

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento**

ALLAN LEON CASEMIRO DA SILVA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA E MODELAGEM *FUZZY* DOS PARÂMETROS
PRODUTIVOS DE BOVINOS DE CORTE COM INGESTÃO DE AGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE**

**TUPÃ - SP
2018**

ALLAN LEON CASEMIRO DA SILVA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA E MODELAGEM FUZZY DOS PARÂMETROS
PRODUTIVOS DE BOVINOS DE CORTE COM INGESTÃO DE AGUA TRATADA
MAGNETICAMENTE**

Exemplar de Defesa de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Engenharia.

Área de concentração:

Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa:

Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador:

Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

Coorientadores:

Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti

Prof. Dr. Marcelo George Mungai Chacur

TUPÃ - SP

2018

Ficha catalográfica:

S381a

Silva, Allan Leon Casemiro da.

Análise estatística e modelagem fuzzy dos parâmetros produtivos de bovinos de corte com ingestão de água tratada magneticamente/ Allan Leon Casemiro da Silva. – Tupã, 2018.

71 f.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti.

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo George Mungai Chacur.

1. Lógica Fuzzy. 2. Desempenho animal. 3. Produtividade pecuária. 4. Acabamento da carcaça. I. Autor. II. Título.

CDD 636.08

Fonte: Elaborada pela Biblioteca “Elias José Simon” – BUT, bibliotecária Eliana Kátia Pupim, CRB8 -6202.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE ESTATÍSTICA E MODELAGEM FUZZY DOS PARÂMETROS PRODUTIVOS DE BOVINOS DE CORTE COM INGESTÃO DE ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE

AUTOR: ALLAN LEON CASEMIRO DA SILVA
ORIENTADOR: LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO
COORIENTADOR: FERNANDO FERRARI PUTTI
COORIENTADOR: MARCELO GEORGE MUNGAI CHACUR

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO
Coordenadoria do Curso de Administração / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. DIOGO DE LUCCA SARTORI
Coordenadoria do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. DANIEL DOS SANTOS VIAIS NETO
Câmpus de Presidente Prudente / Faculdade de Tecnologia - FATEC - Presidente Prudente/SP

Tupã, 26 de março de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a minha esposa Estela e a minha filha Ana Clara pelo incentivo, carinho e compreensão pelos momentos de ausência que destinei a esta empreitada.

AGRADECIMENTOS

Em uma jornada tão grande e complexa, muitos são aqueles que deixam conosco um pedaço de si, assim este trabalho também é um pedaço dos que direta e indiretamente estiveram comigo nesta caminhada.

A Deus, pelo privilégio e dom da vida, e força nos momentos em que nos sentimos vulneráveis.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, pelo conhecimento que aceitou dividir comigo, pela paciência, e pelo carinho e gentileza nas exortações durante a construção deste trabalho.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti, pela ajuda e incentivo, mostrando os caminhos do conhecimento com tranquilidade e segurança, quando tudo mais parecia conturbado.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Marcelo George Mungai Chacur, por ter permitido fazer parte do seu projeto e dividido seu conhecimento, que foi imprescindível para realização deste.

A Profa. Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel, pela ajuda e socorro nos momentos críticos, sempre com serenidade em suas palavras e colaboração indescritível.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Tupã, onde trabalho e tive a oportunidade de realizar minha graduação e agora a Pós Graduação do programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD).

Aos amigos Daniel, Katia, Mara, Karimi, Carina, Isao, e Ananias, que me ajudaram durante todos esses anos, sempre com carinhos e esmero.

Aos meus mestres Ana Elisa, Andréa, Angélica, Cristiane, Danilo, Diogo, Nelson, Eduardo, Gessuir, Giuliana, João, Marcelo, Pedro, Raul, Renato, Ricardo, Sandra, Sérgio, Timóteo e Wagner, que compartilharam seus conhecimentos e suas amizades durante todos esses anos de construção do conhecimento.

Ó mar salgado, quanto do teu sal,
São lágrimas de Portugal!
Por te cruzarmos, quantas mães choraram,
Quantos filhos em vão rezaram!

Quantas noivas ficaram por casar
Para que fosses nosso, ó mar!
Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.

Quem quiere passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu.”
(Fernando Pessoa).

SILVA, Allan Leon Casemiro da. **Análise estatística e modelagem fuzzy dos parâmetros produtivos de bovinos de corte com ingestão de água tratada magneticamente**. Tupã: UNESP, 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Tupã, 2018.

RESUMO

Diante da competitividade do mercado de carnes, a busca por maior produtividade, por meio de novas tecnologias e a melhor classificação das carcaças de bovinos podem ser um diferencial que aumenta a rentabilidade para produtores e frigoríficos, além de entregar carnes de qualidade superior para o consumidor. Com esse fundamento o presente trabalho buscou analisar quais os efeitos nos parâmetros produtivos dos bovinos com a ingestão da água tratada magneticamente. Assim neste trabalho realizou primeiro uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) sobre o uso água tratada magneticamente (ATM) em animais, que permitiu uma contextualização teórica sobre a metodologia e os principais resultados obtidos em pesquisas de relevância da área em estudo. Posteriormente verificou-se os efeitos do uso da água tratada magneticamente, na bioquímica sanguínea de bovinos de corte, peso final e qualidade do acabamento da carcaça. Os resultados iniciais mostraram que a água tratada magneticamente não apresentou inferência nos índices bioquímicos de K, iCa, Cl e Colesterol, assim como não alterou o peso final ou o acabamento de gordura de machos não castrados. Por fim desenvolveu-se um sistema de apoio à tomada de decisão, com base em modelagem com lógica *fuzzy*, para avaliação da carcaça de bovinos de corte. Esse sistema permitiu uma modelagem objetiva, que pode levar aos frigoríficos uma melhoria nos critérios de avaliação, permitindo que as carcaças tenham pontuações mais específicas com melhor qualidade atribuída.

