/ou transformados em um novo produto. Dessa forma, o custo de cada item corresponde ao sacrifício que a empresa incorreu para adquiri-lo. Quando consistentemente apurados, os custos de produção oferecem ao administrador condições para verificar se e como os recursos empregados em um processo produtivo estão sendo remunerados, possibilitando a análise da rentabilidade do negócio e a comparação com as alternativas de investimento (Fehr et al., 2012).

Lima, Reis, Andrade, Castro Júnior & Faria (2008) definem o custo de produção como uma medida monetária ligada diretamente ao processo produtivo, uma vez que a aplicação de recursos na produção resulta em custos, os quais devem ser cobertos pela atividade. Assim, os custos de produção constituem informações financeiras indispensáveis para a avaliação do desempenho do negócio café, ao sintetizar a eficiência do processo produtivo na transformação dos recursos empregados no negócio em uma unidade monetária comum, gerando informações que podem ser utilizadas como medida de desempenho organizacional e operacional (Costa, Castro Júnior, Andrade, Chagas & Albert, 2009).

Todavia, as variações apresentadas pelos custos na atividade cafeeira, dependem do tipo de lavoura, do local onde o café é produzido, do nível de mecanização, da quantidade de

insumos utilizados, entre outros (Fehr et al., 2012). De modo que todos esses fatores influenciam o grau de produtividade da lavoura, bem como a rentabilidade e são fatores que o empreendedor consegue controlar. Os custos de produção são também um instrumento eficiente para identificar diferenças competitivas entre localidades, conhecer as tecnologias utilizadas na agricultura, caracterizar a eficiência produtiva, analisar o impacto dos insumos nos custos e sua influência na produtividade, dimensionando a rentabilidade do setor agrícola (CONAB, 2017).

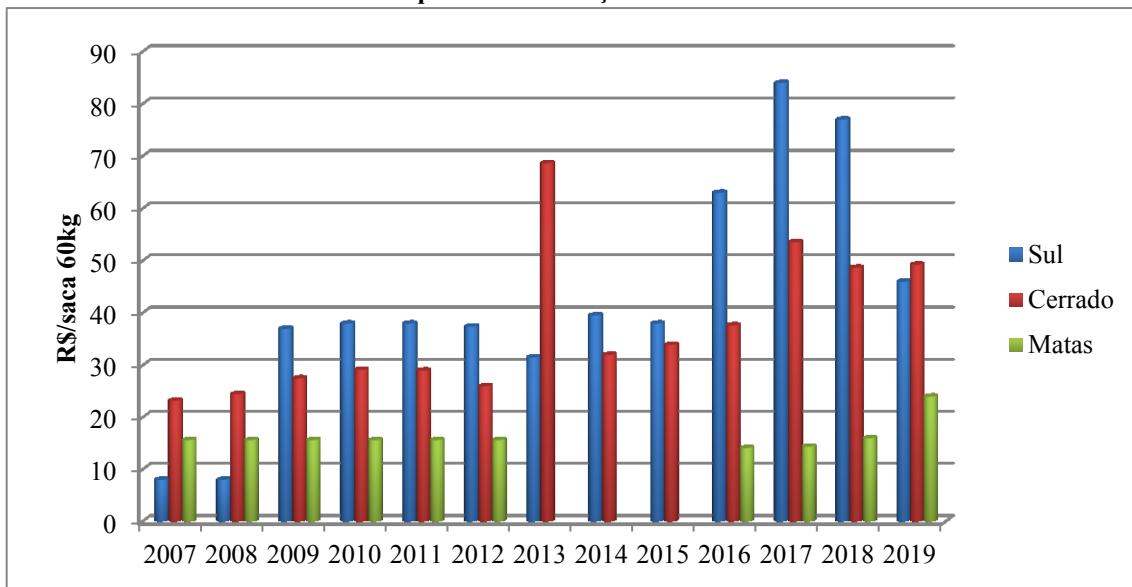
Conforme Simões e Pelegrini (2010) a colheita é a operação mais onerosa da cultura do café. Seu custo varia de acordo com o sistema de manejo adotado, cuja utilização depende da topografia da região e da disponibilidade de mão de obra. A viabilidade da cafeicultura está, portanto, diretamente relacionada à redução dos custos da colheita, que representam entre 30% e 40% dos custos totais de produção (Silva, Silva, Silva & Silva, 2013). A colheita do café pode ser realizada por quatro sistemas, sendo esses o manual, o semimecanizado, o mecanizado e o supermecanizado. O manual é o sistema convencional e o mais utilizado, em que as diversas operações da colheita são realizadas a partir do trabalho braçal. O sistema semimecanizado consiste na utilização associada do trabalho braçal e de máquinas para execução das operações de colheita.

O mecanizado usa colhedoras que, simultaneamente, realizam operações de derriça, recolhimento, abanação e ensaque ou armazenamento a granel do café colhido. Esse sistema, no entanto, limita-se às propriedades com relevos favoráveis e não dispensa totalmente o uso de mão de obra. Já no sistema supermecanizado todas as operações da colheita são feitas mecanicamente sem necessidade do recolhimento manual do café do chão. A aplicação deste sistema é também limitada uma vez que depende, além de uma topografia favorável, de altos investimentos em máquinas (Silva et al. 2013).

A mecanização nas lavouras cafeeiras de Minas Gerais, de acordo com Fernandes, Santinato e Santinato (2012) iniciou-se com maior vigor na região do Cerrado, principalmente devido aos relevos mais planos e a redução dos custos de produção que, conforme Silva et al. (2013) na colheita mecanizada chega a 67% em relação à colheita manual. Outra razão que motiva o aumento da mecanização das lavouras de café é a redução na disponibilidade da mão de obra devido à diminuição da população rural, constituindo-se assim, sobretudo nas últimas décadas, em um gargalo do processo produtivo (Silva et al. 2013). Lanna e Reis (2012) destacam também que, além de escassa, a mão de obra é mais onerosa e pode comprometer os lucros da atividade cafeeira.

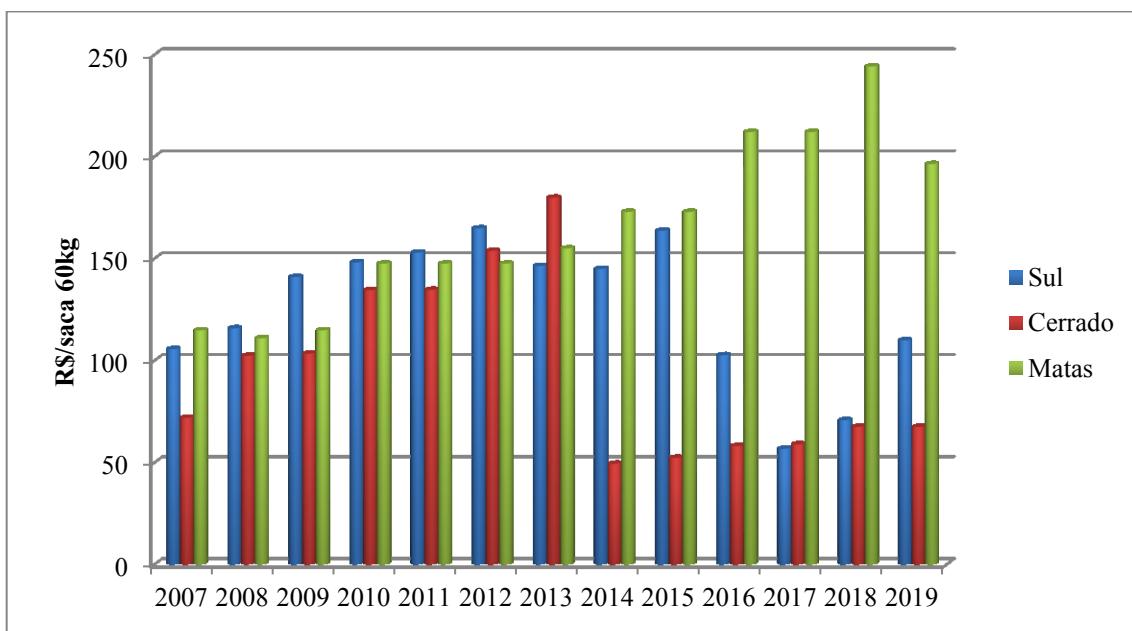
Visto que o grau de mecanização e volume de mão de obra empregados na cafeicultura estão inversamente relacionados, o comportamento dos custos com máquinas (próprias e alugadas) e com mão de obra (fixa e temporária) nas regiões produtoras de Minas Gerais entre 2007 e 2019:

Gráfico 2: Custos com Máquinas na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

Gráfico 3: Custos com Mão de Obra na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

Na macrorregião das Matas de Minas a mecanização dos tratos e da colheita é dificultada pela topografia de montanhas que a caracteriza e a mão de obra vem, ao longo dos anos, se tornando mais cara, escassa e de baixa produtividade, o que impacta negativamente

os custos de produção na região (Matiello, 2014). Assim, observa-se que os gastos com máquinas nessa macrorregião mantêm-se consideravelmente inferiores às demais regiões e há pouca tendência de crescimento, enquanto os custos com mão obra apresentam uma tendência de crescimento constante, que supera desde 2013 o valor dispendido nas demais regiões.

A região Sul, de acordo com Vale Calderaro e Fagundes (2014) é considerada imprópria para a mecanização pela elevada declividade dos terrenos e enfrenta problemas com a restrição da mão de obra. Entretanto, de acordo com Silva et al. (2009) existe uma considerável porcentagem de lavouras que possibilitam esta prática e outras mais que têm sido renovadas para este fim. Nessa região os custos com máquinas apresentaram uma grande elevação entre 2007 e 2017 e uma tendência de queda desde então. Enquanto os custos com mão de obra, que apresentavam tendência de elevação até 2015, tiveram uma retração neste ano, mantendo-se com uma leve tendência de elevação a partir de 2017.

No Cerrado a topografia plana favorece a mecanização, sendo esta praticada de forma extensiva na região, reduzindo a dependência da mão de obra e possibilitando ganhos de eficiência produtiva e redução de custos em relação às demais regiões produtoras (Vale Calderaro & Fagundes, 2014). Com relação aos custos com máquinas nessa região observa-se uma tendência de crescimento, com pico em 2013. Enquanto os custos com mão de obra, que apresentavam tendência de elevação até 2013, tiveram uma redução brusca entre 2013 e 2014 e mantêm-se desde então no mesmo patamar.

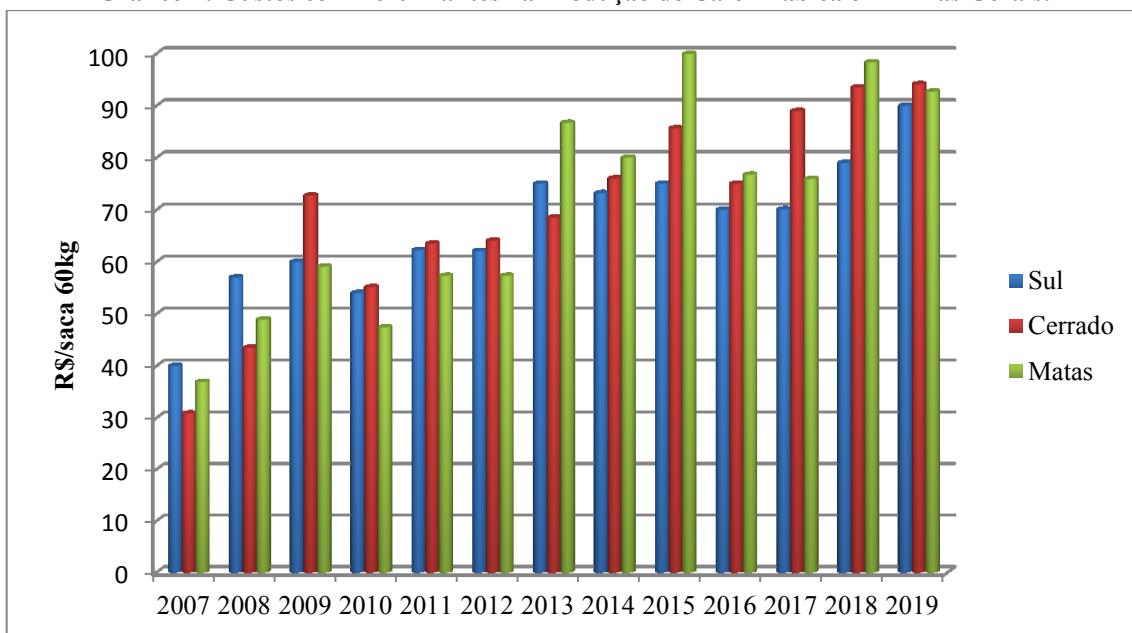
Outros fatores que impactam diretamente os custos de produção do café são os fertilizantes e os defensivos, sendo estes, de acordo com Alvarenga, Oliveira, Freire, Barbaresco e Silva (2012), os principais fatores determinantes de produtividade da cafeicultura, uma vez que a adubação é prática fundamental e necessária para o desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. Contudo, conforme Barros, Garçon, Santinato e Matiello (2001), em períodos de crise no setor, esta torna-se uma das principais áreas em que o produtor pensa em economizar. Contudo, quando não é feito com critérios técnicos e racionalmente, essa decisão pode acarretar em queda acentuada da produtividade dos cafezais, levando a um aumento, e não a redução, dos custos de produção.

A adubação dos cafezais pode ser realizada através da aplicação de fertilizantes químicos ou da adubação orgânica. A adubação com fertilizantes químicos além de mais cara, nem sempre consegue manter a produtividade das lavouras, em virtude de perdas por volatilização, lixiviação, etc. e também devido à degradação química do solo, com diminuição gradativa das respostas das plantas, como resultado da diminuição nos teores de nutrientes e

matéria orgânica do solo (Chaves, 2000). A adubação orgânica, em contrapartida, além de fonte de nutrientes para o cafeeiro, promove outros efeitos benéficos, como a melhor estruturação do solo e a maior capacidade de retenção de água, criando condições mais favoráveis ao desenvolvimento da plana (Barros et al., 2001).

Com relação uso de fertilizantes na cafeicultura mineira, cabe destacar a região do Cerrado Mineiro, por possuir solos mais pobres e ácidos (Ortega e Jesus, 2011) é considerada mais depende de seu uso do que as demais regiões produtoras. Entretanto, os custos com fertilizantes, como pode ser observado no gráfico 4, apresentam comportamento semelhante nas três macrorregiões, com tendência de crescimento no período de 2007 a 2019.

Gráfico 4: Custos com Fertilizantes na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



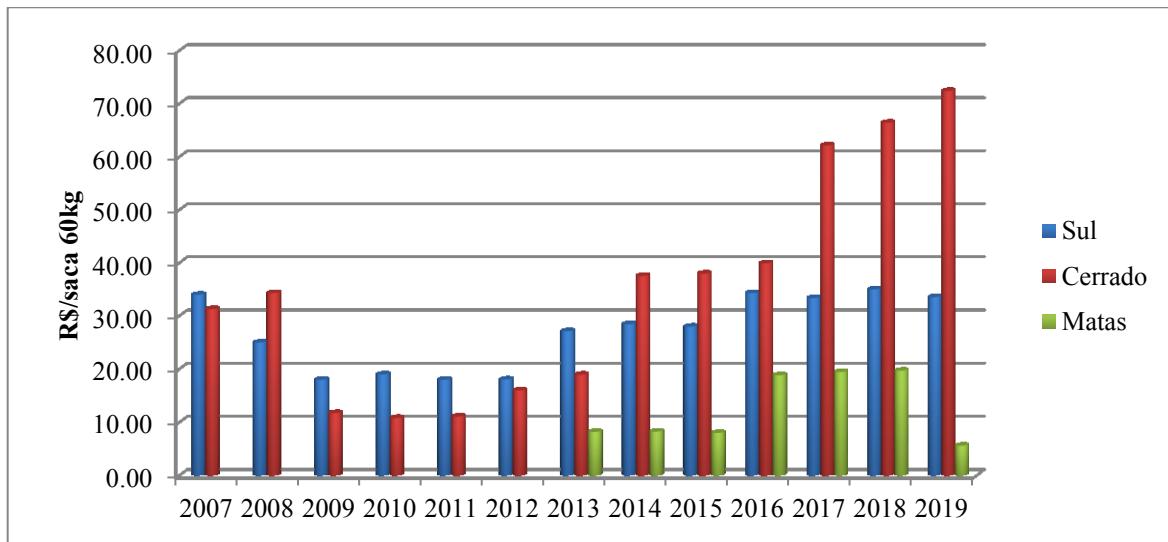
Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

Os custos com fertilizantes apresentaram comportamento semelhante nas três regiões analisadas, com uma tendência de elevação dos custos desde 2007 que, entre outros fatores, pode ser atribuída à desvalorização cambial, visto que grande parte dos insumos minerais utilizados em sua composição é importada e/ou tem seus preços determinados internacionalmente. Nesse sentido, Simões e Pelegrini (2010) atribuem à alta do preço dos fertilizantes o aumento do interesse dos produtores por alternativas mais econômicas para fertilização dos solos, como o uso de adubos orgânicos e a utilização de resíduos de culturas, principalmente nas regiões.

