



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

CORINA DE SANTANA SOUZA GERMINO

**MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA ANÁLISE
DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NA CULTURA DO FEIJÃO**

**SUMÉ - PB
2023**

CORINA DE SANTANA SOUZA GERMINO

**MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA ANÁLISE
DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NA CULTURA DO FEIJÃO**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

**SUMÉ - PB
2023**



G374m Germino, Corina de Santana Souza.
Modelo multicritério de apoio à decisão para análise da produtividade agrícola na cultura do feijão. / Corina de Santana Souza Germino. - 2023.

55 f.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Modelo multicritério de apoio à decisão. 2. Decisão multicritério. 3. Produtividade agrícola. 4. Cultura do feijão - produtividade. 5. Avaliação da produtividade agrícola. 6. Análise da produtividade. 7. Electre III. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.5(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

CORINA DE SANTANA SOUZA GERMINO

**MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA ANÁLISE
DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NA CULTURA DO FEIJÃO**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:

**Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.
Orientadora – UAEP/CDSA/UFPG**

**Eng. Me. Josean da Silva Lima Júnior.
Examinador Externo – PPGEM/UFPE**

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.
Examinador Interno – UAEP/CDSA/UFPG**

Trabalho aprovado em: 30 de novembro de 2023.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado forças para sustentar toda essa trajetória cheia de percalços, o Senhor de Sua forma e no Seu tempo mostrou que em nenhum momento estive sozinha, e que tudo aconteceria no momento certo.

Aos meus pais Rita de Cássia e Givaldo, por todos os esforços que vocês fizeram esses anos em busca dessa realização, que é nossa. Aos meus irmãos Yasmine e Ícaro por acreditarem em mim, mesmo quando eu já nem acreditava mais, vocês me deram a força para passar por toda essa jornada árdua. Eu amo vocês, e tudo é por vocês.

Aos meus avós Francisco (*in memorian*) e Maria, tios Rosinaldo e Rosângela, primos Yandara, Yara, Ronaldy e Emanuely por sempre me incentivarem em relação aos estudos e serem apoio nos momentos de dificuldade.

À minha querida orientadora, Maria Creuza Borges de Araújo, por ter dado a honra de ser sua orientanda, por ter acreditado no meu potencial, por todos os ensinamentos, a extrema paciência, e por ser a maior contribuidora dessa realização, obrigada, professora, por todo o suporte durante essa longa jornada juntas.

A todos os seus meus amigos, em especial o meu querido e amado Caos (Hellen, Keren, Larissa, Higor, Lucas, Adilson Faustino e Marcelo), que de colegas de classe viraram companheiros de vida nessa jornada que é dura, mas a presença de vocês fez com que o caminho fosse mais leve. À turma de novatos de 2019, que tive o privilégio de acompanhar a jornada e bons (e maus) momentos juntos, Ariadne, Mariana, Amanda, Leonardo e Denny. Aos meus amigos de anos, especialmente Anna Beatriz que me acompanha desde pequena, e que sempre esteve ao meu lado incondicionalmente. A minha amada amiga Maria Eduarda (*in memorian*) que nos deixou tão precocemente, mas que terá para sempre seu lugar guardado na minha memória e em meu coração.

A todos os professores, em especial Tatiana, Aldinete e Adriano, aos servidores da UFCG do Campus de Sumé que colaboraram para a realização desse sonho.

“...Na medida em que deixam em cada homem a sombra da opressão que o esmaga. Expulsar essa sombra pela conscientização é uma das fundamentais tarefas de uma educação realmente libertadora e por isso respeitadora do homem como pessoa.”

Paulo Freire

RESUMO

Há uma ampla discussão a respeito da relevância da agricultura e seu papel em diversos âmbitos da sociedade, tais como a alimentação da população e relevância econômica. Assim, é imprescindível melhorar os índices de produtividade agrícola, seja para prover mais produtos ao mercado ou trazer benefícios à economia. Deste modo, diversas instituições e órgãos se debruçam sobre o tema buscando maneiras de organizar as cadeias produtivas de alimentos. Neste sentido, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo propor um modelo multicritério de apoio a decisão, que utiliza o ELECTRE III para ranquear a produtividade agrícola em diferentes regiões, a fim de analisar quais as políticas adequadas para cada local, de acordo com sua posição no ranking. Para a construção do modelo, foi feito um levantamento bibliográfico para analisar os estudos mais recentes sobre a temática abordada, e, posteriormente, estruturou-se o modelo de análise da produtividade. Este modelo foi aplicado para análise da produtividade do feijão nos estados brasileiros mais o Distrito Federal. Nas primeiras posições do ranking, temos os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, no outro extremo da tabela, destacam-se Amapá, Rio Grande do Norte e Rondônia como os piores ranqueados. Por fim, recomendou-se ações que possibilitem condições de melhoria nos índices produtivos, priorizando os estados com baixos índices de produtividade. O modelo proposto apresentou como principais vantagens: procedimento estruturado para analisar a produtividade agrícola, propor melhorias de acordo com o desempenho agrícola e análise da produtividade da cultura como um todo no país.

Palavras-chave: Agricultura, Apoio Multicritério à Decisão, ELECTRE III, produtividade agrícola.

ABSTRACT

There is a broad discussion regarding the relevance of agriculture and its role in different areas of society, such as feeding the population and economic relevance. Therefore, it is essential to improve agricultural productivity rates, whether to provide more products to the market or bring benefits to the economy. In this way, several institutions and bodies are focusing on the topic, looking for ways to organize food production chains. In this sense, this Course Completion Work aims to propose a multi-criteria decision support model, which uses ELECTRE III to rank agricultural productivity in different regions, in order to analyze which policies are appropriate for each location, according to your position in the ranking. To build the model, a bibliographical survey was carried out to analyze the most recent studies on the topic covered, and, subsequently, the productivity analysis model was structured. This model was applied to analyze bean productivity in Brazilian states plus the Federal District. In the first positions of the ranking, we have the states of Minas Gerais, São Paulo and Paraná, at the other end of the table, Amapá, Rio Grande do Norte and Rondônia stand out as the worst ranked. Finally, actions were recommended that enable conditions for improving production rates, prioritizing states with low productivity rates. The proposed model presented as main advantages: structured procedure to analyze agricultural productivity, propose improvements according to agricultural performance and analysis of crop productivity as a whole in the country.

Keywords: Agriculture, Multicriteria Decision Support, ELECTRE III, agricultural productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema estrutural do trabalho.....	13
Figura 2 -	Produção cafeeira no Brasil entre 1820 e 1900.....	18
Figura 3 -	Evolução da produção de café no Brasil e no mundo de 1901 à 1991.....	19
Figura 4 -	Importações, exportações e saldo da balança comercial do agronegócio no Brasil, de 1989 a 2017.....	20
Figura 5 -	Caracterização da pesquisa científica.....	27
Figura 6 -	Etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	29
Figura 7 -	Modelo proposto.....	32
Figura 8 -	Análise dos conforme decisor critérios.....	38
Figura 9 -	Gráfico gerado pelo software.....	41
Figura 10 -	Produtividade nas regiões do país.....	43
Figura 11 -	Participação dos principais estados produtores na produção brasileira de feijões do período entre 2019 e 2021.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balança comercial do total e agronegócio- Acumulado anual.....	21
Tabela 2 - Critérios de Avaliação.....	35
Tabela 3 - Alternativas de avaliação.....	36
Tabela 4 - Matriz de avaliação das alternativas.....	37
Tabela 5 - Determinação dos pesos.....	39
Tabela 6 - Pesos finais dos critérios.....	39
Tabela 7 - Valores dos parâmetros do problema.....	40
Tabela 8 - Ranqueamento das alternativas.....	42
Tabela 9 - Ranqueamento das alternativas pós análise de sensibilidade.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	AGRICULTURA.....	15
2.2	PANORAMA AGRÍCOLA NO BRASIL.....	17
2.3	CULTIVO DE FEIJÃO NO BRASIL.....	21
2.4	ELECTRE III.....	23
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	27
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	29
4	MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA.....	31
4.1	DESCRIÇÃO DO MODELO.....	31
4.1.1	Estruturação do problema.....	32
4.1.2	Análise da produtividade.....	33
4.2	APLICAÇÃO DO MODELO.....	34
4.2.1	Estruturação do problema.....	34
4.2.2	Análise de produtividade.....	37
4.3	PROPOSTAS DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO PARA CADEIA DO FEIJÃO.....	44
4.3.1	Discussões.....	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, de acordo com Saath (2016), se faz imprescindível discutir sobre como suprir a demanda mundial de alimentos. Diversas projeções apontam que o aumento da população, ampliação do consumo per capita e de renda, desenvolvimento das cidades e as limitações no uso da terra são fatores que influenciam na capacidade de atender a essa necessidade tão fundamental. Além disso, a elevação rápida e regular de indivíduos trará um aumento na procura e consumo de alimentos (Saath, 2016).

Segundo Assad e Almeida (2004) a agricultura sofreu diversas mudanças ao longo do tempo, hoje, após diversos avanços, conseguiu-se adaptar ambientes a essa atividade sem gerar perda de produtividade, possibilitando uma multiplicidade de produtos agrícolas. Madke Rieger e Alves (2022) caracterizam a agricultura como vender, cultivar e semear o solo, gerando, a partir dessa prática, alimentos necessários para consumo, assim como insumos para a indústria e comércio, sendo uma das principais práticas econômicas mundiais.

Nesse sentido, Costa et al (2014) ressaltam que a produtividade agrícola estimula o avanço econômico em uma estrutura agrária, dependendo da utilização de recursos, sejam naturais, humanos e tecnológicos. Conforme Buainain, Garcia e Vieira (2016), tecnologias diversas são aplicadas à agricultura, em diversos centros de pesquisa ao redor do globo, com o intuito de aumentar o rendimento por área e a produtividade total dos fatores de produção. Assim, incentivos na produtividade agrícola possibilitam o aumento da disponibilidade de alimentos e auxiliam na redução dos preços, provendo uma maneira de garantir a segurança alimentar para a população (Costa et al, 2014). Segundo Lopes e Guilherme (2007), a aplicação de ferramentas, técnicas e inovações tecnológicas possibilitou aumentos significativos na produtividade da agricultura brasileira, gerando um desenvolvimento importante em diversas culturas.

Desta maneira, é fundamental a utilização de modelos que colaborem para a gestão dos fatores que agem na produtividade agrícola. É importante ressaltar que a produtividade se encaixa em um problema multicritério, tendo em vista que os métodos de apoio multicritério à decisão permitem agrupar todos os critérios vistos como significantes para o problema, possibilitando sistematizar de forma clara os processos que se relacionem à tomada de decisão (Telles, 2019). Neste contexto, emerge o problema de pesquisa: como elaborar um modelo de decisão multicritério para analisar a produtividade agrícola?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Propor um modelo multicritério de apoio a decisão para análise da produtividade agrícola.

1.1.2 Objetivos específicos

- Entender os conceitos fundamentais para a análise da produtividade agrícola;
- Definir um modelo adequado para analisar a produtividade agrícola;
- Aplicar o modelo proposto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Uma das atividades econômicas com maior impacto é a agricultura. Em países desenvolvidos, os potenciais agrícolas são utilizados na trilha pelo crescimento econômico aliado ao desenvolvimento sustentável (Abbade, 2014). Conforme Miranda (2018), o mundo possui 1,87 bilhão de hectares de lavoura, e o Brasil possui uma parcela de 3,42% dessa área, uma extensão de 65.913,738 hectares.

Devido a sua variação climática, energia solar em abundância, chuvas periódicas, boa disponibilidade de água doce, grandes áreas férteis e agricultáveis, o agronegócio brasileiro prospera como uma atividade que gera renda e competitividade, sendo responsável por mover grande parte da economia do país (Silva, Cesario e CAvalcanti, 2007). De acordo com Santos et al (2015), o agronegócio é um dos responsáveis pela estabilidade na balança comercial brasileira, que ostenta frequentemente saldos positivos, favorecendo a prosperidade econômica da nação, seja ofertando a produção para o mercado interno, absorvendo mão de obra, além de gerar renda com as exportações. Se tratando de área com potencial para plantio, o Brasil só está atrás da China, Austrália e os Estados Unidos (Carvalho, Laureto e Pena, 2015).