Palavras-chave: Lógica *fuzzy*. Desempenho animal. Produtividade pecuária. Acabamento da carcaça.

SILVA, Allan Leon Casemiro da. **Statistical analysis and fuzzy modeling of productive parameters of beef cattle with ingestion of magnetically treated water.** Tupã: UNESP, 2018. 71 f. Dissertation (Master in Agribusiness and Development) - Univ. Estadual Paulista, **College of Science and Engineering.** Tupã, 2018.

ABSTRACT

In face of the competitiveness of the meat market, the search for greater productivity through new technologies and the better classification of bovine carcasses can be a differential that increases profitability for producers and slaughterhouses, as well as delivering superior meat to the consumer . With this foundation the present work sought to analyze the effects on the productive parameters of cattle with the intake of magnetically treated water. Thus, in this work, the authors first carried out a Systematic Bibliographic Review (RBS) on the use of magnetically treated water (ATM) in animals, which allowed a theoretical contextualization about the methodology and the main results obtained in researches of relevance of the study area. Subsequently, the effects of the use of magnetically treated water in the blood biochemistry of beef cattle, final weight and finishing quality of the carcass were verified. The initial results showed that the magnetically treated water had no inference on the biochemical indexes of K, iCa, Cl and Cholesterol, nor did it alter the final weight or fat finishing of uncastrated males. Finally, a decision support system was developed, based on fuzzy logic modeling, to evaluate the carcass of beef cattle. This system allowed an objective modeling, which can lead the refrigerators an improvement in the evaluation criteria, allowing the carcasses to have more specific scores with better quality attributed.

Keywords: *Fuzzy* logic. Animal performance. Livestock productivity. Bovine carcass quality.

INDICES DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Roadmap</i> da Revisão Bibliográfica Sistemática.....	20
Figura 2 - Distribuição dos dados da bioquímica do sangue dos animais (Na, K, iCa, Cl e Colesterol).....	38
Figura 3 - Interação da concentração de Na na bioquímica do sangue dos animais do grupo ATM, em comparação com o grupo de controle.	40
Figura 4 - Distribuição do peso final (kg) da carcaça dos animais.	41
Figura 5 - Caracterização em porcentagem do acabamento de gordura dos animais nos grupos ATM e AC.	44
Figura 6 - Demonstração do sistema especialista baseado em lógica <i>fuzzy</i> para avaliação de carcaças de bovinos de corte não castrados.	51
Figura 7 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Acabamento”	53
Figura 8 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Maturidade”.....	54
Figura 9 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Peso”.....	55
Figura 10 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de saída “Qualidade”.....	57
Figura 11 - Inferência pelo Método de Mandami – MATLAB 15 ^a	60
Figura 12 - Superfície (1) e Mapa de Contorno (2) para as variáveis “Acabamento” × “Qualidade” e suas interações sobre a Qualidade no modelo <i>fuzzy</i>	61
Figura 13 - Superfície (1) e Mapa de Contorno (2) para as variáveis “Maturidade” × “Peso” e suas interações sobre a Qualidade no modelo <i>fuzzy</i>	63
Figura 14 - Superfície (1) e Mapa de Contorno (2) para as variáveis “Acabamento” × “Peso” e suas interações sobre a Qualidade no modelo <i>fuzzy</i>	64
Figura 15 - Gráfico de comparação entre Score Especialista x Score <i>Fuzzy</i>	67

INDICES DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios e pressuposições utilizados no processo de seleção e captura dos artigos de interesse.	22
Tabela 2 - Resultado do processamento por base de dados.	23
Tabela 3 - Descrição dos artigos selecionados para elaboração da RBS.	24
Tabela 4 - Índices de relevância dos Periódicos representativos dos artigos selecionados.	25
Tabela 5 - Síntese dos métodos de magnetização e resultados obtidos dos 8 artigos selecionados.	29
Tabela 6 - Resultado comparativo da bioquímica do sangue, entre os grupos (ATM e AC) e em idades diferentes.	38
Tabela 7 - Análise de Variância da Idade x Tratamento para as variáveis Na, K, iCa, Cl e Colesterol.	39
Tabela 8 - ANOVA, fator único peso final da carcaça.	42
Tabela 9 - Classificação do acabamento de gordura de animais segundo Instrução Normativa 09/2004 – MAPA.	43
Tabela 10 - Teste G para o acabamento de gordura dos animais.	44
Tabela 11 - Demonstração do conjunto de regras para construção das funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i>	51
Tabela 12 - Funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i> para a variável de entrada “Acabamento”.	52
Tabela 13 - Funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i> para a variável de entrada “Acabamento”.	52
Tabela 14 - Funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i> para a variável de entrada “Maturidade”.	54
Tabela 15 - Funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i> para a variável de entrada “Peso”.	55
Tabela 16 - Funções de pertinência do modelo <i>fuzzy</i> para a variável de saída “Qualidade”.	56
Tabela 17 - Método de defuzzificação para variáveis contínuas (1) e para variáveis discretas (2).	58
Tabela 18 - Base de regras para o modelo <i>fuzzy</i> de avaliação da qualidade das carcaças de bovinos não castrados.	59
Tabela 19 - Comparação entre Score Especialista x Score <i>Fuzzy</i>	66