Em relação aos defensivos, Gitirana Neto, Cunha, Marques, Lasmar e Borges (2016) afirmam que controle químico é o método mais utilizado para conter as infestações das pragas

e a incidência das doenças, pela inexistência de alternativas mais eficazes. Contudo, cada vez mais os produtores têm voltado seu interesse para práticas de manejo mais sustentáveis, tanto pelos prejuízos socioambientais e à saúde da população quanto pelo aumento de custos na produção decorrentes do emprego de defensivos químicos (Bessa, 2012). O comportamento dos custos com defensivos no estado de Minas Gerais é apresentado no Gráfico 5:

Gráfico 5: Custos com Defensivos na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

No Cerrado Mineiro os custos com defensivos passaram por um período de redução entre 2007 e 2012, que pode ser atribuído, conforme Simões e Pelegrini (2010), ao aumento dos preços desses produtos, que desestimulou seu emprego nas lavouras. Desde então, os custos apresentam uma tendência crescente, atingindo em 2019 um valor 7 vezes superior àquele existente em 2009.

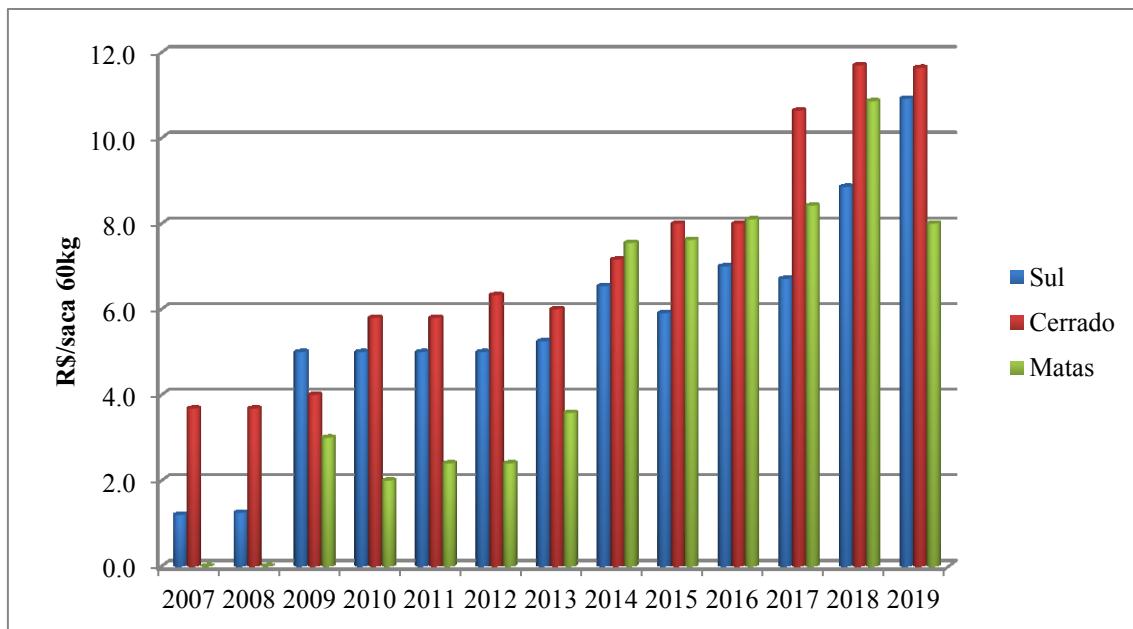
Na região Sul ocorreu processo semelhante de redução entre 2007 e 2012, e crescimento nos anos seguintes, porém observa-se que desde 2016 os custos com defensivos mantêm-se praticamente no mesmo patamar, sem elevação considerável. Nas Matas, os custos com defensivos apurados pela CONAB foram insignificantes até 2012, apresentando um crescimento nos anos subsequentes, porém da mesma forma como ocorrido no Sul de Minas, desde 2016 houve uma estagnação desse crescimento e, nas Matas, ocorreu uma redução considerável destes em 2019.

Essa redução observada o Sul e na região das Matas coincide com um movimento de reestruturação da produção nessas regiões que, devido à dificuldade de mecanização e da produção em grande escala, vêm encontrando na produção de cafés orgânicos e especiais uma

alternativa para aumentar sua rentabilidade do café produzido nas regiões de topografia acidentada, característica dessas regiões.

Outro componente de custos de produção analisado neste tópico compreende os custos com beneficiamento e armazenagem, que oneram a produção de café ao mesmo tempo em que podem se constituir em fontes de elevação de receitas para a cafeicultura. Conforme Silva e Reis (2013), devido à sazonalidade da produção cafeeira, os preços de venda do produto variam entre o plantio e a venda efetiva na safra ou na entressafra. Diante disso, o produtor pode utilizar a estocagem como uma estratégia de comercialização que possa maximizar o seu retorno, visando compensar os riscos e incertezas do mercado. A armazenagem do café permite assim que o produtor defina qual o melhor momento para a venda, cobrindo mudanças previstas no suprimento e demanda e protegendo o produtor contra riscos e incertezas do mercado. O comportamento dos custos com beneficiamento e armazenagem do café arábica em Minas Gerais entre 2007 e 2019 são apresentados no Gráfico 6:

Gráfico 6: Custos com Beneficiamento e Armazenagem na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



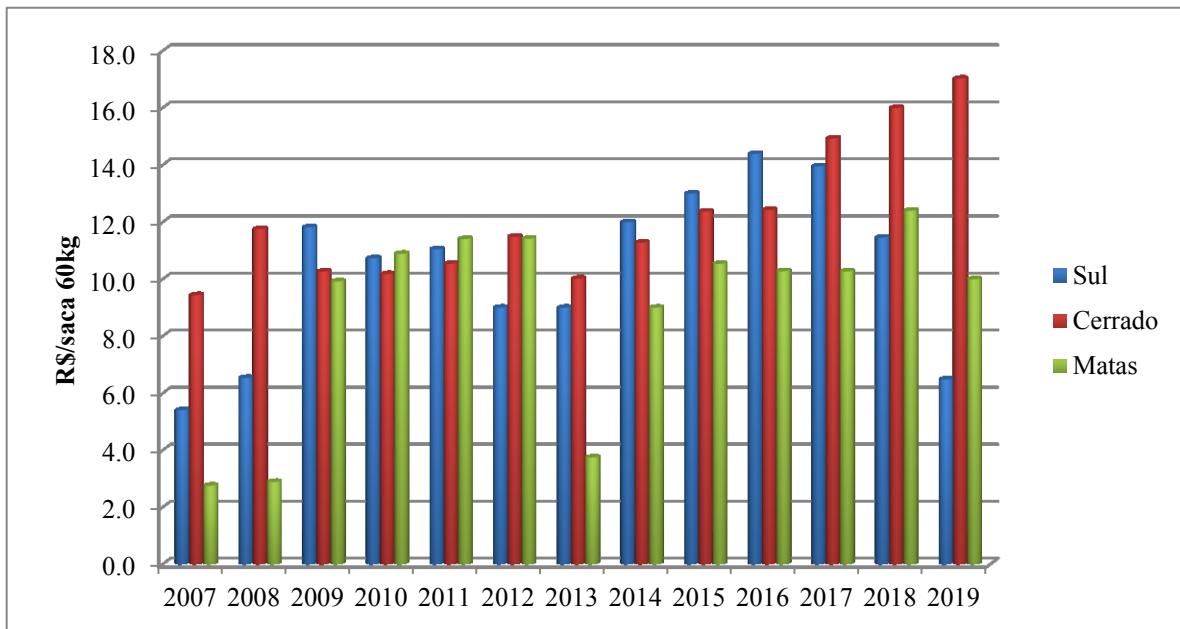
Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

O Cerrado Mineiro apresentou os maiores custos na maioria dos anos analisados. Em todas as regiões ocorreu um elevado crescimento dos custos com armazenagem no período analisado. No Sul e nas Matas, contudo, o crescimento foi mais acentuado. Nas Matas Mineiras os custos com beneficiamento e armazenagem se mantiveram até 2013 bem abaixo das demais regiões, porém, nos anos seguintes ocorreu uma elevação destes, chegando em 2014 e 2016 a ultrapassar os custos no Cerrado.

O último componente de custos de produção analisado neste tópico são as despesas financeiras. Nas regiões analisadas as despesas financeiras da produção de café constituem-se basicamente de juros do financiamento, visto que o crédito agrícola constitui parcela fundamental do financiamento das lavouras brasileiras. A modalidade de crédito destinada ao custeio da safra de café financia as despesas normais do ciclo produtivo das lavouras, tais como tratos culturais e colheita, incluindo as despesas com aquisição de insumos, mão de obra, operações com máquinas e equipamentos, arruação, secagem, certificação de cafés, entre outras (Embrapa, 2017).

Minas Gerais, conforme levantamento da Secretaria de Política Agrícola – SPA, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Mapa, referente ao mês de outubro de 2017, foi o estado que mais contratou financiamento de custeio, representando 70,38% do montante do crédito, com R\$ 2,162 bilhões. O comportamento desses gastos pode ser observado no Gráfico 7:

Gráfico 7: Despesas Financeiras na Produção de Café Arábica em Minas Gerais:



Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2019).

As despesas financeiras apresentaram uma tendência de crescimento nas três regiões produtoras ao longo do período analisado, com uma leve retração no ano de 2013. O Sul de Minas foi a região que apresentou as mais elevadas despesas durante grande parte do período, porém desde 2016 apresentam um tendência de redução desse montante. Desde então, o Cerrado, que mantém uma tendência de elevação das despesas financeiras, tornou-se a região na qual esse componente de custo é mais oneroso.

2.2.3. Os Preços do Café Arábica em Minas Gerais

No que tange aos produtos agrícolas, Lamounier e Leite (2001) afirmam que as tendências de preços são geralmente associadas às relações intersetoriais na economia e a aspectos específicos da natureza do processo produtivo e comercial dos produtos desse setor como, por exemplo, alterações na demanda, modificação nas tecnologias empregadas e/ou redução nos custos de produção. Consistentemente, Barreto e Zugaib (2016) afirmam que alterações na relação entre oferta e demanda são a causa principal das oscilações de preços do café.

Segundo Dias e Silva (2015) a oferta e a demanda do café dependem em grande parte de variáveis externas e internas e do ânimo dos mercados. Cabe ressaltar que no Brasil, a partir da desregulamentação ocorrida na década de 1990, o mercado do café passou a receber forte influência dos mercados globais (Nogueira & Aguiar, 2011). Esse processo aumentou a competitividade no setor, tornando os produtores mais vulneráveis aos riscos na produção e comercialização do café, constituindo um mercado caracterizado por acentuadas variações de preços.

No entanto, dada a inelasticidade-preço da demanda por café brasileiro (Dias & Silva, 2015) e a tendência de elevação do consumo no mercado mundial (Barreto & Zubaib, 2016) estimulada por diversos fatores como a melhoria da renda nos países emergentes e em desenvolvimento, o aumento global da população e a alteração no fluxo do comércio mundial (Brasileiro et al., 2017), grande parte da flutuação de preços do café está relacionada à alterações na oferta desse produto, que compreende o volume produzido e os estoques.

A cultura do café é desenvolvida sob ciclos de produção e que estes se alteram em função do parque cafeeiro, da produtividade e dos estoques (Matiello, 2005). Bacha (1998) explica que a cafeicultura brasileira apresenta tem três ciclos distintos de preços e/ou de produção, sendo estes o ciclo plurianual, o ciclo bienal e o ciclo intra-anual. O ciclo plurianual ocorre devido à característica perene da planta, já que existe uma demanda de tempo entre o plantio e o início da maturidade da produção, apresentando, assim, comportamento distinto de preço e produção, ao longo dos anos.

O segundo ciclo é o bienal que consiste na oscilação das floradas do cafeeiro, com grande produção em um ano, seguido por uma pequena produção no ano seguinte, devido ao esgotamento da planta nos anos de alta produção. E o terceiro é o ciclo intra-anual, que corresponde ao período de safra e entressafra, oriunda da ausência de produção contínua ao longo do ano, que implica na variação sazonal de preços (Bacha, 1998).

Levando em consideração que o produtor é tomador de preços, a margem conseguida na comercialização depende, portanto, da sua estrutura de custos (Abrantes et al. 2006). Nesse sentido, os custos de produção e sua composição em relação às receitas auferidas são de grande importância para a lucratividade do setor (Abrantes, Moreira, Souza & Santos, 2006). Eles afetam diretamente a rentabilidade dos produtores, estimulando ou não investimentos na produção de café, e constituem fatores determinantes para a oferta (Faria, Bernardelli e Michellon, 2017). Dessa forma, o preço é o fator de maior influência para a expansão ou retração da atividade (Matiello, 2005), uma vez que uma rentabilidade baixa ou negativa pode levar ao abandono da produção de café em favor de cultivos mais lucrativos (ICO, 2016), afetando negativamente o volume de café ofertado no mercado.

O volume produzido também está relacionado à produtividade dos cafezais. Produtividade esta, que influencia na composição dos custos de produção do café (Almeida et. al., 2010). Como explicam Rodrigues, Reis e Tavares (2014) sistemas de produção que empregam maior nível de tecnologia, como irrigação e mecanização incorrem em custos mais elevados, porém estes sistemas proporcionam alta produtividade, o que acarreta na redução de custos por unidade produzida, melhor desempenho dos recursos aplicados e maior competitividade do produto.

Além dos custos de produção e da produtividade, outros fatores também influenciam os preços do café, como o volume de estoques e variáveis macroeconômicas, como os impostos e a taxa de câmbio. Em relação aos estoques, Ribeiro, Sousa e Rogers (2006) afirmam que a variabilidade dos preços do café arábica praticados no mercado físico brasileiro está diretamente relacionada ao volume estocado, visto que estes constituem parcela da oferta. Ademais, de acordo com Rego e Paula (2012) os estoques de café representam o cenário favorável ou não do produto, pois refletem sua demanda, assim, estoques em baixa indicam um mercado estável e estoques em alta, demonstram sua fraqueza.

Moreira, Abrantes e Pinheiro (2007) afirmam que a carga tributária, ao ter efeito sobre os custos de produção, e consequentemente, sobre os preços dos produtos, torna-se um importante componente do processo produtivo e de comercialização, pois acaba interferindo no desempenho financeiro e econômico da cafeicultura. Nesse sentido, Abrantes et al. (2006) identificou que o ICMS é um dos principais tributos que compõe a carga tributária do café em grãos, pois mesmo com as políticas de benefícios para os insumos, incidem em outros fatores como a energia elétrica, combustíveis e serviços.

Outra variável que apresenta influência tanto sobre os custos de produção quanto sobre os preços do café é a taxa de câmbio. Esta, conforme Castro, Teixeira e Lima (2005) afeta a produção agrícola de duas formas, uma vez quem a desvalorização cambial aumenta a competitividade dos produtos no mercado internacional ao mesmo tempo em que aumenta o preço dos produtos importados, elevando o custo de insumos que utilizam matéria-prima importada. Num movimento contrário, uma valorização cambial reduz a competitividade dos produtos no mercado internacional e, ao mesmo tempo, reduz o preço dos produtos importados, reduzindo o custo da matéria-prima importada.

2.3. Aspectos Metodológicos

Buscando atender aos objetivos propostos de analisar o comportamento dos custos de produção em relação ao preço pago aos produtores pelo café arábica em cada uma das regiões produtoras do estado de Minas Gerais no período de 2007 a 2018 e verificar a existência de similaridades e/ou diferenças entre as três principais essas regiões, esta pesquisa se utiliza de dois métodos estatísticos. Sendo o primeiro um modelo de regressão com dados em painel com efeitos aleatórios, e o segundo o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os dados relativos aos custos de produção nessas macrorregiões foram coletados das Planilhas de Custos de Produção - Série Histórica Café Arábica 2003 a 2018, da Companhia Nacional de Abastecimento.