Segundo Lima *et al* (2017), o agronegócio é um dos fatores que gera riqueza à economia brasileira, salientando que isso torna o país como um dos mais competitivos na produção de *commodities* agrícolas, com um grande potencial de crescimento na oferta, e tudo isso é resultado da combinação entre investimento em pesquisa e tecnologia, que proporciona um aumento excepcional na produtividade. Segundo Ferreira e Souza Junior (2023), o agronegócio

foi responsável por exportar US\$ 13,55 bilhões em de setembro de 2023, importou US\$ 1,31 bilhões no mesmo mês, além de gerar um superávit na área, passando de US\$ 12,1 bilhões em setembro de 2022, para US\$ 12,24 bilhões no mesmo período desse ano, tendo um excedente acumulado no setor no último ano de US\$ 145,48 bilhões, representando um aumento de 10,45% se comparada à mesma temporada anterior.

Neste sentido, Toresan et al (2019) ressaltam que as tomadas de decisões no âmbito do agronegócio são influenciadas pelo comportamento das variáveis que influenciam o desempenho das safras, e essas escolhas afetam diretamente a produtividade. Assim, é imprescindível avaliar e acompanhar esses índices na busca por melhores resultados e condução de políticas que melhorem as taxas de produção. Desta forma, essa pesquisa contribui para a proposição de um modelo de decisão multicritério para analisar a produtividade agrícola, a partir do ranqueamento do desempenho de áreas de produção com base em seus índices de produtividade.

Para gestores, esse estudo trará benefícios porque o ranqueamento apresentado pelo modelo auxiliará na apresentação do desempenho de suas unidades produtivas, possibilitando identificar áreas onde melhorias serão necessárias, objetivando avanços nos índices produtivos. Para a sociedade, essa pesquisa trará proveitos no sentido da utilização correta e consciente de todo tipo de recurso produtivo, tendo em vista que a atividade agrícola pode gerar inúmeros desperdícios, permitindo um aumento da produtividade sem aumento dos prejuízos ao meio ambiente.

Ademais, este estudo é importante para área acadêmica, pois utiliza-se da Pesquisa Operacional (PO) na busca por melhores soluções em situações complexas. Dessa forma, gestores e outros pesquisadores poderão fazer uso desta metodologia de análise de produtividade agrícola. O modelo elaborado permite que decisores utilizem diversos critérios para fazer análises da produtividade em diferentes regiões ou estabelecimentos agrícolas, permitindo entender como estão seus índices produtivos em todas as áreas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Para a realização do estudo, sua construção foi dividida em cinco etapas, como exposto na Figura 1.

Figura 1 - Esquema estrutural do trabalho



Fonte: Autoria Própria (2023).

A etapa inicial da pesquisa é caracterizada pela introdução, que apresenta os objetivos geral e específicos, justificativa e esquematização do trabalho de conclusão de curso. Na introdução, contextualiza-se sobre a agricultura, sua importância, a produtividade agrícola e apresenta-se o ponto de partida para a construção desse trabalho.

No segundo capítulo, o referencial teórico apresenta todo o arcabouço de conhecimento necessário na construção desse estudo. Foram abordados tópicos sobre a agricultura, o panorama agrícola no Brasil, o cultivo de feijão no Brasil e o método multicritério de apoio a decisão ELECTRE III.

No terceiro capítulo, o fluxo metodológico é apresentado, iniciando com a caracterização do trabalho quanto a sua finalidade, abordagem, objetivos e procedimentos. Posteriormente, seguiu-se para as etapas da pesquisa, com a definição da temática a ser trabalhada, o levantamento bibliográfico, a modelagem do problema a análise e teste do modelo e por fim sua aplicação.

No quarto capítulo, o modelo é descrito e sua modelagem é proposta. Aqui, estruturou-se o problema, identificando o decisor, definindo-se a cultura, determinando os critérios e alternativas, além dos estágios para a análise da produtividade, com a determinação do método multicritério e sua aplicação, seguindo para a análise da produtividade. É nessa etapa que se

apresenta um modelo geral para a análise da produtividade agrícola, podendo ser utilizado em situações diversas. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais do Trabalho de Conclusão de Curso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta o referencial teórico utilizado como base para a pesquisa. Serão abordados conceitos sobre agricultura, panorama agrícola no Brasil, cultivo de feijão no Brasil e ELECTRE III.

2.1 AGRICULTURA

Segundo Mazoyer e Roudart (2010), foi durante o período neolítico que se originaram as primeiras formas de cultivo e criação, datando aproximadamente de 10 mil anos, e encontrando-se em pequenos territórios, em áreas não muito extensas do mundo. De acordo com Tauger (2011) a agricultura iniciou-se na Mesopotâmia, no conhecido “crescente fértil”, região rica e de fauna e flora responsáveis por originar as principais culturas de alimentos e domesticação de animais.

Conforme Bolonhezi (2012), o homem começou a plantar, cultivar e domesticar algumas espécies de animais, em troca de proteção e alimentos, e essa atividade econômica caracteriza a agricultura. O indivíduo passava a ser um produtor, e não só um coletor. Graziano, Gazzoni e Pedroso (2020) afirmam que, ao se distanciar da vida nômade, os primeiros assentamentos se originaram para a produção de alimentos.

De acordo com Santos e Nascimento (2009), a atividade agrícola, desde o seu primórdio, gerava impactos, mas havia um controle na questão ambiental. Isso ocorria porque técnicas simples, como adubação à base de estrume, rotação de cultura e cultivo de fabáceas proporcionavam maior fecundidade ao solo, retrocedendo as consequências causadas pela agricultura.

À medida que o crescimento populacional exigia o aumento da produção rural, foi necessária uma maior eficiência para lidar com as pragas e doenças que são originadas por desequilíbrios ecológicos. Desde os primórdios da agricultura, tenta-se amenizar os impactos negativos sobre o solo (Graziano, Gazzoni e Pedroso, 2020).

Neste sentido, Santos e Nascimento (2009) asseveram que ocorreu uma revolução na agricultura durante os séculos XVI e XVIII, com a introdução de técnicas mais modernas de cultivo. Bolonhezi (2012) complementa que a atividade agrícola ainda se apoiava num sistema de cultivo milenar, tendo avanços ínfimos em relação ao intervalo de tempo passado. Ainda de acordo com o autor, a agricultura iniciava uma etapa de inclusão de novas técnicas e

conhecimentos, deixando de ser utilizada somente para fornecimento de alimentos e passando a ser uma prática que gerava lucro.

Conforme Tauger (2011), foi no início do século XX que governos e a sociedade em diversas partes do mundo se uniram em busca de modernizar a agricultura, com demanda incentivada devido a graves crises políticas e econômicas. Esses agentes concentraram esforços para solucionar problemas como escassez de alimentos e melhores condições para os trabalhadores dos campos, que cada vez mais migravam para as cidades.

A partir de 1900 a atividade agrícola se baseou em conhecimentos técnicos, utilizados a partir da Segunda Guerra Mundial (Santos e Nascimento, 2009). Foi durante esse período que o cultivo de apenas uma espécie vegetal foi implantado, com o objetivo de incrementar a produção agrícola. Em razão dessa prática, pragas e doenças proliferaram, tornando a atividade dependente de fertilizantes, pesticidas e praguicidas.

Segundo Tauger (2011), no período entre a década de 40 até os anos 2000, a agricultura passou por algumas etapas de transformação, possibilitando a criação de um sistema agroalimentar mais avançado. Ainda conforme o autor, se durante a Segunda Guerra e nas décadas seguintes, os Estados Unidos eram uma potência na agricultura e moldavam a atividade agrícola mundial, foi durante os anos 70 que esse paradigma foi se quebrando e outras nações passaram a se tornar grandes produtores agrícolas, competindo igualmente com os EUA e alterando a composição dos mercados.

Santos e Nascimento (2009) afirmam que essa transformação, ocorrida nos anos 70, ficou conhecida como Revolução Verde, e foi importante pela inserção de maquinário na agricultura. Essa transição permitiu ampliar a produção, e esse aumento conseguiu suprir a demanda alimentar de grande parte da população, que crescia exponencialmente. Ainda conforme o autor, apesar de possibilitar o aumento da produtividade, os impactos negativos ao meio ambiente também aumentaram, tais como a perda de diversidade genética das culturas agrícolas, contaminação e eutrofização de ambientes aquáticos e ecossistemas marinhos, além de liberar gases de efeito estufa.

Segundo Ehlers (2017), no século XXI a atividade agrícola ainda possui vulnerabilidades, com o desafio de lidar com questões ambientais sérias e, ao mesmo tempo, ter que produzir em larga escala para um crescimento populacional exponencial. Neste sentido, conceitos como Agricultura Sustentável e produtividade agrícola estão sendo cada vez mais difundidos, sendo utilizados para a melhoria das atividades agrícolas.

2.2 PANORAMA AGRÍCOLA NO BRASIL

Conforme Landau *et al.* (2020), a agricultura em larga escala no Brasil começou com o ciclo da cana-de-açúcar, que foi a base da economia brasileira por quase um século e meio, alçando o país ao posto de maior produtor e detendo o monopólio do cultivo, até por volta do século XVII. Tauger (2011) complementa que, em 1550, empresários portugueses que buscavam áreas plantáveis visando o mercado europeu, descobriram em Pernambuco e na Bahia condições climáticas favoráveis.

Bolonhezi (2012) explica que nos anos do Império, além da produção agrícola para exportação, o Brasil insere a agricultura familiar com foco nas culturas de subsistência. Nesse sentido, Landau *et al.* (2020) e Tauger (2011), complementam que essa atividade secundária tinha como objetivo suprir a necessidade alimentar dos trabalhadores escravizados, abastecimento dos primeiros aglomerados urbanos, assim como fornecer alimentação animal. Segundo os autores, essas culturas de subsistência se caracterizavam pelo plantio de milho e mandioca, sendo o primeiro direcionado à ração animal, e o segundo voltado para alimentação humana.

Nos primórdios do século XIX, iniciou-se um novo grande ciclo, o do café. Essa nova era, comandaria por mais de 150 anos a atividade econômica do país, segundo Landau *et al.* (2020). Nesse sentido, Matiello *et al.* (2016) complementa que depois da fase do ouro e da cana, essa nova era traria a exploração de terras virgens, inicialmente com a utilização de mão-de-obra escravizada e posteriormente trabalho de colonos imigrantes.

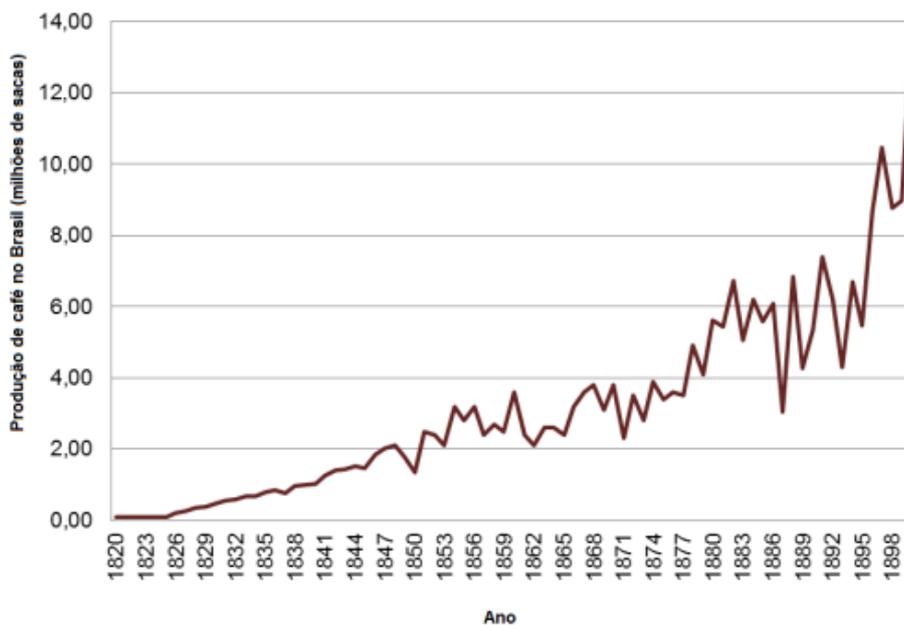
Conforme Martins (1999), a introdução do café em solos brasileiros ocorreu enquanto o país ainda era uma colônia da Portugal, pelos idos de 1727, e espalhou-se pelo Rio de Janeiro ao mesmo tempo que a Independência política aconteceu, por volta de 1822, entretanto, o avanço e ápice da cultura cafeeira ocorreu durante o regime monárquico, entre o período de 1840 e 1889.

Ainda de acordo com a autora, a potência financeira que foi o sustentáculo do Império brasileiro, foi a cultura cafeeira, tendo como governante do país o monarca Dom Pedro II. Conforme Martins (2012), a disseminação do café teve importância na construção da cultura, sociedade e economia do país, tendo influência em símbolos da nação, como os ramos de café no brasão da coroa brasileira.