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO GERAL.....	14
II OBJETIVOS GERAIS.....	14
REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO I - EFEITOS DA ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE EM ANIMAIS	18
1.1 INTRODUÇÃO.....	18
1.2 METODOLOGIA.....	19
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
1.3.1 ENTRADA: COLETA DOS ARTIGOS DE INTERESSE.....	21
1.3.2 PROCESSAMENTO: SELEÇÃO, CATALOGAÇÃO E ANÁLISE DOS ARTIGOS SELECIONADOS.....	21
1.3.3 SAÍDA: RELATÓRIO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)	26
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	30
CAPÍTULO II – EFEITOS DA ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE SOBRE OS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE EM BOVINOS DE CORTE.....	32
2.1 INTRODUÇÃO.....	32
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
2.2.1 ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE (ATM).....	33
2.2.2 BENEFÍCIOS DA ATM NOS PROCESSOS BIOQUÍMICOS.....	34
2.3 METODOLOGIA.....	35
2.3.1 PROCESSO DE MAGNETIZAÇÃO DA ÁGUA.....	35
2.3.2 DESCRIÇÃO DOS ANIMAIS E MANEJO.....	36
2.3.3 TRATAMENTO DOS DADOS.....	37
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
2.4.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS.....	37
2.4.2 RESULTADOS NO PESO FINAL DA CARÇA.....	41
2.4.3 RESULTADOS NO ACABAMENTO DE GORDURA.....	42
2.5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

CAPÍTULO III – SISTEMA DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARCAÇA DE BOVINOS DE CORTE UTILIZANDO MODELAGEM FUZZY	48
3.1 INTRODUÇÃO	48
3.2 METODOLOGIA	50
3.2.1 MODELAGEM FUZZY	50
3.2.2 VARIÁVEL DE ENTRADA ACABAMENTO.....	52
3.2.3 VARIÁVEL DE ENTRADA MATURIDADE	53
3.2.4 VARIÁVEL DE ENTRADA PESO.....	55
3.2.5 VARIÁVEL DE SAÍDA QUALIDADE	56
3.2.6 PROCESSO DE DEFUZZYFICAÇÃO.....	57
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.3.1 BASE DE REGRAS.....	58
3.3.2 MODELAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DA CARCAÇA DE BOVINOS	60
3.4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO.....	71

I INTRODUÇÃO GERAL

A produção brasileira de carne bovina vem crescendo nos últimos anos, aliada ao aumento do rebanho, o aumento da produtividade é um dos principais avanços na pecuária, o que coloca o Brasil como referência na produção e exportação de carne bovina (CNA, 2017).

Diante da competição e a expansão de mercados mais exigentes, buscou-se também melhora na qualidade das carnes fornecidas ao consumidor. Boas práticas pecuárias, novas técnicas de manejo, e novas tecnologias são pesquisadas a fim de aumentar a competitividade da cadeia.

Para o mercado, as carcaças padronizadas, resultariam em cortes de melhor qualidade de acabamento, e com maiores rendimentos na desossa. Essa carne poderia ser comercializada a preços relativamente superiores em certos mercados com maiores rendimentos, trazendo vantagens econômicas ao produtor (FELÍCIO, 2011).

Como uma das novas tecnologias, a ingestão por bovinos, de água tratada magneticamente, tem surgido como uma alternativa que melhora a produtividade do gado leiteiro, além da saúde dos animais (BALIEIRO NETO et al., 2013).

Assim faz-se necessário investigar se estes resultados acima podem ser relevantes em bovinos de corte, refletindo no rendimento da carcaça e na qualidade de acabamento de gordura, que são variáveis importantes na comercialização da carne.

II OBJETIVOS GERAIS

Diante do apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar os efeitos da água tratada magneticamente sobre a qualidade da carcaça de bovinos de corte. Assim delineou-se como objetivos específicos:

