



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HELDER TENÓRIO CAVALCANTI

**PROCESSO ESTRUTURADO DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NA BACIA LEITEIRA DE PERNAMBUCO: uma abordagem
multicritério**

Caruaru

2019

HELDER TENÓRIO CAVALCANTI

**PROCESSO ESTRUTURADO DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NA BACIA LEITEIRA DE PERNAMBUCO: uma Abordagem
multicritério**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

C376p Cavalcanti, Helder Tenório.
Processo estruturado de decisão para seleção de fornecedores na bacia leiteira de Pernambuco: uma abordagem multicritério. / Helder Tenório Cavalcanti. – 2019.
77 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Thalles Vitelli Garcez.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.
Inclui Referências.

1. Leite – Produção (Pernambuco). 2. Processo decisório por critério múltiplo. 3. Laticínios – Processamento (Pernambuco). 4. Processo decisório – Modelos matemáticos. I. Garcez, Thalles Vitelli (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.) UFPE (CAA 2019-046)

HELDER TENÓRIO CAVALCANTI

**PROCESSO ESTRUTURADO DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NA BACIA LEITEIRA DE PERNAMBUCO: uma abordagem
multicritério**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 20/02/19

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr. Luciana Hazin Alencar (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho, aos meus avós paternos e maternos e aos meus pais, “In Memoriam”, por toda representação de força e determinação, pois sem os ensinamentos e lições de vida muitos sonhos não se realizariam. Dedico também a minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais uma oportunidade de crescimento pessoal e intelectual, por toda a força e capacidade para terminar mais essa jornada de conhecimento.

A minha família por todo o suporte durante este tempo de aprendizado e por serem minhas referências de vida. Em especial agradeço aos meus irmãos pelo apoio incondicional de sempre, meus tios (Pero e Vital) pelo acolhimento, a tio Paulo pela proteção, a todos os tios e tias que sempre demonstram a força de ir atrás dos objetivos, aos primos que são irmãos, e sempre um ponto de apoio para todas as dificuldades. Aos sobrinhos e sobrinhas por mostrar a inocência e a beleza da infância. A todos os familiares.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Thalles Garcez, por toda a paciência e suporte dado na elaboração da dissertação, e os conselhos para a vida. A todos os professores do PPGEP-CAA, pela oportunidade de aprender com os melhores.

Aos amigos e colegas do mestrado, pela turma incrível que nós formamos, fomos aprendendo nos dois anos como a união nos deixou mais fortes e as batalhas mais agradáveis. Aos colegas do laboratório Random, um lugar de aprendizado e partilha. Aos amigos da vida e para a vida, que são formados a cada degrau que vamos subindo e conquistando, por deixar a vida mais leve e as conversas mais agradáveis.

Agradeço a FACEPE pelo apoio financeiro que propiciou o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

Atualmente os índices de produtividade da atividade leiteira tem recebido destaque positivo no Brasil. No estado de Pernambuco não é diferente, sendo essa atividade uma das mais importantes em contexto econômico, representada pelo Arranjo Produtivo Local (APL) leiteiro na região Agreste de Pernambuco. O gerenciamento da cadeia produtiva em setores alimentícios assume um perfil complexo, devido principalmente à perecibilidade do alimento. Portanto, o leite e seus derivados entram como produtos que necessitam de alguns cuidados em relação a sua compra, transporte e processamento. Nas empresas de laticínios, a escolha de fornecedores é um problema de decisão recorrente, na qual seus gestores lidam com desafios em relação ao preço, custos de produção, margens de comercialização, gestão da informação, mudanças tecnológicas e climáticas, confiabilidade dos fornecedores, qualidade do insumo leite, etc., que impactam diretamente no gerenciamento do negócio. Desta forma, o presente trabalho propõe um processo estruturado de decisão para seleção de fornecedores de leite, através de um método de apoio à decisão multicritério, chamado GAVM (*Grey Additive-Veto Model*), que considera a importância do decisor ser capaz de representar os desempenhos das alternativas (fornecedores) em cada critério, através de avaliação numérica incompleta, imperfeita ou vaga, através do uso dos *grey numbers*; e o poder do decisor vetar alternativas através de dois tipos de vetos: o veto de desempenho e o veto do tamanho da incerteza. Como validação e aplicação do modelo proposto, um estudo de caso foi estruturado em um laticínio da região Agreste do estado de Pernambuco. Avaliou-se quinze fornecedores de leites em seis diferentes critérios: rendimento dependente da quantidade de caseína do leite, preço de venda do litro de leite, tecnologia e organização da fazenda, confiabilidade, distância da fazenda ao laticínio e quantidade da produção diária de cada produtor. Como resultado, tem-se o ordenamento decrescente dos melhores fornecedores, indicando ao decisor a escolha entre as opções que ficaram no topo do ranque a depender da demanda de leite requisitada pelo laticínio e a quantidade de leite fornecida pelos respectivos fornecedores. Além disso, fez-se uma análise de sensibilidade através da análise enriquecida do ranking, na qual demonstra-se a sensibilidade da incerteza sobre a alteração do ranque final de fornecedores. Esta análise permite ao decisor escolher se vai despendar recursos adicionais ou não na tentativa de reduzir a incerteza intervalar do *grey number*. Como resultado, observou-se que o modelo de decisão proposto pôde lidar com a estrutura de preferência compensatória do decisor, considerando o poder de veto e as incertezas inerentes aos processos de decisão, principalmente considerando o setor agropecuário onde a incerteza surge devido à natureza aleatória do clima, desempenho de produtividade e outros fatores imprevisíveis. Além disso, o modelo proposto e os resultados observados mostraram-se robustos com a análise de sensibilidade.

Palavras-chave: Seleção de fornecedores. Cadeia produtiva do leite. MCDM. GAVM (*Grey Additive-Veto Model*).

ABSTRACT

The productivity indexes of dairy activity have been positively highlighted in Brazil. In the state of Pernambuco, it is not different, being this activity one of the most important in an economic context, represented by the Local Productive Arrangement (APL) dairy in the Agreste region of Pernambuco. The management of the productive chain in food sectors assumes a complex profile, mainly due to the perishability of the food. In this context, milk and dairy products need some care in relation to their purchasing, transportation and processing. In dairy companies, the choice of suppliers is a recurring decision problem, in which their managers deal with challenges in relation to price, production costs, margins of marketing, information management, technological and climatic changes, suppliers reliability, quality milk input, etc., which have a direct impact on business management. In this way, the present work proposes a structured decision-making process for selection of milk suppliers through a multicriteria decision support method called GAVM (Gray Additive-Veto Model), which considers the importance of the decision maker to be able to represent the performance of the alternatives (suppliers) in each criterion, through incomplete, imperfect or vague numerical evaluation through the use of grey numbers; and the power of the decision maker to veto alternatives through two types of vetoes: the performance veto and the width veto . As validation and application of the proposed model, a case study was structured in a dairy in the Agreste region of the state of Pernambuco. Fifteen milk suppliers were evaluated in six different criteria: yield dependent on the amount of milk casein, sale price of the liter of milk, technology and organization of the farm, reliability, distance from the farm to the dairy and daily production of each producer. As a result, the ranking of the best suppliers is decreasing, indicating to the decision maker the choice between the options at the top of the ranking depending on the demand for milk required by the dairy and the amount of milk supplied by the suppliers. In addition, a sensitivity analysis was performed through the enriched ranking analysis, which demonstrates the sensitivity of uncertainty over the change in the final ranking of suppliers. This analysis allows the decision maker to choose whether to spend additional resources or not trying to reduce the grey number interval uncertainty. As a result, it was observed that the proposed decision model was able to deal with the compensatory preference structure of the decision-maker, considering the veto and the uncertainties inherent in decision-making processes, especially considering the agricultural sector where uncertainty arises due to the random nature climate, productivity performance and other unpredictable factors. In addition, the proposed model and the observed results were robust with the sensitivity analysis.

Keywords: Supply selection. Milk production chain. MCDM. GAVM (Gray Additive-Veto Model).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia, estruturação do trabalho.....	20
Figura 2 - Fases de Construção do modelo MCDM com GRA.....	33
Figura 3 - Framework para Seleção de Fornecedores.....	44
Figura 4 - Agregação das funções após aplicação dos Métodos, GAM e GAVM. ...	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de avaliação das alternativas.....	52
Tabela 2 - Parâmetros	54
Tabela 3 - Função Valor Global, GAM.....	54
Tabela 4 - Resultados de graus de Preferência, GAM.....	55
Tabela 5 - Resultados dos índices de Preferência, GAM	55
Tabela 6 - Ranqueamento pelo índice de preferência $\pi(\otimes X_i, \otimes X_j)$, $\forall j = 1, \dots, m$ para cada alternativa $\otimes X_i$ com ordem ascendente.	57
Tabela 7 - Resultado da Aplicação do GAM.....	58
Tabela 8 - Análise de performance do veto $z_j(\otimes A_i)$ e do veto de largura $z_{wj}(\otimes A_i)$ no GAVM.....	58
Tabela 9 - Função de veto total	59
Tabela 10 - Função Valor Global, GAVM.....	59
Tabela 11 - Resultados de graus de Preferência, GAVM.....	60
Tabela 12 - Resultados dos índices de Preferência, GAVM	60
Tabela 13 - Ranqueamento pelo índice de preferência $\pi \otimes X_i, \otimes X_j, \forall j = 1, \dots, m$ para cada alternativa $\otimes X_i$ com ordem ascendente, GAVM.	62
Tabela 14 - Análise Comparativa do Rank GAM x GAVM.....	63
Tabela 15 - Minimização da largura do grey number, sem alterar o ranking do GAVM.....	66
Tabela 16 - Maximização da largura do grey number, sem alterar o ranking do GAVM.....	66

LISTA DE SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
APL	Arranjo Produtivo Local
BNDS	Banco Nacional do Desenvolvimento
CONDEPE/FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
ELSAQ/USP	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	FAO Statistical Database
GAM	Grey Additive Model
GAVM	Grey Additive-Veto Model
GN	Grey Numbers
GRA	Grey Relational Analysis
GSA	Global Sensitive Analysis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN 62	Instrução Normativa n° 62
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MADM	Multiple Attribute Decision Making
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MCDM/A	Multiple-Criteria Decision Making/Analysis
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
MODM	Multiple Objective Decision Making
PIB	Produto Interno Bruto
PLMO	Programação Linear Multiobjetivo
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
QFD	Quality Function Deployment
ROC	Rank Order Centroid
SMART	Simple Multi-Attribute Rating Technique

TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
USDA	United States Department of Agriculture
VIKOR	ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.3	Metodologia.....	18
1.4	Estrutura deste Trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1	Fundamentação Teórica	22
2.1.1	Apoio à Decisão Multicritério	22
2.1.1.1	Modelo Aditivo	25
2.1.1.2	Modelo Aditivo com Veto	26
2.1.1.3	Modelo aditivo com Veto para a Problemática de Escolha.....	27
2.1.1.4	Modelo aditivo com Veto para a Problemática de Ordenação	28
2.1.2	Teoria dos Números Grey	29
2.1.3	Grey Additive-Veto Model (GAVM)	32
2.1.3.1	Análise Enriquecida do Ranking.....	37
2.2	Revisão da Literatura	38
2.2.1	Cadeia Produtiva do Leite	38
2.2.1.1	Cenário do Leite em Pernambuco.....	39
2.2.2	Seleção de Fornecedores	41
2.2.2.1	Seleção de Fornecedores através de MCDM/A	42
3	PROCESSO ESTRUTURADO DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	44
4	ESTUDO DE CASO.....	47
4.1	Caracterização da Empresa	47
4.2	Critérios.....	48
4.3	Análise dos Dados e Resultados	54
4.4	Análise de Sensibilidade.....	65
4.5	Considerações Finais sobre o Capítulo.....	66
5	CONCLUSÕES	68

5.1	Limitações e Dificuldades	69
5.2	Sugestões de Pesquisas Futuras	70
	<i>REFERÊNCIAS</i>.....	71

1 INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo ao qual as empresas são apresentadas torna-se um motivador para a análise de melhores táticas e estratégias, buscando assim inovação e melhores práticas dentro das indústrias. A tomada de decisões está diretamente ligada a questões estratégicas, que impactam nas diretrizes de gestão empresarial. Desta forma, considerar múltiplos aspectos torna-se relevante ao decisor, já que este trabalha com objetivos conflitantes.

Um dos procedimentos de melhor aplicação em ambientes dinâmicos e com existência de múltiplos objetivos são os Métodos Multicritério de Apoio a Decisão (em inglês, *Multiple-Criteria Decision Making/Analysis – MCDM/A*). Para Wang (2010), destaca-se a importância dos métodos MCDM/A como conjunto de ferramentas para abordar difíceis decisões em organizações, pois auxiliam os gestores em situações de incerteza, complexidade e com interesses distintos.

Para um eficiente gerenciamento da cadeia produtiva, envolve-se diversos setores que fazem parte do escopo da organização, tais como: compras, finanças, vendas, produção, transporte, etc. Dentro desses setores, um problema de efeito prático e comum em toda cadeia produtiva é a escolha de fornecedores, que podem ser estudados sobre diferentes perspectivas. Segundo Lima Junior; Osiro e Carpinetti (2014), a seleção de fornecedores está diretamente ligada aos métodos multicritério, por envolver múltiplos fatores quantitativos e qualitativos simultâneos, por exemplo, qualidade e preço. A seleção de fornecedores é destacada como uma das peças fundamentais da cadeia de suprimentos e que afeta diretamente a tomada de decisão gerencial (GHADIMI; GHASSEMI TOOSI; HEAVEY, 2017).

Os fornecedores fazem parte do escopo maior devido à importância que os insumos tem para um melhor desenvolvimento dos produtos, flexibilidade dos sistemas produtivos (NDUBISI et al., 2005) e performance das organizações (THRULOGACHANTAR; ZAILANI, 2011). Por sua vez, Amorim et al. (2016) discorrem sobre a importância da fonte de suprimento dentro do setor alimentício, devido a questões ligadas a qualidade e confiabilidade do produto final.

Para Ahumada e Villalobos (2009), o gerenciamento de cadeias produtivas e de suprimentos, no setor voltado para alimentos, podem assumir um perfil mais complexo em comparação com outras, devido a perecibilidade dos alimentos, e as necessidades específicas de refrigeração, transporte e questões ligada a contaminação. Portanto, o leite e seus derivados entram como produtos que necessitam de alguns cuidados em relação a compra, transporte e

processamento, evitando riscos à saúde dos consumidores, integrando de forma benéfica os participantes da cadeia (AUGUSTIN et al., 2013).

Atualmente os índices de produtividade da atividade leiteira tem recebido destaque positivo devido à maior demanda por produtos de origem láctea, impulsionada pelo crescimento populacional, melhoria de renda e mudança de hábitos dos consumidores (FAO, 2012). O setor agropecuário tem destaque na economia brasileira, assim como a pecuária do leite está entre um dos fatores mais importantes, já que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais. No estado de Pernambuco, não é diferente, sendo essa atividade uma das mais importantes em contexto econômico, fazendo parte dos arranjos produtivos locais (APL), em destaque a região Agreste. Carvalho et al., (2009) demonstram alguns fatores que trazem o leite a ser de fato uma atividade competitiva no estado, como conhecimento, cultura e consumo crescente do próprio produto e seus derivados.

No âmbito de seleção de fornecedores dentro da bacia leiteira de Pernambuco, que será apresentado através de um estudo de caso utilizou-se o modelo proposto por Garcez e de Almeida (2018), o GAVM (*Grey Additive-Veto Model*), que adiciona a teoria dos números *grey* dentro do modelo de agregação aditiva com veto. Este modelo é aplicado para a problemática de ordenamento de alternativas, considerando a importância para o tomador de decisão a representação de informação imperfeita e incompleta e permitir o veto de alternativas através da performance e da largura dos números *grey*.

1.1 Justificativa

Dado o ambiente dinâmico que o mercado se encontra, derivado de mudanças intensas no ambiente institucional, científico e tecnológico, tais aspectos tem um significativo impacto na forma de gerir o agronegócio, assim como o próprio setor leiteiro (BREITENBACH; RODRIGUES; BRANDÃO, 2018). Neste contexto de atualizações, a produção e gerenciamento dos laticínios do estado pernambucano devem ser melhor estruturados, afim de um trazer competitividade e abrangência para o setor.

Segundo o Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA, 2011), a produção leiteira e de seus derivados tem grande importância econômica para o estado de Pernambuco, movimentando dessa forma a economia regional. Pernambuco é o segundo maior produtor de leite da região nordeste, dado que na primeira colocação encontra-se a Bahia, e o Ceará como o terceiro. Destaca-se que é importante afirmar que tanto o segundo como o terceiro lugar tem perspectivas de crescimento produtivo e incentivos à produção de leite (REIS FILHO; SILVA,

2013). Pelos relatos encontrados na pesquisa pecuária municipal realizada pelo IBGE, todos os anos, no ano de 2016 o estado pernambucano se aproximava em produção do estado da Bahia, e o Ceará vem demonstrando força de mercado com uma das maiores granjas leiteiras do país.

Dentro da cadeia produtiva do leite, os agentes participantes devem lidar com desafios como preço, custos de produção, margens de comercialização e novas prospecções como a gestão da informação, mudanças tecnológicas e exportação que auxiliam no gerenciamento do negócio e mitigação de riscos (do VALE et al., 2007).

O acompanhamento dos custos referentes a produção e da eficiência zootécnica e outros indicadores de gestão são fundamentais para aferir a rentabilidade econômica e ambiental de fazendas, auxiliando a sobrevivência do empreendimento (ANDERSEN et al., 2007).

Este estudo analisa a tomada de decisão na cadeia produtiva do leite em Pernambuco, considerando que a maioria das propriedades que trabalham no setor agropecuário são de pequeno e médio porte no Brasil (IBGE, 2016). Demonstrando desta forma novas perspectivas de estudos, considerando que se trata de uma cadeia produtiva que deve ser analisada através de múltiplos atributos. Fica exposta a necessidade de aumentar a especialização dos fazendeiros que vendem o leite, assegurando alguns aspectos de qualidade e higiene, assim como os dos compradores para melhor negociação e segurança.

leite é de essencial importância para os donos de laticínios, dado que é a principal fonte para a manufatura de derivados. Portanto, deve-se garantir que a comercialização seja feita da maneira mais adequada possível desde o primeiro elo da cadeia produtiva. Considerar a aplicação de um modelo multicritério para a seleção de fornecedores de leite, são poucos os trabalhos que tem essa temática, traz para os produtores uma nova maneira de verificar os fornecedores, não apenas pelo preço, procedimento de escolha muito comum entre os produtores regionais.

Em complemento, dentro do cenário competitivo a seleção de fornecedores deve ser considerada como uma decisão estratégica, principalmente pelo impacto nos custos totais na manufatura de um produto podendo variar entre 40% a 80%. Essas porcentagens são entendidas pela terceirização de algumas atividades dentro das organizações e o que demonstra a importância desse tipo de decisão (AGUEZZOUL; LADET, 2007).

Para Arikan (2013) além de ser uma das decisões mais importantes da área de compras para os gestores dentro da cadeia de suprimentos, a seleção de fornecedores apropriada deve satisfazer alguns critérios como qualidade, custo, entrega e o serviço para os consumidores, o que faz esse tipo de seleção está tão próxima da metodologia multicritério. Dado os efeitos que os métodos multicritério tem no processo de avaliação e seleção, decidindo quais critérios são

mais críticos na tomada de decisão, tornam-se muito importantes para a seleção, avaliação e desenvolvimento dos fornecedores (OMURCA, 2013).

Para a problemática de ordenação (ROY, 1996), que atribui um ranking de melhores alternativas, o veto é um aspecto importante dentro dos métodos multicritério, devido a ligação de aceitação para o decisor, que prefere vetar algumas alternativas que não tiveram um desempenho bom em alguns critérios. Para ordenação a alternativa não será eliminada, está apenas recebera punições de posição (de ALMEIDA 2013).

Hao (2010) discorre que incerteza e risco são termos inerentes em qualquer processo decisório, descrevendo a incerteza como a falta de conhecimento sobre as probabilidades de retorno de qualquer ativo. Nos processos agropecuários há presença de incerteza devido à natureza aleatória do clima, variação da produção, e alterações de mercado e outros fatores imprevisíveis (do VALE et al., 2007). Os *Grey Numbers (GN)* apresentados por Deng (1989) são números intervalares com valor exato desconhecido e são ideais para sistemas com escassez de informação e incertos.