Landau *et al.* (2020) discorre como durante o século XIX, o café foi o produto que o Brasil mais exportou, e tinha como mercado consumidor principal os Estados Unidos. O autor

complementa, que a nação brasileira era responsável por metade da produção mundial, tendo sua participação no mercado ampliada durante pelos menos 50 anos seguintes.

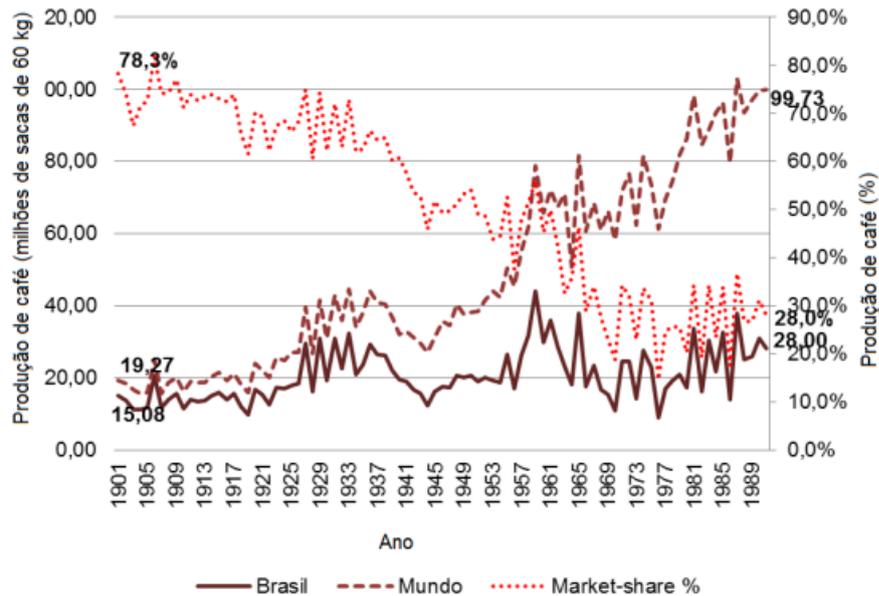
Figura 2 - Produção cafeeira no Brasil entre 1820 e 1900



Fonte: Ipea (2018) apud Landau *et al.* (2020)

Conforme Landau *et al.* (2020), o Brasil inicia o século XX com uma participação de mercado na produção cafeeira de 76,4%, correspondendo a três quartos da produção mundial. Tauger (2011) complementa que, em 1900, o país era o maior produtor de café do mundo, com a maior parte sendo cultivada no estado de São Paulo. A relação entre a evolução da produção brasileira e mundial de café no século XX é exposta na Figura 3.

Figura 3 - Evolução da produção de café no Brasil e no mundo de 1901 à 1991



Fonte: Ipea (2018) apud Landau *et al.* (2020)

Martins (2012) discorre a importante função que o café teve durante os primórdios da República, e como o cultivo estava intrinsecamente relacionado à política e economia. Ainda conforme o autor, a crise de 1929 desencadeou o fim do sistema de proteção do preço do café, criada em 1906, resultando na queima, a céu aberto, dos estoques, com o objetivo de equilibrar contas externas e internas.

No período entre os anos 60 e 70 do século XX, a baixa produtividade do setor agrícola brasileiro não acompanhava o desenvolvimento industrial, o processo de urbanização e o robusto fortalecimento econômico que o país vivenciava, (Embrapa, 2018). Nessa perspectiva, ainda conforme o autor, a demanda interna era fornecida por meio de importações, e não havia tecnologia que fosse apropriada para a produção tropical, de modo que a pobreza rural intensificava o êxodo rural.

Segundo Gonzalez e Costa (1998) durante esse período, a atividade agrícola do Brasil se concentrava em propriedades rurais insuficientemente estruturadas e com suporte tecnológico fraco. Os autores reiteram que a produção se destinava a suprir a demanda do mercado interno, e o que se direcionava para exportação era o excedente.

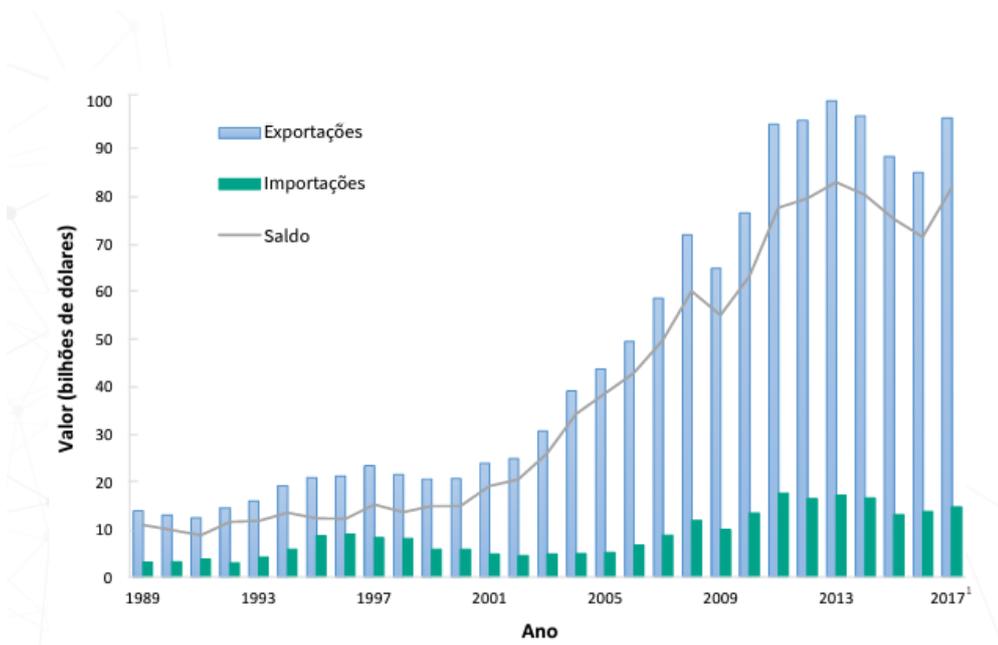
À medida que a população crescia, a segurança alimentar passou a ser uma preocupação, assim como a redução dos preços dos alimentos, para isso, o governo elaborou políticas que intensificassem a produção e rendimento agrícola, com investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como extensão e crédito rural (Embrapa, 2018).

Conforme Gonzalez e Costa (1998), a cultura que representa esse período de transição é a da soja, pelo seu potencial de exportação, assim como toda a tecnologia empregada na produção. Os autores complementam que, iniciou-se nesse ciclo a mecanização nas lavouras além do emprego de insumos modernos e defensivos agrícolas.

Ainda conforme os autores, durante esse período inseriu-se a cultura do trigo, que só foi possível por intermédio de adaptação das sementes às condições de solo e clima brasileiro. Além de um novo ciclo da cana-de-açúcar para a produção de combustível através de programas de incentivo. Sendo assim, a agricultura passou por diversas transformações via estímulos e programas, e tudo isso foi possível com aplicação de tecnologias modernas e pesquisas (Gonzales e Costa, 1998).

A partir da década de 1990 identificou-se um impulso no setor agrícola, isso se deu pelo progresso nas exportações, que foi a responsável pelo crescimento da agricultura na atualidade. Conforme a venda para outros países aumentava, o Brasil ia se tornando um importante ator no *agrobusiness* global. Entre o início da década de 90 e 2017, houve um aumento de quase 10 vezes no saldo da balança agrícola, contribuindo para equilibrar as contas externas do país (EMBRAPA, 2018), como exposto na Figura 4.

Figura 4 - Importações, exportações e saldo da balança comercial do agronegócio no Brasil, de 1989 a 2017



Fonte: Agrostat (2017) apud EMBRAPA (2018)

Analisando a balança comercial do agronegócio de 2022, o primeiro semestre foi superavitário com US\$ 71,2 bilhões e um aumento de 32,3% se comparado ao mesmo período de 2021, conforme Kreter *et al* (2022). Ainda conforme o autor, houve um superávit comercial de US\$ 14,2 bilhões que foi responsável por compensar um déficit de US\$ 5,4 dos demais produtos, possibilitando o fechamento de junho com um excedente comercial de US\$ 8,8 bilhões, somando todos os setores. Assim, Landau *et al.* (2020) aponta que os dados comprovam que a agricultura é muito importante na economia brasileira atual e contribui para o desenvolvimento econômico do país

Tabela 1 - Balança comercial do total e agronegócio- Acumulado anual

Setores	Exportações			Importações			Saldo (US\$ bilhões)	
	Jan./2021 a Jun./2021 (US\$ bilhões)	Jan./2022 a Jun./2022 (US\$ bilhões)	Variação (%)	Jan./2021 a Jun./2021 (US\$ bilhões)	Jan./2022 a Jun./2022 (US\$ bilhões)	Variação (%)	Jan./2021 a Jun./2021	Jan./2022 a Jun./2022
Total	136,2	164,1	20,5	99,2	129,8	30,9	37,0	34,3
Agronegócio	61,3	79,3	29,4	7,5	8,1	8,6	53,8	71,2
Demais bens	74,9	84,8	13,3	91,7	121,7	32,7	-16,8	-36,9
Part. do agronegócio (%)	45,0	48,3	-	7,6	6,3			

Fonte: Comex Stat/Secint apud Kreter et al. (2022)

Conforme Oliveira (2023), a ingestão de grãos é base alimentar mundial, tanto no consumo de oleaginosas quanto nos cereais. Alguns países são relevantes na produção desses insumos, como China, Estados Unidos, Índia, Rússia e o Brasil. Cada nação se destaca por um tipo de produto, a China é um dos maiores produtores de arroz, os Estados Unidos é responsável por grande parte da soja produzida em todo o globo, e o Brasil é o terceiro lugar na geração de feijão, somente atrás de Myanmar e da Índia. Com o aumento na demanda de alimentos no mundo, se exigirá do Brasil uma capacidade de produção maior, com a utilização de menos recursos, enfrentando sérios desafios como as mudanças climáticas, limitação no uso de recursos não renováveis, entre outros (Landau *et al.*, 2020).

2.3 CULTIVO DE FEIJÃO NO BRASIL

O cultivo do feijoeiro é antigo e responsável por ser uma importante fonte de alimento para os brasileiros. Por séculos a cultura foi comandada por pequenos agricultores que plantavam o feijão em associação com outros plantios, como o milho (PELEGRINI, BEZERRA E HASPARYK, 2017). Conforme Tôsto *et al.* (2012), dentre os hábitos alimentares da população brasileira o consumo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L) é o que mais se

destaca, o que ocorre devido a quantidade de proteína, ferro e carboidratos que a leguminosa fornece à dieta nutricional.

De acordo com Silva e Wander (2013), grande parte do feijão produzido no Brasil vem de pequenos produtores com áreas menores de produção, tendo uma parcela significativa reservada ao consumo de subsistência das famílias. Ainda segundo os autores, esses agricultores fornecem uma fração das leguminosas para o mercado, o que ocorre devido os preços apurados, que embora sofram consideráveis flutuações, compensam e servem de estímulo para permanecerem na prática. Tôsto *et al* (2012) discorrem sobre as causas dos grandes agentes não terem interesse nessa cultura: o período de plantio, o preço não muito atrativo, além das pragas e doenças, fazem com os pequenos estabelecimentos sejam predominantes.

Conforme Coêlho (2021), o plantio do feijão ocorre em três períodos diferentes, essa estratégia permite um abastecimento contínuo do produto no mercado. Silva e Wander (2013) discorrem sobre como essas três colheitas anuais fazem com que o cultivo do feijão seja visto como algo excepcional. Esse procedimento traz vantagens ao produtor, tendo em vista que esse ciclo mais curto permite adequar a plantação sem a necessidade de sacrificar outros plantios durante o ano-safra (Coêlho, 2021).

A primeira safra, ou safra das águas, que é cultivada no período entre agosto a novembro é semeada no Centro-Oeste, Sudeste e Sul, além de alguns Estados, como Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Rondônia e Tocantins. A segunda, conhecida como safra da seca, ocorre de dezembro a abril, também nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, acrescentando também o Norte. Já a safra irrigada, de inverno ou terceira safra, que acontece entre abril a julho, vem do Centro-Sul do país (Silva e Wander, 2013).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA (2019), explica que a produção do feijão é distribuída por diversos estados, e conforme Coêlho (2021) os maiores produtores do cultivo são os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e a Bahia, com uma clara predominância do Centro-Sul. Segundo Tôsto *et al* (2012), o Brasil é um dos maiores produtores de feijão do mundo, só ficando atrás da Índia e Mianmar (Coêlho, 2021), assim como também é um dos maiores consumidores.