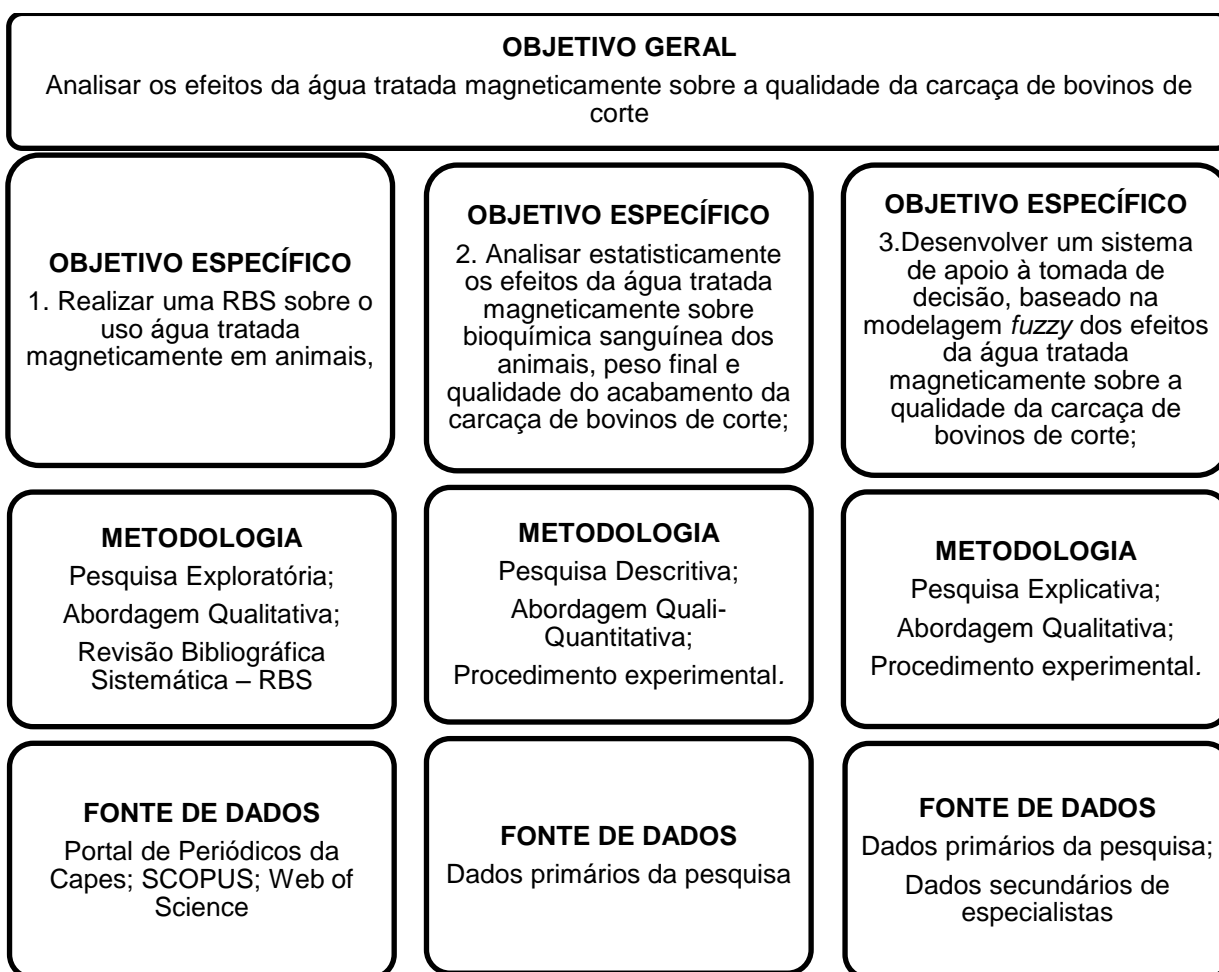
1. Realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) sobre o uso água tratada magneticamente em animais;
2. Analisar estatisticamente os efeitos da água tratada magneticamente sobre bioquímica sanguínea dos animais, peso final e qualidade do acabamento da carcaça de bovinos de corte;

3. Desenvolver um sistema de apoio à tomada de decisão, baseado na modelagem *fuzzy* dos efeitos da água tratada magneticamente sobre a qualidade da carcaça de bovinos de corte.

A estrutura deste trabalho foi construída, direcionando os capítulos para alcançar os objetivos específicos expostos anteriormente. Assim cada capítulo foi construído como um artigo, com introdução, referencial teórico, metodologia e resultados. Posteriormente uma conclusão geral do trabalho, visando à discussão dos resultados encontrados com foco no objetivo geral deste trabalho.

O Quadro 01, abaixo, apresenta o detalhamento dos objetivos, abordagens de pesquisa utilizadas e as fontes dos dados utilizados na pesquisa.

Quadro 1 - Framework metodológico da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a estrutura supracitada, apresenta-se um breve relato sobre desenvolvimento de cada um dos capítulos/artigos.

No **Capítulo I**, “*Efeitos da água tratada magneticamente em animais*”, objetivou-se o levantamento de referencial teórico, assim como métodos mais utilizados para magnetização da água para utilização no experimento. A metodologia seguiu o processo de revisão bibliográfica sistemática, desenvolvido por Conforto, Amaral e Silva (2011), utilizada também em pesquisas de diversas áreas. Objetivou-se caracterizar as pesquisas correlatas com o objetivo principal deste estudo, demonstrando sua relevância.

O processo metodológico adotado seguiu a construção lógica para convergir no objetivo específico do Capítulo I, para isso foram definidas a entrada, processamento e saída, segundo Conforto, Amaral e Silva (2011). Na primeira etapa, denominada de “entrada”, baseou-se em artigos correlatos para a definição do problema, objetivos e fontes primárias, posteriormente, definiu-se os *strings* de busca e os critérios de inclusão e classificação dos artigos. Na segunda etapa, o processamento, a fase de “processamento” consistiu na condução das buscas nas bases selecionadas, análise sistemática dos resultados e na documentação. Na última etapa, a saída, foi realizada a síntese dos métodos de magnetização da água e dos resultados encontrados nos artigos selecionados, permitindo a construção do modelo teórico para o delineamento desta pesquisa.

O **Capítulo II**, denominado “*Efeitos da água tratada magneticamente sobre a qualidade da carcaça de bovinos de corte*”, atende ao segundo objetivo específico desta pesquisa.

Neste capítulo foi utilizada uma abordagem estatística como método de análise, por meio de uma análise descritiva de dados e da elaboração de uma análise de variância (ANOVA) e correlação pelo teste G.