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é estruturar um processo de decisão multicritério para seleção de fornecedores no setor alimentício, especificamente, no processo produtivo lácteo.

1.1.2 Objetivos específicos

Para a solidificação do objetivo geral do trabalho, os objetivos específicos são descritos por:

- Contextualizar a bacia leiteira e a sua cadeia produtiva, evidenciando a sua importância no âmbito nacional e para o seu desenvolvimento no estado de Pernambuco;
- Incorporar ao modelo de decisão características que considerem a estrutura de preferência compensatória do decisor, tal como a possibilidade de veto, e as incertezas advindas de informações incompletas;
- Aplicar o estudo em um laticínio do estado de Pernambuco, com o objetivo de verificar a robustez e aplicabilidade do modelo proposto, identificando quais são as barreiras e principais objetivos do produtor, assim como as particularidades regionais para aplicação.

- Apresentar uma análise dos resultados no estudo de caso aplicado, revelando as dificuldades de aplicação, e as contribuições dessa abordagem no contexto empresarial regional.

1.3 Metodologia

O trabalho se desenvolve em torno da tomada de decisão multicritério no contexto da seleção de fornecedores. Além disso, um estudo de caso é apresentado para melhor definição dos parâmetros dentro do contexto real. Podendo assim ser descrito, a partir da visão dos objetivos, como uma pesquisa exploratória na primeira parte de desenvolvimento, com propensão de trazer maior familiaridade com o problema. Pela natureza a pesquisa pode ser descrita como aplicada, dado que objetiva gerar conhecimento dentro da cadeia produtiva do leite com a seleção de fornecedores.

Através da análise contextual, o método de pesquisa é escolhido, caracterizando a melhor abordagem para aplicação no ambiente empresarial estudado, neste caso a bacia leiteira de Pernambuco. Segundo Miguel et al. (2010), o estudo de caso trata-se de uma estruturação empírica que tem como principal atribuição a investigação dentro de um contexto real, aprofundando-se em um ou mais objetos de análise. Esses autores ainda descrevem um sequenciamento do estudo com definição conceitual-teórica, planejamento dos casos, condução dos testes, coleta e análise de dados e geração de resultados.

A estruturação e modelagem para resolução do problema de seleção de fornecedores dentro do contexto de decisão multicritério contida neste trabalho será construída e baseada na estruturação de resolução de problemas definido por de Almeida et al. (2015). Essa estrutura contém três fases principais. A primeira é chamada de fase preliminar na qual os elementos básicos para formulação do problema são estruturados, assim os principais autores são identificados, como o decisor ou grupo de decisores; os objetivos são ilustrados; critérios, ações e problemática são estabelecidos. A segunda fase é voltada para estruturação dos fatores que tem forte influência na escolha do método, por avaliar o perfil de preferência que o decisor possui e avaliação inter-critério e intra-critério. E por fim, as alternativas são avaliadas, verifica-se a robustez do modelo através da análise de sensibilidade, a análise dos resultados obtidos e as ações recomendadas terminando com a implementação da decisão.

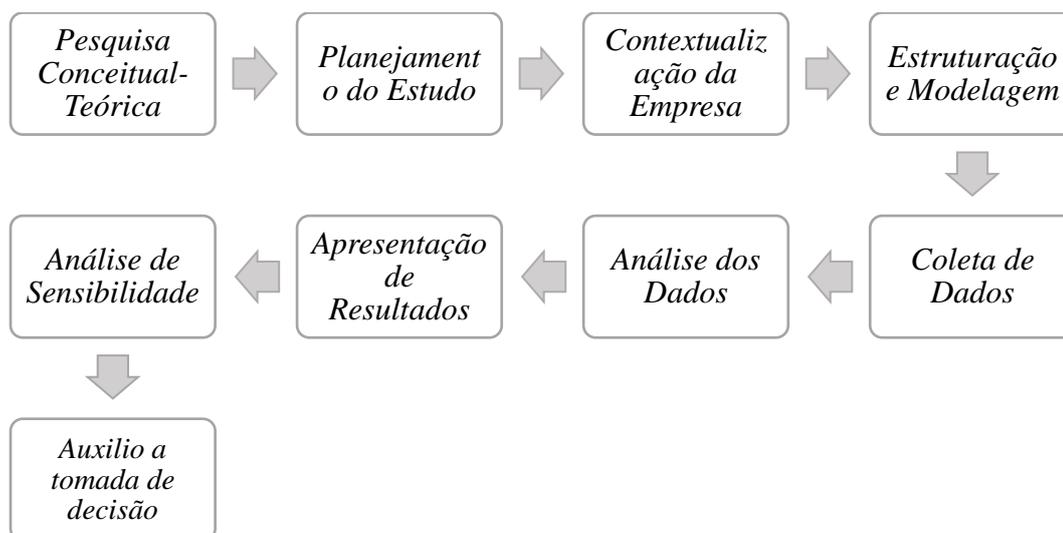
Após o estabelecimento dos métodos de pesquisa e qual a estrutura estes seguem a metodologia desenvolvida para este trabalho é demonstrada na Figura 1:

- i. Pesquisa Conceitual-Teórica: as principais bases de dados foram utilizadas, e a revisão foi dada com os principais termos relacionados a seleção de fornecedores,

apoio multicritério a decisão e cadeia produtiva do leite e a teoria dos números Grey. Dessa forma, um melhor embasamento permitiu o entendimento, compreensão e análise dos temas.

- ii. Planejamento do Estudo: após a fundamentação qual o foco e a melhor abordagem para o desenvolvimento da pesquisa, quais técnicas deverão ser utilizadas para coletar informações.
- iii. Contextualização da Empresa: descrição detalhada de como se comporta a organização, suas principais características, identificação dos objetivos estratégicos.
- iv. Estruturação e Modelagem: após a caracterização da empresa a estruturação contempla alguns passos, como definição do decisor, escolha dos critérios que representam as premissas do decisor e ambiente estudado, assim como a utilização do método mais apropriado para resolução do problema, as etapas tem ligação com o desenvolvimento de estruturação dado por de Almeida et al. (2015).
- v. Coleta de Dados: aplicação de entrevistas in loco e pesquisas de campo para obter os dados necessários para a aplicação do modelo proposto, as possíveis alternativas de fornecimento e suas características.
- vi. Análise dos Dados: o modelo de decisão é aplicado respeitando as restrições que foram encontradas;
- vii. Apresentação dos Resultados: após análise e aplicação do modelo, demonstrando quais os principais resultados obtidos, qual a aderência com os resultados esperados, além de uma breve discussão sobre esses e
- viii. O desenvolvimento da análise de sensibilidade para verificar a robustez das respostas adquiridas e como as alterações em alguns parâmetros podem alterar os resultados;
- ix. Por fim o ranqueamento é apresentado e o decisor pode escolher qual ou quais serão as alternativas responsáveis pelo fornecimento.

Figura 1- Metodologia, estruturação do trabalho



Fonte: O Autor (2019)

1.4 Estrutura deste Trabalho

O primeiro capítulo trata-se de uma breve introdução sobre a indústria láctea e sua cadeia produtiva, demonstrando a importância desse estudo. Destacando-se, os objetivos para elaboração desse trabalho, além de demonstrar a decisão multicritério e a seleção de fornecedores. Continuando com a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento do trabalho, a formulação do projeto de pesquisa, como se estruturou o tipo de pesquisa, que neste trabalho trata-se de um estudo de caso.

No segundo capítulo há a exploração da fundamentação teórica, base conceitual, explorando o apoio a decisão multicritério e seus métodos, dando destaque aos métodos de agregação aditivo com veto e a Teoria dos números *Grey* e sua análise relacional. A apresentação do GAVM (*Grey Additive-Veto Model*). Dando continuidade ao capítulo a demonstração da revisão bibliográfica, com intuito de contextualizar o leitor com a problemática, apresentando as características da empresa alimentícia com foco no leite e a seleção de fornecedores junto aos métodos multicritério de decisão.

No terceiro capítulo é proposto o framework para a seleção de fornecedores considerando as particularidades do estudo realizado.

O quarto capítulo por sua vez traz à aplicação do método para seleção de fornecedores e a aplicação em uma empresa de derivados lácteos, dentro da bacia leiteira de Pernambuco, descrição da empresa e detalhamento das etapas do modelo. Ainda neste capítulo os resultados são obtidos e as principais discussões para a resolução alcançada, além de análise de sensibilidade para verificação da robustez do modelo.

No quinto e último capítulo é desenvolvida a conclusão do trabalho, levantando os aspectos mais relevantes encontrados no trabalho, contribuições, principais dificuldades e também possíveis propostas para trabalhos futuro

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita uma breve descrição da área de estudo em que a dissertação está baseada. Na fundamentação teórica dando o embasamento para desenvolvimento da dissertação. Quanto a revisão da literatura apresenta a problemática, com enfoque na cadeia produtiva do leite e seu desenvolvimento no Brasil e no estado de Pernambuco.

2.1 Fundamentação Teórica

A fundamentação traz uma sucinta contextualização de temas que serão utilizados dentro deste trabalho. Primeiramente, uma apresentação dos métodos de decisão multicritério, com enfoque nos principais aspectos dessa modelagem, como desenvolvimento, problemáticas, classificação. Seguido por uma breve introdução aos modelos aditivos, suas características e propriedades, evoluções para novos modelos. A teoria sobre os *grey numbers* e seu desenvolvimento e, por fim, do que se trata a seleção de fornecedores.

2.1.1 Apoio à Decisão Multicritério

Para Saaty (2008), de forma consciente ou inconsciente, cada ação é resultado de uma decisão. Por sua vez, Roy (1996) considera que decisões são tomadas quando determina-se fazer ou não fazer as coisas, ou a maneira que será feito. Para as organizações, um fator de sucesso é encontrado na sua habilidade de tomar decisões que sejam claras e objetivas, para que as empresas alcancem suas metas. Os modelos de apoio a decisão multicritério tem como principal característica a estruturação de problemas que permitam a avaliação de múltiplos valores, associados a cada um dos critérios analisados pelos decisores (KEENEY; RAIFFA, 1993).

Os problemas de decisão podem ter objetivos conflitantes que devem ser trabalhados simultaneamente, ou seja, a boa decisão deve atender aos critérios contrários que representam os objetivos definidos pelo decisor. Para este tipo de situação, os métodos de apoio à decisão multicritério (MCDM/A) são aplicados para tornar a solução mais factível dentro do contexto de múltiplos objetivos (de ALMEIDA et al., 2015).

Para Vincke (1992), essa metodologia teve maiores repercussões após a segunda metade do século XX, com o desenvolvimento de procedimentos e métodos. Os métodos MCDM/A são utilizados para auxiliar a estruturação do problema, facilitar o entendimento do decisor e melhorar a aderência ao tomador de decisão, assim como explicitar a subjetividade envolvida (ROY, 1996; BELTON; STEWART, 2002)

Os métodos MCDM/A tem diversas ramificações e classificações, porém dentro dessa abordagem exige algumas características como: um conjunto de ações que podem ser finitos ou infinitos (alternativas, soluções), e que haja ao menos dois critérios e no mínimo um decisor (de ALMEIDA et al., 2015; GRECO; EHRGOTT; FIGUEIRA, 2016). Portanto ao se deparar com um sistema de processo decisório esse normalmente contém m alternativas e n critérios, sendo $A_i, i = 1, 2, \dots, m$, e $1 < m < \infty$ com A_i sendo a i -enésima alternativa, os valores nos critérios C_j são dados por $x_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$ e $1 < n < \infty$.

A solução do MCDM/A depende da problemática à qual está inserida. Portanto, destaque-se algumas problemáticas de referência (BELTON; STEWART, 2002; ROY, 1996):

- Problemática de Escolha (P. α) – Que tem como designação auxiliar o decisor a escolher dentro de um conjunto de ações. Dentro desse conjunto a melhor ação ou subconjunto de ações que supra a necessidade será escolhida.
- Problemática de Classificação (P. β) – Para este tipo de problemática a principal característica é a classificação que leva a alocação de cada ação a uma categoria. As categorias são previamente definidas por normas/padrões ao qual a ação será destinada.
- Problemática de Ordenação (P. γ) – Tem como principal objetivo colocar as ações ordenadas, que podem ser completa ou parcial de acordo com as preferências.
- Problemática de Descrição (P. δ) – Essa problemática auxilia o decisor no desenvolvimento de uma descrição das ações e suas prováveis consequências em terminologia apropriada.
- Problemática de Portfólio - Que tem por finalidade a seleção de um subconjunto de ações, dentro de um conjunto maior, tais ações responderam a determinados objetivos e respeitando algumas de restrições, como também a forma que essas alternativas interagem.

Após a identificação da problemática referente ao problema de decisão é importante saber como os métodos MCDM/A podem ser avaliados. Estes métodos podem ser avaliados pela racionalidade pela que o decisor tem sobre o modo de agregação dos critérios, que está dividida em métodos compensatórios e não-compensatórios, também chamados de escola americana e francesa/europeia, respectivamente (ROY, 1996). Os métodos podem ser considerados como métodos multiatributo (*Multiple Attribute Decision Making* - MADM) ou métodos multiobjetivo (*Multiple Objective Decision Making* - MODM), sendo que essas classes se diferenciam pelo espaço de decisão ao qual estão atrelados o primeiro em problemas discretos

e o segundo em espaço de decisão contínuo (KAHRAMAN, 2008; PEDRYCZ; EKEL; PARREIRAS, 2011).

Além disso, outra forma de classificação dos métodos MCDM/A é dividi-los em três grupos principais: métodos de critério único de síntese, método de sobreclassificação, e métodos de interativos (ROY, 1996; BELTON; STEWART, 2002):

- Métodos de critério único de síntese, tem como principal característica a agregação de todos os critérios em apenas um valor de síntese para cada alternativa. Nesse primeiro grupo existem alguns métodos que recebem destaque: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) desenvolvido por Saaty (1987) onde os fatores são arranjados em uma estrutura hierárquica, esse é um dos mais utilizados na literatura, assim como ANP, *Analytic Network Process*, (SAATY, 1996), SMARTS e SMARTER (EDWARDS; BARRON, 1994), TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) (HWANG; YOON, 1981), MACBETH (BANA E COSTA; CORTE; VANSNICK, 2005), Modelo Aditivo com Veto (DE ALMEIDA, 2013a) entre outros. Dentre estes há uma das abordagens mais clássicas que é a Teoria da Utilidade Multiatributo (Multi-Attribute Utility Theory, MAUT), derivada da teoria da utilidade de (KEENEY; RAIFFA, 1976) que trabalha com a incerteza e o uso de probabilidades.
- Métodos de Sobreclassificação, tem como principal característica os métodos são não compensatórios, logo uma alternativa bem avaliada num determinado critério não compensa sua avaliação ruim em um outro critério importante, levando consideração as preferências do decisor para cada alternativa. Como os modelos mais aplicados temos a família ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) (ROY, 1968, 1991) e família PROMETHEE (*Preference Raking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (BRANS; MARESCHAL, 1994; BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986) com suas variações.
- Métodos interativos, esses por sua vez podem ter relação com problemas discretos ou contínuos. Como exemplo os métodos de Programação Linear Multiobjetivo (PLMO) (ALVES; CLÍMACO, 2007) que usam procedimentos interativos.

Neste trabalho será utilizado os métodos de critério de único de síntese, destacando-se o modelo de agregação aditivo, sendo um dos métodos mais utilizados para agregação de critérios. Dado a natureza compensatória dessa metodologia, uma alternativa que apresente um baixo desempenho em um critério será compensada por um melhor desempenho em outro critério (de ALMEIDA, 2013).

2.1.1.1 Modelo Aditivo

A teoria de valor multiatributo (MAVT) é uma das peças fundamentais dentro da metodologia MCDM. Em suas aplicações procura descrever e agregar a função valor do decisor em relação aos critérios. Dentro do escopo dessa teoria um dos modelos mais utilizados para agregação dos critérios trata-se do modelo aditivo.

Nesse modelo tem-se uma situação de certeza na obtenção do vetor de consequências x para cada alternativa i . Portanto, se utiliza para a avaliação intracritério a função valor $v(a)$ para cada critério, no qual o valor global ($v(x_i)$), definido pela Equação (2.1), é considerado um vetor de consequências $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$, para alternativa i (DE ALMEIDA et al., 2015).

$$v(x_i) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(x_{ij}) \quad (2.1)$$

onde, k_j é a constante de escala para o critério ou atributo j , $v_j(x_{ij})$ é a função valor da consequência do critério j , em relação à alternativa i e x_{ij} é a consequência ou resultado da alternativa i pelo critério j .

A constante de escala (k_j) é normalizada, conforme a Equação (2.2):

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1 \quad (2.2)$$

Destaca-se algumas propriedades para o modelo aditivo que devem ser verificadas antes de sua aplicação (DE ALMEIDA et al., 2015).

- A primeira é a da estrutura de preferência a qual o modelo está inserido, neste caso a estrutura (P, I) , que permite obter uma pré-ordem completa (ou completa, dado que não há incomparabilidade) entre os elementos do conjunto. Para duas consequências x_a e x_b , tem-se que: $x_a P x_b \Rightarrow v(x_a) > v(x_b)$; $x_a I x_b \Rightarrow v(x_a) = v(x_b)$.
- A transitividade também está presente no modelo, mantida pela relação de preferência R , seja P ou I , para três consequências x_a, x_b e x_c , caso $x_a R x_b$ e $x_b R x_c \Rightarrow x_a R x_c$.

- A condição de independência de preferência mútua entre critérios definida por (KEENEY; RAIFFA, 1976). Definindo-se da seguinte forma para dois critérios distintos Y e Z , a independência de preferência entre eles ocorre se e apenas se a condição de preferência no espaço do critério Y (para à avaliação intracritério dada, são demonstrados diferentes níveis de y , como y' e y''), dado um certo nível de $z = z'$, que não seja dependente do nível de z . Portanto, $(y', z')P(y'', z') \Leftrightarrow (y', z)P(y'', z)$, para todo z, y' e y'' .

Uma nova abordagem para a utilização surge com o modelo aditivo com veto que será melhor explanado na próxima seção.

2.1.1.2 Modelo Aditivo com Veto

Mesmo o decisor apresentando uma estrutura de preferência compensatória, podem existir situações na qual o decisor seja contrário a seleção de uma alternativa que tenha um desempenho muito abaixo do esperado (ou inaceitável) em um determinado critério, uma vez que foi compensada por um ótimo desempenho em outro critério. Esse tipo de situação pode ocorrer devido ao caráter compensatório do modelo aditivo, ou seja, quando analisado o valor global da alternativa este pode ser alto, mesmo com baixo desempenho em um critério, os outros critérios que demonstram um bom desempenho acabam compensando-a (de ALMEIDA, 2013).

Para casos como o citado acima, de Almeida (2013) propôs o modelo aditivo com veto. O principal objetivo desse modelo trata-se da integração da condição de preferência do veto dentro do modelo aditivo. Com intuito de explicar melhor o autor demonstra a condição de preferência do veto dada pela função veto, através dos limiares superior e inferior de veto.

A condição de preferência do veto corresponde a situação na qual o decisor sempre prefere rejeitar uma alternativa que tenha um desempenho abaixo do esperado (ou desempenho inaceitável) em um ou mais critérios, mesmo quando essa está bem avaliada no valor global, obtido através de um modelo aditivo que a coloca em uma das melhores posições do ranque. Portanto, a compensação que ocorre pela alternativa ter uma alta performance em outros critérios não faz com que o decisor a aceite. Para essa situação o decisor continua a rejeitar este tipo de alternativa. Para isso, cada critério j assume-se que existe um limiar superior de veto (u_j) e um limiar inferior de veto (l_j) dentro da função veto:

- Limiar superior de veto (u_j) – trata-se do valor mínimo de performance $v_j(a)$ que o decisor considera aceitável para qualquer alternativa no critério j .

- Limiar inferior de veto (l_j) – trata-se do valor máximo de performance $v_j(a)$ no critério j , em que o decisor está certo de rejeitar a alternativa, mesmo que essa tenha um bom desempenho em outros critérios.