O relatório de Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2023) aponta que em maio de 2023 houve a finalização de colheita com um período de produção regular, apesar de uma diminuição no espaço plantado se comparado a 2021/22. Paraná, Minas e Bahia se destacaram com um rendimento médio melhor ao da temporada anterior, em razão das boas condições climáticas. Em relatório mais recente, lançado em outubro de 2023, o Conab (2023) ressalta que os estados

da Bahia, Pernambuco, Ceará, Alagoas, Pará, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul se encontram em períodos avançados no ciclo, com boa parte das lavouras colhidas. Entretanto, o documento relata que devido a uma diminuição do volume de água na Bahia, uma perda no potencial de produção já foi notada. Essa queda produtiva também foi identificada no Mato Grosso do Sul e na Paraíba, em razão da variação climática gerada pela onda de calor atual. Contudo, o informativo indica que haverá uma safra nacional melhor que a anterior, pois as condições de clima foram favoráveis em grande parte das regiões produtoras.

2.4 ELECTRE III

No processo decisório, há diversos dados que precisam ser analisados, e nas últimas décadas métodos de apoio à tomada de decisão surgiram para melhor estudar essas informações. Os Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritério (MCDM), apareceram para auxiliar na resolução de problemas nos quais há critérios conflitantes presentes (Neves, Galhardo e Lucato, 2022).

De acordo com Gross (2010), os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão propõem-se a auxiliar no processo decisório, recomendando um conjunto de ações a serem tomadas, significando que não há uma alternativa ótima. Assim, conforme o autor, estes métodos fundamentam e conduzem os decisores na investigação e definição de alternativas para resolução de problemas, podendo ser utilizados em diversas áreas de atuação. Conforme Mello *et al* (2003), é um objetivo das Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão (Multicriteria Decision Aid – MCDA) amparar os decisores na resolução de problemas, se fazendo necessário o reconhecimento de prioridades, em situações onde há múltiplos critérios com interesses em conflitos coexistentes.

A família de métodos Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), que surgiu na década de 60, fundamenta-se na correlação de superação ou sobreclassificação (GROSS, 2010). Segundo Junior, Piratelli e Pacheco (2022), o objetivo da metodologia é encontrar caminhos preferíveis por boa parte dos critérios, mas sem descompensar os parâmetros analisados. Dentre os métodos da família ELECTRE, o escolhido para esta pesquisa é o ELECTRE III, que tem como objetivo dispor as alternativas de maneira organizada para formação de pseudocritérios, que possibilita a entrada de preferência e indiferença (Infante, Mendonça e Valle, 2014).

Nos métodos ELECTRE, há dois princípios importantes, o limiar e a hierarquização. Existindo um grupo de alternativas A e um conjunto de parâmetros g_j , que corresponde ao

desempenho da alternativa com base no parâmetro (Akutsu e Reis, 2004), onde $j = 1, 2, \dots, n$ grupo do índices dos parâmetros, e havendo objetivo de maximização, tradicionalmente, pode-se ir de encontro a duas possíveis relações para $(a,b) \in A$ (Lobato, 2005):

aPb: a é preferível a b, se $g_j(a) > g_j(b)$

aIb: a indiferente a b, se $g_j(a) = g_j(b)$

Utilizando-se do entendimento dos métodos clássicos, o ELECTRE III adiciona ao sistema o limiar de preferência p_j e o de indiferença q_j , para cada parâmetro g_j , onde “A” é preferível a “B” quando “A” for mais razoável que “B” e seu comportamento for superior, conforme fatores de preferência, considerando o limite de indiferença. Assim, a correlação de preferência se define por (Infante, Mendonça e Valle, 2014):

aPb (a é preferível a b) $\Leftrightarrow g_j(a) > g_j(b) + q$

aIb (a é indiferente a b) $\Leftrightarrow |g_j(a) - g_j(b)| \leq q$

Segundo Lobato (2005), a partir do ELECTRE III, o decisor consegue determinar um espaço no qual uma ação é indiferente à outra. Os limiares de indiferença e preferência são determinados pelo decisor, permitindo encontrar o grau de sensibilidade necessário para a comparação de duas ações. Essa faixa de valor denominada de zona de preferência fraca, aparece como (Buchanan, Sheppard e Vanderpooten, 1998):

aPb: a é estritamente preferível a b, se $g_j(a) > g_j(b) + p_j$

aQb: a tem preferência fraca a b, se $g_j(b) + q_j < g_j(a) \leq g_j(b) + p_j$

aIb: a é indiferente a b, se $g_j(b) - q_j \leq g_j(a) \leq g_j(b) + q_j$

Utilizando-se desses limiares, o método ELECTRE intenciona a construção de uma relação de sobreclassificação aSb, onde S representa a alternativa em “A é ao menos tão boa quanto B” ou “A não é pior que B”. Para cada caminho a e b, verifica-se se a alegação aSb, que pode ser validada, ou não, por dois princípios (Infante, Mendonça e Valle, 2014):

1. Concordância: requisita que a maior parte dos critérios, pós consideração de importância relativa, favoreça a afirmação aSb;
2. Discordância: requisita que a menor parte dos critérios se opunham à afirmação aSb.

Os limites de concordância c_j são dados pela função linear (Akutsu e Reis, 2004; Lobato, 2005):

$$c_j(a, b) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ se } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0 \text{ se } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j} \text{ nos demais casos} \end{array} \right\} \quad (1)$$

De acordo com Lobato (2005), na equação (1) o parâmetro j concorda com a proposição aS_b , se, e somente se, $aS_j b$; logo, se $g_j(a)$ é inferior a $g_j(b)$ para q_j , a afirmação $aS_j b$ não é contraposta, estando em concordância com a proposição.

Conforme Infante, Mendonça e Valle (2014), para se encontrar o índice de discordância, é necessário levar em conta o limiar de veto v_j , que possibilita que aS_b seja rejeitada em sua totalidade por todos os parâmetros j . Este índice pode ser determinado pela função:

$$d_j(a, b) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ se } g_j(a) + p_j \geq g_j(b) \\ 0 \text{ se } g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j} \text{ nos demais casos} \end{array} \right\} \quad (2)$$

Na equação (2), o parâmetro j discorda da proposição aS_b , se, e somente se, $bS_j a$. Logo, se 'b' for preferível a 'a' pelo parâmetro j , verifica-se que não concordância com a proposição aS_b (Akutsu e Reis, 2004; Lobato, 2005).

Para se encontrar o grau de sobreclassificação, sabe-se que, para as alternativas (a,b), há uma grandeza de concordância e outra de discordância, e para se obter uma sobreclassificação é necessário combinar essas duas medidas, a partir do índice de credibilidade, que permitirá a avaliação robusta da proposição “'a' é no mínimo tão boa quanto 'b'” (Basilio e Pereira, 2020; Infante, Mendonça e Valle, 2014).

$$S(a, b) = \left\{ \begin{array}{l} C(a, b), \text{ se } d_j(a, b) \leq C(a, b) \\ C(a, b) * \prod_{j \in J(a, b)} \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - C(a, b)}, \\ J(a, b) \text{ satisfaz } d_j(a, b) > C(a, b) \end{array} \right\} \quad (3)$$

Na equação (3), se a força de concordância excede a de discordância, não se modifica o valor da concordância. Senão, questiona-se a proposição de aS_b e modifica $C(a, b)$ conforme a equação. Logo, se o valor da discordância é 1 para cada (a,b) A e todos os parâmetros j , não há confiança de que aS_b , portanto $S(a, b) = 0$ (Infante, Mendonça e Valle, 2014) Após essas etapas, duas pré-classificações são realizadas, uma com o objetivo de encontrar a melhor alternativa classificada e a outra com o intuito de excluir a pior escolha a ser considerada. Posteriormente, a classificação final se dá pela convergência dos ranqueamentos obtidos, conforme os seguintes princípios (Lobato, 2005):

1. . Se 'a' é melhor que 'b' nas duas pré-classificações, logo 'a' é melhor que 'b' na classificação final;
2. Se 'a' é semelhante a 'b' em uma das etapas de pré-classificação, mas na outra ela é melhor, logo 'a' é mais adequada que 'b';

3. Se 'a' é melhor que 'b' em uma das etapas de pré-classificação, mas na outra 'b' é melhor que 'a', logo ambas alternativas não se comparam.

A partir dos princípios citados, encontra-se o ranking completo das alternativas.

3 METODOLOGIA

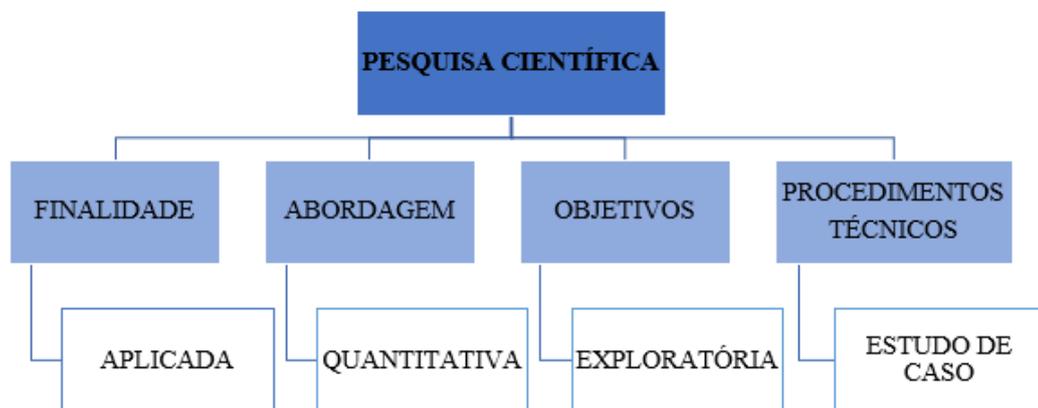
De acordo com Oliveira (2011) metodologia é a maneira como métodos e técnicas são utilizados, desde as primeiras etapas, nas quais se encontra o tema a ser estudado até a etapa final, em que os dados coletados são analisados e possíveis propostas de intervenção são apontadas. Portanto, a metodologia se refere ao emprego de procedimentos e ferramentas em estudos e pesquisas, formando um conjunto de operações ligadas e coordenadas.

Neste sentido, nesta seção serão descritos os procedimentos metodológicos utilizados na construção deste estudo. Desta forma, a caracterização da pesquisa quanto a sua finalidade, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos será apresentada, assim como as etapas de construção desse estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Mattos (2020), as pesquisas científicas classificam-se em quatro parâmetros: quanto a sua finalidade, quanto a sua abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos seus procedimentos. A figura 05 apresenta a organização do estudo, destacando sua categorização.

Figura 5 - Caracterização da pesquisa científica



Fonte: Autoria Própria (2023).

Em se tratando do parâmetro quanto a finalidade, as pesquisas podem ser consideradas básicas ou aplicadas. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada tem como propósito fornecer fundamentos para execução de técnicas práticas, com o objetivo de solucionar problemas distintos. De acordo com Mattos (2020), a pesquisa aplicada vincula-se as descobertas e se potencializa com o progresso delas, tendo como aspecto central a aplicação de mecanismos do conhecimento. Logo, esta pesquisa é aplicada pois utiliza o embasamento teórico e utilização de software, na busca de compreender os fatores que influenciam na produtividade agrícola da cultura do feijão.

Quanto a sua abordagem, as pesquisas científicas podem ser qualitativas, quantitativas ou mistas (quali-quantitativa). Conforme Pereira *et al.* (2018) na pesquisa quantitativa coleta-se dados numéricos com auxílio de medições e diferentes tipos de metrologias, com o objetivo de gerar um aglomerado de dados que serão posteriormente analisados com o auxílio de métodos matemáticos aplicáveis em diversas situações, permitindo prever ocorrências para uma tomada de decisão. Para Furtado (2020), o enfoque matemático é dominante em razão da colheita dos dados que acontece de maneira ordenada, regrada e com uma avaliação executada estatisticamente. Esse estudo tem aspecto quantitativo por empregar dados numéricos na aplicação de um modelo matemático, com o objetivo de avaliar e ranquear a produtividade do feijão nos estados brasileiros.