Para calcular os custos de produção do café, a companhia utiliza a combinação de insumos, serviços, máquinas e implementos que fazem parte do processo de plantio e colheita. Os custos estão associados a diferentes padrões tecnológicos e preços de fatores que são utilizados em diferentes situações ambientais. Esses custos são obtidos por meio da multiplicação da matriz de coeficientes técnicos pelo vetor de preços dos fatores. A combinação dos fatores, chamada de “pacote tecnológico” indica a quantidade de cada item em particular, por unidade de área, resultando em um determinado nível de produtividade. As quantidades de cada um desses itens por hectare são denominadas coeficientes técnicos de produção. Para tornar possível o estabelecimento desses coeficientes, a CONAB considera alguns padrões genéricos representativos do conjunto de tecnologias adotadas pelos produtores nas diferentes regiões do país (CONAB, 2010).

O modelo de regressão elaborado tem como variável dependente o preço do café pago aos produtores pelo café arábica na praça produtora. Como variáveis independentes foram incluídos os componentes de custos de produção, identificados com base na análise da

literatura, como os principais itens que oneram a atividade. Estes são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Principais componentes do custo de produção do café		
Componentes de Custos	Forma de Mensuração	Definição
Defensivos	Despesas com Defensivos/ Agrotóxicos	Reais / saca 60Kg
Fertilizantes	Despesas com Fertilizantes	Reais / saca 60Kg
Mão de Obra	Despesas com Mão-de-obra temporária + Mão-de- obra fixa	Reais / saca 60Kg
Máquinas	Despesas da Operação com Máquinas Próprias + Aluguel de Máquinas	Reais / saca 60Kg
Financeiras	Despesas Financeiras	Reais / saca 60Kg
Armazenagem e Beneficiamento	Despesas com Armazenagem +Despesas com Beneficiamento	Reais /saca 60Kg

Fonte: Elaboração Própria

Ademais foram incluídas no modelo variáveis de controle referentes a aspectos macroeconômicos que poderiam influenciar as variações de preço do café, sendo estas a Taxa de Câmbio e o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Minas Gerais (ICMS), ambos coletados no IPEAData, os estoques de café no Brasil, coletados no ICO, a produtividade e a produção do café arábica nas três macrorregiões analisadas, fornecida pela CONAB, como apresentado na Tabela 2:

Tabela 2: Demais Variáveis Incluídas no Modelo		
Variável	Definição	Forma de Mensuração
Taxa de Câmbio	Taxa de câmbio efetiva real para exportações	Média aritmética ponderada das taxas de câmbio reais bilaterais do Brasil em relação a 24 parceiros comerciais selecionados
Imposto	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS)	Média Anual em R\$ (mil)
Estoques	Estoques brutos de abertura no Brasil	Em mil sacas de 60 kg
Produtividade	Produtividade do café arábica por região produtora	Sacas (60 kg) de café arábica produzidas por hectare cultivado
Produção	Volume de café produzido por região	1000 sacas(60 kg) de café beneficiadas

Fonte: Elaboração Própria

Foi incluída também uma variável categórica para a região produtora. Assim, a Equação 1 descreve o modelo quantitativo desenvolvido na análise da regressão:

$$\begin{aligned} \text{PREÇO} = & b_0 + b_1\text{MAQ} + b_2\text{MAO} + b_3\text{FER} + b_4\text{DEF} + b_5\text{BEN} + b_6\text{FIN} \\ & + b_7\text{PRT} + b_8\text{PRD} + b_9\text{CAM} + b_{10}\text{IMP} + b_{11}\text{REG} + u \end{aligned}$$

Buscando identificar possíveis relações entre as variáveis de custos de produção e a região produtora, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis (1952). Tendo como fator de agrupamento das variáveis de teste as três regiões analisadas no trabalho. As variáveis de teste são aquelas referentes aos custos de produção apresentadas no quadro 1, os preços e a produtividade.

O teste de Kruskal-Wallis é um teste não paramétrico utilizado na comparação de amostras duas ou mais populações, para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes (Marôco, 2018). Sendo calculado pela seguinte equação:

$$H = \left[\frac{12}{N \cdot (N+1)} \right] \cdot \left[\frac{\sum R_1^2}{n_1} + \frac{\sum R_2^2}{n_2} + \frac{\sum R_3^2}{n_3} \right] - 3 \cdot (N+1)$$

Onde:

N = número dados em todos os grupos

n = número de sujeitos em cada grupo

$\sum R$ = somatória dos postos em cada grupo

2.4. Resultados e Discussão

Inicialmente foi realizada a análise descritiva dos dados que compõem o modelo proposto, referente à quantidade de observações, média, desvio padrão, e valores máximos e mínimos, utilizando o software STATA 13.1. A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas do modelo regressivo em análise:

Tabela 3: Estatísticas Descritivas

Variável	Obs	Média	Desvio Padrão	Min	Max
Preço	48	368,648	96,997	235,32	528
Produção	48	8705,09	3712,58	3255,00	17896,10
Produtividade	48	25,425	5,667	14,342	40,429
Máquinas	47	31,996	23,458	0	97,95
Mão de Obra	47	129,403	46,900	49,45	244,2
Fertilizantes	47	66,548	16,966	30,84	99,92
Defensivos	47	23,608	17,494	0	75,44
Financeiras	47	10,579	3,416	2,76	17,46
Beneficiamento	47	6,656	6,279	0	29,41
Imposto	48	2800050	778582,3	1611100	4088710
Câmbio	48	1,185	0,143	0,961	1,421
Estoques	48	13851,22	4025,02	7800,00	21240

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

A partir da análise descritiva é possível observar que o preço médio da saca de café nas regiões analisadas foi de R\$ 368,65 e apresentou uma grande variação no período analisado oscilando entre R\$ 235,32 e R\$ 528,00. Enquanto a produtividade oscilou entre 14,34 e 40,43 sacas por hectare. Entre os custos que apresentaram maior variação no período analisado destaca-se a mão-de-obra, com valores mínimo e máximo de, respectivamente, 49,45 e 244,2 reais por saca de café produzida. Ainda abordando os aspectos descritivos das variáveis componentes do modelo, a Tabela 4 apresenta a matriz de correlação:

Tabela 4: Matriz de Correlação das Variáveis

	PRE	MAQ	MAO	FER	DEF	BEN	JUR	CAM	IMP	PRT	PRD	EST
PRE	1											
MAQ	0,34*	1										
MAO	0,04	-0,45*	1									
FER	0,50*	0,31*	0,06	1								
DEF	0,20	0,31*	-0,45*	0,27	1							
FIN	0,52*	0,65*	-0,19	0,54*	0,42*	1						
BEN	0,54*	0,57*	-0,31*	0,42*	0,31*	0,42*	1					
CAM	0,39*	0,17	-0,16	0,51*	0,40*	0,28	0,45*	1				
IMP	0,75*	0,44*	0,00	0,74*	0,34*	0,54*	0,65*	0,59*	1			
PRT	0,31*	0,44*	-0,29	0,37*	0,39*	0,45*	0,46	0,33*	0,53*	1		
PRD	0,07	0,35*	0,05	0,05	0,13	0,04	0,27	0,03	0,24	0,14	1	
EST	-0,44*	-0,44*	-0,12	-0,49*	-0,02	-0,42*	-0,42*	0,03	-0,64	-0,36	-0,25	1

Legenda: PRE: Preço; MAQ: Maquinas; MAO: Mão de Obra; FER: Fertilizantes; DEF: Defensivos; FIN: Despesas Financeiras; BEN: Beneficiamento; CAM: Câmbio; IMP: Imposto; PRT: Produtividade; PRD: Produção; EST: Estoques.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Os dados demonstram que as variáveis independentes possuem baixas correlações entre si, o que corresponde um bom indicador de baixa endogeneidade e autocorrelação dos regressores. Também é possível observar que, com exceção dos estoques, a maioria das

variáveis apresentam correlações positivas entre si. A correlação entre duas variáveis é positiva se valores mais altos de uma variável estão associados a valores mais altos da outra, e é negativa se os valores de uma variável crescem enquanto os da outra diminuem. O coeficiente de correlação próximo do zero significa que não existe uma relação linear entre as duas variáveis.

Em relação ao preço, com exceção dos estoques e da região, todas as demais das variáveis apresentaram uma correlação positiva, indicando que variações positivas nessas variáveis estão associadas a um aumento do preço do café pago ao produtor. Os estoques apresentaram correlações negativas com o preço, com todas as variáveis de custos de produção e com a produtividade e a produção sugerindo que uma elevação no volume de estoques está relacionada a uma redução dos preços do café, bem como a uma redução nos custos de produção.

Para verificar qual método de regressão melhor se ajustaria ao modelo proposto, foram realizados os testes Breusch-Pagan, Chow e Hausman, tendo como resultado a escolha do modelo de efeitos aleatórios. Em seguida foram aplicados testes VIF (*Variance Inflation Factor*) para diagnosticar multicolinearidade nos modelos. A multicolinearidade é um problema no ajuste do modelo que pode causar impactos na estimativa dos parâmetros. O critério utilizado foi que o VIF dos regressores não deveria ser superior a 10. Como o resultado foi de um VIF médio de 3,35 e nenhuma das variáveis apresentou um VIF maior que 10, pode-se afirmar que não existem indícios de multicolinearidade no modelo.

Também foram realizados os testes de Woodridge e Wald para identificar possíveis problemas de auto correlação e heterocedasticidade. Como no teste de Wald foi observado um p valor de 0,00, que indica a presença de autocorrelação no modelo foi aplicada na regressão a função robust para resolver esses problemas.

Os resultados obtidos através do modelo de regressão são apresentados na tabela 5:

Tabela 5: Resultados do Modelo de Regressão

Variáveis	Coef.	T	P>t
Constante	303,38	1,2	0,228
Máquinas	-1,183	-2,24	0,025**
Mão de Obra	-0,123	-0,74	0,457
Fertilizantes	-0,429	-0,56	0,576
Defensivos	-1,577	-2,15	0,031**
Financeiras	7,697	1,59	0,111
Beneficiamento	2,494	1,22	0,224
Imposto	0,0001	7,48	0***
Câmbio	-179,864	-0,98	0,329
Produtividade	-1,496	-0,84	0,399
Produção	-0,0128	-3,19	0,001***
Estoques	0,005	1,06	0,29
Região			
Cerrado	-90,620	-2,7	0,007**
Matas	-123,638	-2,42	0,016**
R² ajustado			0,8374
Obs			47
VIF Médio			3,35
Breusch Pagan			0,000
Chow			0,4445
Hausman			0,0005
Woodridge			0,0369
Wald			0,000

*Nota: Os asteriscos *, ** e *** representam, respectivamente, estatísticas significantes ao nível de 10%, 5% e 1%.*

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Os resultados do modelo de regressão indicam que os custos com máquinas e defensivos, os impostos, a produção e a região produtora apresentam significância estatística, ou seja, apresentam uma relação significativa com as variações dos preços do café arábica pago aos produtores em Minas Gerais

Os custos com máquinas apresentaram um coeficiente negativo, de -1,183. Esse comportamento indica que aumento dos custos de operação com máquinas está associado à uma redução nos preços do café. Esse comportamento pode ser explicado pela elevação da demanda por máquinas que ocorre em safras nas quais a área cultivada é ampliada. Uma vez que, conforme Baricelo e Bacha (2013), existe uma relação direta e positiva entre a demanda de máquinas e a área agrícola, e uma relação inversa entre essa demanda e os preços.

Concomitantemente, em decorrência de um maior volume de produção, a oferta de café no mercado também aumenta, ocasionando uma redução nos preços.

Os custos com defensivos também apresentaram coeficiente negativo (-1,577), indicando que um aumento das despesas com defensivos estão associados à redução nos preços do café. O comportamento dessa relação ocorre de forma semelhante ao das máquinas. Devido ao aumento da demanda por tais produtos, seus preços se elevam ao mesmo tempo em que o maior volume de café no mercado, ocasiona redução dos preços pagos no mercado físico.

Em relação ás variáveis macroeconômicas, os impostos apresentaram coeficientes positivos, que indicam a ocorrência de uma elevação dos preços do café quando essas taxas aumentam. Resultado esse, em consonância com Moreira, Abrantes e Pinheiro (2007) que afirmam que a carga tributária tem efeito sobre os custos de produção e sobre os preços dos produtos.

A produção também apresentou um coeficiente negativo, de -0,0128, confirmando a existência de uma relação inversa entre o volume de café produzido e o preço pago aos produtores pela saca. Dias e Silva (2015) explicam esse comportamento através da lei da oferta e demanda. De acordo com os autores, quando há redução da safra de café ocorre também elevação dos preços devido à escassez do produto no mercado, em contrapartida, um aumento da produção provoca queda de preços pelo excesso de demanda.

As variáveis de região “Cerrado” e “Matas” apresentaram coeficientes negativos, respectivamente, -90,620 e -123,638. Esse resultado indica que, no período analisado, nessas regiões os preços pagos aos produtores pelo Café Arábica se mostraram inferiores àquele praticado na região Sul do estado.

Posteriormente, a fim de verificar a influência do fator região sobre o comportamento das variáveis de custos de produção do café arábica em Minas Gerais foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Para aplicação deste foi utilizado o software IBM SPSS Statistics 24. Nesse teste foram incluídas apenas as variáveis relacionadas aos custos de produção e a produtividade. A variável região foi utilizada como variável de agrupamento, e as variáveis Preço, Produtividade, Financeiras, Defensivos, Beneficiamento e Armazenagem, Fertilizantes, Mão de Obra e Máquinas foram incluídas como variáveis de teste. A tabela 6 apresenta as estatísticas do teste:

Tabela 6: Estatísticas do Teste Kruskal-Wallis

		PRE	PRT	FIN	DEF	BEM	FER	MAO	MAQ
Qui-quadrado		0,71	11,39	3,66	18,99	1,34	0,80	10,83	18,00
Graus de liberdade		2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. Assintótica		0,70	0,00	0,16	0,00	0,51	0,67	0,00	0,00
Sig. Monte Carlo	Sig.	0,70	0,00	0,16	0,52	0,52	0,68	0,00	0,00
	99% de Inter. de Conf.	Lim. Inf.	0,69	0,00	0,51	0,00	0,51	0,67	0,00
			Lim.	0,71	0,00	0,53	0,00	0,53	0,70
			Sup.						

Variável de Agrupamento: Região

Legenda: PRE: Preço; PRT: Produtividade; FIN: Financeiras; DEF: Defensivos; BEM: Beneficiamento e Armazenagem; FER: Fertilizantes; MAO: Mão de Obra; MAQ: Máquinas.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa

A produtividade e os custos com defensivos, mão de obra e máquinas apresentaram significância assintótica inferior a 5%, nesse caso, de acordo com Marôco (2018), deve-se rejeitar a hipótese nula do teste - os grupos têm a mesma distribuição de valores. Isso significa que as variáveis citadas apresentam distribuições diferentes de valores entre as regiões analisadas, indicando que a região pode ter influência sobre a produtividade dos cafezais, bem como influenciar os custos com transportes, defensivos, mão de obra e máquinas.

Cabe ainda destacar que através do teste realizado não foram encontradas diferenças significativas na distribuição dos valores do preço da saca de café entre as três regiões analisadas. Esse resultado indica que não haveria relação entre o fator região e o preço pago aos produtores. Para melhor identificar as diferenças de distribuição apontadas pelo teste de Kruskal-Wallis, a tabela 6 apresenta os postos médios das variáveis que possuem significância assintótica inferior a 5%.

Tabela 7: Postos Médios das Variáveis com Distribuição Desigual

Região	Postos Médios			
	Produtividade	Defensivos	Mão de Obra	Máquinas
Cerrado	33,83	30,08	14,83	30,17
Sul	24,79	28,57	23,96	28,30
Matas	14,58	9,17	33,25	9,58

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Analizando a distribuição dos postos médios apresentada na tabela 7, é possível observar que a região do Cerrado Mineiro apresenta os postos médios mais elevados em relação à produtividade, e aos custos com transportes, defensivos e máquinas. Enquanto as

Matas de Minas apresentam os menores postos médios nessas mesmas variáveis. Em contrapartida, no caso dos custos com mão de obra, os maiores postos médios são observados nas Matas e os menores no Cerrado.

Esses resultados evidenciam características das regiões produtoras apontadas por Oliveira et al. (2008) que afirmaram que região do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste é a região produtora mais dinâmica e mecanizada e com a maior média de produtividade do país. No caso da mão de obra, Vale, Calderaro e Fagundes (2014), afirmam que a região, por apresentar uma agricultura mais mecanizada, há um menor número de trabalhadores temporários e permanentes na lavoura do café, reduzindo assim os custos com mão de obra.