Este capítulo contou com uma análise exploratória de dados complementares ao trabalho de ANDRADE (2017) e advindos de um projeto de pesquisa maior coordenado pelo Professor Doutor Marcelo George Mungai Chacur (Coorientador desta pesquisa), da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE.

O **Capítulo III**, “*Sistema de apoio à tomada de decisão, para avaliação da qualidade da carcaça de bovinos de corte utilizado modelagem fuzzy*” teve como objetivo elaborar um modelo matemático para apoiar a tomada de decisão resultante da avaliação qualitativa de carcaça de bovinos de corte não castrados.

O modelo matemático baseou-se na lógica *fuzzy*, cuja aplicação em sistemas de apoio à decisão na área do agronegócio ainda é recente. O processamento do sistema especialista seguiu o proposto por Jang, Sun, Mizunami, (1997). Primeiro foram observados os valores linguísticos observados, após foi processada a inferência *fuzzy*, posteriormente o conjunto foi defuzzificado para saída de um valor resultado. Para construção das funções de pertinência foram utilizados os conhecimentos subjetivos dos especialistas sobre a avaliação qualitativa das carcaças de bovinos de corte. Isso permite que as observações imprecisas das entradas fossem convertidas em uma tomada de decisão na saída, que é o valor defuzzificado.

REFERÊNCIAS

BALIEIRO NETO, G.; NOGUEIRA, J. R.; PINHEIRO, M. G.; ENGRACIA FILHO, J. R., COELHO, C. M. M.; LUZ E SILVA, S.. Efeito do tratamento da água por campo magnético sobre os parâmetros séricos e espessura de gordura subcutânea.

Boletim da Indústria Animal., Nova Odessa, v.70, n.2, p.158-166, 2013.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Balanco 2016 e perspectiva 2017**. Brasília, 2017.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO– CBGDP, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, RS, 2011.

FELÍCIO, P. E. Classificação, tipificação e qualidade da carne bovina. in. VI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. - **Anais de Palestras**, p.127-133. São Pedro, 2011.

JANG, J. S. R.; SUN, C.-T.; MIZUNAMI, E. **Neuro-fuzzy and Soft Computing**, 1997 Prentice Hall.

CAPÍTULO I - EFEITOS DA ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE EM ANIMAIS

RESUMO: Para realização de uma pesquisa relevante, é necessária a contextualização do conhecimento e aplicação da tecnologia proposta em animais, como também saber quais possíveis resultados que já foram obtidos em pesquisas anteriores. Assim o presente capítulo teve como objetivo a realização de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), sobre o uso da ATM em animais, buscando aprofundar e entender o estado do conhecimento e delineando a construção da pesquisa objeto deste trabalho. Utilizou-se da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) como metodologia direcionadora deste, dividida em 3 fases: entrada, processamento e saída. Os artigos levantados permitiram uma caracterização do método de tratamento magnético da água, sendo que a maioria dos artigos utilizaram-se de exposição contínua a um campo magnético de 0,2, 0,4 e 0,6 T (Tesla), com um tempo otimizado de exposição entre 5 minutos. Também apontou que a utilização de água tratada magneticamente melhorou em todos os estudos os índices biológicos e promoveu uma melhora qualitativa nas variáveis estudadas.

1.1 INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos da influência de um campo eletromagnético sobre a água remontam a metade do século XX. A partir daí foram criadas diversas teorias que buscam explicar essa relação, de um lado temos os parâmetros físico-químicos, que podem ser estudados em ambientes controlados, e do outro a ação da água tratada magneticamente sobre os sistemas biológicos, a qual ainda precisa de estudos científicos que consigam explicar a interação das variáveis (ALFONSO et al., 2009).

No entanto para se caracterizar como objeto deste estudo, temos como água tratada magneticamente, aquela que é submetida a um campo magnético estático externo, gerando modificações em sua estrutura molecular (AGHAMIR et al., 2015).

Diante da observação da interação da água tratada magneticamente, com os processos bioquímicos dos organismos, é de extrema importância o levantamento de indícios, com relevância científica e que permitam abrir novos horizontes em pesquisas para a melhoria da qualidade da produção animal.

Faz-se necessário um estudo que permita a contextualização do conhecimento e aplicação da tecnologia proposta em animais, como também saber quais possíveis resultados que já foram obtidos em pesquisas anteriores.

Neste sentido a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) sobre os métodos de tratamento magnético é imprescindível para que seja utilizado um método adequado ao objeto proposto pelo projeto de pesquisa evitando assim erros na parte experimental da pesquisa.

A escolha da RBS, para a coleta, sistematização e análise dos dados se justifica pela necessidade de aprofundar e entender o estado do conhecimento sobre água tratada magneticamente e possibilitar a quantificação de estudos dentro da delimitação cronológica e do método proposto no estudo em que esta é baseada (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011).

Neste contexto e procurando subsídios que permitam melhores reflexões para a construção da pesquisa objeto deste trabalho, o presente tem como a realização de uma RBS sobre o uso de água tratada magneticamente para consumo de animais, com vista à melhoria da produção e índices qualitativos.

1.2 METODOLOGIA

Tendo em vista dos objetivos desta pesquisa e a adoção da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) como metodologia direcionadora desta, buscou-se o respaldo teórico em Levy e Ellis (2006) e Conforto, Amaral e Silva (2011), para melhor caracterizar as etapas a serem seguidas para realização desta, favorecendo o levantamento de resultados relevantes.