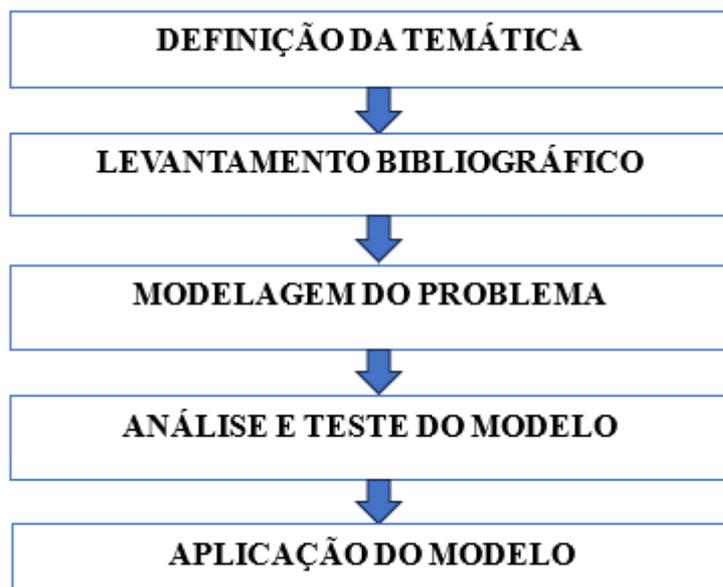
Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa. Em consonância com Mattos (2020), a pesquisa exploratória permite a compreensão universal do tema abordado, sendo considerada o elemento introdutório para um estudo mais amplo. Tendo como propósito, fornecer mais informações sobre uma temática, buscando a formulação de hipóteses e definição de metas futuras (Andrade, 2010). Por se basear num estudo introdutório acerca da produtividade agrícola com a utilização de método de apoio a tomada de decisão, essa pesquisa é caracterizada como exploratória.

Ao final, quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa é caracterizada como estudo de caso, que Prodanov e Freitas (2013) conceituam como sendo a coleta e análise de informações acerca de um tema, com o intuito de se estudar diversos aspectos do objeto de estudo em consonância com o que está sendo pesquisado. Gil (2002), definiu como sendo um conhecimento extenso e minucioso, com o intuito de se ter uma compreensão ampla e detalhada do conteúdo investigado. Este estudo se caracteriza como estudo de caso, por utilizar o apoio multicritério à decisão no entendimento dos aspectos que agem sobre a produtividade da cultura do feijão, assim como fornecer apoio para os tomadores de decisões com o auxílio das informações adquiridas.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa foi construída em cinco etapas. O primeiro passo foi a definição da temática, posteriormente realizou-se o levantamento bibliográfico, e, em seguida, iniciou-se a modelagem do problema. Após essa fase, realizou-se a análise e teste do modelo proposto e, por fim, a implementação da solução com a dissecção das informações apresentadas.

Figura 6 - Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autoria Própria (2023)

Conforme Gil (2002), para iniciar uma pesquisa busca-se primeiramente escolher o tema, sendo importante encontrar uma temática que possibilite ao pesquisador realizar uma pesquisa bibliográfica. Esse processo de delimitação é essencial, por se tratar do momento em que há a caracterização do objeto a ser estudado, permitindo a visualização do problema a ser elucidado (Bortoloti, 2015). Na etapa de definição da temática, o tema escolhido foi estudar a produtividade agrícola da cadeia produtiva do feijão. Isso se deu em razão da relevância da cultura, seja para economia brasileira quanto por sua importância na alimentação da população.

Na fase de levantamento bibliográfico, segundo Prodanov e Freitas (2013) busca-se levantar arcabouço teórico no intuito de contextualizar a pesquisa, analisando estudos e pesquisas mais recentes sobre o tema a ser estudado. Sendo assim, um levantamento bibliográfico foi realizado, sobre a agricultura, o panorama agrícola no Brasil, acerca do cultivo

de feijão no país, decisão multicritério e método ELECTRE III, com o intuito de alcançar um maior conhecimento dos conteúdos abordados.

Posterior ao levantamento bibliográfico, iniciou-se a construção da modelagem do problema. Essa fase depende de uma representação mais fiel possível da realidade, para explicar eventos que ocorrem na prática. É necessário a utilização de variáveis corretas, para antever ocorrências com mais exatidão (Ackoff e Sasieni, 1971). A metodologia escolhida nessa etapa foi fundamentada no método ELECTRE III, por adequar as variáveis escolhidas com a resposta a ser alcançada.

A próxima etapa consistiu na análise e teste do modelo, onde os dados coletados foram analisados, para verificar se seriam capazes de fornecer os resultados esperados, após a modelagem. Nessa fase, averiguou-se a capacidade do sistema de gerar boas informações com base no que se buscava, e, não sendo satisfatório, retorna-se ao passo anterior para uma redefinição ou adoção de um novo método.

No estágio de aplicação do modelo, os dados numéricos foram utilizados no Software Electre III, com o intuito de avaliar a produtividade da cultura do feijão nos estados brasileiros, permitindo um ranqueamento conforme seus indicadores. Ao final, com as informações adquiridas, foi possível ranquear a produtividade com base nos parâmetros escolhidos, assim como tecer uma análise dos resultados encontrados.

4 MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

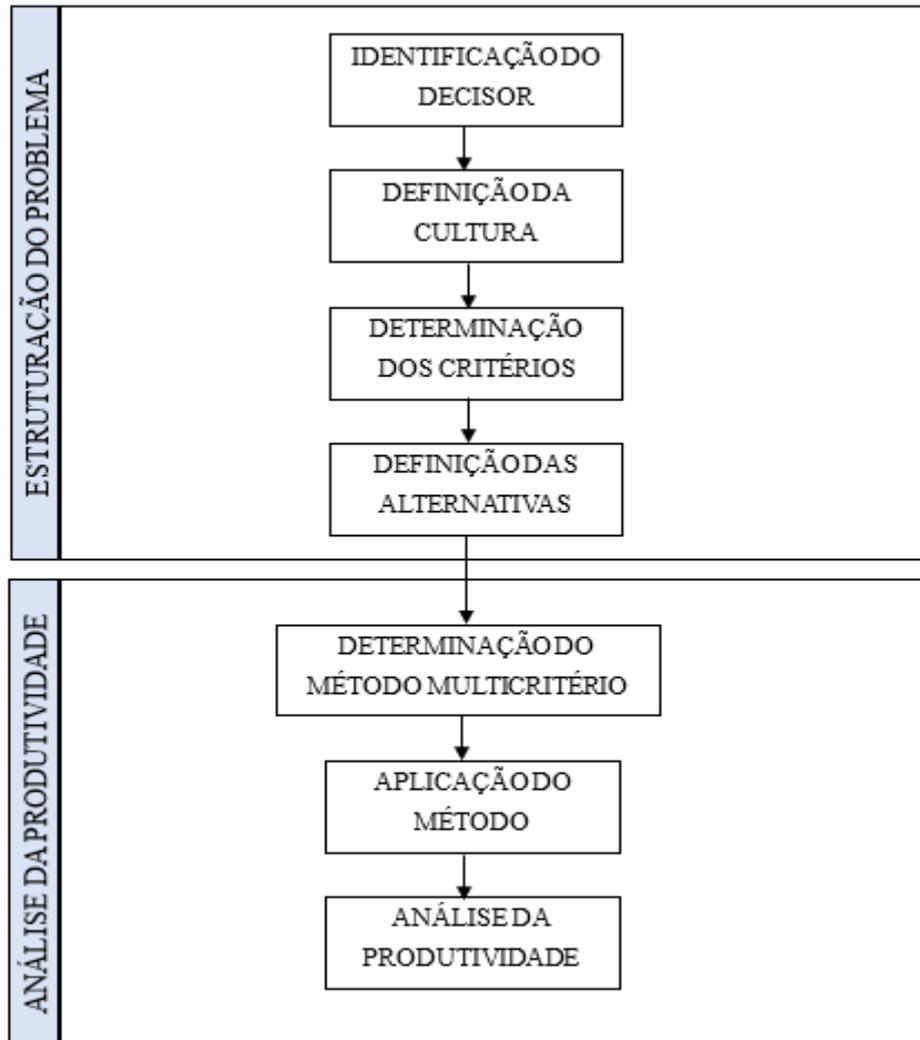
É importante a aplicação de modelos que ajudem a compreender fatores que interfiram na produtividade das culturas em diferentes áreas de produção. Diversas características se relacionam à capacidade de produção das regiões, formando um conjunto de dados que, quando analisados, podem fornecer políticas para controle do potencial produtivo das unidades produtivas, seja a nível municipal, estadual ou federal.

Nesse sentido, o modelo exposto tem o intuito de ranquear regiões com relação à produtividade agrícola. Essa pesquisa contribui para que possíveis decisores, sejam eles profissionais agrícolas ou atores governamentais, compreendam os fatores que agem sobre a produtividade agrícola, permitindo a construção de um planejamento que auxilie a melhorar índices em áreas menos produtivas, além de entender os aspectos que interferem no potencial produtivo de cada localidade.

4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo proposto é dividido em duas fases: estruturação do problema e análise da produtividade, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Modelo proposto



Fonte: Autoria própria (2023)

Na fase de estruturação do problema, identifica-se os possíveis decisores, define-se a cultura a ser analisada, determina-se os critérios que serão utilizados, e posteriormente, define-se as alternativas. Na segunda fase, determina-se o método multicritério, partindo-se então para sua aplicação, e, por fim, é realizada a análise da produtividade.

4.1.1 Estruturação do problema

Inicialmente, deve-se identificar o decisor, que, no caso em questão, pode ser um ator governamental, por exemplo, profissionais que atuem nas secretarias e ministérios da agricultura, além de técnicos e engenheiros das áreas agroindustriais de empresas e cooperativas. Conforme Gomes, Gomes e Almeida (2009), caracteriza-se o decisor como uma

pessoa ou conjunto delas que agem no processo de tomada de decisão, e para os quais se destina o poder e a responsabilização numa situação de deliberação.

A cultura deve ser determinada junto ao decisor, com auxílio de reuniões de *brainstorming*. Conforme Corrêa et al (2021), esse é um procedimento amplamente utilizado durante a etapa de planejamento de um projeto, que visa encontrar alternativas para resolução de problemas. Para definir os critérios para o ranqueamento das alternativas, deve-se considerar as preferências dos decisores, com base na literatura e experiência, além de observar os dados disponíveis para a análise, tais como documentação interna da organização ou índices disponíveis em órgãos de pesquisa ou governamentais, a fim de corresponder às necessidades dos decisores.

Por fim, as alternativas são definidas de acordo com as necessidades do decisor. Por exemplo, um ator governamental pode utilizar esta análise para verificar a produtividade agrícola de municípios, estados, regiões ou países, assim como um gestor empresarial pode estudar o comportamento de unidades produtivas do negócio, que podem ser avaliadas conforme seus índices de produtividade. De acordo com Toresan *et al* (2019), os indicadores de produtividade influenciam na definição de área de plantação, do tipo de tecnologia a ser empregada, na redução de custos e melhoria nas condições de produção. Neste sentido, analisar o comportamento das alternativas auxilia na tomada de decisão, tanto por profissionais agrícolas como órgãos e agentes públicos.

4.1.2 Análise da produtividade

Para a análise da produtividade, primeiramente deve-se escolher o método adequado ao problema. Neste caso, utilizou-se o método multicritério ELECTRE III, que examina diversos critérios para executar o ranqueamento, considerando os diferentes fatores que agem sobre a produtividade. Dessa forma, as respostas encontradas serão mais fiéis a realidades das áreas a serem estudadas. Este método se adequa ao problema porque:

- Considera vários critérios para a determinação da produtividade;
- Auxilia no processo de tomada de decisão por recomendar ações ou um conjunto de ações, apresentando aos decisores alternativas, e não somente uma única solução (GROSS, 2010);
- Ordena as alternativas de melhor à pior, possibilitando ranquear as alternativas mais satisfatórias dentre todas as analisadas (Infante, Mendonça e Valle, 2010).

- É um método não compensatório, de forma que o desempenho muito alto em uma alternativa não compensa baixo desempenho em outra, resultando em um ranking equilibrado (Araújo, Alencar e Mota, 2021).
- É um método simples e de fácil entendimento por parte do decisor, além de possuir um software para resolução, o que facilita o processo decisório.

Por fim, analisa-se a produtividade, com o objetivo de entender como está o desempenho produtivo de cada região estudada, sendo possível, a partir destas informações, agir sobre áreas com baixos níveis de produção. Esses índices auxiliam na gestão eficiente de políticas públicas ou empresariais que focam na melhoria da performance produtiva, no gerenciamento da produção e na economia do agronegócio em geral (Toresan *et al*, (2019).

4.2 APLICAÇÃO DO MODELO

O modelo apresentado foi aplicado no Brasil, que possui cinco principais regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, com vinte e seis estados e uma unidade federativa, contendo 5570 municípios, com uma população total de 203.080.756 pessoas e densidade demográfica de 23,86 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2023).