Desta forma, para uma performance $v_j(a)$ igual ou abaixo ao limite inferior, o decisor veta a alternativa. Caso contrário, dado que a performance $v_i(a)$ seja acima do limite inferior o decisor pode:

- Em primeira instância considerar a alternativa aceitável conforme o modelo aditivo, se a performance $v_j(a)$ também estiver acima do limite superior u_j , ou;
- Ter a incerteza da aceitabilidade da alternativa conforme o modelo aditivo. Neste caso, assume-se que o decisor tem hesitação em considerar se a performance da alternativa é aceitável, então, uma função veto z_i entre 0 e 1, é considerada para $v_j(a)$ entre l_j e u_j .

Em cada critério, considera-se a existência de uma função veto $z_j(a)$, que reduz o valor global que a alternativa recebe, quando existe a condição de veto, dada por (2.3) (DE ALMEIDA, 2013a):

$$z_j(a) = \begin{cases} 0, & \text{se } v_j(a) \leq l_j \\ 1, & \text{se } v_j(a) \geq u_j \\ \frac{v_j(a) - l_j}{u_j - l_j}, & \text{se } l_j < v_j(a) < u_j \end{cases} \quad (2.3)$$

Com a aplicabilidade do conceito do veto integrado aos modelos aditivos, de Almeida (2013) propôs a orientação pra duas problemáticas já destacadas por Roy (1996), a problemática de escolha e de ordenação.

Roy (1996) descreve a problemática de ordenação/ranqueamento como uma representação de uma ordenação das ações ou alternativas A_i . Neste tipo de problemática, a recomendação simplesmente sugere uma ordem parcial ou completa que pode ser formada por classes contendo ações equivalentes.

2.1.1.3 Modelo Aditivo com Veto para a Problemática de Escolha

Para a problemática de escolha, a função veto para todos os critérios, tem sua obtenção através da Equação (2.1), a agregação é dada pelo produtório que demonstra a formulação do índice do veto $z(a)$ para cada alternativa a , pela Equação (2.4):

$$z(a) = \prod_{i=1}^n z_i(a) \quad (2.4)$$

O comportamento do índice se desenvolve da seguinte forma:

- Será 0, se a performance da alternativa for inaceitável para qualquer critério.
- Será 1, se a performance da alternativa for aceitável para todos os critérios.
- Estará entre 0 e 1, se houver hesitação se a performance da alternativa é inaceitável para um dos critérios. Este índice tende a ser próximo de 0, para uma $z_i(a)$ muito pequena, ou pela hesitação sobre como é a performance ser inaceitável para mais de um critério.

Considerando a problemática de escolha, integrando a índice de função discutido na equação anterior, o valor global da modelo fica igual a:

$$v(a) = \prod_{i=1}^n z_i(a) \left[\sum_{i=1}^n k_i v_i(a) \right]. \quad (2.5)$$

Para esta configuração onde o decisor deseja escolher a melhor alternativa. Quando uma alternativa é vetada, essa pode ser colocada na última posição do ranque, desde que a ideia básica do modelo que a função valor $v(a) = 0$. Por outro lado, uma alternativa pode ser votada caso o valor de $v(a) = 0$, se o valor de $z_i(a) = 0$, para qualquer i .

Mesmo em situações onde algumas alternativas sejam vetadas essas podem não ser alocadas nas últimas posições, elas devem receber um valor baixo de $v(a)$, no modelo aditivo com veto em comparação ao valor global que essas receberiam no modelo aditivo.

2.1.1.4 Modelo Aditivo com Veto para a Problemática de Ordenação

Quando se trata da problemática de ordenação/ranqueamento, o decisor está interessado na posição relativa da alternativa dentro do conjunto ao qual ela está inserida, logo a função de veto z_j , veta a posição da alternativa ao invés de rejeitá-la, essa função é ponderada pela constante de escala k_j para o critério j , na qual a alternativa está sendo vetada (de ALMEIDA, 2013). A função de ponderação é apresentada na Eq. (2.6).

$$r_j(a) = z_j(a)k_j. \quad (2.6)$$

A função soma é utilizada para realizar a agregação das funções de veto para todos os critérios para formar o índice de veto $r(a)$ para a alternativa a , dado pela Eq. (2.7):

$$r(a) = \sum_{i=1}^n r_j(a). \quad (2.7)$$

O comportamento do índice de veto é representado da seguinte forma:

- $r(a) = 1$, se a performance da alternativa for aceitável para todos os critérios.
- $0 < r(a) < 1$, caso a alternativa tenha sido vetada parcialmente por algum critério. Caso a função veto $z_j(a) = 0$, o índice passa a ser $1 - k_j$, garantindo que a função valor da alternativa seja reduzido proporcionalmente relacionado a constante de escala para a qual a alternativa é vetada.
- $r(a) = 0$, se a performance da alternativa for inaceitável para todos os critérios, ou seja, vetada em todos os critérios analisados.

Portanto, considerando a problemática de ranqueamento, o índice de veto é integrado ao no modelo aditivo modificando o valor global conforme mostrado na Eq. (2.8).

$$v(a) = r(a) \sum_{i=1}^n k_i v_i(a). \quad (2.8)$$

Com a incorporação dos conceitos pode-se verificar que o valor da alternativa é reduzido proporcionalmente a soma ponderada dos critérios, para cada alternativa que recebe veto.

Um importante aspecto para lidar com a incerteza inerente em alguns campos da tomada de decisão, tanto para problemáticas de ordenação, quanto de escolha é a teoria dos números *grey*, a metodologia fuzzy dentre outras. Uma pequena introdução sobre os *grey numbers*.

2.1.2 Teoria dos Números Grey

A teoria do Números *Grey* (*Grey Numbers*) foi proposta por Deng (1982). Essa teoria do sistema de *grey numbers* (GN) foca na análise de problemas que envolvem informação insuficiente, com amostragem reduzida e incerta. Liu; Forrest e Yang (2011) defendem que a grande aplicabilidade dos sistemas de GN, dar-se por ambientes reais normalmente apresentarem características como a incerteza e imprecisão de informações.

A nomeação dos sistemas dar-se de acordo com o grau de incerteza intrínseca à informação, em um sistema que a informação é completa nomeia-se como sistema *white*, quando não há nenhum conhecimento sobre a informação este é chamado de sistema *black*, por fim temos o sistema *grey* quando se trabalha com informação parcial (DENG, 1982; WANG et al., 2013).

Um GN é definido como um número que tem seu valor exato desconhecido, ou seja, um número indeterminado cujo o valor está dentro de um intervalo ou conjunto geral de números. E a simbologia para este tipo de numeração é dada por $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}]$ (LIU SIFENG, 2010).

Zhou e Deng (1986), continuando os estudos sobre a teoria, fazem uma análise sobre a estabilidade dos sistemas de GN, demonstrando que cálculos podem ser realizados com pouca complexidade e são de grande auxílio dentro dos estudos relacionados a essa metodologia. Liu, Forrest e Yang (2011) introduzem os conceitos fundamentais dos sistemas *grey* e também os principais componentes da teoria, além de um levantamento sobre o desenvolvimento dos estudos realizados mundialmente sobre essa teoria.

Os diversos desdobramentos para o sistema de GN são demonstrados por Deng (1989), destacando as principais áreas relacionadas com a construção de modelos, análise relacional, predição e tomada de decisão, sendo que esses sistemas são observados por representarem um alto grau de incerteza e falta de completitude nas informações.

A *Grey Relational Analysis* (GRA) é uma abordagem dentro dos sistemas *grey* com ênfase na aplicação de estimativas de um conjunto de alternativas em termos de atributos de decisão, podendo ser utilizada como uma ferramenta de análise qualitativa e quantitativa junto a resolução de combinação de múltiplos fatores (LI; YAMAGUCHI; NAGAI, 2008; MORÁN et al., 2006). As principais vantagens da GRA estão ligadas ao processo de tomada de decisão, sendo que, essa ferramenta trabalha com a incerteza em um sistema de integração com fases de captura e processamento (MENG; GUO-XI, 2018).

A GRA tem um escopo de aplicação bem definido por (WANG et al., 2013; ZHANG; LIU; ZHAI, 2011):

- estruturação de avaliação e construção,
- transformação das alternativas em sequencias de comparação dentro da matriz de performance normalizada;
- derivação da sequência de referência;
- cálculo dos coeficientes relacionais *grey*;
- determinação do grau de relação *grey*;

- ranqueamento das alternativas;

Liu et al. (2018) demonstram uma fórmula generalizada de grau de probabilidade para a classificação de números intervalares não negativos, considerando as diferentes atitudes e conhecimento do decisor. Esses autores demonstram a comparação entre dois números intervalares. Sendo $\otimes X_A = [\underline{x}_A, \bar{x}_A]$ e $\otimes X_B = [\underline{x}_B, \bar{x}_B]$. O grau de probabilidade da alternativa $A \geq B$ é dado por:

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0, & \bar{x}_A \leq \underline{x}_B \\ 1, & \underline{x}_A \geq \bar{x}_B \\ \frac{\int_{\underline{x}_B}^{\bar{x}_A} f(x) dx}{\int_{\underline{x}_B}^{\bar{x}_A} f(x) dx + \int_{\underline{x}_A}^{\bar{x}_B} f(x) dx}, & \otimes X_A \cap \otimes X_B \neq \emptyset \end{array} \right. \quad (2.9)$$

onde, $f(x)$ pode ser descrita como uma função com atitude positiva definida entre $(0, +\infty)$, essa reflete a atitude, ideia e conhecimento do decisor na comparação entre alternativas.

Esse grau de probabilidade $(P(\otimes X_A \geq \otimes X_B))$ segue algumas propriedades como transitividade, simetria, $0 \leq (P(\otimes X_A \geq \otimes X_B)) \leq 1$, entre outras (LIU et al., 2018).

Portanto, para diferentes atitudes que o decisor possa ter, as funções $f(x)$ devem ser adotadas de formas diferentes (LIU et al., 2018). Para o decisor que não tem nenhuma atitude especial referente a escala adotada. $f(x) = c$, considerada constante. Neste caso $(P(\otimes X_A \geq \otimes X_B))$ assume-se como:

$$P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) = \frac{\bar{x}_A - \underline{x}_B}{\bar{x}_A - \underline{x}_A + \bar{x}_B - \underline{x}_B}, \otimes X_A \cap \otimes X_B = \emptyset \quad (2.10)$$

Para o decisor que tenha um perfil de pessimismo, a função deve ter uma tendência uniforme decrescente $f(x) = 1/x$. Assim o grau de probabilidade é definido por:

$$P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) = \frac{\ln(\bar{x}_A) - \ln(\underline{x}_B)}{\ln(\bar{x}_A) - \ln(\underline{x}_A) + \ln(\bar{x}_B) - \ln(\underline{x}_B)}, \otimes X_A \cap \otimes X_B = \emptyset \quad (2.11)$$

Caso o decisor tenha alguma atitude otimista, a função deve crescer uniformemente com $f(x) = \sqrt{x}$. Nesse caso o grau de probabilidade é definido por:

$$P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) = \frac{\bar{x}_A \sqrt{\bar{x}_A} - \underline{x}_B \sqrt{\underline{x}_B}}{\bar{x}_A \sqrt{\bar{x}_A} - \underline{x}_A \sqrt{\underline{x}_A} + \bar{x}_B \sqrt{\bar{x}_B} - \underline{x}_B \sqrt{\underline{x}_B}}, \otimes X_A \cap \otimes X_B = \emptyset \quad (2.12)$$

2.1.3 Grey Additive-Veto Model (GAVM)

Um novo método para a problemática de ranqueamento de alternativas é proposto por Garcez e de Almeida (2018), chamado de *Grey Additive-Veto Model* (GAVM). Esse método além de considerar a estrutura de preferências do decisor também considera informação numérica incompleta, imperfeita e com lacunas.

A aplicação dar-se a decisores que tenham racionalidade compensatória. No entanto, o decisor tem o poder de vetar alternativas através de dois modos: pelo inaceitável desempenho da alternativa em um determinado critério e/ou pelo tamanho do intervalo dos números *grey* (que refletirá o “tamanho” da incerteza associada àquela medida). A Figura 3 demonstra as fases de construção do modelo MCDM já apresentadas em conjunção com as etapas do GRA. Desta forma é importante destacar que as fases podem ser revistas durante o processo de aplicação.

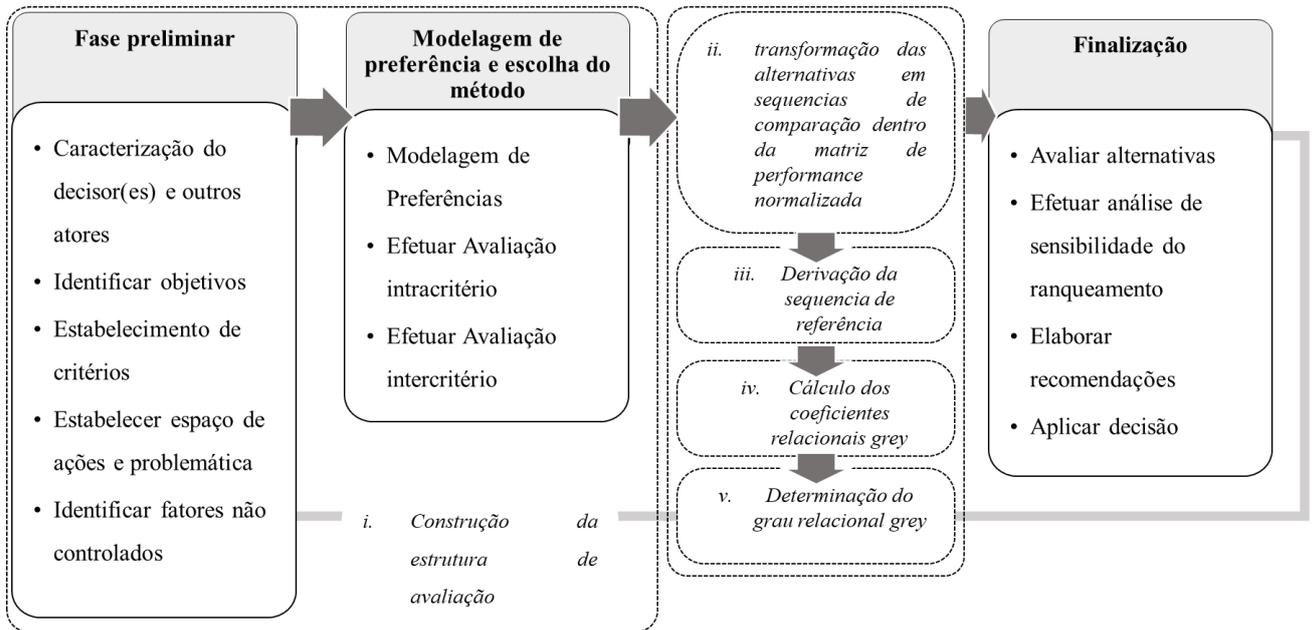
Nesse modelo, a sequência de alternativas é dada por $\otimes A_i = (\otimes x_{i1}, \dots, \otimes x_{ij}, \dots, \otimes x_{in})$, onde o valor de $\otimes x_{ij}$ pode ser dado por um *white number*, *grey number* discreto, um *grey number* contínuo ou um *grey number* generalizado. Esse método é devidamente aplicado a casos onde a racionalidade é dada como compensatória considerando a incerteza dos números *grey*.

A função de valor global é dada por (2.13).

$$v(\otimes A_i) = \sum_{j=1}^n k_j v(\otimes x_{ij}), \quad (2.13)$$

onde, k_j é a constante de escala relacionada ao critério j ; $v(\otimes x_{ij})$ trata-se da função valor de consequência para o critério $j = 1, \dots, n$ e $\otimes x_{ij}$ é a consequência ou resultado da alternativa i para o critério j .

Figura 2 - Fases de Construção do modelo MCDM com GRA



Fonte: Adaptado de Garcez e de Almeida (2018)

Como já descrito no modelo aditivo com veto (DE ALMEIDA, 2013a), há dois limiares de veto, inferior l_i e superior u_i , e como a função de valor global é reduzida para a alternativa que não performar como desejado. A função veto para a alternativa $\otimes A_i$ é dada por $z_j(\otimes A_i)$ conforme Eq. (2.14), como uma releitura da Equação 2.3:

$$z_j(\otimes A_i) = \begin{cases} 0, & \pi(\otimes x_{ij}, \otimes veto_j) = 0 \\ 1, & \pi(\otimes x_{ij}, \otimes veto_j) = 1 \\ \frac{\otimes \underline{x}_{ij} + \otimes \bar{x}_{ij} - 2l_j}{2(u_j - l_j)}, & \text{se } 0 < \pi(\otimes x_{ij}, \otimes veto_j) < 1 \end{cases} \quad (2.14)$$

onde, $\otimes veto_j = [l_j, u_j]$ e $\pi(\otimes x_{ij}, \otimes veto_j)$ deve ser considerado como índice de preferência (vide Equação 2.20).

Outro tipo de veto que é considerado no GAVM é chamado de veto de largura de *grey number*. Quando os *grey numbers* são utilizados para avaliar o desempenho das alternativas, há um intervalo de valores que a alternativa pode assumir. Portanto, os valores das consequências das alternativas podem ser incertos, e esse “tamanho” da incerteza é refletido pela largura dos números *grey* $w(\otimes A)$, logo $(w(\otimes A) = (\bar{x}_A - \underline{x}_A))$.

Em diversas situações práticas, essa alta incerteza pode não ser desejável para o decisor para a escolha de uma determinada alternativa. Portanto, o decisor deseja vetá-las. Para isso,

Garcez e de Almeida (2018) propõem um novo tipo de veto relacionado com a largura do *grey number*. Definindo-se que a condição de preferência do decisor em que esse sempre rejeita uma alternativa, a qual apresenta uma largura extensa de performance para um ou mais critérios, mesmo que essa alternativa seja bem avaliada globalmente, podendo até estar bem colocada no *ranking* do modelo aditivo.

O grau do veto de largura do *grey number* é representado por dois limites um veto de largura inferior (lw_j) e um veto de largura superior (uw_j), esse representam uma região de indeterminação a podem demonstrar uma imprecisão na especificação do nível de rejeição de uma alternativa pelo decisor.

- O limiar superior de veto de largura (*upper width veto* (uw_j)) é o valor limite de largura de performance da função $v(\otimes x_{ij})$ no critério j , no qual o decisor está certo da rejeição, independente do seu ponto médio e performance em outro critério. Portanto o decisor prefere rejeitar uma alternativa que tenha essa configuração $w(\otimes x_{ij}) > uw_j$, do que avaliar simplesmente pelo modelo aditivo.
- O limiar inferior de veto de largura (*lower width veto* (lw_j)) por sua vez é o valor limite de largura de performance da função $v(\otimes x_{ij})$ no critério j , no qual o decisor considera aceitável para qualquer alternativa no critério j , quando $lw_j \leq uw_j$. Considerando uma alternativa que $w(\otimes x_{ij}) < lw_j$, o decisor tende a aceitar essa alternativa, de forma similar pelo modelo aditivo.

Para uma alternativa que caso seu valor de performance de largura $w(\otimes x_{ij})$ se sobreponha ou inclua os limites de veto de largura $[lw_i, uw_i]$, pode acontecer do decisor não estar totalmente confortável em considerar essas alternativas como aceitáveis, para estes casos o uso da função veto de largura do *grey number* representada por $zw_j \in [0,1]$. Para cada critério j , como acontece no modelo aditivo com veto, assume-se que há uma função de veto pelo intervalo do *grey number*, $zw_i(\otimes A_i)$, a qual permite a redução do valor dentro da função de valor global da alternativa, conforme demonstrada pela equação 2.15:

$$zw_j(\otimes A_i) = \begin{cases} 1, & w(\otimes x_{ij}) \leq lw_i \\ 1 - \frac{w(\otimes x_{ij}) - lw_j}{w(\otimes x_{ij})}, & lw_i < w(\otimes x_{ij}) < uw_i \\ 0, & w(\otimes x_{ij}) \geq uw_i \end{cases} \quad (2.15)$$

onde, $w(\otimes x_{ij}) = \underline{x}_{ij} - \bar{x}_{ij}$.