Em contrapartida, o fato de ser uma região com constante aprimoramento tecnológico e mecanização em todas as etapas do processo produtivo (Vale, Calderaro & Fagundes, 2014) eleva os custos com máquinas e defensivos. Enquanto as regiões da Zona da Mata, Mucuri e Jequitinhonha por apresentar, de acordo com Pelegrini e Simões (2011) restrições topográficas à mecanização e uma tradição de cultivo e processamento artesanal, apresenta uma produtividade reduzida. Nessa região as lavouras apresentam uma baixa mecanização e uso reduzido de defensivos, e são cultivadas sob manejo convencional que utiliza um grande volume de mão de obra, aumentando assim os custos desse fator de produção.

2.5. Considerações Finais

Considerando a importância econômica e social cafeicultura para o Brasil e, especialmente para o estado de Minas Gerais, este capítulo teve como objetivo analisar o comportamento das variáveis de custos de produção da cafeicultura mineira buscando verificar aquelas que apresentavam relação significativa com as variações de preço do café, e também verificar a influência da região como fator de diferenciação sobre o comportamento dessas variáveis. Para atingir tais objetivos, foram utilizados dois métodos de análise estatística de dados, sendo estes uma regressão múltipla com dados em painel e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Os resultados encontrados sugerem que os custos com máquinas e defensivos, a produção, os impostos e a região produtora apresentam relação significativa com as variações no preço do café recebido pelos produtores em Minas Gerais, no período de 2007 a 2018. E que os custos com máquinas, defensivos e mão de obra, e a produtividade apresentam

distribuições diferentes de valores entre as regiões analisadas, o que indica que a região tem influência sobre a produtividade dos cafezais e sobre os custos com defensivos, máquinas e mão de obra.

Ao se comparar esses resultados é possível destacar alguns pontos principais sobre a relação das variáveis de custos de produção com o comportamento dos preços do Café Arábica no mercado físico em Minas Gerais, bem como a respeito do comportamento dessas variáveis nas três regiões analisadas. O primeiro é que os custos de produção com máquinas e defensivos ao mesmo tempo em que apresentam uma relação negativa com os preços do café, variam de acordo com a região onde o café é produzido. Assim, é possível afirmar que nas regiões em que os custos com máquinas e defensivos são menores há uma tendência de que o preço do café seja mais elevado.

Outro ponto que deve ser destacado é que, apesar dos resultados do teste de Kruskal-Wallis não apontarem a existência de uma relação entre a região e os preços do café, os resultados da regressão indicam que o Cerrado e as Matas tendem a apresentar preços inferiores em relação à região Sul do estado. Todavia, ao se analisar a distribuição dos postos médios é possível observar que essa região apresenta valores intermediários tanto em relação à produtividade dos cafezais, quanto aos custos de produção.

O terceiro ponto que pode ser destacado ao se analisar as relações encontradas entre as variáveis analisadas é que diversas interações entre os custos de produção de o preço do café podem ser explicadas através dos choques entre oferta e demanda, indicando que ao mesmo tempo em que os custos de produção influenciam os preços do café, estes podem ser por ele influenciados em razão da disponibilidade dos fatores demandados. O mesmo comportamento também fica evidente na relação entre o preço e o volume de café produzido, visto que o preço tender a se elevar em momentos de produção reduzida.

Com base nesses resultados considera-se que os objetivos definidos para este capítulo foram atingidos, visto que foi possível identificar a relação existente entre os custos de produção e o preço pago aos produtores pelo Café Arábica, sendo verificada também e a influência do fator região tanto sobre os preços do café, quanto em relação a alguns dos componentes de custos analisados.

Como limitações deste trabalho, destaca-se a amostra reduzida, que devido à limitada base de dados disponibilizada pela CONAB não incluía um maior número de municípios produtores dentro das regiões analisadas. Nessa perspectiva, para trabalhos futuros, sugere-se que sejam incluídos mais municípios produtores na análise. Sendo possível também a

comparação do comportamento dos custos de produção entre municípios de uma mesma região. Outra sugestão de pesquisa seria uma análise incluindo a região das Chapadas de Minas, por se tratar de uma área na qual a cafeicultura foi introduzida recentemente e já apresenta resultados expressivos em relação à produtividade das lavouras.

3. Previsão do comportamento de preços do café brasileiro: uma abordagem de Redes Neurais Artificiais

3.1. Introdução

Além de sua participação na pauta de exportações, o café também representa uma atividade de elevada relevância socioeconômica no desenvolvimento do Brasil. Em 2018 foram produzidas 61,66 milhões de sacas de café no Brasil (ABIC, 2019), que representam cerca de 35% da produção mundial. Dessa forma, o grão ocupa a 5º posição na pauta de exportações brasileira, movimentando US\$ 5,2 bilhões em 2017 (MAPA, 2018).

A cafeicultura, contudo, caracteriza-se como uma atividade de elevado risco por se tratar de uma cultura altamente dependente de fatores fisiológicos, tratos culturais e ambientais. Berhane, Adam, Awgichew e Haile, (2019) definem o mercado de café como inherentemente instável e caracterizado por grandes flutuações de preço, sendo a volatilidade dos preços uma grande preocupação para as partes interessadas nesse mercado.

Assim, a produção e a comercialização de café necessitam de instrumentos que minimizem o risco, e auxiliem no processo de tomada de decisão dos produtores, compradores e investidores em geral (Bressan, 2004). Entre as principais ferramentas que podem ser utilizadas para avaliar e gerenciar os riscos nesse setor destacam-se a análise e a previsão do comportamento dos preços.

Gutierrez e Almeida (2013) afirmam que o conhecimento do comportamento dos preços é extremamente útil na tomada de decisões dos produtores com relação ao planejamento da produção e à manutenção e formação de estoques, possibilitando que estes aproveitem de maneira mais eficiente as fases de baixa e de alta nos preços para a maximização dos lucros. Por essa razão, cada vez mais, a previsão de preços dos produtos agrícolas tem se tornado objeto de interesse dos profissionais do mercado e dos acadêmicos.

Diversas pesquisas realizadas sobre previsão de preços de *commodities* agrícolas como Bressan (2004), Lima, Góis e Ulises (2007), Sobreiro, Araújo, Mendonça e Nagano (2008), Lima et al. (2010), Ferreira, Borenstein e Fischmann (2012), Miranda, Coronel e Vieira (2013), Tibulo e Carli (2014), Pinheiro e Sena (2017) e Lopes (2018)

utilizaram métodos estatísticos e computacionais em busca do melhor modelo de previsão.

Entre os principais métodos estatísticos e econométricos utilizados para previsão de comportamento de variáveis, destacam-se o modelo ARIMA e o modelo de Redes Neurais Artificiais (RNAs). Contudo, vários estudos (Church & Curram, 1996; Kohzadi et al., 1996; Cao, Leggio, Schniederjans, 2005; Kumar, 2005; Co e Boosarawongse, 2007; Wang & Elhag, 2007, Ceretta, Righi & Schlender, 2010) ao comparar o desempenho das Redes Neurais com métodos econométricos como o ARIMA na previsão de séries temporais concluíram que os resultados das RNAs são mais preditivos que os demais.

Assim, buscando oferecer uma alternativa para a gestão de riscos aos produtores e gestores que precisam realizar negociações em um mercado em um mercado inherentemente estável bem como contribuir para o aprofundamento teórico dessa questão, este capítulo tem como objetivo elaborar e validar um modelo de previsão para o comportamento de preços do café brasileiro através do uso de Redes Neurais Artificiais.

Optou-se por analisar os preços à vista, presumindo que o modelo seja empregado por um agente que possui a *commodity*. Em relação à variedade de café, o objeto de estudo foi o Café Arábica, que corresponde por cerca de 70% do volume total das exportações de café brasileiras (CECAFE, 2009).

Para compor o modelo de previsão são utilizadas variáveis relacionadas aos custos de produção do café nos principais municípios produtores de café no Brasil, variáveis macroeconômicas que podem afetar os preços das *commodities* agrícolas, variáveis relativas ao mercado brasileiro de café (produção, exportação, consumo e estoques) e variáveis relativas ao mercado mundial de café. Os dados foram coletados no Levantamento de Custos de Produção do Café Arábica, feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no IPEAData e no *Internacional Coffee Organizacion* (ICO), referentes ao período de 2007 a 2018.

A fim de verificar quais variáveis proporcionariam maior capacidade de previsão, foram construídos e treinados modelos de Redes Neurais Artificiais com doze arranjos de variáveis, que se diferenciam pelas variáveis que compõem as entradas do modelo. A definição dos arranjos foi feita buscando mesclar combinações dos diferentes grupos de variáveis e através do teste de VIF (*Variance Inflation Factor*) variáveis que

apresentavam alta multicolinearidade foram excluídas dos arranjos. Os resultados desses modelos foram então avaliados por métricas de erro e o modelo com melhor resultado preditivo foi validado.

Este trabalho se justifica, dada a relevância da cafeicultura para a economia brasileira, ao desenvolver um modelo de previsão de preços que pode ser uma alternativa para a gestão de risco dos produtores de café, bem como fornecer instrumentos para as decisões de compra e venda dos participantes desse mercado. Do ponto de vista teórico, o trabalho busca contribuir para a literatura a cerca da previsão de preços de preços de *commodities* agrícolas ao incluir novos arranjos de variáveis que ainda não foram testados nos trabalhos existentes, buscando encontrar o melhor ajuste de erro possível.

Além desta introdução, este capítulo apresenta um referencial teórico no próximo tópico. O terceiro tópico destaca os procedimentos metodológicos aplicados na estruturação do modelo de Redes Neurais Artificiais. O quarto tópico apresenta a discussão de resultados, e por fim, no último tópico são apresentadas as considerações finais do capítulo.

3.2. Referencial Teórico

3.2.1. Formação de Preços de Comodities Agrícolas

Atualmente, a maior parte do café produzida no mundo é comercializado como *commodity*. As *commodities* compõe a maior parcela da pauta de exportação de muitos países em desenvolvimento, representando quase a totalidade de suas exportações e assim constituem-se como a principal fonte de renda e receitas. No Brasil, as receitas de exportações de *commodities* significam parcela expressiva do total das exportações, com destaque para as *comodities* agrícolas que estão entre os principais geradores de receitas para o país (SECEX, 2019).

Na definição de Ferraz, Kupfer e Haguenauer (1995), *commodities* são bens homogêneos ou indiferenciados, produzidos e comercializados em grande escala por processos contínuos, e estocados com relativa facilidade. Nesse sentido, Geman (2005) as define como um ativo físico que possui características padronizadas, de ampla negociação em diversas localidades, que pode ser transportado e armazenado por um longo período de tempo. Sendo um tipo de produto no qual não há diferenças

qualitativas entre os mercados onde é negociado, não existe assim preferência, em termos de qualidade, por parte dos compradores do produto.

Devido à padronização, Copeland, Weston e Shastri (1988) sugerem que os mercados de *commodities* são sujeitos a maior número de negociações e, portanto, a uma maior liquidez. Isso se deve ao fato de que quando há padronização, espera-se que as partes negociantes conheçam as características das mercadorias negociadas. No tocante à produção das *commodities* agrícolas, há um grau relativamente baixo de industrialização no produto final, o que indica que tal valor da *commodity* surge da natureza, e não por processos transformativos ou esforços especializados agregados. Assim, os produtores de *commodities* utilizam a tecnologia para reduzir os custos relacionados à produção em busca de competitividade frente à forte concorrência ocasionada pela ausência de diferenciação (Reis, Good & Richardz, 2014).

O fato de serem bens homogêneos confere as *commodities* outra de suas características principais, que é a de serem transacionadas em bolsas de mercadorias em um mercado específico, ou internacionalmente em bolsa de valores (Reis, Good & Richardz, 2014). Assim, as *commodities* têm seus preços estabelecidos nas bolsas internacionais de mercadorias, cujas variações nos seus preços são resultantes de forças econômicas de oferta e demanda (Ferraz, Kupfer & Haguenauer, 1995).

Dias e Silva (2015) explicam que a relação entre oferta e demanda internacionais de café é um dos principais determinantes da cotação de preços. Quando há redução mundial da safra de café, por fatores climáticos ou econômicos ocorre também elevação dos preços. Em contrapartida, o aumento da produção provoca queda de preços. Entretanto, os autores ponderam que a oferta e a demanda do café dependem em grande parte de variáveis internas e externas como produção interna, taxa de câmbio, preço do café do principal concorrente e também do ânimo dos mercados.

Nesse sentido, Barreto e Zugaib (2016) afirmam que os principais fatores envolvidos na determinação dos preços do café estão relacionados aos movimentos de oferta e demanda, particularmente a produção, consumo e o estoque. No entanto, ponderam os autores, fatores exógenos, como os movimentos especulativos no mercado, também podem ter um efeito profundo sobre o impacto dos fatores fundamentais na formação dos preços. Outro ponto que deve ser levado em conta, de acordo com Dias e Silva (2015) é a elasticidade, que mede a forma como os compradores e vendedores reagem, mudando as quantidades ofertadas e demandadas diante de uma mudança de

preços. Trata-se assim da sensibilidade de compradores e vendedores diante das mudanças das condições de mercado que afetam as quantidades ofertadas e demandadas (Varian, 2006).

Além da oferta e demanda Williams e Wright (2005) destacam a utilização da estocagem para estabilizar o preço das *commodities*, a fim de lidar com a volatilidade associada à produção agrícola. Isso se dá porque as *commodities* em geral não são expostas a uma perda significativa de valor, no sentido de qualidade, enquanto estiverem armazenadas. Bjornson e Carter (1997) afirmam que o armazenamento de *commodities* é uma das principais decisões de investimento que os produtores tomam e envolve riscos consideráveis, pois seus preços tendem a ser voláteis. Por outro lado, os retornos para detentores de estoque podem ser altos em relação ao risco.

Assim, o comportamento de preços das *commodities* está diretamente relacionado aos volumes de estoque. Uma vez que quanto maior o estoque disponível para vendas, maior a oferta do produto e assim existe uma tendência de queda nos preços. Em contrapartida, estoques baixos significam um maior risco de escassez da mercadoria e, portanto, os vendedores tendem a elevar seus preços para aumentar seus retornos e reduzir a demanda pelo bem. Seguindo esta mesma lógica, os estoques também representam uma forma de reduzir variações nos preços das mercadorias (Corsini & Ribeiro, 2008).

Outros fatores como a variação da taxa de câmbio e da taxa de juros, os impostos e a oscilação renda nos países produtores e consumidores, também podem ser incluídos como influenciadores do aumento de risco para os produtores de *commodities* (Marques & Mello, 1999). Assim, estes devem ser fatores considerados ao se buscar estimativas para o comportamento de preços desses produtos.

3.2.2. A Cafeicultura no Brasil

Devido à sua importância para a economia brasileira, a cultura do café foi durante muitos anos marcada por políticas protecionistas por parte do Estado que visavam principalmente à sustentação dos preços (Lima et al., 2008). Até 1990 os preços do café eram regulados pelo Instituto Brasileiro do Café (IBC) com intervenção do Governo, com objetivo de aumentar a demanda e reduzir a oferta sempre que a produção se excedia (Nogueira & Aguiar, 2011). Entretanto, na década de 1990 iniciou-se um processo de desregulamentação do setor. Desde então, o setor cafeeiro no Brasil

vive uma fase de mudança e restruturação tanto no que se refere à produtividade quanto em competitividade. Essas mudanças, por serem muito recentes, sugerem que este ainda vive um momento de transição.

O processo de desregulamentação foi marcado por dois fatores principais, um em âmbito internacional e outro em âmbito nacional (Nogueira & Aguiar, 2011). O primeiro ocorreu em 1889, com a suspensão dos Acordos Internacionais do Café (AICs), que mantinham os preços do produto artificialmente elevados através da utilização de cotas de exportação por país produtor (Santos et al., 2009). O segundo fator foi a extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC) que, vigente entre 1952 a 1990, era responsável pela formulação das políticas externas e internas e pela regulação das exportações, dos estoques e das torrefações (Santos et al., 2009). A partir de então, o mercado cafeeiro viu-se livre da intervenção governamental, estabelecendo uma nova realidade após décadas de intervencionismo (Ortega e Jesus, 2011).

Esse processo deixou o setor cafeeiro brasileiro sob forte influência dos mercados globais (Nogueira & Aguiar, 2011), o que provocou uma profunda crise. A suspensão dos AICs suscitou uma guerra de preços no mercado internacional de café, que proporcionou um crescimento da oferta do produto devido à liberação dos estoques por vários países e, consequentemente, a redução dos preços e queda na produção (Santos et al., 2009). O novo contexto criado a partir da desregulamentação estimulou também um maior grau de integração dos vários mercados regionais de café, tanto entre si como em relação aos principais mercados internacionais provocando um aumento da competitividade do mercado (Nogueira & Aguiar, 2011).