4.2.1 Estruturação do problema

Para realização do estudo, inicialmente definiu-se o decisor, que no caso em questão é um especialista responsável pela estruturação do problema. A cultura escolhida foi o feijão, devido a sua importância para a economia do país e por ser parte constituinte da alimentação básica e diária da população brasileira, além de ser fonte de renda para pequenos produtores em diversas regiões, sendo fonte de subsistência e renda.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023) o feijão é uma das principais culturas que compõe a base alimentar da população do Brasil, uma das principais fontes de ferro, proteína e carboidrato, além de gerar renda para agricultores em razão de sua comercialização. É cultivada em praticamente todos os estados do país, e por ser uma espécie com aspectos fisio-morfológicos adaptáveis, é compatível com as condições ambientais da área de cultivo (Fuscaldi e Prado, 2005). Segundo os autores, essas características fazem com que haja uma produção diversa, além de sustentar os trabalhadores do campo, abastecer o mercado e estar na mesa da população.

Para analisar a produtividade agrícola, é necessário estudar quais fatores são relevantes para determinar o ranqueamento das regiões. Assim, o decisor, em conjunto com um especialista em produtividade, determinaram os critérios importantes para a análise. Dentre os critérios escolhidos, o ‘preço para o produtor’ foi descartado por não apresentar informações suficientes para as alternativas escolhidas. Os critérios utilizados são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Critérios de Avaliação

CÓDIGO	CRITÉRIO	DEFINIÇÃO	MÁX/MIN
<i>Cr₁</i>	Valor da Produção	Valor do total da produção anual em reais.	Maximizar
<i>Cr₂</i>	Quantidade Produzida	Valor da quantidade anual produzida em toneladas.	Maximizar
<i>Cr₃</i>	Área Colhida	Valor da área colhida anual medida em hectares.	Maximizar
<i>Cr</i>	Rendimento Médio	Valor do cálculo do rendimento médio anual em Kg/hectare.	Maximizar

Fonte: Autoria Própria (2023)

Esses critérios permitem determinar as regiões com maior e menor índices de produtividade, possibilitando que os decisores identifiquem onde deve-se realizar ações para aumento dos níveis de produção. A escolha dos critérios precisa ser feita de modo preciso, para que as soluções encontradas auxiliem os decisores no processo de tomada de decisão.

Posteriormente, as alternativas foram determinadas. Neste caso, considerou-se os estados brasileiros mais a unidade federativa. A Tabela 3 mostra a sua codificação:

Tabela 3 - Alternativas de avaliação

CÓDIGO	ALTERNATIVA
<i>A₁</i>	Rondônia
<i>A₂</i>	Acre
<i>A₃</i>	Amazonas
<i>A₄</i>	Roraima
<i>A₅</i>	Pará
<i>A₆</i>	Amapá
<i>A₇</i>	Tocantins
<i>A₈</i>	Maranhão
<i>A₉</i>	Piauí
<i>A₁₀</i>	Ceará
<i>A₁₁</i>	Rio Grande do Norte
<i>A₁₂</i>	Paraíba
<i>A₁₃</i>	Pernambuco
<i>A₁₄</i>	Alagoas
<i>A₁₅</i>	Sergipe
<i>A₁₆</i>	Bahia
<i>A₁₇</i>	Minas Gerais
<i>A₁₈</i>	Espírito Santo
<i>A₁₉</i>	Rio de Janeiro
<i>A₂₀</i>	São Paulo
<i>A₂₁</i>	Paraná
<i>A₂₂</i>	Santa Catarina
<i>A₂₃</i>	Rio Grande do Sul
<i>A₂₄</i>	Mato Grosso do Sul
<i>A₂₅</i>	Mato Grosso
<i>A₂₆</i>	Goiás
<i>A₂₇</i>	Distrito Federal

Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a estruturação do problema, realizou-se a aplicação do método multicritério de apoio à decisão para a análise da produtividade agrícola.

4.2.2 Análise de produtividade

Após a determinação das alternativas e escolha dos critérios, ocorreu a aplicação do método de apoio à decisão multicritério, com a finalidade analisar a produtividade agrícola da cultura do feijão nos estados brasileiros. Para isso, utilizou-se o software J-ELECTRE para fazer o ranqueamento das alternativas. A tabela 04 expõe a matriz de avaliação das alternativas com relação aos critérios. Os dados para avaliação de desempenho dos critérios utilizados nessa pesquisa foram coletados no site do IBGE (2022).

Tabela 4 - Matriz de avaliação das alternativas

ALTERNATIVA	CRITÉRIOS			
	<i>Cr</i> ₁ (R\$)	<i>Cr</i> ₂ (Ton)	<i>Cr</i> ₃ (Hec)	<i>Cr</i> ₄ (Kg/hec)
<i>A</i> ₁	14.411,00	2787	3137	888
<i>A</i> ₂	15.168,00	2930	5225	561
<i>A</i> ₃	2.831,00	839	982	909
<i>A</i> ₄	6.477,00	1713	965	1775
<i>A</i> ₅	79.845,00	20922	27360	765
<i>A</i> ₆	1.652,00	1100	1200	917
<i>A</i> ₇	162.380,00	57474	54571	1053
<i>A</i> ₈	99.131,00	27470	47744	575
<i>A</i> ₉	267.971,00	65334	191108	342
<i>A</i> ₁₀	476.920,00	101980	371633	247
<i>A</i> ₁₁	79.185,00	16015	40415	369
<i>A</i> ₁₂	115.204,00	26749	78011	343
<i>A</i> ₁₃	242.277,00	49942	148581	336
<i>A</i> ₁₄	28.402,00	7641	11849	645
<i>A</i> ₁₅	7.725,00	2192	3409	643
<i>A</i> ₁₆	662.167,00	140837	306080	460
<i>A</i> ₁₇	2.529.122,00	475364	287949	1651
<i>A</i> ₁₈	54.628,00	9909	9486	1045
<i>A</i> ₁₉	6.673,00	1451	930	1560
<i>A</i> ₂₀	1.138.287,00	234837	84079	2793
<i>A</i> ₂₁	2.949.085,00	733319	474665	1545
<i>A</i> ₂₂	438.872,00	108105	67606	1599

<i>A₂₃</i>	330.193,00	85322	61812	1380
<i>A₂₄</i>	82.669,00	18183	10670	1704
<i>A₂₅</i>	839.042,00	272056	177522	1533
<i>A₂₆</i>	1.555.961,00	342170	127527	2683
<i>A₂₇</i>	188.230,00	35700	13100	2725

Fonte: Autoria Própria (2023)

Para realizar o ranqueamento das alternativas de acordo com as necessidades do decisor, é necessário atribuir pesos aos critérios. Para isso, utilizou-se o procedimento de Simos revisado, proposto por Figueira e Roy (2002), para determinar a importância relativa (pesos) destes, de acordo com a experiência dos especialistas.

Neste procedimento, inicialmente os critérios foram ranqueados em ordem crescente (do menos para o mais importante). Em seguida, determinou-se o grau de importância de um critério com relação ao outro, inserindo cartões brancos entre estes. Assim, foi inserido um cartão branco entre valor de produção e área colhida, um cartão entre área colhida e rendimento médio e dois cartões entre este último e quantidade produzida. Por fim, indagou-se ao especialista quanto a quantidade produzida (critério mais importante) é mais importante que o valor da produção (critério menos importante), que considerou a quantidade produzida quatro vezes mais importante que o valor da produção. A Figura 8 expõe graficamente a análise executada pelo decisor:

Figura 8 - Análise dos conforme decisor critérios



Fonte: Autoria Própria (2023)

Depois dessa análise, e com o auxílio do Microsoft Excel, calculou-se os pesos não normalizados e os normalizados, conforme Tabela 5:

Tabela 5 - Determinação dos pesos

RANK r	CRITÉRIOS NO RANK r	NÚMERO DE CARTÕES DE ACORDO COM O RANKING r e_r	PESO NÃO NORMALIZADO $k(r)$	PESO NORMALIZADO CONSIDERADO ($W=2$)
1	Cr_1	1	1	11,4554098
2	Cr_3	1	1,42857143	16,3934426
3	Cr_4	2	2,28571429	26,2295082
4	Cr_2		4	45,9016393

Fonte: Autoria Própria (2023)

Como o somatório dos pesos deve ser igual a 1, os valores encontrados nos pesos normalizados foram divididos por 100, conforme Tabela 6:

Tabela 6 - Pesos finais dos critérios

CRITÉRIO	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4
Peso (%)	0,1148	0,459	0,1639	0,2623

Fonte: Autoria Própria (2023)

Para a aplicação do método, deve-se determinar os valores do limiar de indiferença (Q), de preferência (P) e o veto (V). Além disso, utilizou-se um lambda (λ), que é o nível de credibilidade para validar a afirmação de que uma alternativa sobreclassifica a outra, de 0,50. Na Tabela 7, todos os parâmetros são expostos:

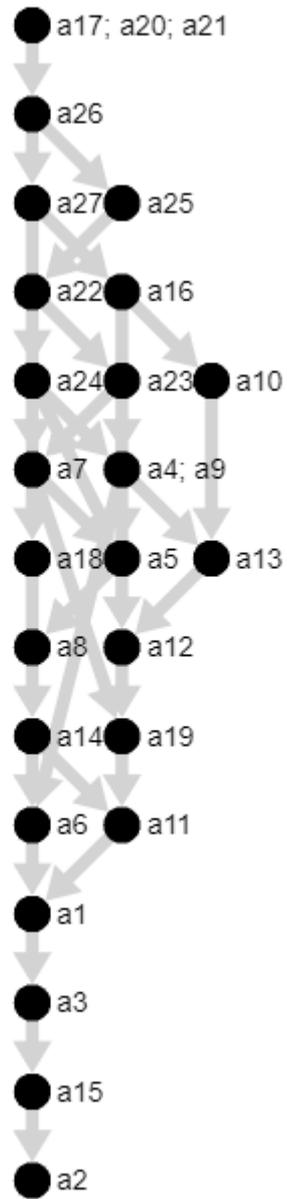
Tabela 7 - Valores dos parâmetros do problema

CRITÉRIOS	PARÂMETROS			
	Q	P	V	W
Valor da Produção	0	1	1	0,1148
Quantidade Produzida	0	1	1	0,459
Área Colhida	0	1	1	0,1639
Rendimento Médio	0	1	1	0,2623

Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a obtenção de todos os dados necessários para a execução da análise, o software J-ELECTRE foi utilizado para o ranqueamento das alternativas. Na interface do programa, determinou-se o número de alternativas (27), o número de critérios (4), os valores do limiar de indiferença (Q), o de preferência (P) e o veto (V) e os pesos para cada critério. Adiante, o software elaborou o ranking dos estados com os melhores desempenho na produtividade para os piores. Na Figura 9, é possível ver o gráfico gerado pelo J-ELECTRE depois da análise.

Figura 9 - Gráfico gerado pelo software.



Fonte: Autoria Própria (2023)

A Tabela 8, mostra o posicionamento das alternativas.

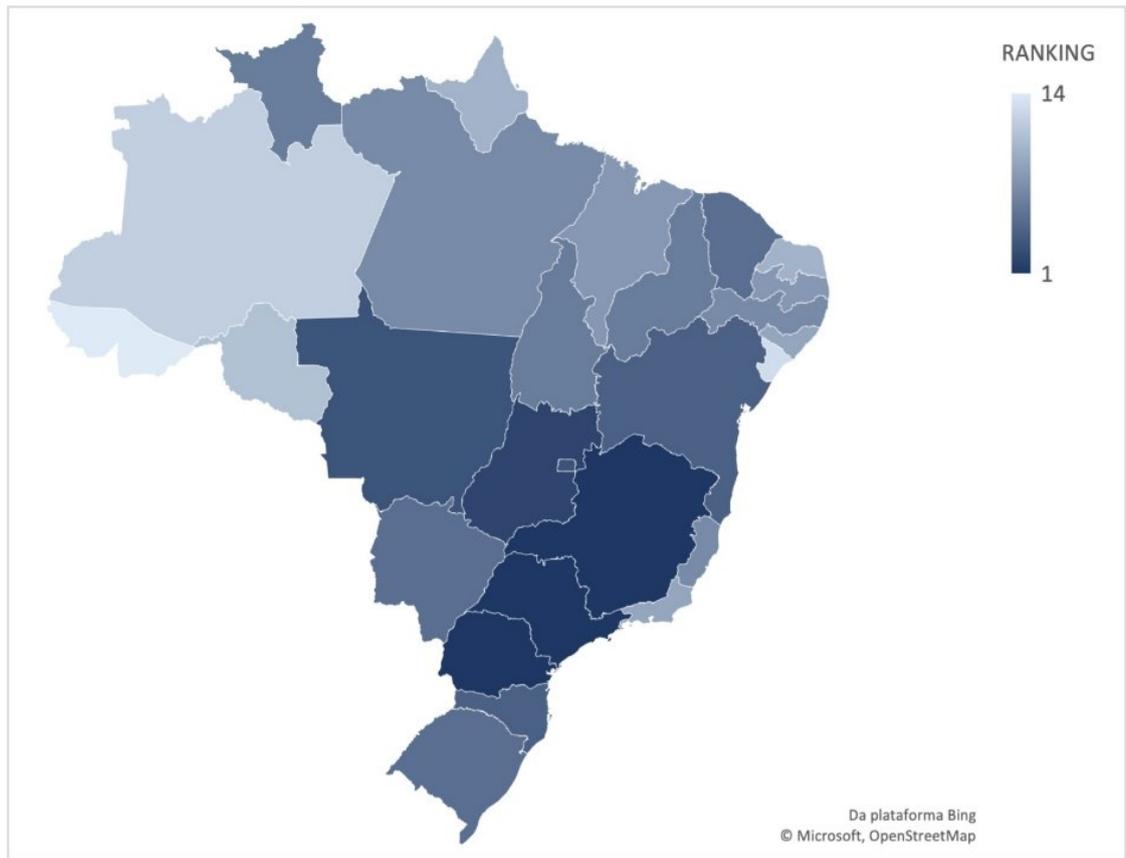
Tabela 8 - Ranqueamento das alternativas.