Após a apresentação dos dois tipos de veto, há a agregação entre estes para representação da função de veto total $zT_j(\otimes A_i)$, conforme demonstrada na Equação 2.16, pelo produto entre as funções descritas anteriormente.

$$zT_j(\otimes A_i) = z_j(\otimes A_i) \cdot zw_j(\otimes A_i) \quad (2.16)$$

Dentro do contexto da problemática de raqueamento, na qual o modelo é estruturado a função de veto total $zT_j(\otimes A_i)$, ao invés de rejeitar completamente a alternativa, nesse o que é vetado é a posição relativa da alternativa dentro do ranque, assim uma função ponderada de veto $r_j(\otimes A_i)$ será aplicada a cada critério, conforme Equação (2.17).

$$r_j(\otimes A_i) = k_j \left(zT_j(\otimes A_i) \right) \quad (2.17)$$

Existe uma equação que agrega de forma aditiva todos as funções ponderadas de veto em um índice ponderado de veto dado por $r(\otimes A_i)$ para cada alternativa $\otimes A_i$, conforme mostrada na Equação 3.18.

$$r(\otimes A_i) = \sum_{j=1}^n r_j(\otimes A_i) \quad (2.18)$$

Esse índice se comporta de acordo com algumas propriedades (GARCEZ; DE ALMEIDA, 2018). Se a performance da alternativa for aceita para todos os critérios então o valor do índice ponderado de veto $r(\otimes A_i) = 1$. Caso a alternativa receba algum tipo de veto em algum critério, o valor varia $0 < r(\otimes A_i) < 1$. Para alternativa que tem performance inaceitável em todos os critérios, isto é amplamente vetada, o valor do índice é dado por $r(\otimes A_i) = 0$.

Posteriormente, a função ponderada de veto $r(\otimes A_i)$ é agregada ao modelo aditivo formando assim a denominação modelo aditivo com veto, conforme representado pela Equação 2.19:

$$v'(\otimes A_i) = r(\otimes A_i) \sum_{j=1}^n k_j v(\otimes x_{ij}), \quad (2.19)$$

Portanto, garantindo que o valor agregado da alternativa $v'(\otimes A_i)$ esteja proporcionalmente relacionado com a ponderação do critério para qual a alternativa é vetada.

Seguindo as fases de estruturação do modelo (Figura 3), na etapa do processo de decisão as alternativas devem ser comparadas pelo grau relacional dos números *grey*. Que podem ser comparadas devido ao grau de probabilidade ($P(\otimes X_A \geq \otimes X_B)$)(conforme descrito na equação 3.7). Portanto, todas as alternativas devem ser comparadas com todas as outras sem exceções.

A relação de grau de probabilidade de uma determinada alternativa ser maior do que outra, está relacionado à um índice de preferência $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$ que refletirá a relação de preferência do decisor, representada pela Equação (2.20).

$$\pi(\otimes X_A, \otimes X_B) = \begin{cases} 0, & P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) < 0,5 - \delta_q \\ \frac{P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) - (0,5 - \delta_q)}{\delta_p + \delta_q}, & 0,5 - \delta_q \leq P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) \leq 0,5 + \delta_p \\ 1, & P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) > 0,5 + \delta_p \end{cases} \quad (2.20)$$

O índice de preferência $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$ é determinado pela função probabilidade $P(\otimes X_A \geq \otimes X_B)$ e pela função de preferência do decisor, para cada par de alternativas. Dado o grau de possibilidade $P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) < 0,5 - \delta_q$, a alternativa $\otimes X_A$ é dita ser inferior a $\otimes X_B$. Dessa forma, o índice de preferência correspondente $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$ é igual a zero (valor mínimo). Se $P(\otimes X_A \geq \otimes X_B) > 0,5 + \delta_p$ a alternativa $\otimes X_A$ é considerada superior, por sua vez a preferência do decisor é dita significativa da $\otimes X_A$ com relação à $\otimes X_B$. O índice de preferência é igual a 1 (valor máximo). Quando $P(\otimes X_A \geq \otimes X_B)$ está entre os dois limites $[0,5 - \delta_q, 0,5 + \delta_p]$, um valor intermediário é calculado para o grau de preferência por uma interpolação linear, ou seja, o decisor é indiferente entre as duas alternativas.

Posteriormente, passa-se para a fase de ranqueamento das alternativas. Nesse caso, o GAVM traz uma nova heurística para a ordenação do ranque, com intuito de otimizar o índice de preferência do decisor $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$. Para essa otimização deve-se seguir três passos, para que cada alternativa seja ordenada (GARCEZ; DE ALMEIDA, 2018).

Primeiro, classifica-se em ordem crescente o índice de preferência do conjunto $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B), \forall j = 1, \dots, m$ para cada alternativa $\otimes X_j$. Posteriormente, otimiza-se a posição de cada alternativa propriamente dita de forma que $\sum_{A,B=0}^m \left(\pi(\otimes X_{A \in ith}, \otimes X_{A \in ith}) - \pi(\otimes X_{A \in ith}, \otimes X_{B \in (i+1)th}) \right)^2$ seja minimizado. Ou seja, identifica-se a posição no ranking de

qual alternativa tem um valor de índice de preferência que é indiferente entre si, então essa posição no ranking representará a posição no ranking entre todas as alternativas analisadas. E por fim uma análise enriquecida do ranque deve ser realizada.

2.1.3.1 Análise Enriquecida do Ranking

No processo de ranqueamento, em alguns momentos o decisor pode hesitar (estar incerto) sobre a afirmação de que a alternativa X_A está melhor ranqueada do que a alternativa X_B . Isso pode ocorrer devido a incerteza inerente dos GN, funções de atitude e caracterização dos limiares de veto pelo decisor. Essa indecisão está contida na subjetividade que o decisor tem para responder o quanto uma alternativa se sobrepõe sobre as outras. Desta forma, faz se necessário uma análise enriquecida do ranque. Para o decisor será necessário avaliar mais informações, aumentando assim à acurácia na tomada de decisão. Para alcançar melhores informações alguns caminhos podem ser utilizados:

Análise de Sensibilidade Global (*Global sensitivity analysis* – GSA): Na análise de sensibilidade ocorre a alteração de algum parâmetro pertencente ao modelo (como indiferença (δ_q), preferência (δ_p), limiar inferior de veto (l_j), limiar superior de veto (u_j), e os limiares de largura de veto inferior (lw_j) e superior (uw_j)), baseada em uma simulação Monte Carlo e avaliando a sensibilidade ao mudar o ordenamento do ranque usando o coeficiente de concordância. Esse tipo de análise permite ao decisor verificar o impacto da parametrização das funções de preferência o poder do veto e a robustez do ranqueamento de alternativas, principalmente as alternativas que estão no topo do ranque.

Análise do impacto de mudança em posições adjacentes: Alterando a posição adjacente do ranque ($i^n \leftrightarrow i^{n+1}$), verificando o impacto da soma dos quadrados da diferença entre os índices de preferência, pode ser visto na Equação (2.21). Quanto menor essa diferença, o decisor será mais indiferente sobre as duas posições que estão sendo analisadas. Neste caso, quanto maior for a hesitação do decisor, um maior esforço do decisor será necessário para essas alternativas.

$$\sum_{A,B=0}^m \left(\pi(\otimes X_{A \in ith}, \otimes X_{A \in ith}) - \pi(\otimes X_{A \in ith}, \otimes X_{B \in (i+1)th}) \right)^2 \quad (2.21)$$

Análise da máxima e mínima largura do *grey number* sem alteração do ranking: trata-se da determinação dos intervalos máximos e mínimos da alternativa $\otimes x_i$ em que não há mudança

na ordem estabelecida no ranque, isto é, $\max \sum_{i=0}^m w(\otimes x_i)$ e $\min \sum_{i=0}^m w(\otimes x_i)$. Quando deseja-se diminuir a largura ($w(\otimes x) = \bar{x} - \underline{x}$) de um GN é necessário investir recursos para diminuir a incerteza resultante da alternativa, neste caso o decisor precisa fazer um maior esforço. Da mesma forma o aumento da largura do grey number, dependendo do decisor não querendo expender energia para diminuir tal acréscimo no tamanho do número, desde que a maior incerteza não irá alterar a ordem do ranking.

2.2 Revisão da Literatura

A partir da consolidação dos assuntos desenvolvida na base conceitual, a revisão da literatura traz a contextualização para problemática e onde ela está inserida. O foco será a cadeia produtiva do leite e seu desenvolvimento e o uso dos métodos MCDM/A para seleção de fornecedores.

2.2.1 Cadeia Produtiva do Leite

O leite é um produto de origem animal que tem alto valor nutritivo composto por água, cerca de 86%, e componentes sólidos (14%) basicamente composto por sólidos não gordurosos, gordura e proteína, segundo a normalização IN 62 (BRASIL, 2011). Essa norma tem como principal atribuição à regulamentação da produção, identidade, qualidade, transporte e coleta do leite, em suas variações.

Considerado como um alimento de alta densidade nutricional, contribuindo de forma substancial na dieta suprimindo as necessidades diárias de nutrientes, como o cálcio, o próprio leite e seus derivados devem ser consumidos durante toda a vida (VISIOLI; STRATA, 2014).

O leite é avaliado como a mais importante commodity dentro da agricultura/pecuária devido ao seu valor monetário, o Brasil está entre os 5 maiores produtores no mundo, junto aos Estados Unidos, Índia, China e União Europeia (FAOSTAT, 2015). Seguindo os dados do censo Agropecuário de 2017, quase 34 bilhões de litros foram produzidos nesse ano (IBGE, 2017). Já os dados do Departamento de agricultura dos Estados Unidos trazem o país como 6º maior produtor mundial de leite fluído, com 4,4% do que é manufaturado mundialmente, sendo que aproximadamente 75% da produção mundial fica entre os sete maiores produtores (USDA, 2015).

As mudanças relacionadas à cadeia produtiva do leite no Brasil, mesmo com todo um contexto histórico, político e econômico, começaram a partir dos anos 90, com alterações no mercado consumidor e na produtividade. Os maiores avanços se dão por conta de controle

genético, controle de infecções e melhoramento da alimentação animal, considerando também tratamento, inspeção e limpeza (OKANO; VENDRAMETTO; SOBRAL, 2014).

A principal atribuição da cadeia produtiva do leite é o desenvolvimento da ligação entre os elos, sendo estes atores e atividades envolvidas no fornecimento de leite e seus derivados. Com relação a produção, transporte, processamento, embalagem e armazenamento (SILVA; SOUZA FILHO, 2007).

Bonamigo et al. (2018) em seu estudo sobre a cadeia leiteira do Brasil, na região sul do país, fazem uma análise das principais barreiras para o aprimoramento dessa cadeia, destacando o êxodo rural, a baixa qualidade do insumo, limitações produtivas e a falta de cooperação entre os atores da cadeia, sendo a última considerada como a mais grave para o desenvolvimento.

O estudo desenvolvido por Sellitto et al. (2018) analisa fatores de sucesso de uma cadeia de suprimentos encurtada em fazendas produtoras de leite e derivados do Brasil e Itália, destacando qualidade, proximidade entre os membros e a facilidade de rastreamento de produtos.

Dentre as regiões brasileiras todas tem um grau de especialização na cadeia produtiva do leite, as duas maiores produtores são o sudeste, com principal representante Minas Gerais que é o maior produtor de leite do país, seguindo pelo sul onde os três estados tem uma boa participação na produção, centro-oeste e nordeste sempre tem uma similaridade na quantidade de leite e por último a região norte com os índices mais baixos de produção (IBGE, 2016). Entre as regiões que se destacam o mercado de lácteos em relação ao consumo no país temos o Sudeste em primeiro seguido pelo Nordeste.

Entre os estados nordestinos os maiores produtores são Bahia, Ceará e Pernambuco produzindo mais de 63% do leite da região (IBGE, 2017). No estado pernambucano as principais microrregiões que fazem parte da bacia leiteira são o vale do Ipojuca, vale do Ipanema e região serrana de Garanhuns, essas regiões têm boa adaptabilidade para os animais corroborando o fato do Agreste ser a mesorregião que mais produz leite no estado, cerca de 75-80%.

2.2.1.1 Cenário do Leite em Pernambuco

Dentro da região Nordeste, o estado de Pernambuco se destaca sendo um dos maiores produtores de leite, sendo superado apenas pela Bahia (CARVALHO et al., 2009). Demonstrando um bom cenário para exploração da pecuária bovina, especificamente pela produtividade, contabilizada pela relação quantidade de leite por animal ordenhado estando acima da média nacional (REIS FILHO; SILVA, 2013).

Segundo dados do Censo Agropecuário de 2017 a produção estadual chegou a 470 milhões de litros de leite (IBGE, 2017). Um aumento interessante considerando que com os anos o número de bovinos tivera uma redução considerável, quanto aos números de produção apenas aumentaram, pode-se dizer que dado a novas perspectivas de produção e melhoria no manejo do gado leiteiro.

A relação de pecuária vem desde a colonização, porém a firmação do gado de leite deu-se na região Agreste, destacando-se o Agreste meridional junto as regiões do vale do Ipanema e Vale do Ipojuca, pela melhor adaptabilidade para criação de rebanhos leiteiros (CARVALHO et al., 2009). O que justifica o Arranjo Produtivo local (APL) de leite e derivados ser localizado nessa região, englobando 23 municípios, dos quais 19 fazem parte da região Agreste, destacando-se os principais produtores e processadores: Cachoerinha, Correntes, Garanhuns, Pedra, São Bento do Una e Venturosa (BNDES, 2010).

Pequenos e médios produtores de leite in natura são a base produtiva do APL, estes podem distribuir sua produção para fábricas de processamento, denominadas de usinas de leite ou laticínios. Por diversas vezes os pequenos produtores precisam de unidades que centralizem e armazenem a produção, podendo ser desenvolvidas nesses casos cooperativas e associações de produtores, que além da diminuição de custos logísticos dado a centralização, as cooperativas podem ser representantes dos produtores frente a sindicatos e em desenvolvimento de políticas de desenvolvimento produtivo (BNDES, 2010).

Por mais que as perspectivas sejam interessantes para o setor leiteiro ainda existem algumas dificuldades para o APL, como a falta de manejo e ordenha adequados, capacitação técnica e gerencial, realidade que está sendo mudada devido a incentivos e estudos e desenvolvimento de treinamento de incentivos governamentais. Outro fator que demonstra uma grande preocupação para produtores são épocas de estiagem, recentemente um período de seca fez com que a produção do leite tivesse um decréscimo, iniciado em 2012 com seu maior pico, depois se ajustando nos anos de 2013 e 2014, recuperando-se nos anos posteriores.

O setor leiteiro é parte importante para o desenvolvimento econômico e social do estado, sendo a agropecuária responsável por uma das maiores participações no PIB de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM, 2018). O projeto de cunho social o Programa Leite de Todos de Pernambuco, tem duas principais vertentes a primeira de impulsionar a bacia leiteira do estado e a segunda trata-se de reduzir o déficit nutricional enfrentado pela população carente, o projeto foi aprovado nos anos 2000 quando o estado passava por uma crise de produção, e atualmente continua com implementação cadastrando novas família para receberem os benefícios.

2.2.2 Seleção de Fornecedores

O controle da cadeia de suprimentos está diretamente ligado ao controle do fluxo de materiais entre os diferentes participantes, como fornecedores, produtores, distribuidores e consumidores finais com a preocupação que a distribuição e produção ocorram no momento e na quantidade certa, com objetivo de minimizar os custos globais do sistema e maximizar os níveis de serviço para o consumidor (NEKOOIE; SHEIKHALISHAHI; HOSNAVI, 2015; SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2008).

Os fornecedores têm uma grande importância para as organizações. Portanto, as decisões que incorrem da seleção de fornecedores têm elevado grau de significância para as empresas, tanto de ponto de vista operacional quanto gerencial, dado que decisões assertivas trazem benefícios, principalmente nas áreas de produção e de suprimentos (CÁRDENAS-BARRÓN; GONZÁLEZ-VELARDE; TREVIÑO-GARZA, 2015; CHAI; NGAI, 2015).

Ghadimi; Ghassemi Toosi e Heavey (2017) tratam a seleção de fornecedores como uma das peças fundamentais dentro da estrutura de cadeia de suprimentos e que afeta diretamente a tomada de decisão. Os fornecedores fazem parte do escopo maior dentro da área de compras devido à importância que o recebimento de insumos/matéria-prima tem dentro da organização. Além disso, um bom relacionamento com os fornecedores pode trazer benefícios mútuos.

Seguindo o desenvolvimento de Aissaoui; Haouari e Hassini, (2007), as principais questões que surgem dentro da seleção de fornecedores são destacadas por qual produto pedir, de quem e em qual quantidade e por último com que frequência, as respostas são dependentes da situação em que o problema de compra está envolvido.

Para Kilic (2013) mesmo que o principal objetivo seja selecionar o melhor fornecedor, os estudos sobre esse assunto diferem desde os insumos, metodologia utilizada, critérios para avaliação, e área de aplicação. Alguns autores defendem que esse tipo de seleção devem ser essencialmente tratado pelos métodos multicritério (CHEN, 2011; DENG et al., 2014).

Quanto ao processo para este tipo de seleção, presente na maioria das organizações que compram insumos ou terceirizam algumas funções, deve seguir alguns passos como a definição do problema, qual o produto como proceder e comprar, caracterizando-se pela necessidade específica de um fornecedor ou atributos que serão determinantes para o estudo, como os fornecedores podem ser qualificados e finalizar com a seleção (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001).

A seleção de fornecedores torna-se uma importante área de estudos dentro de diversos setores de atuação e tem impacto em na estrutura empresarial, principalmente da cadeia de

suprimentos e produtiva. Demonstrando a importância de lidar com este tipo de seleção através de múltiplos atributos, realizando uma decisão mais coerente para as empresas.

2.2.2.1 Seleção de Fornecedores através de MCDM/A

Existe na literatura um abrangente uso de métodos estruturados para a seleção de fornecedores através do apoio a decisão multicritério. Como defende Wang (2010), que diz que fazer a avaliação de fornecedores trata-se de um questão complexa e inerente a um problema de decisão multicritério pelo fato de que vários atributos devem ser considerados no processo de tomada de decisão.

Existem diversos estudos sobre a problemática da escolha de fornecedor. Ho et al. (2010) realizaram uma revisão da literatura com foco nos modelos multicritério usados para selecionar fornecedores. Por sua vez, a revisão sistemática da literatura de Chai; Liu e Ngai (2013) descrevem as técnicas de análise de decisão utilizadas. Já Govindan et al. (2015) segue revisão pela avaliação e seleção de fornecedores através de métodos multicritérios que fazem parte das cadeia de suprimentos voltadas a sustentabilidade.

Kheljani et al. (2009) discutem sobre a coordenação e otimização dos ativos da cadeia de suprimentos pela seleção de fornecedores, através de programação não-linear. Hajji et al. (2011) propõem um programa de otimização estocástica para integração entre estratégias de seleção de fornecedores, reabastecimento e atividades de produção. Chen (2011) desenvolveu uma metodologia estruturada para seleção e avaliação de fornecedores, preocupando-se em melhorar os relacionamentos de colaboração e gestão dos possíveis fornecedores. Yousefi et al. (2017) utilizam a modelagem matemática para selecionar fornecedores, integrando os conceitos de maximização da visibilidade e seu impacto, redução de produtos defeituosos e finalmente a minimização dos custos. Asadabadi (2017) trabalha a seleção de fornecedores com abordagem principal voltada aos clientes, integrando o processo analítico de rede (ANP), a implantação da função qualidade (QFD), e os conceitos de cadeia de Markov.

Scott et al. (2015) integram um método para selecionar fornecedores e alocar as ordens de pedidos combinando o AHP com o desenvolvimento da função qualidade (QFD). Zhou e Xu (2018) utilizam um modelo integrado de avaliação de fornecedores com agregação de informação híbrida para lidar com incerteza utilizando o TOPSIS e ambiente *fuzzy*. Liu; Deng e Chan (2018) tem como objetivo a proposta de uma nova metodologia que utiliza ANP baseado na teoria dos jogos, para gestão de fornecedores em um ambiente incerto.

Li; Yamaguchi e Nagai (2007) demonstram a utilização de uma abordagem de *grey numbers* e *rough set theory*, unindo os dois conceitos para auxiliar a seleção de fornecedores

dentro da cadeia de suprimentos. Por sua vez e dando continuidade ao estudo, Bai e Sarkis (2010) integram a essa abordagem níveis de análises e aplicabilidade com foco na sustentabilidade da cadeia. Chithambaranathan et al. (2015) avaliam os serviços dentro da cadeia de suprimentos dentro do escopo sustentável, baseando-se na teoria dos GN em conjunto aos métodos ELECTRE e VIKOR.