Contudo, por mais que o setor cafeeiro brasileiro tenha passado vários anos sob forte regulamentação estatal, é importante destacar que essa regulamentação não estimulava a melhoria da qualidade do produto vendido no mercado doméstico, uma vez que o preço era fixo, e não havia remuneração maior para produtos de melhor qualidade (Nogueira & Aguiar, 2011). Ademais, o fato de a cultura do café ser altamente dependente de fatores fisiológicos, tratos culturais e ambientais, a caracteriza como uma atividade de alto risco. Berhane, Adam, Awgichew e Haile (2019) definem o mercado de café como inherentemente instável e caracterizado por grandes flutuações de preço.

Por essa razão, a volatilidade dos preços é uma grande preocupação para as partes interessadas no mercado mundial de café. Em países exportadores, como o Brasil, a volatilidade é uma fonte de incerteza em relação às receitas de exportação e receitas

fiscais bem como dos rendimentos dos produtores, sua negociação exige, portanto, a adoção de ferramentas de gestão de risco.

3.2.3. Gestão de Riscos e Previsão de Preços no Agronegócio

A sobrevivência do agronegócio depende do lucro auferido da produção, assim, é necessário um constante esforço para elevar a produtividade dos fatores de produção concomitantemente a uma redução nos custos de produção. Esses resultados dependem de vários fatores, que às vezes não são controlados pelo produtor. Conforme Rodrigues et al. (2018), a cadeia produtiva do agronegócio apresenta uma complexidade inerente devido aos diversos fatores envolvidos em sua produção e comercialização, esta diversidade acarreta em inúmeros riscos e incertezas no setor. A eliminação desses riscos, contudo, não viável e nem desejável, uma vez que poderia também limitar a possibilidade de maiores rendimentos (Moreira, Protil & Silva, 2014), dessa forma faz-se fundamental que os produtores utilizem ferramentas para a gestão de riscos.

O conceito de risco está relacionado à probabilidade de insucesso de determinado empreendimento, em função de acontecimento eventual, incerto, cuja ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados. Neste contexto, o risco é usado como um potencial de perdas, no entanto, correr riscos também pode gerar um resultado positivo (Hopkin, 2018).

A agricultura, por sua vez, caracteriza-se como um negócio especialmente arriscado devido a influencia de diversos fatores que fogem ao controle dos produtores na formação de sua renda. Dessa forma, a renda dos agricultores apresenta uma alta variabilidade devido aos preços voláteis dos produtos e aos rendimentos, bem como à ocorrência de riscos catastróficos, como desastres naturais e doenças de animais/plantas. Essa instabilidade afeta negativamente o bem-estar dos produtores, suas decisões, e sua capacidade de expandir operações e pagar dívidas (Severini, Biagini & Finger, 2019).

Schouchana (2015) afirma que são vários os riscos aos quais os produtores do agronegócio ficam expostos, dentre eles, destaca:

- os riscos do próprio negócio, como efeitos climáticos (geada, seca, excesso de chuvas);
- oferta e demanda desequilibradas, que afetam diretamente os preços;
- os riscos que atingem toda a economia, como o câmbio e a taxa de juros.

Em decorrência desses riscos, o preço de venda no ato da comercialização foge ao controle do produtor. Dependendo da oscilação de preços, o produtor pode não cobrir seus custos ou não obter a margem de lucro esperada, dificultando honrar compromissos adquiridos (Rodrigues, Rezende, Moura & Marcacini, 2018). Dessa forma, o setor convive constantemente com o risco de preço, que significa a possibilidade dos preços oscilarem de forma contrária a seus interesses (Miceli, 2019). De acordo com Rodrigues et al. (2018), uma gestão moderna do agronegócio, deve incorporar instrumentos para gerenciamento de riscos com o objetivo de amenizar tais incertezas e conferir uma estabilidade mínima ao produtor. Os produtores precisam, portanto, gerenciar melhor as vantagens da relação retorno-risco, buscando otimizar seus lucros.

Tendo em vista esse comportamento, o planejamento da comercialização da safra é fundamental para que o produtor possa utilizar ferramentas para se proteger de possíveis oscilações bruscas nos preços. Os instrumentos potenciais para lidar com a gestão do risco das *commodities* agrícolas de modo geral, incluem mercados futuros e de opções (ICO, 2014). De maneira integrada ao mercado físico esses mercados fazem parte de um processo que busca integrar produção, processamento, comercialização, consumo e financiamento (Miceli, 2019). Sua função é promover a fixação antecipada do preço da mercadoria, para proteger os agentes econômicos contra a oscilação dos preços (Schouchana, 2015).

Hull (1996) define os contratos futuros como compromissos de compra ou venda de um determinado ativo numa data pré-estabelecida e a um preço (cotação) que reflete as forças de oferta e demanda que atuam naquele momento. Nesses mercados, os produtores podem comprar insumos ou vender sua produção antecipadamente visando fixar o preço desejado e se proteger contra oscilações. Entretanto, a CNA (2018) apurou que, no Brasil, 64% dos produtores de café não realizam a venda futura da produção. Entre as razões que justificam esse comportamento, destaca-se o desconhecimento e o fato da movimentação nesses mercados ainda gerar insegurança entre os produtores. De modo que grande parte dos produtores acaba se sujeitando a negociações sem terem a oportunidade de comparar as ofertas do mercado com alguma estimativa de preço do café.

Assim, uma das tarefas cruciais para o gerenciamento de riscos é a previsão de preços dos produtos agrícolas, fator importante para todo o processo de tomada de decisão (Rodrigues et al. 2018). No caso da cafeicultura, Gutierrez e Almeida (2013)

afirmam que, se o produtor tiver uma previsão do preço que será pago por seu produto na época da safra, é possível analisar que tipo de investimentos poderá fazer e qual será o melhor período para sua produção garantindo uma rentabilidade maior.

O conhecimento do comportamento dos preços para a tomada de decisão dos produtores com relação ao planejamento da produção, à manutenção e formação de estoques, permite também uma utilização de forma mais eficiente das fases de baixa e de alta nos preços para a maximização dos lucros (Gutierrez & Almeida, 2013). Ribeiro, Sosnoski e Oliveira (2010) afirmam que a análise do comportamento de preços, como elemento do mecanismo de troca, reveste-se de fundamental importância para os participantes do mercado agrícola, sejam eles compradores, vendedores ou estejam em busca de proteção. Assim, as decisões tomadas pelos produtores, mesmo antes da realização da colheita, requerem o conhecimento desse comportamento.

Todavia, como explicam Pinheiro e Sena (2017), o fato das atividades agrícolas serem caracterizadas por movimentos cíclicos, elevada volatilidade e sofrerem influência de vários fatores do mercado constitui-se num obstáculo para sua previsibilidade. A previsão dos preços passa a ser uma das principais ferramentas para execução do planejamento e avaliação das atividades agrícolas uma vez que é fator de decisão dos investimentos. Bressan (2004) destaca que diversas técnicas de previsão podem auxiliar a tomada de decisões por parte dos agentes envolvidos em atividades que necessitam de planejamento, avaliação de políticas e redução da incerteza. Por essa razão, cada vez mais, a previsão de preços dos produtos agrícolas tem se tornado objeto de interesse dos profissionais do mercado e dos acadêmicos.

O uso de modelos de Redes Neurais Artificiais (RNAs) vem se destacando como uma das principais técnicas utilizadas para predição e modelagens em ambientes dinâmicos, nos quais as variáveis mudam constantemente (Silva, Silva, Matias & Souza, 2018). As RNAs se diferenciam dos modelos tradicionais de previsão por serem modelos não-paramétricos, que envolvem algoritmos de aprendizado. Os algoritmos buscam imitar a estrutura de interconexões do cérebro humano, com o intuito de incorporar o padrão de comportamento de uma série temporal de modo a prever, da maneira mais eficiente possível, valores futuros dessa série (Turban, 1993).

Esses modelos, de acordo com Chatfield (1996) podem ser interpretados como uma classe de modelos que permite ao analista ajustar grande número de parâmetros e testar diferentes configurações para um ajuste. Essas configurações permitem

alternativas para um ajuste adequado da rede em termos do número de camadas da rede e do número de neurônios em cada camada (Bressan, 2004), criando uma rede com alta capacidade da aproximação (Yaman, Elaty, & Taman, 2017).

No entanto, Göçken, Özçalıcı, Boru, & Dosdoğru (2016) afirmam que a definição do conjunto de variáveis de entrada da RNA pode ser considerada um dos principais problemas na estruturação da rede porque a escolha das variáveis de entrada afeta diretamente a precisão da previsão. Os autores destacam ainda que o número de neurônios na camada oculta é de extrema importância para a RNA. Assim, neste trabalho serão testadas diferentes combinações de variáveis e números de neurônios. Os procedimentos metodológicos utilizados para a construção do modelo de Redes Neurais Artificiais para previsão de preços do café arábica são escritos no próximo tópico.

3.3. Aspectos Metodológicos

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos utilizados para a construção do modelo de RNAs para previsão de preços do café arábica tipo 6 no mercado físico brasileiro.

Foi utilizada uma série de dados anuais com variáveis relacionadas aos custos de produção do café nos principais municípios produtores de café no Brasil, variáveis macroeconômicas que podem afetar os preços das *commodities* agrícolas (PIB brasileiro, Taxa de Juros, Taxa de Câmbio, Impostos), variáveis relativas ao mercado brasileiro de café (produção, exportação, consumo e estoques) e variáveis relativas ao mercado mundial de café. Os dados foram coletados no Levantamento de Custos de Produção do Café Arábica, feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no IPEAData e no *Internacional Coffee Organizacion* (ICO).

São dados anuais referentes ao período de 2007 a 2018 de nove municípios produtores de café arábica no Brasil, entretanto devido a existência de dados faltantes para alguns municípios em determinados anos o número de dados da amostra total comprehende 97 valores. Optou-se por analisar os preços à vista presumindo que o modelo seja empregado por um agente que possui a *commodity* e também pelo elevado volume de negociações que ocorrem nesse mercado no Brasil. Em relação à variedade de café, o objeto de estudo foi o café arábica tipo 6, que corresponde por cerca de 70% do volume total das exportações de café brasileiras (CECAFE, 2019). As variáveis utilizadas nesse trabalho são descritas na tabela 8:

Tabela 8: Definição das variáveis utilizadas

Variável	Composição	Mensuração	Fonte	Categoria
Preço	Preço pago ao produtor pela saca de café arábica	Preço/saca 60kg	CONAB	
Máquinas	Operação com máquinas próprias + Aluguel de máquinas	Custo/saca 60kg	CONAB	Custos de Produção
Mão de Obra	Mão-de-obra temporária + Mão-de- obra fixa	Custo/saca 60kg	CONAB	Custos de Produção
Fertilizantes	Fertilizantes	Custo/saca 60kg	CONAB	Custos de Produção
Defensivos	Defensivos/ Agrotóxicos	Custo/saca 60kg	CONAB	Custos de Produção
Financeiras	Despesas Financeiras	Custo/saca 60kg	CONAB	Custos de Produção
PIB	Produto Interno Bruto Brasileiro	PIB anual real a preços de mercado.	IPEAData	Variáveis Macroeconômicas
Juros	Taxa SELIC	Taxas de juros efetivas	IPEAData	Variáveis Macroeconômicas
Câmbio	Taxa de câmbio efetiva real para exportações	Média ponderada das taxas de câmbio reais do Brasil em relação a 24 parceiros comerciais	IPEAData	Variáveis Macroeconômicas
Imposto	Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS)	Média Anual do ICMS	IPEAData	Variáveis Macroeconômicas
Consumo Brasil	Consumo Interno de Café no Brasil	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Brasileiro
Exportações Brasil	Exportações de Café no Brasil	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Brasileiro
Estoques Brasil	Estoques de Café no Brasil	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Brasileiro
Produção Brasil	Produção Total de Café no Brasil	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Brasileiro
Consumo Mundo	Consumo de Café no Mundo	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Mundial
Exportações Mundo	Exportações de Café no Mundo	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Mundial
Estoques Mundo	Estoques de Café no Mundo	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Mundial
Produção Mundo	Produção Total de Café no Mundo	Em mil sacas de 60 kg	ICO	Mercado Mundial

Fonte: Elaboração Própria

A definição dos passos utilizados para elaboração do modelo foi realizada com base nas recomendações de Hair et al.(2005) e a estruturação e validação do modelo foi realizada no software Matlab 8.5.0.197613 R2015a. Buscando identificar qual combinação de variáveis proporcionaria o melhor modelo para previsão de preços do café, diversos arranjos foram testados, cada qual com uma combinação diferente de variáveis que comporiam as entradas nos modelos de Redes Neurais Artificiais. Foi utilizado o teste de VIF para verificar se havia multicolinearidade entre as variáveis incluídas nos arranjo, sendo assim, excluídas algumas variáveis de determinados modelos.

As combinações de variáveis testadas estão apresentadas na tabela 9:

	Tabela 9: Variáveis Incluídas no Arranjo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Máquinas		o	o	o	o	o				o	o	o	
Mão de Obra		o	o	o	o	o				o	o	o	
Fertilizantes		o	o	o	o	o				o	o	o	
Defensivos		o	o	o	o	o				o	o	o	
Financeiras		o	o	o	o	o				o	o	o	
PIB		o	o				o	o	o	o	o		
Juros		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
ICMS		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
Câmbio		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
Consumo Brasil				o	o							o	
Consumo Mundo										o	o		
Exportação Brasil			o	o	o			o	o			o	
Exportação Mundo										o	o		
Produção Mundo					o	o	o		o	o	o		o
Produção Brasil			o	o				o	o				
Estoques Brasil			o	o	o						o	o	
Estoques Mundo						o	o		o	o	o	o	
VIF médio		2,3	3,5	3,7	4,6	3,2	3,4	3,2	7,8	8,0	2,4	2,0	2,7

Fonte: Elaboração própria

A partir desses arranjos, foram estruturados os modelos de RNAs para previsão de preços do café. Hair et al. (2005) definem cinco aspectos fundamentais envolvidos para a utilização de um modelo de Redes Neurais para previsão, sendo estes: (i) preparação dos dados, (ii) definição da estrutura do modelo, (iii) estimativa do modelo, (iv) avaliação dos resultados do modelo e (v) validação do modelo.

Inicialmente os dados passaram por uma fase de pré-processamento, na qual foi realizada a normalização dentro de uma escala de valores definida entre 0 e 1. Esse processo é fundamental para evitar problemas computacionais (Lapedes & Farber, 1988), para atender às necessidades do algoritmo (Sharda e Patil, 1992) e para facilitar o aprendizado da rede (Srinivasan et al, 1994). Após a normalização os dados foram separados em duas categorias: os de treinamento e os de teste. Os primeiros servem para que a rede "aprenda" as regras associadas ao processo, e os dados de teste são utilizados para verificar o desempenho no referente às condições reais de utilização e a capacidade de generalização (Finocchio, 2014). Neste trabalho a amostra foi dividida com 70 observações para a base de treinamento e 27 para a base de teste.

O tipo de rede utilizada foi o *Multilayer Perceptron* (MLP) ou Rede de Múltiplas Camadas. O método de aprendizagem é o *feed forward backpropagation*, sendo utilizado como padrão (*target*) o preço da saca de café arábica tipo 6 de 60 kg no mercado físico. Foi adotada uma rede com duas camadas intermediárias, sendo a função de transferência escolhida para a primeira camada à função *losing* e para a camada escondida a função *pureling*. A função de adaptação utilizada foi a LEARNGDM, que é uma função de aprendizado gradiente descendente para pesos. E a função de treino de rede TRAINLN, que é responsável por aplicar o treinamento em uma rede neural. A medida de desempenho de rede adotada é a MSE – Mean Square Error (Erro Quadrado Médio).

O último passo dessa fase é definir a quantidade de neurônios da primeira camada escondida da rede neural. Na segunda camada escondida à quantidade de neurônios é definida pelo próprio software Matlab. O método comumente utilizado para definição do número de neurônios da rede é o modelo de Kolmogorov, definido pela equação:

$$n = 2 \cdot n1 + 1$$

onde:

n1 – representa o número de variáveis de entradas da rede.

Como neste trabalho são testados modelos de RNA com arranjos de variáveis diferentes e assim, com números de entradas diversos optou-se por testar o desempenho de todos os modelos com combinações de neurônios diversas. Essas combinações foram obtidas através da aplicação do método de Kolmogorov nos doze arranjos de variáveis

testados, e a partir dos resultados desse cálculo, todos os arranjos foram testados com o número de neurônios obtidos. A Tabela 10 apresenta o cálculo dos números de neurônios utilizados:

Tabela 10: Número de Neurônios obtido através do método de Kolmogorov

Arranjo	Número de variáveis	Número de neurônios
1	9	19
2	12	25
3	12	25
4	12	25
5	11	23
6	6	13
7	6	13
8	8	17
9	13	27
10	8	17
11	9	19
12	3	7

Fonte: Elaborado própria com base nos resultados do método de Kolmogorov.