RANKING	ALTERNATIVAS
1	Minas Gerais, São Paulo e Paraná
2	Goiás
3	Distrito Federal e Mato Grosso
4	Santa Catarina e Bahia
5	Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Ceará
6	Tocantins, Roraima e Piauí
7	Espíritos Santo, Pará e Pernambuco
8	Maranhão e Paraíba
9	Alagoas e Rio de Janeiro
10	Amapá e Rio Grande do Norte
11	Rondônia
12	Amazonas
13	Sergipe
14	Acre

Fonte: Autoria Própria (2023)

Nas primeiras posições do ranking, temos os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Santa Catarina, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Ceará, se destacando nas primeiras cinco posições, com alguns deles compartilhando de mesmo posicionamento na tabela. No outro extremo da tabela, destacam-se Amapá, Rio Grande do Norte, Rondônia, Amazonas, Sergipe e Acre como os piores ranqueados. O mapa da Figura 10 mostra como os índices de produtividade se apresentaram nas diversas regiões do país.

Figura 10 - Produtividade nas regiões do país



Fonte: Autoria Própria (2023)

Na imagem, os estados melhores ranqueados possuem a cor azul mais escura, e estão concentrados na região centro-oeste, sul e sudeste, e os piores tem uma concentração mais evidente nos estados do Norte, mas há menores índices em outras regiões.

Após a aplicação do método, uma análise de sensibilidade foi realizada para aferir a robustez do modelo proposto quanto a pequenas variações nos valores dos pesos dos critérios. Neste sentido, alterou-se o peso de todos os critérios, igualando-os a 0,25. O ranqueamento das alternativas após as mudanças é exibido na Tabela 9:

Tabela 9 - Ranqueamento das alternativas pós análise de sensibilidade.

RANKING	ALTERNATIVAS
1	Minas Gerais, São Paulo e Paraná
2	Goiás
3	Distrito Federal e Mato Grosso
4	Santa Catarina e Bahia
5	Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Ceará
6	Tocantins, Roraima e Piauí
7	Espíritos Santo, Pará e Pernambuco
8	Maranhão e Paraíba
9	Alagoas e Rio de Janeiro
10	Amapá e Rio Grande do Norte
11	Rondônia
12	Amazonas
13	Sergipe
14	Acre

Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a análise de sensibilidade, verificou-se que não houve nenhuma alteração no ranking das alternativas, o que significa que o modelo não é sensível a pequenas variações nos pesos dos critérios.

4.3 PROPOSTAS DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO PARA CADEIA DO FEIJÃO

O Plano Nacional de Desenvolvimento da Cadeia do Feijão e Pulses, proposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), tem como objetivo estratégico chamar a atenção por partes dos produtores agrícolas para organizar e desenvolver a cadeia produtiva do feijão. O intuito do projeto é incrementar a produção de feijão e pulses para atender a demanda interna e externa, aumentando o consumo no país e elevando as exportações de feijões e pulses ao volume de 500 mil toneladas por ano, até 2028. Conforme o órgão

governamental responsável, há uma falta de políticas públicas que se comprometam em enfrentar as dificuldades que impedem a expansão e o fortalecimento da cultura.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) listou os temas considerados prioritários pelos atores dos setores, com objetivo de desenvolver e promover a cadeia produtiva:

1. Política agrícola: preço mínimo, seguro rural, armazenagem e instrumentos de comercialização;
2. Insumos agropecuários: registros, sementes certificadas, pesquisa e inovação;
3. Mercado interno: programa para incentivar o consumo de feijão e pulses no país;
4. Mercado externo: identificar mercados em potencial, promover os produtos nacionais e eliminar barreiras de comercialização
5. Organização da cadeia produtiva;

O Plano Nacional de Desenvolvimento da Cadeia do Feijão e Pulses existe com o propósito de criar melhores condições para a cadeia produtiva no geral, sem levar em consideração os diversos formatos e níveis de produção, sem diferenciar áreas com maior ou menor produtividade. Neste sentido, este trabalho propõe melhorias fundamentais aos que possuem menores índices, e apresenta formas de os melhores ranqueados diferenciar os seus produtos.

Nesse sentido, se tratando dos estados nas cinco últimas posições, políticas mais urgentes e fundamentais devem ser trabalhadas para a melhoria do processo. Logo, é necessário atuar para que o preço do feijão não sofra tanta oscilação, causando lucro em um ano e prejuízo em outros, com o objetivo de equilibrar custo e produtividade. É importante garantir um preço mínimo para que haja uma redução nessas variações na renda dos trabalhadores rurais. Essa mudança assegura a estes um pagamento mínimo, além de atuar como baliza na oferta do produto, regulando o fornecimento nacional.

Ainda no que se refere aos estados nas últimas posições do ranking, o seguro rural é outra importante área a se focar, já que a produção de feijão é uma atividade de alto risco econômico, sendo necessário ter esse seguro para se proteger de possíveis eventualidades. A efetuação dessa proteção cria condições para garantir um processo produtivo melhor.

Para os estados no meio do ranking, se faz necessário investir em armazenagem. Só produtores rurais e cooperativas têm acesso a crédito para esse fim, enquanto os setores que recebem, comercializam e empacotam o produto, não possuem os mesmos benefícios. Outra área que necessita de viabilização é a de assistência técnica e extensão rural para incremento de produção, formando e aperfeiçoando técnicos para mensurar os resultados.

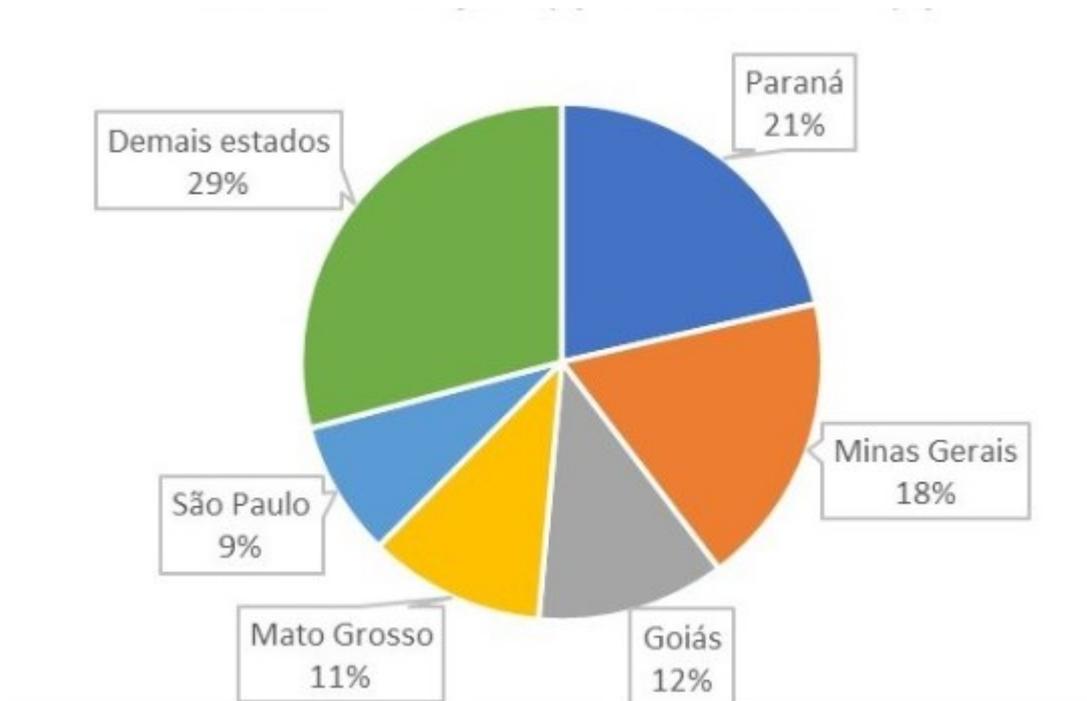
Para os estados com as cinco melhores posições do ranking, a estratégia é diferenciação de produto, por meio de políticas que façam os seus produtos se destacarem dos demais. Adoção de instrumentos de comercialização, como as Boas Práticas Agrícolas, que além de agregar valor ao cultivo do feijão, elevando os padrões de qualidade e competitividade, cria condições para desenvolvimento da cadeia.

Outro foco é criar condições para a utilização de sementes certificadas. Para isso, o produtor precisa ter acesso a financiamento. Outra questão é a identificação de mercados internacionais em potencial, aprofundando o conhecimento sobre estes e se atualizando sobre as novidades mais recentes no comportamento dos consumidores.

4.3.1 Discussões

Em posse de todos os resultados, analisou-se que o posicionamento dos estados com maiores índices de produção corresponde às informações expostas por Wander e Silva (2023) para a EMBRAPA. Estes autores afirmam que os principais estados produtores de feijão são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso e São Paulo, e os que possuem os maiores índices de produtividade estão entre São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e o Distrito Federal, corroborando com as informações encontradas na aplicação do modelo. A Figura 11 exibe a porcentagem de produção de cada estado, de acordo com os autores:

Figura 11 - Participação dos principais estados produtores na produção brasileira de feijões do período entre 2019 e 2021.



Fonte: Wander e Silva (2023)

O diferencial do modelo proposto é a análise de múltiplos fatores que influenciam na produtividade agrícola, tornando a tomada de decisão mais abrangente. Enquanto Wander e Silva (2023) analisaram as estatísticas de produção do cultivo de feijão, categorizam os estados produtores conforme seu volume de produção, e instituições e órgãos como IBGE, CONAB, EMBRAPA e o próprio MAPA consideram a quantidade produzida, acarretando numa visão menos inclusiva do cenário produtivo, o presente estudo permite investigar essas informações de maneira mais abrangente, considerando outros critérios que influenciam na produtividade agrícola.

Outra vantagem do modelo proposto é o uso de um método multicritério simples e de fácil entendimento pelo decisor. Além disso, a existência de um Sistema de Apoio à Decisão, o J-Electre, facilita a disseminação do modelo e torna-o mais acessível aos decisores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um grande debate sobre a importância da agricultura, seja no seu papel basilar, que é a alimentação, assim como sua influência direta na economia de municípios, estados, regiões e países. Diversos atores públicos e privados se debruçam nessa temática, para entender como suprir as demandas cada vez maiores de maneira mais sustentável e sempre gerando renda a todos os componentes da cadeia produtiva.

Assim, um levantamento bibliográfico foi realizado acerca da produtividade agrícola e foi constatada a demanda por um modelo que auxiliasse na classificação de áreas produtivas com base em índices de produtividade. Neste sentido, um modelo multicritério de apoio a decisão foi proposto para analisar e ranquear a produtividade agrícola de diferentes regiões, com o objetivo de definir e priorizar políticas de acordo com a posição no ranking de produtividade. Para este modelo, utilizou-se o método ELECTRE III, que permite se alinhar as demandas dos decisores, sendo de fácil manuseio e permitindo ao decisor utilizar diversos critérios para fundamentar a análise. A partir deste modelo, os gestores poderão analisar e ranquear áreas de produção conforme múltiplos critérios, e assim agir na elaboração de políticas para melhoria do desempenho produtivo.

Em seguida, realizou-se a aplicação do modelo para a produtividade do feijão nos estados brasileiros. Os resultados obtidos mostraram que há uma concentração de alta produtividade nos estados das regiões centro-oeste, sul e sudeste, com destaque a baixa produtividade na região norte, mas tendo outras áreas baixas posições no ranking. Em todos os casos, políticas foram propostas para a melhoria das condições de produção, seja com implementação de políticas que garantam condições básicas de produção, até estratégias de diferenciação de produto e internacionalização de mercado, de acordo com a posição dos estados no ranking. É imprescindível que se garanta essas melhorias para obtenção de melhores resultados nos índices produtivos.