Hashemi; Karimi e Tavana (2015) utilizam um modelo que une o ANP e GRA, para a seleção de fornecedores visando a sustentabilidade, a eficiência da aplicação é observada em uma indústria automotiva. Shi et al. (2018) fazem uma avaliação e seleção de fornecedores utilizando uma abordagem integrada de conjunto linguísticos incertos através de valor intervalar, GRA e TOPSIS e implementando a aplicação em uma indústria de agro alimentos.

Frej et al. (2017) aplicam um estudo de seleção de fornecedores em indústria de alimentos considerando o processo de análise de decisão através de múltiplos objetivos, como minimizar custo e tempo de entrega, e maximizando rapidez, acurácia, qualidade e flexibilidade, partindo-se do pressuposto que esses objetivos são conflitantes.

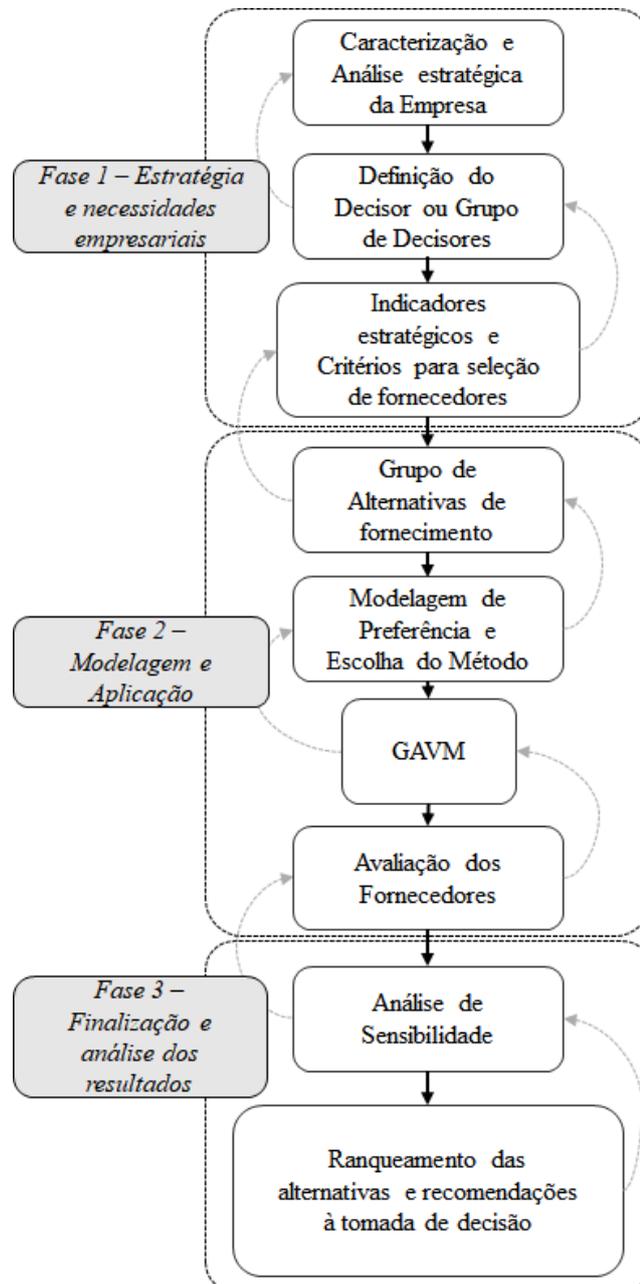
Os critérios têm um importante papel nas aplicações de apoio a decisão multicritério, principalmente dentro da seleção de fornecedores, estes podem ser tanto quantitativos quanto qualitativos. Lee (2009) destaca que entrega, qualidade, flexibilidade, nível de tecnologia, construção de relacionamento, crescimento conjunto, custos de produtos, restrições de suprimento e perfil do fornecedor são bons exemplos de critérios que devem ser utilizados para o problema de seleção de fornecedores.

Para Chen (2011) os critérios podem ser classificados em duas seções diferentes: critérios de concorrência e critérios organizacionais. Os primeiros são os critérios relacionados a concorrência que podem ser definidos por qualidade, custos, prazo de entrega, serviço entre outros; e o segundo grupo trata-se dos critérios relacionados aos fatores organizacionais como capacidade técnica e de produção, combinação de relações e gestão organizacional.

3 PROCESSO ESTRUTURADO DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

O processo de estruturação para o modelo de tomada de decisão referente a seleção de fornecedores é apresentado na Figura 3 e consiste em um framework baseado nas fases para construção de um modelo de decisão desenvolvido por de Almeida et al. (2015) e nas estruturas para seleção e avaliação de fornecedores desenvolvidos por Chen (2011) e Luthra et al. (2017).

Figura 3 - Framework para Seleção de Fornecedores



Fonte: O Autor (2019)

O procedimento proposto neste trabalho tem como característica a recursividade onde as fases podem ser ditas complementares e melhor avaliadas com a evolução da resolução do problema, portanto quando é necessário a melhoria dentro de uma das etapas a correção será realizada, levando em consideração possíveis mudanças que possam ocorrer dentro do processo de decisão.

A primeira fase inclui alguns procedimentos preliminares, tais como as relacionadas à estruturação das necessidades e estratégia da empresa. A segunda fase trata-se da modelagem e aplicação do modelo de decisão para seleção de fornecedor. Na terceira e última fase, uma vez o modelo de decisão já escolhido e implementado, desenvolve-se as etapas de finalização para resolução do problema, que inclui a etapa de análise de sensibilidade dos resultados encontrados.

O processo de caracterização e análise estratégica da empresa, dentro da primeira etapa, é o desenvolvimento inicial do processo, pois é importante saber quais são os objetivos empresariais, quais são as atitudes em relação a decisão, como a organização deseja manter-se competitiva em um mercado dinâmico, existem técnicas que auxiliam na abordagem da estratégia. A caracterização parte da análise da estrutura organizacional, qual tipo de produção é realizada, como são definidas as relações de compra e venda, como é trabalhado o gerenciamento das funções empresariais, ou seja, um desenho da organização.

A definição do decisor ou grupo de decisores é dependente da organização empresarial, o decisor ou decisores devem ser definidos de forma prática, deve ser alguém que realmente tenha o poder de tomar as decisões e responsabilidade para arcar com as consequências advindas da escolha, assim como qual se dará o envolvimento de forma direta ou indireta, outros atores podem fazer parte da decisão: especialistas, analistas e stakeholders, por exemplo.

A terceira etapa dentro da primeira fase é demonstrada pelos indicadores estratégicos que são importantes para melhor compressão da razão da decisão e auxiliar na escolha dos critérios que são utilizados para a realização da seleção de fornecedores, estes devem representar a modelagem desejada e o ambiente estudado, de forma consistente e não redundante.

A fase de modelagem e aplicação dar-se primeiramente com a fase de alocação de alternativas possíveis em um grupo selecionável, isto é, quais as alternativas que estão aptas ao processo de seleção por ofertarem o produto/serviço dentro do desejado, quais as características dessas e como elas podem ser representadas.

Posteriormente, trata-se da modelagem de preferência do decisor, que será refletida pela escolha do método multicritério que melhor se adequa ao perfil do tomador de decisão. Nesta

etapa será aplicado o modelo *Grey Additive-Veto Model* (GAVM), apresentado na seção 2.1.3, como uma nova proposta de modelo de decisão para a problemática de ranqueamento.

Dentro do modelo as alternativas são avaliadas através do valor global obtido ao final da aplicação, na etapa de avaliação das alternativas está diretamente ligado com o resultado obtido, como as alternativas se comportaram ao final da aplicação, no caso os fornecedores estão ordenados, e a preparação para a finalização do processo na última etapa

A terceira fase trata-se da finalização do modelo de decisão e análise dos resultados recomendados, essa fase conta com a análise dos resultados e de robustez do modelo através da análise de sensibilidade, que é um estudo analítico do impacto que podem ser observados com a alteração de valores de entrada do modelo. O ranqueamento de alternativas e auxílio a tomada de decisão fecham a última etapa como proposta para o decisor de quais são os caminhos possíveis dentro da modelagem proposta, apresentado os resultados obtidos de acordo com seu perfil de decisão.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada a aplicação do modelo de apoio a decisão multicritério e as suas particularidades. Além disso, será realizada a caracterização de uma empresa definida para o estudo de caso, as delimitações do estudo, e outros aspectos relevantes para o desenvolvimento da aplicação do método.

4.1 Caracterização da Empresa

O estudo de caso realizado em uma empresa localizada no interior do estado de Pernambuco, especificamente, na microrregião do vale do Ipanema. Trata-se de uma empresa de fabricação de laticínios, na qual a principal produção são queijos do tipo coalho, mas destaca-se o desejo do gestor em aumentar a gama de produtos fabricados e da própria estrutura da empresa. Portanto, espera-se um aumento da demanda por produtos e, conseqüentemente, de insumos para a sua manufatura.

A empresa diariamente tem a recepção de 4 mil litros de leite em média para realizar a transformação em derivados, com um quadro de funcionários pequeno e suficiente para a demanda atual. Logo próximos passos empresariais devem ser realizados com o devido estudo e planejamento, evitando assim perdas futuras.

Um dos fatores cruciais para o desenvolvimento do negócio é o aumento da disponibilidade do insumo leite, aumentando assim as vendas e trazendo também a possibilidade para criação de novos produtos. Na região, a origem do leite pode se dar de duas formas: o próprio laticínio poderia optar pelo aumento da própria produção de leite, através do aumento fazenda, compra de gado e assim produzir a quantidade de leite necessária; outra opção é a compra do leite de outros fazendeiros, dado que o laticínio está localizado numa região próxima de outras fazendas e pequenos produtores de leite. Como o laticínio em estudo já trabalha com a compra do leite, o proprietário não demonstra o interesse para produção própria, restando a opção de comprar o leite de outros produtores.

Para tanto, é preciso selecionar quem serão fornecedores escolhidos, com os quais deverá ter um relacionamento de longo prazo e que os ganhos sejam mútuos tanto para o comprador quanto para os fazendeiros (vendedor). Em contrapartida, os fazendeiros (fornecedores) devem estar aptos a fornecer o insumo com requisitos mínimos de qualidade e estarem prontos para cumprir o relacionamento de compra e venda junto ao dono do laticínio.

A maior parte dos produtores de leite, que compõem a bacia leiteira do Agreste de Pernambuco, são empresas familiares, na qual o proprietário é o principal gestor dentro da

organização, exercendo diversos papéis dentro da empresa, tais como, o gerenciamento de custos, logística, supervisão da produção, etc. Tendo esta como principal atribuição, a tomada de decisões dentro da sua indústria. Assim, o gerente (proprietário) será considerado como o tomador de decisões dentro da metodologia adotada (decisor).

Para o desenvolvimento estratégico da empresa e, conseqüentemente, para o processo de decisão de seleção de fornecedores é necessário elencar algumas informações importantes, tais como, as possíveis fontes de leite (fazendas, currais, produtores) que poderiam ser considerados dentro do aspecto de decisão, quais são as particularidades/característica que o laticínio considera importante para sua expansão, qual deve ser o perfil dos fornecedores e como estes se comportam, pessoas com maior entendimento do assunto, experiência no ramo etc.

Como o proprietário não demonstra interesse na produção do próprio leite, devido ao investimento necessário, e o ambiente é favorável para a compra do leite, já que uma das principais fontes de renda na região é a criação de gado de leite. As opções de fornecedores são fazendeiros que têm propriedades de tamanhos distintos considerando a quantidade de hectares de terra, o rebanho, a raça dos animais e quantidade de leite produzida. Existem situações que os fazendeiros se reúnem e criam cooperativas, com intuito de ter mais êxito nas negociações.

O uso de métodos multicritério de apoio à decisão devem ser utilizados com os devidos cuidados, para que tenham a melhor representatividade possível. Portanto os critérios devem estar adequados, como por exemplo o custo que é um critério muito utilizado, acaba não descrevendo outros atributos de escolha como qualidade, confiabilidade já que a métrica desses são diferentes.

A problemática de ordenação fora indicada para a organização devido a existência de múltiplas possibilidades de fornecimento que tem restrição de quantidade, logo uma alternativa de fornecimento não seria suficiente para suprir a demanda do insumo. Ao analisar quais são as melhores opções de acordo com os critérios básicos para o decisor, e dessa forma ordena-las pra que o processo de escolha seja realizado pelo tomador de decisões.

4.2 Critérios

Os critérios para selecionar os fornecedores do leite, devem estar interligados com os objetivos da empresa e também com a prospecção da região estudada. Neste caso 6 critérios foram selecionados junto ao decisor: qualidade, preço, tecnologia e organização, confiabilidade, distância e quantidade, os critérios são apresentados abaixo.

1. **Rendimento (C1)**: pode ser considerado como um dos critérios mais utilizados para este tipo de seleção no contexto da aplicabilidade no setor alimentício. Específico no

contexto de lácteos, a qualidade é traduzida em termos de rentabilidade do leite, ou seja, a quantidade necessária para produzir um quilo de queijo. A concentração de caseína no leite é o principal fator de avaliação do leite, sendo esta substância cerca 78% da proteína do leite, onde a média anual segundo os dados da ESALQ/USP é de 3,26% (3,26 gramas de proteína para 100 gramas de leite). Para Cassoli (2013), os principais fatores que afetam a quantidade de proteína em forma de caseína são a nutrição, genética, estágio de lactação e sanidade da glândula mamária. Dado que a qualidade está diretamente ligada a rentabilidade do leite, aumentando a produção dessa forma, é um critério de maximização.

2. **Custo (C2):** é o valor monetário pago em reais (R\$) ao proprietário por cada litro de leite comprado. Esse critério é fundamental para as transições, pois um preço reduzido de compra indica um aumento na margem de lucro do laticínio, o preço é variável de acordo com as condições climáticas e de mercado podendo assim ser considerado como um número incerto e intervalar. Dado que é o valor de compra do leite, o decisor que minimizar o preço.
3. **Tecnologia e Organização (C3):** a forma que a fazenda ou pequeno proprietário munge seus animais seja por ordenha mecânica ou manual, além do aspecto da organização da fazenda. Na primeira utiliza-se ordenhadeira onde o processo pode ser considerado automatizado e no segundo tipo a ordenha é feita de modo braçal onde os colaboradores vão e retiram o leite das vacas diretamente. Portanto, a forma de ordenha pode afetar diretamente a higienização do leite como o tempo de obtenção. A escala de 5 pontos foi utilizada para demonstrar a organização dos produtores de leite, na escala o nível 1 é o proprietário com menor nível de organização, sem estrutura de produção e ordenha manual, o nível 2 a acréscimo na estrutura e na organização, com ordenha manual; o nível 3 a organização já tem uma estruturação a mais, e a ordenha pode ser manual ou mecânica; o nível 4 a fazenda demonstra uma organização estrutural e a ordenha mecanizada; o nível 5 o produtor tem toda a estrutura necessária, cuida de todos os aspectos organizacionais e possui ordenha mecanizada. Neste caso quanto maior o nível tecnológico e organizacional, mais fácil lidar e garantir que maior higienização, logo deseja-se maximizar este critério.
4. **Confiabilidade (C4):** o conceito de confiança para os compradores e de que o fornecedor disponibilizará o leite, no tempo adequado, e que não haverá desistência do fornecimento. Já que esses são afetados por condições climáticas, dificuldades de produção, assim como oferta de compra por outro laticínio ou empresa com proposta

de um preço maior, fatores que podem causar a desistência do abastecimento, logo a relação entre comprador e vendedor deve ser bem estabelecida e fortalecida. Logo a confiabilidade é dada por porcentagem da chance que o provedor tem de não desistir da relação de compra e venda ou não ter preocupação com horário de disponibilidade, neste caso as relações foram base para os dados percentuais, e o comprador quer maximizar a confiabilidade.

5. ***Distância (C5)***: a localização geográfica dos fornecedores, em sua grande maioria estão espalhados na zona rural dos municípios produtores, desta forma as estradas nem sempre são asfaltadas e podem ser irregulares com muitos buracos, a distância em quilômetros acaba sendo um fator de relevância na escolha, normalmente o laticínio é o responsável pelo transporte do leite. Portanto o decisor tem preferência por fornecedores que estejam mais próximos do laticínio, isto é, o decisor deseja minimizar o critério distância.
6. ***Quantidade (C6)***: a capacidade em litros de leite que a fazenda ou proprietário tem para ofertar, podendo variar de acordo com o número de animais, forma de manejo, alimentação. Portanto, fazendas com rebanhos maiores podem ter maior disponibilidade de leite, ou menores com um controle genético mais favorável para eficiência de produção. É importante para o comprador, quando este quer diminuir número de fornecedores, distâncias percorridas, logo o decisor deseja maximizar o critério quantidade.

Após a definição dos critérios, o próximo passo foi estabelecer o espaço de ações/alternativas, que neste caso são os produtores de leite da região que estão adequados as condições de seleção determinadas pelo decisor.

O conjunto de alternativas predispostos para a seleção são fazendeiros e pequenos produtores locais, que possuem uma relativa quantidade de leite disponível para a venda. Com uma análise nos distritos rurais próximos foram encontradas 15 opções de fornecimento, onde serão analisados de acordo com os critérios já estabelecidos junto ao decisor (vide Tabela 1). As fazendas leiteiras têm organizações diferentes, nesse caso cada alternativa apresenta quantidade de leite distintas, estruturação diferente, modo de ordenha que difere pelo espaço utilizado, assim como a tecnologia utilizada, as alternativas estão melhor representadas pelos critérios de avaliação.

A estrutura de preferência que melhor representa o decisor nesta situação é a estrutura (P, D), dado que o tomador de decisões consegue identificar dentro dos pares de consequências a

preferência e indiferença. O perfil do decisor é dado por uma racionalidade compensatória, logo os modelos de critério único de síntese devem ser utilizados para resolução do problema.

Nesta seção serão realizados ambos os estudos de aplicação do modelo aditivo e modelo aditivo com veto, ambos com a utilização da teoria dos GN, tornando-se GAM (*Grey Additive Model*) e o GAVM. A fim de demonstrar uma comparação de como os modelos se comportam e quais resultados são obtidos nas diferentes abordagens.

Após a decisão de qual método melhor se adequa ao contexto estudado, dentro do escopo da tomada de decisão relações importantes devem ser realizadas, a avaliação intracritério consistindo na elicitación da função valor $v(\otimes x_{ij})$, diretamente ligada a performance que do critério j em relação a alternativa i .

Posteriormente, as alternativas passam por um processo de normalização, onde as alternativas torna-se sequencias comparáveis $\otimes A_i' = (v(\otimes x_{i1})', \dots, v(\otimes x_{ij})', \dots, v(\otimes x_{in})')$. Seguindo o desenvolvimento de Kuang, Kilgourn e Hipel (2015), os critérios podem ser definidos em relação a medida de desempenho, de forma decrescente, crescente e direcional. Quando a função é tida como linear é necessário o processo de normalização nas consequências (de ALMEIDA et al., 2015b).

Um atributo de benefício, maximização, é aplicado quando um valor maior $v(\otimes x_{ij})$ sempre indica um melhor desempenho da alternativa $\otimes A_i$, logo a normalização ocorre de acordo com a Eq. 4.1:

$$v(\otimes x_{ij})' = \frac{v(\otimes x_{ij}) - \min_k [v(\otimes x_{kj})]}{\max_k [v(\otimes x_{kj})] - \min_k [v(\otimes x_{kj})]}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.1)$$

Um atributo de prejuízo, minimização, é aplicado quando um valor menor de $v(\otimes x_{ij})$, sempre indica um melhor desempenho da alternativa $\otimes A_i$, sendo normalizada de acordo com a Eq. 4.2:

$$v(\otimes x_{ij})' = \frac{\max_k [v(\otimes x_{kj})] - v(\otimes x_{ij})}{\max_k [v(\otimes x_{kj})] - \min_k [v(\otimes x_{kj})]}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.2)$$

Seguindo o desenvolvimento do modelo de decisão, uma importante etapa realizada junto ao decisor é a elicitación das constantes de escala, que são justamente utilizadas para

parametrização do método, dentro da avaliação inter-critério. Nos modelos aditivos, alguns procedimentos são empregados para a elicitação das constantes de escala, os mais conhecidos são *trade-off* (KEENEY; RAIFFA, 1976) e o *Swing* (EDWARDS; BARRON, 1994) o primeiro habilitado dentro do método *trade-off* e o segundo dentro dos métodos SMARTS e SMARTER. Nessa pesquisa o processo *swing weights* (EDWARDS; BARRON, 1994) foi utilizado para ordenação dos critérios junto ao decisor.