Conforto, Amaral e Silva (2011) apontam que a RBS está organizada em fases e etapas. Sendo que possui 15 etapas distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída). A Figura 1 sistematiza as etapas e as fases da RBS.

Figura 1 - Roadmap da Revisão Bibliográfica Sistemática.



Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2011).

Levy e Ellis (2006) apontam que essas etapas são necessárias em qualquer abordagem sistemática, pois se a entrada do sistema for incorreta, resultará em uma baixa qualidade de retorno das informações. Isso levará a uma saída ineficaz dos dados necessários, haja vista que uma RBS deve assegurar uma visão completa da literatura foco. Essa metodologia é dividida em 3 fases: entrada, processamento e saída.

A primeira fase, a entrada, tem a função de levar o pesquisador a refletir sobre qual lacuna da pesquisa ou contextualização do conhecimento da pesquisa foco que ele vai direcionar sua RBS. Ela é dividida em 8 Etapas, que passam desde a definição dos objetivos da RBS até o delineamento metodológico da busca (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011).

A Fase de Processamento envolve a aplicação dos métodos delimitados anteriormente para a busca, análise dos resultados e documentação. Essas etapas são um processo iterativo de direcionamento e levantamento, permitindo acesso aos artigos que fundamentarão a RBS (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011).

A terceira fase da RBS, a Saída, é considerada uma das mais importantes, pois permite ao pesquisador a sistematização da informação obtida na Fase de processamento, consolidando os conceitos utilizados e desenvolvendo modelos teóricos que permitam explicar as hipóteses levantadas (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 ENTRADA: COLETA DOS ARTIGOS DE INTERESSE

Para realização desta etapa, foram adotadas inicialmente duas bases de dados e uma biblioteca virtual: *SCOPUS*, *Web of Science*, e o Portal de Periódicos CAPES. Essas bases foram escolhidas tendo em vista sua relevância e importância na área objeto desta pesquisa.

Sendo considerada como a mais ampla base de dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares, oferece a visão mais abrangente sobre a produção de pesquisa do mundo nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e Artes e Humanidades. Esta base contém 21.000 títulos de mais de 5.000 editoras internacionais, sendo destes são mais de 20.000 periódicos revisados por pares, que entre outros totalizam mais de 50 milhões de registros (SCOPUS, 2018).

A plataforma *Web of Science* disponibiliza uma variedade de literatura de pesquisa de classe mundial ligada a um núcleo de periódicos rigorosamente selecionados. São disponibilizados mais de 18.000 periódicos de alto impacto, mais de 180.000 atos de conferência e mais de 80.000 livros de todo o mundo. Com mais de 100 anos de cobertura abrangente e mais de um bilhão de conexões de referência citadas (WEB OF SCIENCE, 2018).

Também foi utilizado o Portal de Periódicos Capes que é uma biblioteca virtual que oferece acesso aos textos completos de artigos selecionados de mais de 21.500 revistas internacionais, nacionais e estrangeiras, integrando 525 bases de dados referenciais (CAPES, 2018). Mesmo que esta biblioteca virtual inclua as duas bases citadas acima, ampliou-se a busca para outras bases que não foram abarcadas por essa pesquisa, permitindo uma maior abrangência de busca.

1.3.2 PROCESSAMENTO: SELEÇÃO, CATALOGAÇÃO E ANÁLISE DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Tendo em vista os objetivos da pesquisa, buscou-se a adoção de critérios e pressuposições que resultassem em um levantamento do método de tratamento

magnético da água, partindo da hipótese que a adoção desta tecnologia na irrigação aumenta a produtividade de diversas culturas. Assim os critérios e as pressuposições estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios e pressuposições utilizados no processo de seleção e captura dos artigos de interesse.

DESCRIÇÃO	
Base de Dados e Bibliotecas Virtuais	SCOPUS, Web of Science e Portal de Periódicos Capes.
Coleta	As datas de busca realizadas nesta pesquisa são apresentadas para fixar o momento da coleta, pois se considera a possibilidade de movimentação de conteúdos nas bases de dados ao longo do tempo.
Data de Busca	As datas de busca realizadas nesta pesquisa são apresentadas para fixar o momento da coleta, pois se considera a possibilidade de movimentação de conteúdos nas bases de dados ao longo do tempo.
Filtro 1	Para iniciar o processo de busca, foi escolhida a palavra-chave “Magnetized Water” or “Magnetically treated water”, que representa a principal fonte de informações do assunto pretendido na pesquisa. A adoção da palavra no idioma inglês teve o objetivo de abarcar o maior número de documentos possíveis.
Filtro 2	A busca booleana utilizada nesse filtro seguiu a seguinte sequência de critérios: “Magnetized Water” or “Magnetically treated water” AND “animals” OR “Cattle” A adoção deste critério foi utilizado como forma de restringir a utilização apenas para o campo de interesse da pesquisa.
Filtro 3	Esse filtro foi diferenciado em cada base de dados, em função da diversidade de características dos sistemas de busca. Entretanto, pode-se considerar a predominância do uso dos seguintes critérios: recorte temporal de coleta (2007 a 2017); seleção apenas de artigos de periódicos e, por fim, a restrição das áreas temáticas de interesse (Agricultural and Biological Sciences).
Filtro 4	Para a seleção dos artigos de interesse, nessa primeira etapa de seleção, foram realizadas leituras atentas em relação ao título, ao resumo e as palavras-chave.

Fonte: Adaptado pelo autor, com base em Conforto, Amaral e Silva (2011) e Bernardo (2016).