Assim, todos os arranjos de variáveis foram testados em estruturas de rede com 7, 13, 17, 19, 23, 25 e 27 neurônios na primeira camada escondida e 1 neurônio na segunda camada escondida, quantidade essa, definida pelo próprio *software*. Portanto, foram testados 84 modelos de RNAs buscando encontrar aquele que apresentasse melhor capacidade preditiva.

Após essa definição, na terceira etapa do trabalho é realizada a estimação do modelo. Nesta fase, seguindo o algoritmo de treinamento escolhido são ajustados os pesos das conexões buscando o melhor ajuste do modelo sem supertreinar a rede à amostra, ou seja, busca-se um modelo generalizável. A etapa seguinte consiste em determinar o nível de previsão obtido nas variáveis de saída, para avaliar os resultados obtidos com a Rede Neural.

Baseado em Ferreira, Borenstein e Fischmann (2012), neste trabalho foram utilizadas duas métricas para avaliação dos resultados: o erro quadrado médio (MSE) e o coeficiente de determinação (R^2). Como parâmetros para definir a rede que apresenta melhor capacidade preditiva, Schalkoff (1997) sugere que se procure alcançar os menores valores possíveis de erro quadrado médio (MSE), e valores próximos de 1 para o coeficiente de determinação (R^2) que indicam que a rede apresenta elevada capacidade preditiva.

A última etapa metodológica consiste na validação do modelo, cujo objetivo é garantir que a solução encontrada é a melhor possível e que ela é tão generalizável quanto possível (Ferreira, Borenstein & Fischmann, 2012). Assim, os 27 dados que compõem a amostra de validação, relativos às variáveis que compunham o arranjo com menor MSE, foram fornecidos a rede para validação dos resultados.

3.4. Resultados e Discussão

Nesta seção são inicialmente apresentadas as estatísticas obtidas na etapa de treinamento de cada arranjo de variáveis testado e posteriormente, apresentados os resultados obtidos na etapa de validação do modelo selecionado.

Visando atender ao objetivo proposto neste capítulo de elaborar e validar um modelo baseado em Redes Neurais Artificiais para prever o comportamento futuro de preços do café arábica tipo 6 no mercado físico brasileiro foram construídos e treinados doze modelos de RNA que se diferenciam pelas variáveis que compõem as entradas do modelo. Cada arranjo de variáveis foi treinado com diferentes quantidades de neurônios, buscando encontrar aquela que apresentasse melhor capacidade preditiva, medida pelo erro quadrado médio (MSE) e pelo coeficiente de determinação (R^2). Os resultados são apresentados nas tabelas 11 e 12:

Tabela 11: MSE para diferentes configurações de rede neural

Arranjo	Número de Neurônios						
	7	13	17	19	23	25	27
1	0,0334	0,0319	0,0417	0,0500	0,0274	0,0287	0,0357
2	0,0091	0,0102	0,0086	0,0101	0,0201	0,0093	0,0106
3	0,0232	0,0072	0,0105	0,0094	0,0085	0,0178	0,0094
4	0,0112	0,0100	0,0168	0,0200	0,0116	0,0077	0,0163
5	0,0039*	0,0087	0,0120	0,0121	0,0063	0,0201	0,0153
6	0,0367	0,0118	0,0200	0,0160	0,0143	0,0135	0,0106
7	0,0172	0,0163	0,0096	0,0167	0,0133	0,0170	0,0125
8	0,0199	0,0143	0,0103	0,0103	0,0215	0,0098	0,0097
9	0,0165	0,0170	0,0136	0,0132	0,0167	0,0206	0,0102
10	0,0217	0,0158	0,0228	0,0128	0,0221	0,0240	0,0285
11	0,0082	0,0176	0,0238	0,0128	0,0149	0,0124	0,0118
12	0,0229	0,0157	0,0152	0,0160	0,0163	0,0155	0,0164

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

*Menores erros de previsão

Tabela 12: R² para Diferentes Configurações de Rede Neural

Arranjo	Número de Neurônios						
	7	13	17	19	23	25	27
1	0,719	0,740	0,663	0,585	0,788	0,803	0,687
2	0,933	0,940	0,934	0,925	0,865	0,931	0,919
3	0,837	0,952	0,928	0,933	0,940	0,860	0,928
4	0,930	0,929	0,869	0,875	0,911	0,945	0,880
5	0,974*	0,937	0,915	0,912	0,955	0,839	0,935
6	0,680	0,909	0,851	0,887	0,891	0,895	0,920
7	0,864	0,880	0,927	0,869	0,900	0,889	0,903
8	0,847	0,895	0,920	0,923	0,862	0,929	0,927
9	0,880	0,873	0,907	0,916	0,884	0,878	0,928
10	0,834	0,894	0,814	0,912	0,840	0,811	0,775
11	0,939	0,864	0,809	0,909	0,889	0,930	0,910
12	0,829	0,876	0,881	0,876	0,873	0,880	0,871

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

*Menores erros de previsão

Comparando os resultados de MSE e R² obtidos pelos arranjos de variáveis, observa-se que aquele que apresentou o melhor desempenho preditivo foi o arranjo 5, na configuração com 7 neurônios na primeira camada escondida. Esse modelo era composto pelas variáveis Custos com Máquinas, Custos com Mão de Obra, Custos com Fertilizantes, Custos com Defensivos, Despesas Financeiras, PIB, Juros, Câmbio, Imposto, Produção Mundial e Estoques Mundiais de Café. O segundo melhor resultado preditivo também foi obtido através dessa configuração de variáveis, porém na estrutura com 23 neurônios na camada escondida.

Esses resultados fornecem indícios de que as variáveis relacionadas ao mercado mundial de café influenciam mais os preços que as variáveis do mercado interno, como produção e estoques. Todavia, ao se comparar os resultados preditivos do arranjo 5 com o arranjo 3, que se diferencia deste por incluir as variáveis Consumo, Exportação e Estoques e Produção de café no Brasil, observa-se que em algumas configurações de neurônios o modelo 3 apresentou um desempenho superior. Dessa forma, não é possível fazer uma afirmação conclusiva sobre qual mercado influencia mais os preços do café no mercado físico brasileiro.

Com relação aos custos de produção do café, observa-se que os arranjos 6, 7 8 e 12, que não incluem estas variáveis apresentaram desempenho preditivo consideravelmente inferior aos demais. Como base nesse desempenho pode-se afirmar que os custos de produção influenciam significativamente o preço do café pago aos

produtores no mercado físico brasileiro, sendo um bom indicador para a previsão do comportamento desses preços.

As variáveis macroeconômicas PIB, Taxa de Juros, Impostos e Taxa de Câmbio foram incluídas na maioria dos modelos, com exceção dos arranjos 10, 11 e 12. Esses quando comparados com os modelos que incluíam combinações de variáveis semelhantes como, por exemplo, os arranjos 3, 4 e 5 apresentaram desempenho preditivo inferior, indicando assim que as variáveis macroeconômicas também apresentam influência sobre os preços do café pago aos produtores brasileiros.

Com base nesses resultados e considerando que os modelos arranjos de variáveis 3 e 5 apresentaram desempenhos preditivos semelhantes, optou-se por realizar a validação dos modelos que apresentaram MSE inferior a 0,0085 para testar sua capacidade preditiva. Assim, foram validados o arranjo 5, nas configurações com 7 e 23 neurônios na primeira camada escondida, o arranjo 3 na configuração com 13 neurônios, o arranjo 4 com 25 neurônios, o arranjo 11 com 7 neurônios e o arranjo 2 com 17 neurônios. O MSE e o R² da validação desses modelos estão apresentados na Tabela 13:

Tabela 13: Resultados da Validação dos Modelos com Melhor Desempenho no Treinamento

Arranjo	Nº de Neurônios	MSE	R ²
5	7	0,6716	0,6431
5	23	0,5880	0,6441
3	13	0,0958*	0,8394*
4	25	0,4259	0,6265
11	7	0,0968	0,7843
2	17	0,1205	0,7579

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

*Menores erros de previsão

Como pode ser observado na tabela 13, na etapa de validação o modelo que apresentou melhor desempenho preditivo, com um MSE de 0,0958 e um R² de 0,8394, foi o arranjo de variáveis 3, na configuração com 13 neurônios na primeira camada escondida e 1 neurônio na segunda camada escondida. Esse modelo era composto pelas variáveis Custos com Máquinas, Custos com Mão de Obra, Custos com Fertilizantes, Custos com Defensivos, Despesas Financeiras, Juros, Câmbio, Imposto, Consumo, Exportação e Estoques e Produção de café no Brasil. Assim, as previsões geradas por

esse modelo foram separadas por município produtor e calculados o MSE e R² para cada município. Esse cálculo está apresentado na Tabela 14:

Tabela 14: MSE e R² para a Validação do Modelo 3

Município Produtor	MSE	R ²
Venda Nova do Imigrante	0,1796	0,2871
Cristalina	0,1193	0,6906
Franca	0,0906	0,6746
Guaxupé	0,1011	0,9581
Londrina	0,0848	0,6652
Luís Eduardo Magalhães	0,0705	0,9660
Manhuaçu	0,0709	0,9387
Patrocínio	0,0830	0,9999
São Sebastião do Paraíso	0,0458	1,0000

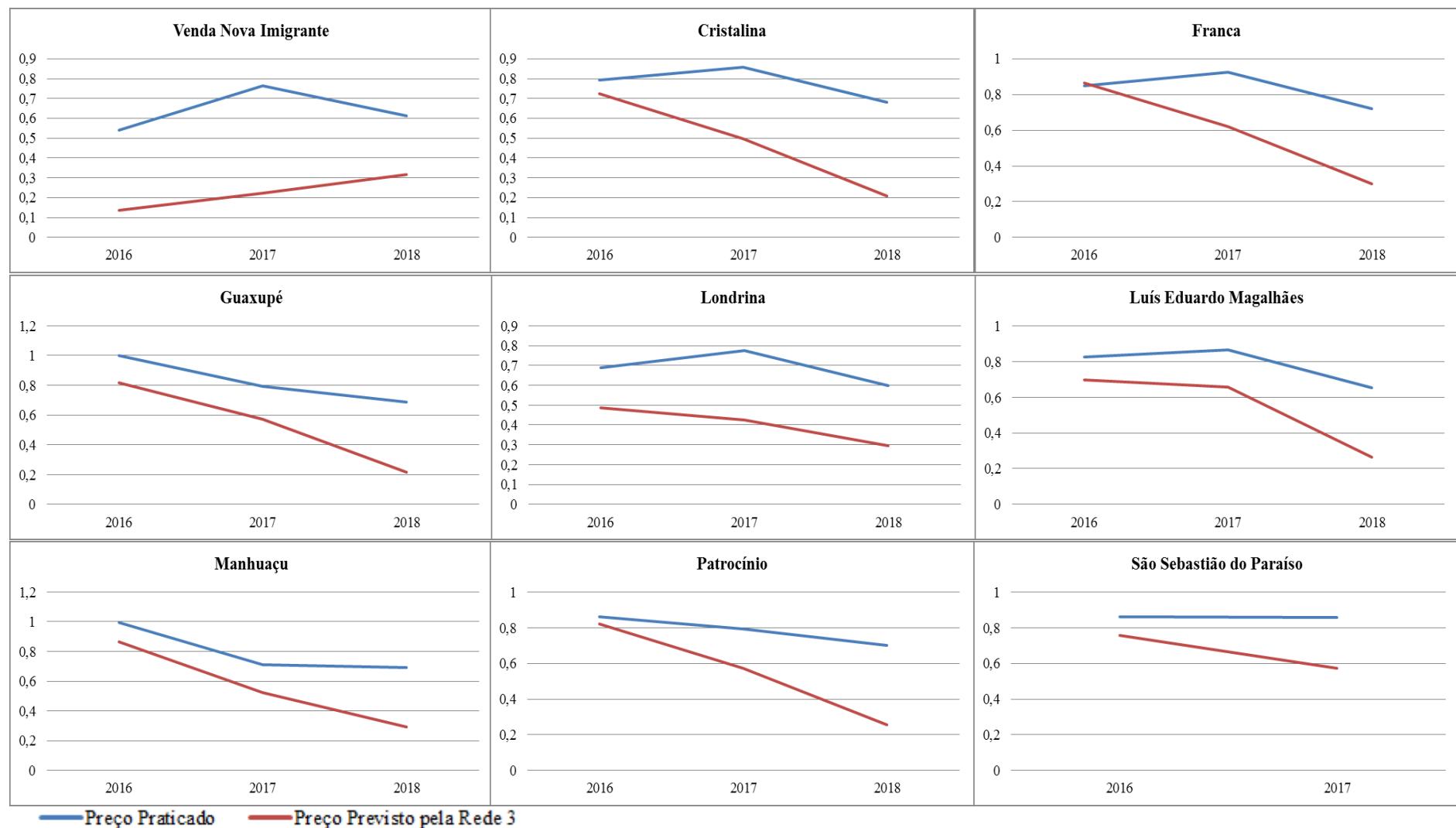
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Observa-se que há uma variação na capacidade preditiva do modelo de acordo com o município produtor. Esse comportamento indica que podem existir fatores intrínsecos aos municípios que influenciam os preços, e não foram incluídos nos modelos, ou que, nesses municípios variáveis que foram incluídas nos modelos não apresentam tanta influência sobre os preços do café nessas regiões.

Como apresentado na tabela 14, o município no qual a previsão feita pela RNA apresentou maior MSE foi Venda Nova do Imigrante, sendo este também o município com menor R², seguido por Cristalina e Guaxupé. Todavia apesar de no município de Guaxupé a previsão ter apresentado um MSE de 0,1011, maior que a média dos demais municípios, o R² calculado para esse município foi de 0,9581, indicando uma alta correlação entre o preço previsto e o preço praticado.

Em relação aos melhores desempenhos, estes foram obtidos nos municípios de São Sebastião do Paraíso, Luís Eduardo Magalhães e Manhuaçu, ambos com MSE menor que 0,08 e R² superior a 0,90. Para melhor visualizar os esses resultados, os preços previstos pela rede neural e o preço praticado nos municípios serão apresentados nos gráficos a seguir:

Gráfico 8: Resultados da Validação por Município Produtor



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados.

No município de Venda Nova do Imigrante, que apresentou os maiores erros, o modelo consegue prever uma tendência de elevação dos preços entre 2016 e 2017, porém não prevê uma queda de 2017 para 2018. Todavia, apesar do distanciamento entre os preços previstos e praticados nos primeiros anos da previsão, é possível observar uma aproximação entre esses valores em 2018. Para os municípios de Cristalina e Franca as previsões apresentaram comportamentos semelhantes, com uma grande aproximação entre os preços praticados e os previstos em 2016, uma incapacidade de prever a elevação dos preços em 2017, e um acerto na previsão de queda dos preços em 2018, porém com um distanciamento entre a previsão e o preço real.

Em demais municípios os preços previstos e os praticados seguiram a mesma tendência de comportamento. No entanto, com exceção de Londrina onde os preços reais apresentaram variações mais bruscas que as previstas pela RNA, em todos os municípios as previsões da Rede Neural Artificial apresentaram variações de maior magnitude na tendência de comportamento de preços. Observa-se também que o ajuste de magnitude entre os preços previstos e praticados é maior no ano de 2016 e 2017 e aumenta em 2018, isso pode indicar que nesse ano algum fator externo aqueles incluídos no modelo influenciou o comportamento dos preços do café arábica no mercado físico brasileiro, prejudicando assim a capacidade de previsão das RNAs.

3.5. Considerações Finais

Dada a importância do café para a economia brasileira, bem como seu papel fundamental para o desenvolvimento regional e a necessidade crescente de alternativas para gerenciamento de riscos nesse setor, este trabalho apresentou a definição e validação de um modelo de Redes Neurais Artificiais para precificação do Café Arábica no mercado físico brasileiro.

A concepção do modelo passou pelas fases de preparação dos dados, definição da estrutura, estimativa, avaliação dos resultados e validação do modelo. Para a definição da estrutura foram testadas e avaliadas diferentes arranjos de variáveis, com diferentes configurações no número de neurônios incluídos na primeira camada oculta da rede neural.