Assim, verificou-se que este modelo apresenta um método positivo e ajustável, com capacidade de gerar resultados reais, possibilitando identificar áreas que necessitam de maiores incentivos com base nos critérios analisados. Ademais, o decisor tem a possibilidade de modificar os fatores considerados com base em suas necessidades. Espera-se, com isso, apoiar a aplicação de políticas que melhorem as condições produtivas da cultura analisada, visando aumento de produtividade.

Recomenda-se, para futuros estudos, utilizar outros métodos da família ELECTRE, inclusive para categorizar em alta, média e baixa produtividade, aplicar o modelo em outras

culturas, utilizar o método em unidades produtivas de uma empresa ou até mesmo em municípios de um estado, gerar uma nova análise com dados obtidos por decisor que atue no meio agrícola.

REFERÊNCIAS

- ABBADE, E. B. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 9, nº 3, jul-set/2014, p. 149-158.
- ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro, 1971.
- AKUTSU, J.; REIS, L. F. R. Emprego do método electre na análise multicriterial aplicada ao gerenciamento regional integrado de resíduos sólidos urbanos. Congresso brasileiro de ciência e tecnologia em resíduos e desenvolvimento sustentável, Florianópolis, 2004. 549-559. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/11/11-024.pdf>. Acesso em: 29 Outubro 2023.
- ANDRADE, M. M. D. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 10ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ARAÚJO, M. C. B.; ALENCAR, L. H.; MIRANDA MOTA, C. M.. Classification model for bid/no-bid decision in construction projects. **International Transactions in Operational Research**, v. 29, p. 1025-1047, 2021.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura E Sustentabilidade: Contexto, Desafios E Cenários*. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, 2004. 15-30. Disponível em: https://www.ufrgs.br/temas/wp-content/uploads/2021/04/2004_agricultura_sustentabilidade.pdf. Acesso em: 21 Novembro 2023.
- ASSUNÇÃO, P. E. V. **Análise da competitividade da cadeia de produção do feijão-comum: um estudo de caso utilizando a matriz de análise de política (MAP)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p 81. 2013. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Paulo_Eterno_Ven%C3%A2ncio_Assun%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 21 Nov. 2023.
- BASILIO, M. P.; PEREIRA, V. **Estudo sobre a premiação das áreas de segurança pública no Rio de Janeiro via método multicritério**: uma aplicação do método Electre III. *EXACTA*, São Paulo, Janeiro/Março 2020. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/8725>. Acesso em: 29 Outubro 2023.
- BOLONHEZI, A. C. **Agricultura geral**. Ilha Solteira - SP: UNESP, 2012. p. 96, [s.d.].
- BORTOLOTI, K. **Metodologia da pesquisa**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: SESES, 2015.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA, P. A. **O desafio alimentar no século XXI Estudos**: Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro, 24, 2016. Disponível em: <https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/784>. Acesso em: 21 Nov.2023.
- BUCHANAN, J.; SHEPPARD, P.; VANDERPOOTEN, D. Project ranking using Electre III. *In: ANNUAL CONFERENCE ORSNZ*, Auckland, 1998. Disponível em:

<http://www.esc.auckland.ac.nz/Organisations/ORSNZ/conf33/papers/p58.pdf>. Acesso em: 28 outubro 2023.

CARVALHO, A. X. Y. D.; LAURETO, C. R.; PENA, M. G. Crescimento da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=25708. Acesso em: 21 Nov. 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 1 primeiro levantamento, outubro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 10 Out. 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 10 Outubro 2023.

CORRÊA, L. V. M. *et al.* **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, 4, Setembro/Outubro 2021. 22799-22806. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/75809025/pdf.pdf>. Acesso em: 08 de Nov. 2023.

COSTA, L. V. *et al.* Produtividade Agrícola e Segurança Alimentar dos Domicílios das Regiões Metropolitanas Brasileiras. **RESR, Piracicaba**, 51, 2014. 661-680. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/VZ9f8S9CkVjRKDKw8ZWpnyg/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 21 de Nov. 2023.

EHLERS, E. **O que é agricultura sustentável**. 1ª. ed. São Paulo: Brasiliense, 2017.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em: 25 Out. 2022.

FERREIRA, D.; SOUZA JR, J. R. D. C. Comércio exterior do agronegócio: setembro de 2023. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Brasília, p. 7. 2023.

FIGUEIRA, J.; ROY, B. Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. **Eur. J. Oper. Res.** 139, p 317–326. 2002.

FURTADO, A. B. Como Escrever Artigos Científicos, Dissertações e Teses. 3ª. ed. Belém: [s.n.], 2020. Disponível em: abfurtado.com.br. Acesso em: 11 de Out. 2023.

FUSCALDI, K. C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. Revista de Política Agrícola, Brasília, Jan/Fev/Mar. 2005. 14. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/download/527/477#:~:text=O%20feij%C3>

[%A3o%20tem%20extrema%20import%C3%A2ncia,do%20arroz%20e%20do%20trigo.](#)
Acesso em: 26 Out. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L F A M; GOMES, C F S; ALMEIDA, A T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GONZALEZ, B. C. R; COSTA, S. M. A. L. Agricultura Brasileira: Modernização e Desempenho. Teor e Evidência Econômica, Passo Fundo, 5, Maio 1998. 7-35. Disponível em: http://cepeac.upf.br/download/rev_n10_1998_art1.pdf. Acesso em: 25 Out. 2022.

GRAZIANO, X.; GAZZONI, D. L.; PEDROSO, M. T. **Agricultura: fatos e mitos: fundamentos para um debate racional sobre o agro**. São Paulo: Baraúna, 2020.

GROSS, J. C. **Multicritério de apoio à decisão**. Indaial: UNIASSELVI, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br>.

INFANTE, E. D. D. C.; MENDONÇA, F. M.; VALLE, R. D. A. B. Análise de robustez com o método Electre III: o caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais. Gestão e Produção, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/RWZKtGLtxm3VzNKyPJbRFTN/?lang=pt>. Acesso em: 29 Outubro 2023.

JUNIOR, C. A.; PIRATELLI, C. L.; PACHECO, B. C. S. **Métodos de apoio à decisão multicritério: uma revisão sobre aplicações em avaliação da educação**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, 8, n. 1, Janeiro 2022. 6129-6143. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43146>. Acesso em: 29 Outubro 2023.

KIYUNA, I.; ASSUMPCÃO, R. Os fenômenos climáticos El Niño e LaNiña e os preços do feijão no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 25-44, jun. 2001. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2001/tec2-0601.pdf>. Acesso em: 29 Out. 2022.

KRETER, A. C. *et al.* Comércio exterior do agronegócio: primeiro semestre de 2022. Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2022/07/comercio-exterior-do-agronegocio-primeiro-semester-de-2022/>. Acesso em: 29 Out. 2022.

LANDAU, E. C. et al. Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas. Brasília: **Embrapa**, v. 1, 2020.

LIMA, J.G.; POZO, O. C. V. ; FREITAS, R. R.; MAURI, G. D. Startups no agronegócio brasileiro: uma revisão sobre as potencialidades do setor. **Brazilian Journal of Production Engineering**. 2017. p 107-121.

LOBATO, M. B. **Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método electre III**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. CURTIBA, p. 284. 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/2163>. Acesso em: 29 Out. 2023.

LOPES, A. S. L.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade Do Solo E Produtividade Agrícola. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2007. 1017. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~nutricaoeplantas/fertisolo.pdf>. Acesso em: 21 Nov. 2023.

MADKE, L. T.; RIEGER, S. K. B.; ALVES, D. D. S. M. **A Importância Da Agricultura No Brasil**. MoEduCitec, Ijuí, 28 Outubro 2022. 1-4. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/moeducitec/article/view/22593/21070>. Acesso em: 21 Novembro 2023.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Plano Nacional de Desenvolvimento da Cadeia do Feijão e Pulses. Brasília, p. 44. 2018.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 Projeções de Longo Prazo. Brasília, p. 126. 2019.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 8ª. ed. São Paulo: **Atlas**, 2017.

MARTINS, A. L. **A Grande Lavoura no Brasil 1850 a 1890**. 7ª. ed. São Paulo: Atual, 1999.

MARTINS, A. L. **História do café**. 2ª. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de café no Brasil**: Manual de recomendações. Varginha: Futurama Editora, 2016.

MATTOS, S. M. N. **Conversando sobre metodologia da pesquisa científica**. Porto Alegre: Fi, 2020. Disponível em: <http://www.editorafi.org>. Acesso em: 11 Out. 2023.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: UNESP, 2010.

MELLO, J. C. C. B. S. *et al.* Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão e sua aplicação no projeto aerodesign. **Engevista**, Rio de Janeiro, 5, n. 8, 2003. 22-35. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8726>. Acesso em: 29 Out. 2023.

MIRANDA, E. **Potência agrícola e ambiental áreas cultivadas no Brasil e no mundo**. AGROANALYSIS, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174066/1/4942.pdf>. Acesso em: 21 Novembro 2023.

NEVES, G. R.; GALHARDI, A. C.; LUCATO, W. C. Aplicação e comparação de métodos de apoio à decisão multicritério: AHP, TODIM e PROMETHEE II. *EXACTA*. São Paulo. Janeiro/Março 2022. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/17531>. Acesso em: 29 de Out. 2023.

OLIVEIRA, C. Produção de grãos no Brasil: entenda o cenário e como ele afeta sua lavoura. *AEGRO*, 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/producao-de-graos-no-brasil/>. Acesso em: 01 de Set. 2023.

OLIVEIRA, M. M. D. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

PELEGRINI, D. F.; BEZERRA, L. M. C.; HASPARYK, R. G. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 38, 2017. 84-91. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiza-Capanema/publication/324413264_Dinamica_da_producao_de_feijao_no_Brasil_progresso_tecnico_e_fragilidades/links/5acce7a50f7e9bcd519c3d4b/Dinamica-da-producao-de-feijao-no-Brasil-progresso-tecnico-e-fragilidades.pdf. Acesso em: 25 Outubro 2022.

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da pesquisa científica**. 1ª. ed. Santa Maria: UFSM, NTE, 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

SAATH, K.C. O. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e as limitações do fator terra no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Economia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p 103. 2016. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/168097>. Acesso em: 21 Nov. 2023.

SANTOS A. B, NASCIMENTO F. S. Transformações ocorridas ao longo da evolução da atividade agrícola: algumas considerações. **Enciclopédia biosfera, Goiânia**, vol.5, n.8, 2009. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2009B/transformacoes.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

SANTOS, L. P. D. *et al.* Agronegócio brasileiro no comércio internacional. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, 2015. 54-69. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16354/13320>. Acesso em: 21 Nov. 2023.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 1ª. ed. São Paulo : Cortez, 2013.

SILVA, G. B.; BOTELHO, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Revista de extensão e estudos rurais**, Viçosa, 3, 2014. 93-125. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/23084/14390/103393#:~:text=Neste%20contexto%2C%20j%C3%A1%20na%20d%C3%A9cada,de%20desenvolvimento%20econ%C3%B4mico%20do%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 25 de Out. 2022.

SILVA, N.; CESARIO, A.; CAVALCANTI, I. Relevância do agronegócio para economia brasileira atual. **X Encontro De Iniciação À Docência, João Pessoa**, 2007. Disponível em: <http://www.prac.ufpb.br/anais/IXEnex/iniciacao/documentos/anais/8.TRABALHO/8CCSAD/AMT01.pdf>. Acesso em: 08 Novembro 2023.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. O Feijão-Comum no Brasil Passado, Presente e Futuro. **Embrapa Arroz e Feijão**. Santo Antônio de Goiás, p. 63. 2013. (ISSN 1678-9644 ; 287).

TAUGER, M. B. **Agriculture in world history**. 1ª. ed. Nova York: Routledge, 2011.

TELLES, Leomara Battisti. **Proposta de um modelo de avaliação de desempenho para empreendimentos rurais de economia solidária**: uma abordagem utilizando o método multicritério ELECTRE TRI. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

TORESAN, L. *et al.* **Indicadores de desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina**: 2018 e 2019. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, Dezembro 2019. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Indicadores_Desempenho_Agronegocio.pdf. Acesso em: 21 Novembro 2023.

TÔSTO, S. G. *et al.* Diagnóstico socioeconômico da cultura do feijão no Brasil. **Embrapa Monitoramento por Satélite**. Campinas, p. 24. 2012. (0103-7811).

WANDER, A. E., & SILVA, O. F. Cultivo do Feijão: Estatística da produção. **Embrapa**: 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/socioeconomia/estatistica-da-producao>. Acesso em 23 de Nov. de 2023