A sequência do processo, a descrição dos critérios e os resultados de cada etapa, estão apresentados, na Tabela 2. A partir da adoção dos quatro referidos critérios de filtragem, foram obtidos, nessa primeira etapa de seleção, 20 artigos de periódicos, sendo 9 artigos advindos da Web of Science, 6 artigos do SCOPUS e 5 artigos do Portal de Periódicos Capes.

A Tabela 2 demonstra o resultado da busca de artigos por base de dados, bem como o resultado da aplicação dos filtros escolhidos para esta RBS.

Tabela 2 - Resultado do processamento por base de dados.

BASE DE DADOS	Portal de Periódicos da Capes	SCOPUS	Web of Science
Data da Coleta	10/03/2018 a 17/03/2018	10/03/2018 a 17/03/2018	10/03/2018 a 17/03/2018
FILTRO 01 (String)	"Magnetized Water" OR "Magnetically treated water"	"Magnetized Water" OR "Magnetically treated water"	"Magnetized Water" OR "Magnetically treated water"
RESULTADO 1	Artigos (36.013)	Artigos (197)	Artigos (112)
FILTRO 02 (Busca Booleana)	"Magnetized Water" OR "Magnetically treated water" AND "animals" OR "cattle"	Magnetized Water" OR "Magnetically treated water" AND "animals" OR "cattle"	Magnetized Water" OR "Magnetically treated water" AND "animals" OR "cattle"
RESULTADO 2	Artigos (84)	Artigos (11)	Artigos (83)
FILTRO 03	Período: 2008 a 2018 Apenas Artigos de periódicos	Período: 2008 a 2018 Apenas Artigos de periódico	Período: 2008 a 2018 Apenas Artigos de periódicos
RESULTADO 3	Artigos (12)	Artigos (10)	Artigos (63)
FILTRO 04	Leitura do Título, Resumo e palavras chaves.	Leitura do Título, Resumo e palavras chaves.	Leitura do Título, Resumo e palavras chaves.
RESULTADO 4	5 Artigos	6 Artigos	9 Artigos

Fonte: Dados da Pesquisa, com base em Bernardo (2016).

Após a etapa de coleta, dos 20 artigos encontrados foram excluídos os 04 artigos repetidos nas diversas bases, assim como os artigos que não estavam disponíveis na íntegra (2 artigos), sendo que restaram 15 artigos.

No próximo passo foi realizada uma leitura sistemática dos artigos 15 artigos restantes, onde foram descartados ainda 7 artigos que não tinham aderência com o tema do presente, restando 8 artigos que foram utilizados pela elaboração da RBS, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos artigos selecionados para elaboração da RBS.

Nº	Base de dados	Título	Autores	Periódico	Ano	País
1	CAPES	Magnetic water treatment	COEY, J. M. D. , CASS, S.	Journal of Magnetism and Magnetic Materials	2000	Irlanda
2	CAPES	Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos.	ALFONSO D.; PÉREZ G. C.; PÉREZ M. I.; SILVEIRA P. E. A	Revista Electrónica de Veterinária	2009	Cuba
3	Web of Science	A study of anti-inflammatory and anti-arthritic property of prepared magnetized water	INGALAGI B. N.; LAKSHMANA M.; PATTAN SHASHIKANT R.; CHAVAN PRERANA A.	Pharmacology online	2010	Índia
4	Web of Science	Effect of the magnetized water supplementation on blood glucose, lymphocyte DNA damage, antioxidant status, and lipid profiles in STZ-induced rats	LEE, H. E.; KANG, M. H.	Nutrition Research and Practice	2013	Coréia do Sul
5	Web of Science	Effects of Magnetized Medium on In Vitro Maturation of Porcine Cumulus Cell-Oocyte Complexes	KIM, Y. J. ; LEE, S. H.; JUNG, S. J.; PARK, C. K.	Journal of Magnetism	2014	Coréia do Sul
6	SCOPUS	Antioxidative effects of magnetized extender containing bovine serum albumin on sperm oxidative stress during long-term liquid preservation of boar semen	LEE, S. H.; PARK, C. K.	Biochemical and Biophysical Research Communications	2015	Coréia do Sul
7	SCOPUS	Effect of magnetized extender on sperm membrane integrity and development of oocytes in vitro fertilized with liquid storage boar semen	LEE, S H.; PARK, C. K.	Animal Reproduction Science	2015b	Coréia do Sul
8	CAPES	Responses of the fertility, semen quality, blood constituents, immunity and antioxidant status of rabbit bucks to type and magnetizing of water	ATTIA, Y. A.; ABD EL-HAMID, A. E.; EL-HANOUN, A. M.; AL-HARTHI, M. A.; ABDEL-RAHMAN, G. M.; ABDELLA, M. M.	Ann. Anim. Sci	2015	Arabia Saudita

Fonte: Dados da Pesquisa.

Dos oito artigos selecionados, ressalta-se que não foi encontrado nenhum em português, sendo todos os artigos em inglês. Quando analisamos os países de origem dos autores podemos ressaltar que 75% destes são de países sem uma tradição proeminente em pesquisas científicas, com destaque para a Coréia do Sul (4 artigos) e para a Índia (2 artigos).

Outro fator a ser ressaltado é que 3 artigos são do ano de 2015, sendo que outros 2 artigos são dos últimos 5 anos, o que demonstra que o tema da pesquisa além de ser atual, apresenta tendência crescente de interesse científico.