Através de uma conversa junto ao decisor, após alguns encontros, algumas perguntas relacionadas a qual seria o melhor critério para o desenvolvimento da relação de fornecimento, o decisor por motivos de rentabilidade do negócio explicou a importância de o leite ter um bom rendimento, isto é com menor quantidade de leite para fazer derivados nesse caso o queijo fator diretamente ligado a quantidade de caseína por litro de leite. Desta forma ele escolheria esse critério para aumentar o seu valor.

Outro fator importante levantado por ele é que o preço do litro de leite, o custo de compra, que ainda contam muito no processo de seleção de fornecedores. Verificando o processamento de escolha de aumento da função valor dos critérios. O próximo seria a quantidade de leite disponível por dia, dado que com maiores quantidades outros fatores poderiam ser melhorados, diminuindo transporte para obtenção o leite, maior controle pelo número reduzido de fornecedores. Após algumas perguntas verificando a importância que cada critério tinha para o tomador de decisão a seguinte ordem ficou estabelecida: $C_1 > C_2 > C_6 > C_4 > C_5 > C_3$.

Quanto ao valor das constantes de escala após a ordenação dos critérios o procedimento de ROC (BARRON; BARRETT, 1996) foi utilizado para atribuição, dado que o decisor não tem tempo hábil ou não consegue valorar as constantes de escala além de minimizar o máximo do erro de cada constante considerando o centroide e dando importância ao ordenamento dos critérios. No estudo o decisor encontrou dificuldades em efetuar a análise dos valores para as constantes de escala, que foram aferidas pelo ROC, os valores obtidos podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de avaliação das alternativas

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
k_j	0,41	0,24	0,03	0,10	0,06	0,16
$\otimes A_1$	[2,56; 2,73]	[1,25; 1,35]	5	[0,85; 0,93]	4	[904; 926]
$\otimes A_2$	[2,14; 2,34]	[1,35; 1,47]	4	[0,71; 0,80]	12	[1059; 1100]
$\otimes A_3$	[2,47; 2,65]	[1,17; 1,25]	5	[0,82; 0,93]	22	[495; 515]
$\otimes A_4$	[2,08; 2,30]	[1,10; 1,20]	3	[0,85; 0,96]	20	[388; 430]
$\otimes A_5$	[2,31; 2,50]	[1,18; 1,30]	4	[0,92; 0,99]	14	[580; 620]
$\otimes A_6$	[2,23; 2,42]	[1,20; 1,28]	4	[0,83; 0,92]	7	[786; 822]
$\otimes A_7$	[2,18; 2,38]	[1,10; 1,30]	3	[0,74; 0,80]	5	[337; 368]
$\otimes A_8$	[2,30; 2,50]	[1,15; 1,25]	4	[0,85; 0,90]	15	[564; 596]
$\otimes A_9$	[2,27; 2,46]	[1,25; 1,37]	4	[0,72; 0,84]	11	[681; 719]

$\otimes A_{10}$	[2,45; 2,61]	[1,25; 1,40]	5	[0,70; 0,85]	13	[487; 512]
$\otimes A_{11}$	[2,45; 2,63]	[1,30; 1,40]	4	[0,64; 0,75]	16	[792; 825]
$\otimes A_{12}$	[2,34; 2,54]	[1,18; 1,32]	4	[0,90; 0,99]	28	[475; 503]
$\otimes A_{13}$	[2,36; 2,55]	[1,15; 1,30]	4	[0,80; 0,90]	6	[473; 772]
$\otimes A_{14}$	[2,46; 2,61]	[1,20; 1,40]	5	[0,79; 0,90]	10	[938; 962]
$\otimes A_{15}$	[2,39; 2,57]	[1,13; 1,27]	4	[0,74; 0,88]	8	[586; 618]

Fonte: O Autor (2019)

Após a definição dos valores das constantes de escala, os valores dos vetos foram estabelecidos junto ao decisor, devido a verificação de quais seria os melhores valores pra representação dos limiares de veto, todos os critérios receberam os limiares de veto superior e inferior, perguntando ao decisor quais seriam os valores mínimos e máximos para aceitação e possível rejeição de alternativas de acordo com o veto, isto é, para o critério rendimento (C1) o decisor definiu como l_j , limite inferior de veto, igual ou menor que 2,16 caso a função valor da alternativa seja menor que este valor está recebera uma penalidade por isso, na sua função valor global. No caso do valor limite superior de veto, u_j , se o valor da alternativa for maior que 2,35, não haverá penalização. Os limiares foram normalizados assim como a função valor de cada alternativa.

Já com os limiares de veto de largura foram contemplados os critérios rendimento (C1), preço (C2), confiabilidade (C4) e quantidade (C6), pois tem a representatividade pelos *grey numbers*. No caso dos limiares de veto de largura estes têm uma proximidade com os limiares anteriores, porém estes contemplam a diferença que há entre o valor inferior e superior da alternativa, como por exemplo, o critério custo tem como wu_j , limite superior, igual a 0,312 caso a alternativa A_i tivesse um $w(\otimes x_{ij})$, intervalo entre valores, superior a 0,312, esta alternativa seria vetada. No limiar inferior de veto de largura, wl_j , considerando o critério custo que é de 0,190 se esse limite for menor ou igual a wu_j , alternativa é aceita, outra forma é caso $w(\otimes x_{ij}) < wl_j$, esta também é aceita sem penalizações.

Na Tabela 1 são demonstrados também os parâmetros obtidos, as constantes de escala k_j , os limites superior (u_j) e inferior (l_j), limiar superior de veto de largura (wu_j), limiar inferior de veto de largura (wl_j) e a matriz de avaliação, onde os dados foram explorados através de uma pesquisa in loco, sendo informações trabalhadas junto a fornecedores regionais e o tomador de decisão como já exemplificado.

Tabela 2 - Parâmetros

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Max	Min	Max	Max	Min	Max
l_j	2,16	1,30	3	0,6	15	250
u_j	2,35	1,45	4	0,85	25	700
lw_j	0,141	0,190	-	0,100	-	0,0205
uw_j	0,177	0,312	-	0,175	-	0,0449

Fonte: O Autor (2019)

4.3 Análise dos Dados e Resultados

A partir dos dados obtidos, a aplicação do modelo é realizada considerando as particularidades necessárias para o desenvolvimento do ranking, como a transformação dos critérios em sequências comparáveis e normalizando os parâmetros. A função valor é adquirida para todas as alternativas (Equação 2.13), demonstrado na Tabela 3, para o GAM.

Tabela 3 - Função Valor Global, GAM

Fornecedores	$[v^-(a), v^+(a)]$
$\otimes A_1$	[0,602 ; 0,696]
$\otimes A_2$	[0,412 ; 0,525]
$\otimes A_3$	[0,539 ; 0,633]
$\otimes A_4$	[0,422 ; 0,536]
$\otimes A_5$	[0,499 ; 0,606]
$\otimes A_6$	[0,501 ; 0,597]
$\otimes A_7$	[0,432 ; 0,567]
$\otimes A_8$	[0,502 ; 0,603]
$\otimes A_9$	[0,457 ; 0,570]
$\otimes A_{10}$	[0,488 ; 0,602]
$\otimes A_{11}$	[0,495 ; 0,596]
$\otimes A_{12}$	[0,466 ; 0,584]
$\otimes A_{13}$	[0,508 ; 0,649]
$\otimes A_{14}$	[0,541 ; 0,667]
$\otimes A_{15}$	[0,526 ; 0,644]

Fonte: O Autor (2019)

Na Tabela 4 são apresentados os graus de preferência das alternativas, neste caso a comparação entre os números intervalares dado por $P(\otimes X_A > \otimes X_B)$, para as alternativas sem considerar o veto, para o cálculo os índices de preferência $p = 0,15$ e o índice de indiferença $q = 0,15$, valores atribuídos junto ao decisor, levando em consideração o seu entendimento sobre estes dois aspectos.

Tabela 4 - Resultados de graus de Preferência, GAM

	$P(\otimes X_A > \otimes X_B)$														
	$\otimes A_1$	$\otimes A_2$	$\otimes A_3$	$\otimes A_4$	$\otimes A_5$	$\otimes A_6$	$\otimes A_7$	$\otimes A_8$	$\otimes A_9$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_{15}$
$\otimes A_1$	0,50	0,00	0,16	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,20
$\otimes A_2$	1,00	0,50	1,00	0,55	0,88	0,88	0,62	0,89	0,70	0,84	0,86	0,75	0,93	1,00	1,00
$\otimes A_3$	0,84	0,00	0,50	0,00	0,33	0,31	0,12	0,33	0,15	0,30	0,29	0,21	0,47	0,58	0,50
$\otimes A_4$	1,00	0,45	1,00	0,50	0,83	0,83	0,58	0,84	0,65	0,79	0,81	0,70	0,89	1,00	0,96
$\otimes A_5$	0,98	0,12	0,67	0,17	0,50	0,48	0,28	0,50	0,32	0,47	0,46	0,38	0,60	0,72	0,64
$\otimes A_6$	1,00	0,12	0,69	0,17	0,52	0,50	0,28	0,52	0,33	0,48	0,48	0,39	0,62	0,75	0,67
$\otimes A_7$	1,00	0,38	0,88	0,42	0,72	0,72	0,50	0,73	0,56	0,68	0,70	0,60	0,79	0,90	0,84
$\otimes A_8$	0,99	0,11	0,67	0,16	0,50	0,48	0,27	0,50	0,32	0,46	0,46	0,37	0,61	0,73	0,65
$\otimes A_9$	1,00	0,30	0,85	0,35	0,68	0,67	0,44	0,68	0,50	0,64	0,65	0,55	0,76	0,88	0,81
$\otimes A_{10}$	1,00	0,16	0,70	0,21	0,53	0,52	0,32	0,54	0,36	0,50	0,50	0,42	0,63	0,75	0,67
$\otimes A_{11}$	1,00	0,14	0,71	0,19	0,54	0,52	0,30	0,54	0,35	0,50	0,50	0,41	0,64	0,76	0,68
$\otimes A_{12}$	1,00	0,25	0,79	0,30	0,62	0,61	0,40	0,63	0,45	0,58	0,59	0,50	0,71	0,82	0,75
$\otimes A_{13}$	0,80	0,07	0,53	0,11	0,40	0,38	0,21	0,39	0,24	0,37	0,36	0,29	0,50	0,60	0,53
$\otimes A_{14}$	0,70	0,00	0,42	0,00	0,28	0,25	0,10	0,27	0,12	0,25	0,24	0,18	0,40	0,50	0,42
$\otimes A_{15}$	0,80	0,00	0,50	0,04	0,36	0,33	0,16	0,35	0,19	0,33	0,32	0,25	0,47	0,58	0,50

Fonte: O Autor (2019)

Após a função probabilidade para os graus de preferência e índices de preferência serem encontrados, utiliza-se a heurística de ordenação do ranking, aplicando a otimização do índice de preferência $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$. Na Tabela 5 os índices de preferências, $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$ são apresentados após os devidos cálculos.

Tabela 5 - Resultados dos índices de Preferência, GAM

	$\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$														
	$\otimes A_1$	$\otimes A_2$	$\otimes A_3$	$\otimes A_4$	$\otimes A_5$	$\otimes A_6$	$\otimes A_7$	$\otimes A_8$	$\otimes A_9$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_{15}$
$\otimes A_1$	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\otimes A_2$	1,00	0,50	1,00	0,65	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_3$	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,77	0,48
$\otimes A_4$	1,00	0,35	1,00	0,50	1,00	1,00	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_5$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,44	0,00	0,50	0,00	0,39	0,38	0,09	0,85	1,00	0,98
$\otimes A_6$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,56	0,50	0,00	0,56	0,00	0,44	0,44	0,13	0,91	1,00	1,00
$\otimes A_7$	1,00	0,09	1,00	0,23	1,00	1,00	0,50	1,00	0,69	1,00	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_8$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,44	0,00	0,50	0,00	0,38	0,38	0,08	0,85	1,00	0,99
$\otimes A_9$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,31	1,00	0,50	0,96	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_{10}$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,61	0,56	0,00	0,62	0,04	0,50	0,50	0,22	0,94	1,00	1,00
$\otimes A_{11}$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,62	0,56	0,00	0,62	0,00	0,50	0,50	0,20	0,96	1,00	1,00
$\otimes A_{12}$	1,00	0,00	1,00	0,00	0,91	0,87	0,16	0,92	0,33	0,78	0,80	0,50	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_{13}$	1,00	0,00	0,61	0,00	0,15	0,09	0,00	0,15	0,00	0,06	0,04	0,00	0,50	0,82	0,59
$\otimes A_{14}$	1,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,50	0,24
$\otimes A_{15}$	1,00	0,00	0,52	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,76	0,50

Fonte: O Autor (2019)

Na Tabela 6 é observado o comportamento das alternativas através da região de indiferença que existe entre as alternativas. A região demarcada em vermelho, é a região de indiferença da posição de cada alternativa em relação as outras. Quanto mais larga a região destacada maior a dificuldade do decisor terá em ranquear o conjunto nas posições certas. Neste caso regiões onde o vermelho é muito intenso declara-se o valor de posição onde a alternativa

está alocada, caso com a proximidade das outras alternativas, que tem valor muito próximo neste caso a primeira colocada é a alternativa A_1 e a segunda a alternativa A_{14} , por pouca diferença que as alternativas não tem as posições trocadas, nas outras alternativas próximas a tonalidade do vermelho fica mais clara indicando que a diferença entre elas é um maior.

Tabela 6 - Ranqueamento pelo índice de preferência $\pi(\otimes X_i, \otimes X_j)$, $\forall j = 1, \dots, m$ para cada alternativa $\otimes X_i$ com ordem ascendente.

	$\otimes A_1$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_3$	$\otimes A_{15}$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_8$	$\otimes A_5$	$\otimes A_6$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_9$	$\otimes A_7$	$\otimes A_4$	$\otimes A_2$
1°	0,5000	0,4768	0,2401	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2°	0,5232	0,5000	0,3205	0,0000	0,0057	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3°	0,6795	0,7599	0,5000	0,1767	0,1705	0,0793	0,0570	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4°	0,9943	1,0000	0,8233	0,5000	0,4342	0,3374	0,2732	0,0561	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5°	1,0000	1,0000	0,8295	0,5658	0,5000	0,4224	0,3567	0,1636	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6°	1,0000	1,0000	0,9207	0,6626	0,5776	0,5000	0,4210	0,2149	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7°	1,0000	1,0000	0,9430	0,7268	0,6433	0,5790	0,5000	0,3121	0,0889	0,0341	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8°	1,0000	1,0000	1,0000	0,9439	0,8364	0,7851	0,6879	0,5000	0,3242	0,2842	0,1869	0,1419	0,0000	0,0000	0,0000
9°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9111	0,6758	0,5000	0,4612	0,2972	0,2408	0,0000	0,0000	0,0000
10°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9659	0,7158	0,5388	0,5000	0,3170	0,2574	0,0000	0,0000	0,0000
11°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8131	0,7028	0,6830	0,5000	0,4481	0,0000	0,0000	0,0000
12°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8581	0,7592	0,7426	0,5519	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
13°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,0000	0,0000
14°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,0000
15°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: O Autor (2019)

Através da aplicação dos passos do modelo aditivo é obtida o ranking final das alternativas que pode ser visto na Tabela 7, sem a adição do veto.

Tabela 7 - Resultado da Aplicação do GAM

	Posição no Ranking
$\otimes A_1$	1°
$\otimes A_2$	15°
$\otimes A_3$	3°
$\otimes A_4$	14°
$\otimes A_5$	7°
$\otimes A_6$	8°
$\otimes A_7$	13°
$\otimes A_8$	6°
$\otimes A_9$	12°
$\otimes A_{10}$	10°
$\otimes A_{11}$	9°
$\otimes A_{12}$	11°
$\otimes A_{13}$	5°
$\otimes A_{14}$	2°
$\otimes A_{15}$	4°

Fonte: O Autor (2019)

O GAVM é então aplicado utilizando os mesmos dados que foram demonstrados na aplicação do GAM, considerando a necessidade de transformação dos dados em sequências comparáveis. O comportamento dos vetos que são utilizados para o desenvolvimento da aplicação do modelo os limiares de veto, e os vetos de largura do sistema GN, o veto dentro da problemática de ordenação não elimina as alternativas, faz apenas que elas percam posições. O comportamento dos vetos é apresentado na Tabela 8. Com a primeira análise sobre os vetos tanto de performance, quanto de largura pode-se ver que algumas alternativas já sofrem parcialmente com possível penalização de ordem. Para o veto de performance as alternativas $\otimes A_2$, $\otimes A_4$, $\otimes A_7$, $\otimes A_{11}$ e $\otimes A_{15}$ recebem penalização total para alguns critérios. Já o veto de largura penaliza totalmente a alternativa $\otimes A_{13}$.

Tabela 8 - Análise de performance do veto $z_j(\otimes A_i)$ e do veto de largura $zw_j(\otimes A_i)$ no GAVM

	$z_j(\otimes A_i)$						$zw_j(\otimes A_i)$					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\otimes A_1$	1,000	1,000	1,000	1,160	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_2$	0,435	0,267	1,000	1,000	0,000	1,000	0,943	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
$\otimes A_3$	1,000	1,000	1,000	1,000	0,300	0,567	1,000	1,000	1,000	0,909	1,000	1,000
$\otimes A_4$	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,353	0,857	1,000	1,000	0,909	1,000	0,974
$\otimes A_5$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_6$	1,000	1,000	1,000	1,100	1,000	1,000	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_7$	0,640	1,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,943	0,700	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_8$	1,000	1,000	1,000	1,100	1,000	1,000	0,942	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_9$	1,000	1,000	1,000	0,720	1,000	1,000	0,992	1,000	1,000	0,833	1,000	1,000
$\otimes A_{10}$	1,000	1,000	1,000	0,700	1,000	0,554	1,000	0,933	1,000	0,667	1,000	1,000
$\otimes A_{11}$	1,000	0,667	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,909	1,000	1,000
$\otimes A_{12}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,531	0,942	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

$\otimes A_{13}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,933	1,000	1,000	1,000	0,000
$\otimes A_{14}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,700	1,000	0,769	1,000	1,000
$\otimes A_{15}$	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,714	1,000	1,000

Fonte: O Autor (2019)

A agregação dos dois tipos de veto dá origem a função de veto total $zT_j(\otimes A_i)$, que tem como principal atribuição vetar as alternativas de suas posições relativas dentro do ranque. O resultado da agregação é expresso na Tabela 9. Observa-se que na agregação da função veto total apenas a alternativa $\otimes A_1$ não sofre nenhum tipo de penalização por veto.

Tabela 9 - Função de veto total

	$zT_j(\otimes A_i)$					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
$\otimes A_1$	1,000	1,000	1,000	1,160	1,000	1,000
$\otimes A_2$	0,410	0,267	1,000	1,000	0,000	0,998
$\otimes A_3$	1,000	1,000	1,000	0,909	0,300	0,567
$\otimes A_4$	0,000	1,000	0,000	0,909	1,000	0,344
$\otimes A_5$	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\otimes A_6$	0,992	1,000	1,000	1,100	1,000	1,000
$\otimes A_7$	0,604	0,700	0,000	1,000	1,000	0,000
$\otimes A_8$	0,942	1,000	1,000	1,100	1,000	1,000
$\otimes A_9$	0,992	1,000	1,000	0,600	1,000	1,000
$\otimes A_{10}$	1,000	0,933	1,000	0,467	1,000	0,554
$\otimes A_{11}$	1,000	0,667	1,000	0,909	0,000	1,000
$\otimes A_{12}$	0,942	1,000	1,000	1,000	1,000	0,531
$\otimes A_{13}$	0,992	0,933	1,000	1,000	1,000	0,000
$\otimes A_{14}$	1,000	0,700	1,000	0,769	1,000	1,000
$\otimes A_{15}$	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	1,000

Fonte: O Autor (2019)

Com a função veto aplicada, é realizada a agregação aditiva das funções de veto, junto aos critérios, em um índice ponderado de veto $r(\otimes A_i)$, como mostrado na Tabela 10. Integrando assim a função aditiva de veto dentro da função valor global para o GAVM, para assim conseguir desenvolver o ranqueamento final.