A fim de verificar quais variáveis proporcionariam maior capacidade de previsão, foram construídos e treinados modelos com doze arranjos de variáveis, cuja definição foi feita buscando mesclar combinações dos diferentes grupos de variáveis. Os resultados desses modelos foram então avaliados por métricas de erro e o modelo com melhor resultado

preditivo deveria passar pelo processo de validação. Todavia, através da avaliação dos resultados obtidos na fase de treinamento verificou-se que dos 84 modelos testados 6 apresentavam resultados semelhantes nas medidas de erro utilizadas. Optou-se, portanto, por validar esses modelos e analisar os resultados obtidos na validação para verificar qual o melhor modelo para previsão do comportamento de preços do café.

Com um MSE de 0,0958 e um R^2 0,8394, o modelo que apresentou melhor desempenho preditivo foi o arranjo de variáveis 3, na configuração com 13 neurônios na primeira camada escondida e 1 neurônio na segunda camada escondida. Esse modelo era composto pelas variáveis Custos com Máquinas, Custos com Mão de Obra, Custos com Fertilizantes, Custos com Defensivos, Despesas Financeiras, Juros, Câmbio, Imposto, Consumo, Exportação e Estoques e Produção de Café no Brasil.

Os resultados obtidos demonstraram através das estatísticas MSE e R^2 que o modelo apresenta uma alta capacidade preditiva, podendo, portanto, afirmar-se que a prática do uso de Redes Neurais Artificiais pode ser agregada ao processo decisório referente ao comportamento dos preços café, como uma alternativa no cotidiano dos produtores para a gestão de riscos na comercialização de seus produtos, bem como na busca por melhores rendimentos. Assim, o objetivo definido para este capítulo foi atingido.

Como limitações deste capítulo destaca-se que, ao buscar um modelo generalizável, é possível que elementos e características intrísecas aos municípios produtores não tenham sido incluídas nos modelos testados. Outra limitação é a amostra limitada devido à disponibilidade de dados pela CONAB. Dessa forma, uma opção para estudos futuros é a divisão da amostra da pesquisa por regiões e a inclusão de arranjos de variáveis específicos para cada região analisada.

4. Considerações Finais

Na economia brasileira o café apresenta historicamente um papel fundamental tanto por sua participação na pauta exportadora, como também pela contribuição para a formação de cidades e regiões, através da fixação de mão-de-obra, atração de empresas e serviços, e manutenção da renda de parcela significativa da população. Por estas características, durante um longo período a cafeicultura foi alvo de políticas governamentais, por meio da regulação do governo federal sobre os preços do café. Entretanto, a partir da desregulamentação, ocorrida em 1990, o Brasil passou a receber forte influência dos mercados globais, que provocam flutuações constantes nos preços.

Para um bom gerenciamento da atividade, tanto no momento da produção quanto na comercialização do café, é fundamental para garantir a rentabilidade e a sustentabilidade da cafeicultura. A gestão dos custos de produção é uma das principais ferramentas que podem ajudar os produtores na tomada de decisão em relação à alocação dos fatores produtivos. Enquanto a previsão de preços é uma alternativa que contribui para a gestão do risco de preços, principal risco que atinge a cafeicultura.

Nesse contexto, essa dissertação abordou essas duas temáticas. No segundo capítulo buscou-se analisar o comportamento dos custos de produção em Minas Gerais em relação ao preço de venda do café, verificando a influencia do fator região sobre o comportamento dessas variáveis. Dado que trata-se do principal estado produtor do país, no qual a produção de café ocorre de forma distinta em três regiões produtoras (Sul, Cerrado e Matas) que apresentam características distintas tanto de condições climáticas e topográficas, quando em seu nível de mecanização e uso de tecnologias.

Por meio dos resultados obtidos, foi possível verificar que os custos com máquinas e defensivos, a produção, os impostos e a região produtora apresentam relação significativa com as variações no preço do Café Arábica recebido pelos produtores no estado. E que a produtividade e os custos com defensivos, mão de obra e máquinas apresentam distribuições diferentes de valores entre as regiões analisadas, que indicam que a região tem influência sobre a produtividade dos cafezais e sobre componentes de custos citados.

Observou-se também que a região produtora apresenta relação com as variações de preços do café, sendo que as regiões Cerrado e Matas apresentam uma tendência de preços negativa em relação ao Sul do estado. Ao se analisar a distribuição dos postos médios é possível verificar que essa região é a que apresenta a menor produtividade e os menores

custos com transportes, defensivos e máquinas. Em contrapartida, apresenta também os maiores custos com mão de obra.

As relações encontradas entre as variáveis analisadas indicam que diversas interações entre essas variáveis podem ser explicadas através dos choques entre oferta e demanda, mostrando que ao mesmo tempo em que os custos de produção influenciam os preços do café, estes podem ser por ele influenciados em razão da disponibilidade dos fatores de produção demandados. E por fim cabe destacar também a influência das variáveis macroeconômicas sobre os preços do café, que por se tratar de uma commodity de exportação, tem seus preços influenciados pelas oscilações do mercado internacional.

O terceiro capítulo teve como objetivo a elaboração e validação de um modelo para previsão de preços do Café Arábica no mercado físico brasileiro, buscando oferecer uma alternativa para o gerenciamento de riscos dos produtores na comercialização de sua produção. A análise dos resultados de diversas combinações de variáveis testadas indicou que o modelo com melhor capacidade preditiva foi aquele que incluía as variáveis Custos com Máquinas, Custos com Mão de Obra, Custos com Fertilizantes, Custos com Defensivos, Despesas Financeiras, Juros, Câmbio, Imposto, Consumo, Exportação e Estoque e Produção de Café no Brasil; na configuração com 13 neurônios na primeira camada escondida e 1 neurônio na segunda camada escondida.

Assim, essa dissertação atingiu seus objetivos ao fornecer tanto contribuições teóricas quanto práticas. O segundo capítulo ao focar sua análise sobre o comportamento dos custos de produção nas principais regiões produtoras de Café Arábica de Minas Gerais, preencheu, no âmbito teórico, uma lacuna existente, visto que até então os estudos realizados a respeito dos custos de produção na cafeicultura realizaram uma análise em âmbito nacional ou tratavam-se de estudos de caso ou multicasos concentrados em apenas uma das regiões produtoras.

No âmbito prático os resultados encontrados nesse capítulo podem contribuir, para subsidiar o processo decisório dos produtores de café de Minas Gerais, uma vez que a produção de café dentro de uma mesma região tende a apresentar características semelhantes. Assim, tomando como base os achados dessa pesquisa os produtores podem identificar semelhanças com a sua estrutura de custos de produção e tomar decisões baseadas nas relações identificadas.

O terceiro capítulo buscou fornecer uma alternativa à gestão de riscos na cafeicultura, desenvolvendo um modelo de precificação do café arábica no mercado físico que pode ser utilizado pelos produtores e demais participantes desse mercado como um instrumento do processo decisório nas negociações de compra e venda do café. No campo teórico, este

trabalho se soma à um crescente e inovador campo de pesquisa, que utiliza técnicas computacionais para resolver problemas complexos de gestão. Neste trabalho, no entanto, diferentemente do observado em estudos anteriores foi utilizado um arranjo de variáveis que incluía tanto aspectos internos da produção de cada região analisada (os custos de produção), quanto aspectos externos – juros, câmbio, impostos, estoques, produção, exportações e consumo de café no Brasil.

Referências

- Abrantes, L. A., Moreira, R. D. L., Souza, C. O., & Santos, A. (2006). Incidência do ICMS no Custo de Produção e de Comercialização no Segmento de produção do Café em Grão em Minas Gerais. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC*.
- Almeida, A. P. S., Reis, E. A. & Tavares, M. (2011) Impacto do crédito de ICMS sobre o custo de produção da cafeicultura: um estudo nas principais regiões produtoras de café arábica no Brasil. *Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Administração, EnANPAD*, Rio de Janeiro. 1-17.
- Alvarenga, G. L., de Oliveira, D. H., Freire, J. M., de Oliveira Barbaresco, J., & Silva, E. C. (2012). Metodologia de detalhamento e direcionamento da atuação no processo de gestão de custos da cafeicultura. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- Andrade, R. G. R. D. (1994). A expansão da cafeicultura em Minas Gerais: da intervenção do Estado à liberalização do mercado (Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Associação Brasileira da Indústria de Café - ABIC. (2019). Produção dos Cafés do Brasil cresce 56% em volume e apenas 34% em faturamento bruto nos últimos dez anos. Recuperado em <http://abic.com.br/producao-dos-cafes-do-brasil-cresce-56-em-volume-e-apenas-34-em-faturamento-bruto-nos-ultimos-dez-anos/>.
- Bacha, C. J. C. (1998) A cafeicultura brasileira nas décadas de 80 e 90 e suas perspectivas. *Preços Agrícolas: mercado e negócios agropecuários*, São Paulo, 12 (142), 14-22.
- Baricelo, L. G., & Bacha, C. J. C. (2013). Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, 22(4), 67-83.
- Barreto, R. C. S., & Zugaib, A. C. C. (2016). Dinâmica do mercado internacional de café e determinantes na formação de preços. *Economia & Região*, 4(2), 7-27. <https://doi.org/10.5433/2317-627X.2016v4n2p7>
- Barros, U. V., Garçon, C. L. P., Santinato, R., & Matiello, J. B. (2001). Doses e modos de aplicação de palha de café e esterco de gado associado ao adubo químico, na formação e produção do cafeeiro, solo LVAh, na Zona da Mata de Minas Gerais. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Vitória.
- Berhane, T., Adam, M., Awgichew, G., & Haile, E. (2019). Modeling Coffee Price using Jump Diffusion Model: The case of Ethiopia. *International Journal of Computing Science and Applied Mathematics*, 5(1), 5-9. <https://doi.org/10.12962/j24775401.v5i1.3816>
- Bessa, F. (2012). Consórcio Pesquisa Café. Observatório: Manejo Integrado de Pragas promove cafeicultura sustentável. Recuperado em <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/245-manejo-integrado-de-pragas-promove-cafeicultura-sustentavel>.

- Bjornson, B., & Carter, C. A. (1997). New evidence on agricultural commodity return performance under time-varying risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(3), 918-930. <https://doi.org/10.2307/1244432>
- Bliska, F. M. D. M., Vegro, C. L. R., Afonso Júnior, P. C., Mourão, E. A. B., & Cardoso, C. H. S. (2009). Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. *Informações Econômicas*, 39(09), 5-20.
- Brasileiro, S., Mesquita, B., Silva, M., Lima, A., Herszkowicz, N., Matos, M. A. & Kawasaki, P. A. C. (2017). Cadeia produtiva do café. *AgroANALYSIS*, 36(12), 24-33.
- Bressan, A. A. (2004). Tomada de decisão em futuros agropecuários com modelos de previsão de séries temporais. *RAE-eletrônica*, 3(1), 1-20. <https://doi.org/10.1590/S1676-56482004000100005>
- Cano, W. (1988). Questão regional e urbanização no desenvolvimento econômico brasileiro pós 1930. *Encontro de Estudos Populacionais*, Olinda, 67-99.
- Cao, Q., Leggio, K. B., & Schniederjans, M. J. (2005). A comparison between Fama and French's model and artificial neural networks in predicting the Chinese stock market. *Computers & Operations Research*, 32(10), 2499-2512. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.03.015>
- Castro, E. R. D., Teixeira, E. C. & Lima, J. E. D. (2005). Efeito da desvalorização cambial na oferta, no preço de insumos e na relação entre os fatores na cultura do café. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 43(3), 421-441. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032005000300002>
- Ceretta, P. S., Righi, P. B., & Schlender, S. G. (2010). Previsão do preço da soja: uma comparação entre os modelos ARIMA e redes neurais artificiais. *Informações Econômicas*, 40(9), 15-27.
- Chatfield, C. (1996). Model uncertainty and forecast accuracy. *Journal of Forecasting*, 15(7), 495-508. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-131X\(199612\)15:7<495::AID-FOR640>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-131X(199612)15:7<495::AID-FOR640>3.0.CO;2-0)
- Chaves, J. C. D. (2000). Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeiro. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Poços de Caldas. 2(1), 1378-1392.
- Church, K. B., & Curram, S. P. (1996). Forecasting consumers' expenditure: A comparison between econometric and neural network models. *International journal of forecasting*, 12(2), 255-267. [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(95\)00631-1](https://doi.org/10.1016/0169-2070(95)00631-1)
- Co, H. C., & Boosarawongse, R. (2007). Forecasting Thailand's rice export: Statistical techniques vs. artificial neural networks. *Computers & industrial engineering*, 53(4), 610-627. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.06.005>
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2010). Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. Recuperado em https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2017). A cultura do café: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos safra 2008 a 2017. *Compêndio de estudos CONAB*.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018). Acompanhamento da safra brasileira de café, Safra 2018, 5(4), 1-84, dezembro de 2018. Recuperado em <http://www.conab.gov.br>

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018). Série Histórica - Custos - Café Arábica - 2003 a 2018

Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2018). Safra 2017/2018 bate recorde de produção e compromete receita bruta dos produtores. Recuperado em <https://www.cnabrasil.org.br/boletins/safra-2017-2018-bate-recorde-de-producao-e-compromete-receita-bruta-dos-produtores>.

Conselho dos Exportadores de Café do Brasil- CECAFÉ (2019). Relatório mensal de exportações - Novembro de 2019. Recuperado de <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>.

Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. (1988). Financial theory and corporate policy (Vol. 3, pp. 464-471). Reading, MA: Addison-Wesley.

Corsini, F. P., & Ribeiro, C. D. O. (2008). Dinâmica e previsão de preços de commodities agrícolas com o filtro de Kalman. *XIX ENEGEP-Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Rio de Janeiro.

Costa, C., Castro Júnior, L. G., Andrade, F., Chagas, I., & Albert L. (2009). Composição dos Custos e Margem Líquida da Cafeicultura nas Principais Regiões Produtoras de Café do Brasil. *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*.

Costa, E. B. D., Garcia, R. D. C., & Teixeira, S. M. (2001). Custos de produção da cafeicultura de montanha no Espírito Santo em diversos sistemas de produção. *Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil*, Vitória.

Custódio, F. V., Fehr, L. C. F., Cardoso, A. M., & Duarte, S. L. (2018). Análise dos Custos de Produção do Café Arábica nas Regiões Polos do Brasil. *Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.

Dias, L. D. O., & Silva, M. D. S. D. (2015). Determinantes da demanda internacional por café brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, 24(1), 86-98.

Duarte, S. L., Fehr, L. C. F.A., Tavares, M., & dos Reis, E. A. (2015). Comportamento das variáveis dos custos de produção da cultura do café no período de formação da lavoura. *Contabilidade Vista & Revista*, 24(4), 15-33.

Duarte, S. L., Pereira, C. A., Tavares, M., & dos Reis, E. A. (2011). Variáveis dos custos de produção versus preço de venda da cultura do café no segundo ano da lavoura. *REGE-Revista de Gestão*, 18(4), 675-689. <https://doi.org/10.5700/rege447>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2014). Minas Gerais responde por 50% da produção brasileira de café. Recuperado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2336226/minas-gerais-responde-por-50-da-producao-brasileira-de-cafe>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2017). Crédito agrícola de custeio da cafeicultura financia R\$ 4,7 bilhões em 2016. Recuperado em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/29615044/credito-agricola-de-custeio-da-cafeicultura-financia-r-47-bilhoes-em-2016>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA (2018). Seis maiores estados produtores dos Cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017. Recuperado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>.

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER (2018). Conhecendo a Cafeicultura de Minas Gerais. Recuperado em: http://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_pagina_interna&id=22530.

Faria, N. C., Bernardelli, L. V., & Michellon, E. (2017). A Dinâmica do Mercado Internacional de Café e seus Determinantes. *XII Encontro de Economia Paranaense, ECOPAR*, Maringá.

Fehr, L. C. F. D., Duarte, S. L., Tavares, M., & Reis, E. A. D. (2012). Análise das Variáveis de Custos do Café Arábica nas Principais Regiões Produtoras do Brasil. *Revista Reuna*, 17(2), p-97.

Fernandes, A. L. T., Santinato, F., & Santinato, R. (2012). Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produção de café cultivado no cerrado mineiro. *Encyclopédia Bioesfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, 8(15), 1648.

Ferraz, J. C., Kupfer, D., & Haguenuer, L. (1995). *Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria*. Rio de Janeiro: Campus, 386.

Ferreira, L. G. (2011). Um estudo da relação entre os preços de Petróleo, Minério de Ferro, Superfosfato, Uréia e Potássio e o custo de produção da Commodity Café nas principais regiões produtoras do país. *Congresso Brasileiro de Custos*, Rio de Janeiro.