Tabela 10 - Função Valor Global, GAVM

	$[v(a), \bar{v}(a)]$	Ranking GAVM
$\otimes A_1$	[0,611 , 0,707]	1°.
$\otimes A_2$	[0,215 , 0,274]	14°.
$\otimes A_3$	[0,474 , 0,556]	6°.
$\otimes A_4$	[0,188 , 0,239]	15°.
$\otimes A_5$	[0,497 , 0,604]	3°.
$\otimes A_6$	[0,504 , 0,601]	2°.
$\otimes A_7$	[0,248 , 0,326]	13°.
$\otimes A_8$	[0,495 , 0,595]	5°.
$\otimes A_9$	[0,437 , 0,545]	8°.
$\otimes A_{10}$	[0,419 , 0,517]	11°.
$\otimes A_{11}$	[0,420 , 0,507]	12°.
$\otimes A_{12}$	[0,420 , 0,526]	10°.
$\otimes A_{13}$	[0,417 , 0,532]	9°.
$\otimes A_{14}$	[0,489 , 0,603]	4°.
$\otimes A_{15}$	[0,442 , 0,540]	7°.

Fonte: O Autor (2019)

São apresentados os graus de preferência das alternativas, neste caso a comparação entre os números intervalares dado por $P(\otimes X_A > \otimes X_B)$, para as alternativas sem considerar o veto. Os índices de preferências, $\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$, são apresentados, após os devidos cálculos os resultados são mostrados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11 - Resultados de graus de Preferência, GAVM

	$P(\otimes X_A > \otimes X_B)$														
	$\otimes A_1$	$\otimes A_2$	$\otimes A_3$	$\otimes A_4$	$\otimes A_5$	$\otimes A_6$	$\otimes A_7$	$\otimes A_8$	$\otimes A_9$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_{15}$
$\otimes A_1$	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\otimes A_2$	1,00	0,50	1,00	0,22	1,00	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_3$	1,00	0,00	0,50	0,00	0,69	0,71	0,00	0,66	0,37	0,24	0,20	0,28	0,29	0,66	0,37
$\otimes A_4$	1,00	0,78	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_5$	1,00	0,00	0,31	0,00	0,50	0,51	0,00	0,47	0,22	0,10	0,05	0,14	0,16	0,48	0,21
$\otimes A_6$	1,00	0,00	0,29	0,00	0,49	0,50	0,00	0,46	0,20	0,07	0,02	0,11	0,13	0,47	0,19
$\otimes A_7$	1,00	0,19	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_8$	1,00	0,00	0,34	0,00	0,53	0,54	0,00	0,50	0,24	0,11	0,06	0,15	0,17	0,51	0,23
$\otimes A_9$	1,00	0,00	0,63	0,00	0,78	0,80	0,00	0,76	0,50	0,39	0,36	0,42	0,43	0,75	0,50
$\otimes A_{10}$	1,00	0,00	0,76	0,00	0,90	0,93	0,00	0,89	0,61	0,50	0,48	0,52	0,53	0,87	0,62
$\otimes A_{11}$	1,00	0,00	0,80	0,00	0,95	0,98	0,00	0,94	0,64	0,52	0,50	0,55	0,55	0,91	0,65
$\otimes A_{12}$	1,00	0,00	0,72	0,00	0,86	0,89	0,00	0,85	0,58	0,48	0,45	0,50	0,51	0,83	0,59
$\otimes A_{13}$	1,00	0,00	0,71	0,00	0,84	0,87	0,00	0,83	0,57	0,47	0,45	0,49	0,50	0,81	0,58
$\otimes A_{14}$	1,00	0,00	0,34	0,00	0,52	0,53	0,00	0,49	0,25	0,13	0,09	0,17	0,19	0,50	0,24
$\otimes A_{15}$	1,00	0,00	0,63	0,00	0,79	0,81	0,00	0,77	0,50	0,38	0,35	0,41	0,42	0,76	0,50

Fonte: O Autor (2019)

Tabela 12 - Resultados dos índices de Preferência, GAVM

	$\pi(\otimes X_A, \otimes X_B)$														
	$\otimes A_1$	$\otimes A_2$	$\otimes A_3$	$\otimes A_4$	$\otimes A_5$	$\otimes A_6$	$\otimes A_7$	$\otimes A_8$	$\otimes A_9$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_{15}$
$\otimes A_1$	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\otimes A_2$	1,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_3$	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,06
$\otimes A_4$	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_5$	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,53	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00
$\otimes A_6$	1,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,50	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
$\otimes A_7$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\otimes A_8$	1,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,63	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
$\otimes A_9$	1,00	0,00	0,92	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,13	0,03	0,22	0,25	1,00	0,50
$\otimes A_{10}$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,87	0,50	0,42	0,58	0,60	1,00	0,89
$\otimes A_{11}$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,97	0,58	0,50	0,66	0,68	1,00	1,00
$\otimes A_{12}$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,78	0,42	0,34	0,50	0,52	1,00	0,79
$\otimes A_{13}$	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,75	0,40	0,32	0,48	0,50	1,00	0,76
$\otimes A_{14}$	1,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,60	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
$\otimes A_{15}$	1,00	0,00	0,94	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,11	0,00	0,21	0,24	1,00	0,50

Fonte: O Autor (2019)

Para o GAVM, determina-se o conjunto de índices $\pi(\otimes X_i, \otimes X_j), \forall j = 1, \dots, m$ que serão classificados entre as alternativas ($\otimes X_i$) em ordem crescente e são apresentados na conforme mostrado na Tabela 13. A mesma interpretação se dá com relação a região destacada em vermelho, apresentada anteriormente no GAM. Quanto maior a abrangência de um vermelho mais intenso, tem-se destaque algumas das alternativas entre o segundo e quinto

lugar, essas alternativas receberam valores próximos de função valor global, o processo será mais dificultoso para o decisor colocar as alternativas ordenar de forma correta dentro do ranking. Outra observação dar-se dentro da sexta a nona posição similar as anteriores, porém não tão interessantes para o decisor. E a alternativa que alcançou o primeiro lugar tem preferência absoluta.

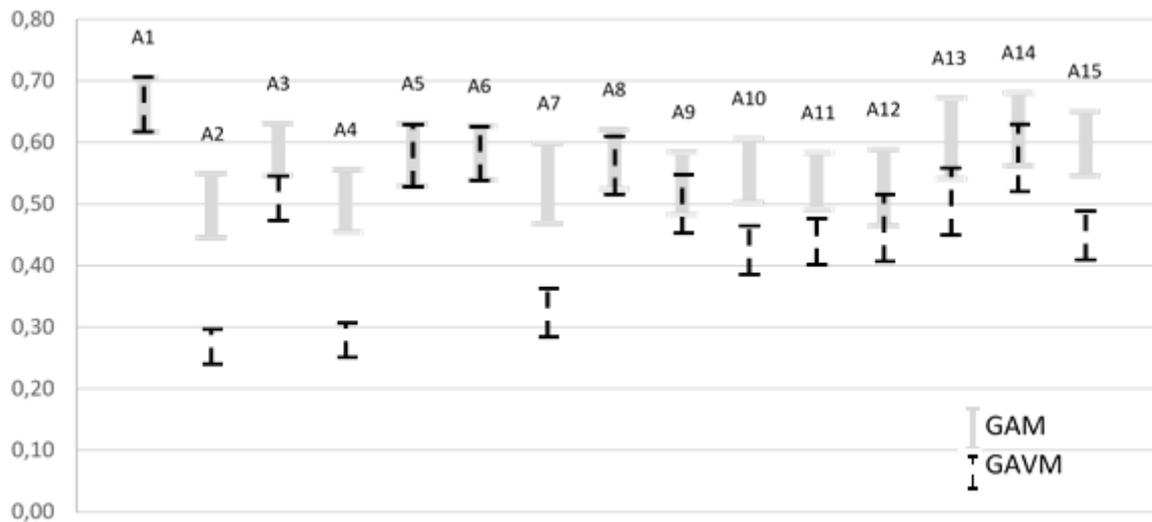
Tabela 13 - Ranqueamento pelo índice de preferência $\pi(\otimes X_i, \otimes X_j), \forall j = 1, \dots, m$ para cada alternativa $\otimes X_i$ com ordem ascendente, GAVM.

	$\otimes A_1$	$\otimes A_6$	$\otimes A_5$	$\otimes A_{14}$	$\otimes A_8$	$\otimes A_3$	$\otimes A_{15}$	$\otimes A_9$	$\otimes A_{13}$	$\otimes A_{12}$	$\otimes A_{10}$	$\otimes A_{11}$	$\otimes A_7$	$\otimes A_2$	$\otimes A_4$
1°	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2°	1,0000	0,5000	0,4674	0,4355	0,4244	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3°	1,0000	0,5326	0,5000	0,4750	0,4656	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4°	1,0000	0,5645	0,5250	0,5000	0,4900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5°	1,0000	0,5756	0,5344	0,5100	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,4495	0,4470	0,4394	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5505	0,5000	0,4946	0,4896	0,0219	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5530	0,5054	0,5000	0,4955	0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5606	0,5104	0,5045	0,5000	0,0551	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9781	0,9449	0,9544	0,5000	0,2293	0,1348	0,0000	0,0000	0,0000
11°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7707	0,5000	0,4028	0,1527	0,0000	0,0000
12°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8652	0,5972	0,5000	0,2589	0,0000	0,0000
13°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8473	0,7411	0,5000	0,0000	0,0000
14°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,0000
15°	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: O Autor (2019)

Posteriormente, a relação de ranqueamento é estabelecida para o GAVM. Percebe-se algumas diferenças para o GAM, como pode ser visto na Figura 4, que demonstra como as funções valor agregadas se comportam para cada alternativa, podendo assim verificar como as funções se comportaram na aplicação dos dois modelos, na alternativa A_1 a mudança é quase inexistente, A_5, A_6 e A_8 também não demonstra muita diferença entre os valores, já uma das alternativas que se encontra no topo do ranking no GAM e tem uma pequena alteração é a A_{14} . Quanto as mudanças dentro do ranking são demonstradas dentro da Tabela 14, como as alternativas modificam suas posições para esses modelos, e como o veto interfere dentro da ordenação no GAVM.

Figura 4 - Agregação das funções após aplicação dos Métodos, GAM e GAVM.



Fonte: O Autor (2019)

Tabela 14 - Análise Comparativa do Rank GAM x GAVM

	Ranking GAM	Ranking GAVM	Análise Comparativa do Ranque GAM x GAVM
⊗ A_1	1°.	1°.	= posição
⊗ A_2	15°.	14°.	1 posição acima
⊗ A_3	3°.	6°.	3 posições abaixo
⊗ A_4	14°.	15°.	1 posição abaixo
⊗ A_5	7°.	3°.	4 posições acima
⊗ A_6	8°.	2°.	6 posições acima
⊗ A_7	13°.	13°.	= posição
⊗ A_8	6°.	5°.	1 posição acima
⊗ A_9	12°.	8°.	4 posições acima
⊗ A_{10}	10°.	11°.	1 posição abaixo
⊗ A_{11}	9°.	12°.	3 posições abaixo
⊗ A_{12}	11°.	10°.	1 posição acima
⊗ A_{13}	5°.	9°.	4 posições abaixo
⊗ A_{14}	2°.	4°.	2 posições abaixo
⊗ A_{15}	4°.	7°.	3 posições acima

Fonte: O Autor (2019)

Com a aplicação do GAVM as funções de valor global são encontradas para cada alternativa como demonstrado na Tabela 10. Após a obtenção desses valores as alternativas são ordenadas, seguindo a ordem de seleção de alternativas em primeiro lugar a melhor opção como fornecedor é a alternativa $\otimes A_1$, em ambos os modelos de aplicação (GAM e GAVM) esta alternativa foi alocada na primeira posição, por ter um bom desempenho na maioria dos critérios e se adequar as preferências do decisor.

A Tabela 14 demonstra a comparação entre os resultados de ordenação entre os dois modelos aplicados, nesta configuração apenas duas alternativas permaneceram na mesma posição, mesmo com leve alterações no valor da função global, e outras alternativas tiveram perdas de posição, chegando a ter quatro posições vetadas. Portanto alternativas que não tinham o desempenho ideal em algum dos critérios acabam em colocações menores no ranking.

Algumas alternativas não foram vetadas e receberam um aumento nas posições do ranking, já que estas apresentam um desenvolvimento regular nos critérios, um exemplo que demonstra o aumento de posição trata-se da alternativa $\otimes A_6$ que mudou do oitavo lugar na aplicação do GAM e conquistou a segunda posição no GAVM, a alternativa apresenta bom desempenho na maioria dos critérios, no critério rendimento seu valor não é o mais alto porém sua incerteza é baixa, a variação não é tão alta, com uma boa quantidade de leite diário e distância e confiabilidade também podem ser destacados como pontos positivos.

O ranking proposto pelo modelo GAVM a indicação de seleção para o decisor ficam as alternativas $\otimes A_1$, $\otimes A_6$, $\otimes A_5$, $\otimes A_{14}$ e $\otimes A_8$, dispostas como as 5 melhores alternativas de acordo com a modelagem de preferência do decisor com relação aos critérios utilizados, a partir dessa configuração o decisor pode escolher qual melhor configuração de alternativas para desenvolver a relação de compra e venda.

Com a $\otimes A_1$ o decisor já considera um bom aumento diário na produção, já que este fornecedor tem uma quantidade de leite interessante, com mais de 900 litros, além dessa alternativa demonstrar o maior rendimento dentre todas as alternativas. A partir dessa alternativa as outras podem ser adicionadas, como $\otimes A_6$ e $\otimes A_5$ a segunda e terceira, logo um aumento próximo a 1400 litros. Embora, o próprio decisor pode verificar quantidade de leite que a quarta opção tem, $\otimes A_{14}$, essa alternativa aumentaria quase 1000 litros, assim o decisor pode achar mais interessante lidar apenas com dois fornecedores, por questões de pagamento.

Considerando os preços variáveis das alternativas, para o decisor a $\otimes A_8$ tem um dos valores mínimos mais baixos para o litro do leite, porém ela é uma alternativa muito próxima de $\otimes A_5$, para os critérios preço, distância e quantidade, logo o decisor pode manter as duas alternativas ou escolher entre uma.

Os direcionamentos que o decisor toma afeta diretamente a forma como a estrutura da empresa se comporta, devido a aumento de quantidade de produção, pode ser necessário o aumento da equipe de processamento, um novo motorista para caso a alternativa esteja muito distante. Esses desdobramentos vão sendo melhorados com o tempo, portanto o ranking está pronto e pode ser revisitado pelo decisor sempre que necessário.

Ambos os modelos são métodos aditivos dado que o GAVM é uma evolução do GAM, pois utiliza dos limiares de veto e veto de largura. Quando comparados os resultados estabelecidos entre os dois observamos que poucas foram as alternativas que permaneceram com a mesma colocação, isso indica que para o decisor com apenas uma atitude diferente em relação ao método utilizado, as alternativas são ordenadas de forma completamente diferente.

4.4 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é utilizada para verificar o impacto que as variações nos inputs do modelo, trazem para os seus resultados. No GAVM é possível realizar a análise enriquecida do ranking através de três procedimentos. Portanto, serão realizadas duas formas de análise, a primeira mais simples com a alteração dos parâmetros dos critérios e depois a análise enriquecida proposta pelo modelo GAVM (GARCEZ; DE ALMEIDA, 2018).

A análise enriquecida do ranking é demonstrada pela análise de máximo e mínimo de largura de veto sem alterar o ranque, esta análise demonstrada por Garcez e de Almeida (2018), este tipo de avaliação permite que o decisor escolha se vai despender recursos ou não na tentativa de reduzir a incerteza intervalar do *grey number*. Nesta configuração os intervalos serão estimados baseados na minimização e maximização de cada *grey number* de forma individual $(\bar{a}_{ij}^*, \underline{a}_{ij}^*)$, onde não ocorre a alteração do *ranking*. Para os cálculos de otimização o método de não-linear é utilizado GRG.

Com a aplicação e otimização dos intervalos mínimos e máximos, algumas novas perspectivas podem ser abordadas, no caso de mínimo intervalo otimizado a alternativa $\otimes A_8$ pode ser considerada como a mais sensível para alterar o ranking. Dado que o seu $\min \sum_{ij} w^*$ é o maior em comparação com as outras alternativas. Já para o caso do máximo intervalo otimizado a alternativa que é mais suscetível a modificações no ranking é a $\otimes A_{13}$ devido ao seu $\max \sum_{ij} w^*$ ser o menor entre todas as alternativas. O comportamento dos intervalos pode ser visto na Tabela 14 para o intervalo mínimo de *grey number* e na Tabela 15 o intervalo máximo de *grey number*, ambos não alterando a ordenação do GAVM. Pode ser observado que a alternativa no segundo lugar $\otimes A_6$, não seria alterada na tentativa de diminuir sua largura de incerteza, mesmo se ocorresse a utilização de recursos para diminuição da incerteza os valores

não mudariam. Já a alternativa $\otimes A_8$ uma das mais sensíveis na alteração da largura de minimização poderia ser melhor aproveitada com essa redução, podendo alcançar melhores posições, sendo válido o investimento em melhor informação. Cabe aos tomadores de decisão verificar se devem dispor de recursos para poder diminuir a incerteza.

Tabela 15 - Minimização da largura do grey number, sem alterar o ranking do GAVM

		$\langle w^*(.) = \bar{a}_{ij}^* - \underline{a}_{ij}^*, (w^*(.) - w(.))/w(.) \rangle$						$\sum_{ij} w^*$
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
a1	1°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,591
a2	14°	<0,00,-100%>	<0,14,-185%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,606
a3	6°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,592
a4	15°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,571
a5	3°	<0,00,-100%>	<0,01,-101%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,578
a6	2°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,589
a7	13°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,06,-184%>	-	<0,00,-100%>	1,556
a8	5°	<0,15,-200%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,645
a9	8°	<0,15,-200%>	<0,00,-100%>	-	<0,12,-200%>	-	<0,00,-100%>	1,643
a10	11°	<0,00,-100%>	<0,21,-200%>	-	<0,13,-187%>	-	<0,00,-100%>	1,632
a11	12°	<0,00,-100%>	<0,03,-117%>	-	<0,11,-192%>	-	<0,00,-100%>	1,600
a12	10°	<0,15,-200%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,628
a13	9°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,05,-131%>	1,552
a14	4°	<0,00,-100%>	<0,27,-199%>	-	<0,13,-196%>	-	<0,00,-100%>	1,636
a15	7°	<0,00,-100%>	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	-	<0,00,-100%>	1,568

Fonte: O Autor (2019)

Tabela 16 - Maximização da largura do grey number, sem alterar o ranking do GAVM

		$\langle w^*(.) = \bar{a}_{ij}^* - \underline{a}_{ij}^*, (w^*(.) - w(.))/w(.) \rangle$						$\sum_{ij} w^*$
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
a1	1°	<0,18,-240%>	<0,22,-262%>	-	<0,18,-113%>	-	<0,02,-237%>	1,736
a2	14°	<0,17,-210%>	<0,17,-203%>	-	<0,11,-13%>	-	<0,03,-246%>	1,695
a3	6°	<0,16,-215%>	<0,18,-260%>	-	<0,12,-8%>	-	<0,03,-305%>	1,711
a4	15°	<0,79,-579%>	<0,74,-641%>	-	<0,2,-73%>	-	<0,41,-2048%>	2,154
a5	3°	<0,15,-202%>	<0,17,-202%>	-	<0,08,-5%>	-	<0,03,-203%>	1,687
a6	2°	<0,15,-201%>	<0,12,-207%>	-	<0,1,-12%>	-	<0,03,-214%>	1,689
a7	13°	<0,18,-219%>	<0,32,-215%>	-	<0,14,-122%>	-	<0,03,-240%>	1,715
a8	5°	<0,18,-217%>	<0,18,-232%>	-	<0,1,-100%>	-	<0,03,-228%>	1,711
a9	8°	<0,16,-208%>	<0,19,-214%>	-	<0,13,-5%>	-	<0,03,-208%>	1,696
a10	11°	<0,15,-219%>	<0,21,-203%>	-	<0,16,-6%>	-	<0,02,-243%>	1,697
a11	12°	<0,17,-226%>	<0,2,-245%>	-	<0,61,-455%>	-	<0,81,-5000%>	1,891
a12	10°	<0,16,-203%>	<0,2,-201%>	-	<0,1,-3%>	-	<0,02,-202%>	1,687
a13	9°	<0,15,-201%>	<0,21,-201%>	-	<0,1,-1%>	-	<0,15,-201%>	1,686
a14	4°	<0,15,-226%>	<0,28,-201%>	-	<0,14,-2%>	-	<0,03,-271%>	1,699
a15	7°	<0,15,-205%>	<0,2,-201%>	-	<0,16,-13%>	-	<0,03,-228%>	1,691

Fonte: O Autor (2019)

4.5 Considerações Finais sobre o Capítulo

Neste capítulo foi realizado o estudo de caso, aplicação numérica em uma organização de produtos lácteos, considerando a seleção de fornecedores. Demonstrando os critérios utilizados para realizar a seleção, as alternativas e os outros parâmetros necessários para a ordenação das alternativas. Utilizando a ordenação das alternativas para obter a resposta necessária ao decisor.

O *Grey Additive-veto Model* (GAVM) é uma nova proposta de modelagem multicritério que une a ideia do modelo aditivo com veto unindo aos *grey numbers*, que lidam com a incerteza ou falta de informação, desenvolvendo assim um modelo que pode ser utilizado para a problemática de ordenação, com apenas um decisor. Neste caso o modelo foi apropriado ao contexto de seleção de fornecedores lidando com a incerteza dentro do setor alimentício.

Observou-se que o modelo é consistente com os objetivos, ou seja, selecionar e ordenar as alternativas de fornecimento. Através dos modelos a incerteza foi trabalhada pelo uso dos GN. O GAVM após a aplicação demonstrou mudanças referentes ao ranking estabelecido pelo GAM. Os dois métodos têm boa aplicabilidade, demonstrando resultados interessantes, sendo a primeira posição igual para o GAM e o GAVM, diferenciando nas outras posições, devido a utilização dos limiares de veto no GAVM, dessa forma algumas alternativas melhoram a posição, por exemplo, modificações como de sétimo para terceiro por exemplo assim como perdas de terceiro para sexto lugar.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo a proposição de um modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de fornecedores, no setor de alimentos, com enfoque nos fornecedores de leite para transformação em derivados.

A aplicação deu-se através de um estudo de caso realizado em um laticínio encontrado na região Agreste do estado de Pernambuco. O modelo aplicado trata-se do GAVM (*Grey Additive-Veto Model*), que pode ser usado para lidar com a incerteza inerente aos processos de decisão, representado pelos *grey numbers* e a possibilidade do uso de veto nas alternativas.

Foi realizada uma revisão conceitual sobre os principais temas abordados: apoio a decisão multicritério sendo destacados o modelo aditivo e o modelo aditivo com veto, *grey numbers* (GN) e seleção de fornecedores. A revisão da literatura, por sua vez, considerou a cadeia produtiva do leite, além do destaque da produção leiteira no Brasil, destacando a produtividade do estado de Pernambuco e a sua importância para o desenvolvimento estadual, sendo um dos arranjos produtivos locais. Outro ponto de desenvolvimento foi a utilização dos métodos multicritério para a resolução da seleção de fornecedores.

O processo estruturado de resolução do modelo para seleção de fornecedores foi proposto na forma de um *framework*, considerando todas as etapas necessárias para resolver o problema. Considerando como as etapas são estruturadas para cada etapa da tomada de decisão para a seleção.

De posse de todo o conhecimento relacionado ao método, foi aplicado um estudo de caso em uma empresa de derivados lácteos no interior do estado de Pernambuco, que deseja aumentar a capacidade produtiva e para essa finalidade necessita selecionar fornecedores, que são produtores de leite nas regiões circunvizinhas da organização. A aplicação real enriquece o trabalho pela oportunidade de verificar como o método se comporta nessas situações e quais são as dificuldades inerentes. Com os dados obtidos, quinze opções de fornecimento foram encontradas e ordenadas através de dois métodos de resolução o GAM, método de agregação aditivo que utiliza GN, e o GAVM.

Os resultados da ordenação obtidos entre os dois métodos foram comparados e discutidos, sendo que apenas duas alternativas permaneceram com na mesma posição. No primeiro lugar não houve alteração, independentemente do método utilizado, dado que a alternativa tinha alta performance nos critérios, melhorando sua função valor. Algumas das alternativas tiveram alterações sutis no ranking, com mudança de apenas uma ou duas posições, outras mudaram de

forma mais brusca ganhando seis posições ou perdendo quatro. Esta situação ocorreu principalmente pelo veto das posições relativas, provenientes dos limiares de veto e do veto de largura apresentados no método GAVM. Outra implicação do trabalho é o estudo do setor agropecuário no interior do estado pernambucano, sendo este setor muito importante para o estado.

A utilização do método GAVM neste trabalho apresentou vantagens, como:

- Poder lidar com a incerteza inerente aos processos de decisão, principalmente considerando o setor agropecuário onde a incerteza surge devido à natureza aleatória do clima, desempenho de produtividade, e outros fatores imprevisíveis.
- Alternativas que não apresentassem um desempenho mínimo em alguns critérios acabariam perdendo posições no ranking, pela oportunidade de veto. Assim como alternativas que os valores tivessem variações muito altas poderiam ser vetados pelo veto de largura. Deixando assim a ordenação mais estável.
- Aplicação da modelagem sem muitas dificuldades;

A ordenação final foi então apresentada ao decisor, que pode selecionar quais serão seus parceiros, fornecendo o leite necessário para a ampliação da capacidade produtiva. Como a indicação depende da quantidade de leite que o proprietário necessita, as alternativas que ficaram nos primeiros lugares são as que devem ser escolhidas. A problemática de ranking foi utilizada, exatamente pelo perfil do decisor. Esse necessitava saber quais seriam as melhores opções dentro das 15 alternativas estudadas.

5.1 Limitações e Dificuldades

Abordagem metodológica tem fácil utilização e aplicabilidade aos mais diversos segmentos, neste caso utilizou-se no setor alimentício e de seleção de fornecedores, não impedindo a migração para outros setores. O tempo disponível do decisor, e a necessidade de lidar com essa nova abordagem, trouxe algumas complicações de entendimento que foram resolvidas durante a aplicação. Demonstrando a importância de utilizar os conceitos de veto e como defini-los.

Outra limitação que pode ser observada é que para alguns decisores no ordenamento das alternativas, pode surgir algum nível de dúvida causada pela incerteza tratada pelos GN.

5.2 Sugestões de Pesquisas Futuras

Por fim, o presente trabalho foi concluído com êxito, mostrando-se condizente ao proposto. Não obstante possibilita a oportunidade de trabalhos futuros, que podem ser realizados:

- O trabalho suporta novas discussões para o setor leiteiro, assim como sua cadeia produtiva pode ser melhor estudada, podem ser consideradas novas regiões de aplicação, novos estados, que tragam critérios e possibilidades diferentes.
- O método pode ser utilizado para outros setores industriais, verificando o comportamento do GAVM.
- Analisar como o modelo pode ser expandido, introduzir novos conceitos como a decisão em grupo.
- Devido à preocupação com a escala de produção sustentável, verificando as organizações produzindo com preocupação social, econômica e ambiental, condizendo a seleção de fornecedores que tem a preocupação dentro das cadeias sustentáveis, trazendo esse novo aspecto para seleção.
- Outra perspectiva interessante é o desenvolvimento de novas tecnologias que modificam a forma de gerenciamento, como a indústria 4.0. Analisar como a seleção de fornecedores muda a partir disso e como a incerteza entra nas novas perspectivas de mercado

REFERÊNCIAS

- AGUEZZOUL, A.; LADET, P. A nonlinear multiobjective approach for the supplier selection, integrating transportation policies. **Journal of Modelling in Management**, v. 2, n. 2, p. 157–169, 10 jul. 2007.
- AHUMADA, O.; VILLALOBOS, J. R. Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 1, p. 1–20, jul. 2009.
- AISSAOUI, N.; HAOUARI, M.; HASSINI, E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. **Computers & Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3516–3540, dez. 2007.
- ALVES, M. J.; CLÍMACO, J. A review of interactive methods for multiobjective integer and mixed-integer programming. **European Journal of Operational Research**, v. 180, n. 1, p. 99–115, 2007.
- AMORIM, P. et al. Supplier selection in the processed food industry under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 252, n. 3, p. 801–814, 2016.
- ANDERSEN, E. et al. Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. **Journal of Environmental Management**, v. 82, n. 3, p. 353–362, 2007.
- ARIKAN, F. A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 3, p. 947–952, 2013.
- ASADABADI, M. R. A customer based supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 3, p. 1049–1062, 2017.
- AUGUSTIN, M. A. et al. Towards a more sustainable dairy industry: Integration across the farm-factory interface and the dairy factory of the future. **International Dairy Journal**, v. 31, n. 1, p. 2–11, 2013.
- BAI, C.; SARKIS, J. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. **International Journal of Production Economics**, v. 124, n. 1, p. 252–264, mar. 2010.
- BANA E COSTA, C. A.; CORTE, J.-M.; VANSNICK, J.-C. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [s.l: s.n.].
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Nota Técnica 02 - Arranjos Produtivos Locais no Estado de Pernambuco: mapeamento, metodologia de identificação e critérios de seleção para políticas de apoio. 2010.

- BARRON, F. H.; BARRETT, B. E. Decision Quality Using Ranked Attribute Weights. **Management Science**, v. 42, n. 11, p. 1515–1523, nov. 1996.
- BELTON, V.; STEWART, V. B. T. J. **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach**. US: Springer-Verlag GmbH, US, 2002.
- BONAMIGO, A. et al. Dairy production barriers diagnosis in Southern Brazil. **British Food Journal**, v. 120, n. 3, p. 690–702, 2018.
- BRANS, J.-P.; MARESCHAL, B. The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid. **Decision Support Systems**, 1994.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, 1986.
- BRASIL. Instrução Normativa n.62. in **62**, p. 24, 2011.
- BREITENBACH, R.; RODRIGUES, H.; BRANDÃO, J. B. Whose fault is it? Fraud scandal in the milk industry and its impact on product image and consumption – The case of Brazil. **Food Research International**, v. 108, n. November 2017, p. 475–481, 2018.
- CÁRDENAS-BARRÓN, L. E.; GONZÁLEZ-VELARDE, J. L.; TREVIÑO-GARZA, G. A new approach to solve the multi-product multi-period inventory lot sizing with supplier selection problem. **Computers and Operations Research**, v. 64, p. 225–232, 2015.
- CARVALHO, G. R. et al. **Competitividade da cadeia produtiva do leite em Pernambuco**. [s.l: s.n.].
- CASSOLI, L. D. **Produção de queijo : Qual a importância da qualidade do leite ?** Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/clinica-do-leite/producao-de-queijo-qual-a-importancia-da-qualidade-do-leite-205226n.aspx>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872–3885, 2013.
- CHAI, J.; NGAI, E. W. T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 215–225, 2015.
- CHEN, Y. J. Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. **Information Sciences**, v. 181, n. 9, p. 1651–1670, 2011.
- CHITHAMBARANATHAN, P. et al. Service supply chain environmental performance evaluation using grey based hybrid MCDM approach. v. 166, p. 163–176, 2015.
- CONDEPE; FIDEM. **Estudos, Pesquisas e Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.condepefidem.pe.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- DE ALMEIDA, A. T. Additive-Veto Models for Choice and Ranking Multicriteria Decision

- Problems. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 30, n. 06, p. 1350026, 2013a.
- DE ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**, 2013b.
- DE ALMEIDA, A. T. et al. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. [s.l: s.n.].
- DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, n. 2, p. 75–89, jun. 2001.
- DENG, J.-L. Control problems of grey systems. **Systems & Control Letters**, v. 1, n. 5, p. 288–294, mar. 1982.
- DENG, J. Introduction to Grey System Theory. **The Journal of Grey System**1, 1989.
- DENG, X. et al. Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 1, p. 156–167, 2014.
- DO VALE, M. L. R. et al. Percepção e respostas gerenciais ao risco: um estudo sobre os produtores de leite do programa de desenvolvimento da pecuária leiteira da região de Viçosa – MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 2, p. 253–278, 2007.
- EDWARDS, W.; BARRON, F. H. Smarts and smarter: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, 1994.
- FAO, O. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2012**. [s.l.] OECD, 2012.
- FAOSTAT. **Food Balance Sheet**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Boston, Dordrecht, London: Springer Verlag, 2005. v. 78
- FREJ, E. A. et al. A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. **Hindawi Mathematical Problems in Engineering**, v. 2017, 2017.
- GARCEZ, T. V.; DE ALMEIDA, A. T. **The use of grey relational analysis and the additive-veto model for solving multicriteria decision-making problems**. Recife - PE - BRA: [s.n.].
- GHADIMI, P.; GHASSEMI TOOSI, F.; HEAVEY, C. A multi-agent systems approach for sustainable supplier selection and order allocation in a partnership supply chain. **European Journal of Operational Research**, v. 0, p. 1–16, 2017.
- GHEIDAR KHELJANI, J.; GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIEN, C. Optimizing whole supply chain benefit versus buyer's benefit through supplier selection. **International Journal of**

- Production Economics**, v. 121, n. 2, p. 482–493, 2009.
- GOVINDAN, K. et al. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 66–83, 2015.
- HAJJI, A. et al. Production control and replenishment strategy with multiple suppliers. **European Journal of Operational Research**, v. 208, n. 1, p. 67–74, 2011.
- HAO, A. Uncertainty, risk aversion and risk management in agriculture, farmer; uncertainty; risk aversion; risk management. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 1, p. 152–156, 2010.
- HASHEMI, S. H.; KARIMI, A.; TAVANA, M. An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 159, p. 178–191, 2015.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.
- HWANG, C.-L.; YOON, K. Methods for Multiple Attribute Decision Making. In: **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey**. [s.l: s.n.]. p. 58–191.
- IBGE. Produção pecuária 2016. **Produção Pecuária Municipal**, v. 44, p. 1–51, 2016.
- IBGE. IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **IBGE Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais Estimativas da População residente**, 2017.
- KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multi-Criteria Decision Making**. [s.l: s.n.]. v. 16
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: Preferences and Value Trade-Offs**. New York: John Wiley and Son, 1976.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives—preferences and value tradeoffs**. [s.l: s.n.].
- KILIC, H. S. An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 14–15, p. 7752–7763, ago. 2013.
- KUANG, H.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. Grey-based PROMETHEE II with application to evaluation of source water protection strategies. **Information Sciences**, 2015.
- LEE, A. H. I. A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. **Expert Systems with Applications**, 2009.
- LI, G. D.; YAMAGUCHI, D.; NAGAI, M. A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, n. 3–4, p. 573–

581, 2007.

LI, G. D.; YAMAGUCHI, D.; NAGAI, M. A grey-based rough decision-making approach to supplier selection. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 36, n. 9–10, p. 1032–1040, 2008.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. **Applied Soft Computing Journal**, v. 21, p. 194–209, 2014.

LIU, F. et al. On possibility-degree formulae for ranking interval numbers. **Soft Computing**, v. 22, n. 8, p. 2557–2565, abr. 2018.

LIU, S.; FORREST, J.; YANG, Y. A brief introduction to grey systems theory. **Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS'11 - Joint with the 15th WOSC International Congress on Cybernetics and Systems**, p. 1–9, 2011.

LIU SIFENG, L. Y. **Grey Systems Theory and Applications**. [s.l: s.n.]. v. 53

LIU, T.; DENG, Y.; CHAN, F. Evidential Supplier Selection Based on DEMATEL and Game Theory. **International Journal of Fuzzy Systems**, v. 20, n. 4, p. 1321–1333, 2018.

LUTHRA, S. et al. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1686–1698, 2017.

MENG, Z.; GUO-XI, L. I. Combining TOPSIS and GRA for supplier selection problem with interval numbers. p. 0–2, 2018.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. [s.l: s.n.].

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável do Agreste Meridional de Pernambuco**. [s.l: s.n.].

MORÁN, J. et al. Use of grey relational analysis to assess and optimize small biomass boilers. **Fuel Processing Technology**, v. 87, n. 2, p. 123–127, 2006.

NDUBISI, N. O. et al. Supplier selection and management strategies and manufacturing flexibility. **Journal of Enterprise Information Management**, 2005.

NEKOOIE, M. A.; SHEIKHALISHAHI, M.; HOSNAVI, R. Supplier selection considering strategic and operational risks: a combined qualitative and quantitative approach. **Production Engineering**, v. 9, n. 5–6, p. 665–673, 5 dez. 2015.

OKANO, M. T.; VENDRAMETTO, O.; SOBRAL, O. How to Improve Dairy Production in Brazil through Indicators for the Economic Development of Milk Chain. **Modern Economy**, v. 5, n. June, p. 663–669, 2014.

- OMURCA, S. I. An intelligent supplier evaluation, selection and development system. **Applied Soft Computing Journal**, v. 13, n. 1, p. 690–697, 2013.
- PEDRYCZ, W.; EKEL, P.; PARREIRAS, R. **Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications**. [s.l.: s.n.].
- REIS FILHO, R. J. C.; SILVA, R. G. Cenários para o leite e derivados na Região Nordeste em 2020. **Sebrae**, p. 154, 2013.
- ROY, B. Classement Et Choix En Presence De Points De Vue Multiples. **Revue française d’informatique et de recherche opérationnelle**, 1968.
- ROY, B. The outranking foundations approach and the methods. **Theory and Decision**, v. 31, p. 49–73, 1991.
- ROY, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. v. 12, n. 0, p. 6221, 1996.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.
- SAATY, T. L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. In: **RWS Publications, 1996, ISBN 0-9620317-9-8**. [s.l.: s.n.].
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83, 2008.
- SCOTT, J. et al. A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 226–237, ago. 2015.
- SELLITTO, M. A.; VIAL, L. A. M.; VIEGAS, C. V. Critical success factors in Short Food Supply Chains: Case studies with milk and dairy producers from Italy and Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1361–1368, 2018.
- SHI, H. et al. A novel integrated approach for green supplier selection with interval-valued intuitionistic uncertain linguistic information: A case study in the agri-food industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 3, 2018.
- SILVA, C. A. B.; SOUZA FILHO, H. M. **Guidelines for rapid appraisals of agrifood chain performance in developing countries**. [s.l.: s.n.].
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies**. [s.l.] McGraw-Hill/Irwin, 2008.
- THRULOGACHANTAR, P.; ZAILANI, S. The influence of purchasing strategies on manufacturing performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 5, p. 641–663, 2011.
- USDA. World Agricultural Supply and Demand Estimates. **United States Department of**

Agriculture, 2015.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. [s.l.] Wiley, 1992.

VISIOLI, F.; STRATA, A. Milk, Dairy Products, and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, 2014.

WANG, P. et al. A hybrid method using experiment design and grey relational analysis for multiple criteria decision making problems. **Knowledge-Based Systems**, v. 53, p. 100–107, 2013.

WANG, W. P. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130–3141, 2010.

YOUSEFI, S.; MAHMOUDZADEH, H.; JAHANGOSHAI REZAEI, M. Using supply chain visibility and cost for supplier selection: a mathematical model. **International Journal of Management Science and Engineering Management**, v. 12, n. 3, p. 196–205, 2017.

ZHANG, S.; LIU, S.; ZHAI, R. An extended GRA method for MCDM with interval-valued triangular fuzzy assessments and unknown weights. **Computers & Industrial Engineering**, v. 61, n. 4, p. 1336–1341, nov. 2011.

ZHOU, C. S.; DENG, J. L. The stability of the grey linear system. **International Journal of Control**, v. 43, n. 1, p. 313–320, 1986.

ZHOU, X.; XU, Z. An Integrated Sustainable Supplier Selection Approach Based on Hybrid Information Aggregation. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2543, 2018.