Ferreira, L., Moura, G., Borenstein, D., & Fischmann, A. (2012). Utilização de redes neurais artificiais como estratégia de previsão de preços no contexto de agronegócio. *INMR - Innovation & Management Review*, 8(4), 6-26. Recuperado de <http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79235>

Filetto, F., & Alencar, E. (2001). Introdução e expansão do café na região Sul de Minas Gerais. *Revista de Administração da UFLA*, 3(1).

Finocchio, M. A. F. *Noções de Redes Neurais Artificiais*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

Fundação João Pinheiro -FJP (2018). A Produção de Café em Minas Gerais. Recuperado em: <http://fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/885-serie-estatistica-a-informacoes-n-14-a-producao-de-cafe-de-minas-gerais-desafios-para-a-industrializacao/site1912/file>.

- Furtado, C. *Formação econômica do Brasil* (1959). Companhia de Letras, São Paulo.
- Geman, H.(2005). *Commodities and Commodity Derivatives*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons.
- Gitirana Neto, J., Cunha, J. P. A. R. D., Marques, R. S., Lasmar, O., & Borges, E. B. (2016). Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. *Coffee Science*, Lavras, 11(2), 267-275.
- Göçken, M., Özçalıcı, M., Boru, A., & Dosdoğru, A. T. (2016). Integrating metaheuristics and artificial neural networks for improved stock price prediction. *Expert Systems with Applications*, 44, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.09.029>
- Gutierrez, C. E. C., & Almeida, F. M. (2013). Modelagem e Previsão do Preço do Café Brasileiro. *Revista de Economia*, 39(2). <https://doi.org/10.5380/re.v39i2.23476>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise Multivariada de Dados*. Bookman Editora.
- Hopkin, P. (2018). Fundamentals of risk management: understanding, evaluating and implementing effective risk management. *Kogan Page Publishers*.
- Hull, J. (1996). *Introdução aos mercados futuros e de opções*. São Paulo: BM&F.
- International Coffee Organization - ICO (2014). World coffee trade (1963–2013): a review of the markets, challenges and opportunities facing the sector. London: International Coffee Organization
- International Coffee Organization - ICO (2019). Historical Data on the Global Coffee Trade. Domestic consumption. Recuperado em http://www.ico.org/new_historical.asp.
- International Coffee Organization - ICO (2019). Historical Data on the Global Coffee Trade. Exports. Recuperado em http://www.ico.org/new_historical.asp.
- International Coffee Organization - ICO (2019). Historical Data on the Global Coffee Trade. Gross opening stocks. Recuperado em http://www.ico.org/new_historical.asp.
- International Coffee Organization - ICO (2019). Historical Data on the Global Coffee Trade. Total production - Crop Year. Recuperado em http://www.ico.org/new_historical.asp.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018). Censo Agropecuário 2017-Resultados Preliminares. Recuperado em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=o-que-e>.
- IPEAData – Produto Interno Bruto (PIB). Recuperado em <http://www.ipeadata.gov.br/exibesarie.aspx?serid=38414>
- IPEAData - Imposto sobre a circulação de mercadorias (ICMS) - Minas Gerais (MG). Recuperado em <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>.
- IPEAData - Taxa de câmbio efetiva real para exportações. Recuperado em <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=1688012623..>

IPEAData – Taxa de juros: Overnight / Selic. Recuperado em <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>.

Kohzadi, N., Boyd, M. S., Kermanshahi, B., & Kastra, I. (1996). A comparison of artificial neural network and time series models for forecasting commodity prices. *Neurocomputing*, 10(2), 169-181. [https://doi.org/10.1016/0925-2312\(95\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0925-2312(95)00020-8)

Kumar, U. A. (2005). Comparison of neural networks and regression analysis: A new insight. *Expert Systems with Applications*, 29(2), 424-430. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.04.034>

Lamounier, W. M., & Leite, C. A. M. (2001). Tendências e ciclos nos preços do mercado spot de café. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Vitória, 24-27.

Lanna, G. B. M., & Reis, R. P. (2012). Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, Lavras, 7(2), 110-121.

Lapedes, A. S., & Farber, R. M. (1988). How neural nets work. *Neural information processing systems*, 442-456.

Leff, N. H. (1972). Desenvolvimento econômico e desigualdade regional: origens do caso brasileiro. *Revista Brasileira de Economia*, 26(1), 3-22.

Lima, A. L. R., Reis, R. P., Andrade, F. T. D., Castro Junior, L. G. D., & Faria, J. M. (2008). Custos de Produção: O Impacto da Produtividade nos Resultados da Cafeicultura nas Principais Regiões Produtoras do Brasil. *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Rio Branco.

Lima, F. G., Kimura, H., Assaf Neto, A. e Pereira, L. C. J. (2010). Previsão de preços de commodities com modelos ARIMA-GARCH e redes neurais com ondaletas: velhas tecnologias – novos resultados. *Revista de Administração*, 45, 188-202. [https://doi.org/10.1016/S0080-2107\(16\)30537-4](https://doi.org/10.1016/S0080-2107(16)30537-4)

Lima, J. H. (1977). Café e Indústria em Minas Gerais , 1870 – 1920 (Dissertação de Mestrado) Universidade de Campinas – Unicamp, Campinas, SP, Brasil.

Lima, R. C., Góis, M. R., & Ulises, C. (2007). Previsão de preços futuros de commodities agrícolas com diferenciações inteira e fracionária, e erros heteroscedásticos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 45(3), 621-644. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032007000300004>

Lopes, L. P. (2018). Predição do preço do café Naturais Brasileiro por meio de modelos de statistical machine learning. *Sigmae*, 7(1), 1-16.

Marôco, J. (2018). *Análise Estatística com o SPSS Statistics*: 7^a edição. ReportNumber, Lda.

Martin, N. B., Serra, R., Antunes, J. F. G., Oliveira, M. D. M., & Okawa, H. (1994). Custos: sistema de custo de produção agrícola. *Informações Econômicas*, 24(9), 97-122.

Martins, E. (2003). *Contabilidade de custos* (Vol. 9). São Paulo: Atlas.

- Matiello, J. B. (2005). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Rio de Janeiro-RJ e Varginha-MG: Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento – PROCAFÉ.
- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., & Fernandes, D. R. (2005). Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações. *Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento*, Brasília, DF (Brasil).
- Medeiros, O. R. D., Costa, P. D. S., & Silva, C. A. T. (2005). Testes empíricos sobre o comportamento assimétrico dos custos nas empresas brasileiras. *Revista Contabilidade & Finanças*, 16(38), 47-56. <https://doi.org/10.1590/S1519-70772005000200005>
- Miceli, W. M. (2019). *Derivativos de Agronegócios: gestão de riscos de mercado*. Saint Paul Editora.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2017). Sumário Executivo Café, Outubro 2017. Recuperado em http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/SumarioExecutivoCafe_Outubro2017.pdf
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2018). Café. Recuperado em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe>.
- Miranda, A. P.; Coronel, D. A.; Vieira, K. M. (2013). Previsão do mercado futuro do café arábica utilizando redes neurais e métodos econométricos. *Revista Estudos do CEPE*, 38, 66-98.
- Mól, E. S. F., Mariano, F. O., Costa, M.O., Pianzoli, S. P. U., Feitosa, W. F., & Santos, S. C. (2018). Análise comparativa dos custos de produção e lucratividade dos cafés arábica e conilon nas principais cidades produtoras do Brasil no período de 2015 e 2016. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- Moreira, R., Abrantes, L. A., & Pinheiro, A. S. (2007). Impacto do ICMS no custo de produção do café em Minas Gerais. *Congresso USP de Controladoria e Contabilidade*, São Paulo.
- Moreira, V., Protíl, R., & Silva, C. L. (2014). Gestão dos riscos de mercado do agronegócio no contexto das cooperativas agroindustriais. *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Campo Grande.
- Nogueira, F. T. P., & Aguiar, D. R. (2011). Efeitos da desregulamentação na extensão e no grau de integração do mercado brasileiro de café. *Revista de Economia*, 37(3). <https://doi.org/10.5380/re.v37i3.27532>
- Oliveira, A. D. A. S., Gomes, M. F. M., Rufino, J. D. S. L., Silva Júnior, A. G., & Gomes, S. T. (2008). Estrutura e dinâmica da cafeicultura em Minas Gerais. *Revista de Economia*, 34(1). <https://doi.org/10.5380/re.v34i1.7451>
- Oliveira, M. D. M., & Vegro, C. L. R. (2004). Custo de produção e rentabilidade na cafeicultura paulista: um estudo de caso. *Informações Econômicas*, 34(4), 33-44.
- Ormond, J. G. P., Paula, S. R. L. D., & Faveret Filho, P. D. S. C. (1999). *Café:(re) conquista dos mercados*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro.

- Ortega, A. C., & Jesus, C. M. (2011). Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(3), 771-800. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000300010>
- Paula, R. Z. A. (2006). Região e regionalização: um estudo da formação regional da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada*, 1(01), 66-80.
- Pelegrini, D. F., & Simões, J. C. (2011). Desempenho e problemas da cafeicultura no estado de Minas Gerais: 1934 a 2009. *Campo-Território: Revista de Geografia Agrária*, 6(12).
- Pinheiro, C. A. O., & Senna, V. (2017). Previsão de preços através de redes neurais e análise espectral: evidências para o mercado futuro das commodities açúcar e soja. *Custos e @gronegócio on-line*, 13(4), 103-128.
- Ponciano, N. J., Ney, M. G., Mata, H. T. D. C., & Rocha, J. P. (2008). Dinâmica da cadeia agroindustrial do café brasileiro após a desregulamentação. Grupo de Pesquisa: *Estrutura, Evolução e Dinâmica dos Sistemas Agroalimentares e Cadeias Agroindustriais*.
- Rabelo, P. V., Fernandes, A. L. T., Rocha, M. C., & Martins, C. D. A. (2005). Custo operacional do café cultivado no Cerrado Mineiro (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba). *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Londrina.
- Rego, B. R. & Paula, F. O. (2012). O mercado futuro e a comercialização de café: influências, riscos e estratégias com o uso de hedge. *Gestão & Conhecimento*, Poços de Caldas, 7(1).
- Reis, L. S., Good, K. J., & Richartz, F. (2014). A volatilidade nos preços das commodities e o comportamento dos custos na indústria têxtil. *Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- Reis, R. P., Reis, A. J., Fontes, R. E., Takaki, H. R. C., & de Castro Júnior, L. G. (2001). Custos de produção da cafeicultura no sul de Minas Gerais. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 3(1).
- Reis, R. P., Richetti, A., & Ribeiro Lima, A. L. (2005). Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no sul de Minas Gerais. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 7(1).
- Ribeiro, C.O., Sosnoski, A. A. K. B., & Oliveira, S. M. (2010). Um modelo hierárquico para previsão de preços de commodities agrícolas. *Revista Produção Online*, 10(4), 719-733. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v10i4.225>
- Ribeiro, K. C.S., Sousa, A. F., & Rogers, P. (2006). Preços do café no Brasil: variáveis preditivas no mercado à vista e futuro. *REGE Revista de Gestão*, 13(1), 11-30.
- Rodrigues, L. S., Rezende, S., Moura, M., & Marcacini, R. M. (2018). Agribusiness time series forecasting using perceptually important events. *Latin American Computing Conference*, São Paulo. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2018.00040>
- Rodrigues, N. A., Reis, E. D., & Tavares, M (2014). Influências dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica. *Custos e @gronegócio on line*, 10(3), 214-255.

- Santana, R. E., Dantas, M.J.P., & Loiola, R.G. (2016) Aplicação de Redes Neurais para a Predição no Mercado de Ações Nacional. *XLVIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Vitória.
- Santos, V. E. D., Gomes, M. F. M., Braga, M. J., & Silveira, S. D. F. R. (2009). Análise do setor de produção e processamento de café em Minas Gerais: uma abordagem matriz insumo-produto. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47(2), 363-388. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000200003>
- Schouchana, F. (2015). *Gestão de riscos no agronegócio*. Editora FGV.
- Secretaria de Comércio Exterior – SECEX (2019). Estatísticas de Comércio Exterior. Recuperado em <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior>.
- Severini, S., Biagini, L., & Finger, R. (2019). Modeling agricultural risk management policies–The implementation of the Income Stabilization Tool in Italy. *Journal of Policy Modeling*, 41(1), 140-155. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2018.03.003>
- Sharda, R., & Patil, R. B. (1992). Connectionist approach to time series prediction: an empirical test. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 3(5), 317-323. <https://doi.org/10.1007/BF01577272>
- Silva, F. F., Silva, F. F., Matias, I.O., & Souza, C. L. M. (2018). Um comparativo de Redes Neurais Artificiais e modelos tradicionais de séries temporais: uma previsão do preço do petróleo. *Linkscienceplace - Interdisciplinary Scientific Journal*, 4(4), 225-238.
- Silva, F. M., Silva, F. C., Silva, F. O., & Silva, D. H. (2013). Viabilidade técnica e econômica da colheita mecanizada do café. *Revista Visão Agrícola*, (13), 98-101.
- Silva, J. D., & Reis, R. P. (2001). Custos de produção do café na região de Lavras-MG: Estudo de casos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 25(6), 1287-1294.
- Silva, B. A. O., & Reis, E. A. (2013). A bienalidade da cafeicultura e o resultado econômico da estocagem. *Custos e @gronegócio online* – 9(3), 2-26.
- Simões, J. C. & Pelegrini, D.F. (2010). Diagnóstico da cafeicultura mineira - regiões tradicionais: Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Série Documentos n.º 46. Belo Horizonte: EPAMIG.
- Siqueira, T. V. D. (2005). *A cultura do café: 1961-2005*. BNDES Setorial, 22.
- Sobreiro, V. A., Araújo, P. H. D. S. L., & Nagano, M. S. (2009). Precificação do etanol utilizando técnicas de redes neurais artificiais. *Revista de Administração-RAUSP*, 44(1), 46-58.
- Sousa, C.C.C., Reis, E.A., & Silva, V.R. (2015) O Comportamento dos Principais Gastos de Produção do Café Arábica em Relação ao seu Custo Total nas Principais Regiões Produtoras do Brasil. *Congresso UFU de Contabilidade*, Uberlândia.
- Souza, V. C. O., Vieira, T. G. C., Volpato, M. M. L., & Alves, H. M. R. (2012). Espacialização e dinâmica da cafeicultura mineira entre 1990 e 2008, utilizando técnicas de geoprocessamento. *Coffee Science*, Lavras, 7(2), 122-134.

- Srinivasan, D., Liew, A. C., & Chang, C. S. (1994). A neural network short-term load forecaster. *Electric Power Systems Research*, 28(3), 227-234. [https://doi.org/10.1016/0378-7796\(94\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0378-7796(94)90037-X)
- Tibulo, C., & Carli, V. D. C. (2014). Previsão do preço do milho, através de séries temporais. *Scientia Plena*, 10(10).
- Turban, E. (1993). *Decision support and expert systems: management support systems*. Prentice Hall PTR.
- UNICAFÉ - Companhia de Comércio Exterior (2019). Café: Regiões Produtoras. Recuperado em <https://www.unicafe.com.br/index.php/pt-br/o-cafe/regioes-produtoras>.
- Vale, A. R., Calderaro, R. A. P., & Fagundes, F. N. (2014). A cafeicultura em Minas Gerais: estudo comparativo entre as regiões Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste. *Campo-Território: Revista de Geografia Agrária*, 9(18).
- Varian, H. R. (2006). *Microeconomia-princípios básicos*. Elsevier Brasil.
- Vegro, C. L. R., Martin, N. B., & Moricochi, L. (2000). Sistemas de produção e competitividade da cafeicultura paulista. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas, 301 – 312.
- Vegro, C., & Assumpção, R. D. (2003). Acompanhamento de custo de café em propriedades cafeeiras: síntese parcial dos resultados. *Informações Econômicas*, São Paulo, 33(4).
- Vilela, P. S., & Rufino, J. D. S. (2010). Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais. *Estudos INAES - Cadeias Produtivas*. Recuperado em http://www.inaes.org.br/publica/Livro_cafeicultura_de_montanha.pdf.
- Votta, T. B., Vian, C. E., & Pitelli, M. M. (2006). A Desregulamentação no mercado de café torrado e moído e a emergência de Campos organizacionais: Uma análise prospectiva e uma agenda de pesquisa. *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Fortaleza.
- Wang, Y. M., & Elhag, T. M. (2007). A comparison of neural network, evidential reasoning and multiple regression analysis in modelling bridge risks. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.029>
- Williams, J. C., & Wright, B. D. (2005). *Storage and commodity markets*. Cambridge university press.
- Yaman, M. A., Elaty, M. A., & Taman, M. (2017). Predicting the ingredients of self compacting concrete using artificial neural network. *Alexandria Engineering Journal*. 56, 523-532. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.007>