Para avaliação da relevância dos artigos foi utilizado consulta ao *SCImago* onde foram analisadas as variáveis de Quartil de posicionamento do periódico (mede seu posicionamento dentre outros periódicos similares), o Fator de Impacto (mede a quantidade de citação dos artigos pela quantidade de artigos publicados) do periódico e o Índice h (apresenta número de artigos com citações maiores ou iguais ao número)

A Tabela 4 abaixo apresenta a representatividade dos periódicos onde os artigos foram publicados.

Tabela 4 - Índices de relevância dos Periódicos representativos dos artigos selecionados.

Nº	Periódico	Artigos	Quartil	FI	Índice h
1	Biochemical and Biophysical Research Communications	1	Q1	1,191	230
2	Animal Reproduction Science	1	Q1	0,652	83
3	Journal of Magnetism and Magnetic Materials	1	Q1	0,776	128
4	Nutrition Research and Practice	1	Q2	0,614	19
5	Pharmacology Online	1	Q4	0,169	17
6	Ann. Anim. Sci	1	Q3	0,345	11
7	Journal of Magnetism	1	Q3	0,297	9
8	Revista Electrónica de Veterinária	1	Q3	0,187	3

Fonte: Dados da Pesquisa.

Dos 8 periódicos analisados verificou-se todos tem referências no *Scimago*, demonstrando relevância em sua área. Dos periódicos encontrados 3 estão entre os melhores da sua área (Q1) e outro apresenta relevância na área (Q2). Os outros 5 periódicos são classificados em quartis mais baixos.

Quanto à análise do fator de impacto o *Biochemical and Biophysical Research Communications*, apresenta maior relevância com 1,191, e apresenta maior score, com h = 230, indicando apresenta artigos com grande relevância.

1.3.3 SAÍDA: RELATÓRIO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)

Assim tendo em vista a análise dos conteúdos dos 8 artigos selecionados passou-se a sistematizar os textos. O caráter experimental dos artigos encontrados e também da pesquisa a qual esta RBS fundamenta levou caracterização de duas variáveis: a) Método de magnetização da água, com caracterização de força do campo magnético, tipo de exposição (Contínua ou em fluxo) e tempo de exposição ao campo magnético; b) Resultados do uso da água tratada magneticamente.

Coey e Cass (2000) foram os primeiros a usar o termo água tratada magneticamente, em seu artigo que objetivou analisar a formação de depósitos de cristais de carbonato de cálcio (aragonita) residuais em dois tipos de lâminas de água, quando submetidas a um campo magnético constante. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 0,1 T (Tesla) ou 1000 G (Gauss), por um tempo (0) até 200 horas, com imãs de D-Fe-B, formando um “colar” em uma garrafa plástica. A conclusão do trabalho foi que a passagem da água através de um campo magnético favorece a formação de cristais de carbonato de cálcio, o que diminui seus depósitos nas tubulações de água, no entanto não apresentou quais foram os fatores que levaram ao aumento da formação de cristais.

Alfonso et al. (2009) fizeram uma contextualização do processo de tratamento magnético e apresentou um panorama dos benefícios e origem da ATM. Apontou respostas biológicas positivas nos parâmetros de saúde e produção em diferentes categorias de bovino investigadas. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição em fluxo a um campo magnético de 0,2 T (Tesla) ou 2000 G (Gauss), por exposição em eletroímã, entre outros processos apontados. Sua conclusão foi que a água com tratamento magnético pode constituir uma alternativa viável e para a exploração zootécnica do rebanho bovino, com repercussão favorável sobre os mecanismos de defesa da saúde e dos parâmetros produtivos.

Ingalagi et al. (2010) realizaram um estudo para explorar e descobrir as aplicações científicas da água magnetizada com aplicação in vitro, testando a ação anti-inflamatória e anti-artrite. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 0,07 a 0,2 T (Tesla) ou 700 a 2000 G (Gauss), por 18 horas. Seus resultados demonstram um aumento do fluxo

sanguíneo no local da lesão, aumento da capacidade de transporte de oxigênio de sangue, reduzindo os processos inflamatórios.

Lee e Kang (2013) investigaram os efeitos da suplementação de água magnetizada na glicemia, danos no DNA, estado antioxidante e perfis lipídicos em ratos diabéticos. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição em fluxo a um campo magnético de 0,9 a 1,3 T (Tesla) ou 9000 a 13000 G (Gauss), por ação de um eletroímã. Seus resultados apontam que a suplementação de água magnetizada não só diminuiu a glicemia e os níveis de hemoglobina glicosilada, mas também reduziu os danos ao DNA do sangue e do fígado em ratos diabéticos induzidos pela administração de estreptozotocina (STZ).

Kim et al. (2014) estudaram o efeito da água magnetizada em complexos de células-oócitos em porcos. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 2000G, 4000G e 6000G, por 5 minutos usando o ímã de neodímio. Seus resultados indicam que a incubação de oócitos em meio magnetizado melhora os níveis de oxidação intracelular, a integridade da membrana e a maturação nuclear, e inibe a apoptose (morte celular) *in vitro*.

Lee e Park (2015a) exploraram os efeitos do uso de extensores de sêmen magnetizados melhorados contendo albumina de soro bovino (BSA) como antioxidantes em apoptose no sêmen de javali. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 2000G, 4000G e 6000G, por 5 minutos usando o ímã de neodímio. Seus resultados aumentaram a preservação do sêmen de javali, com o uso de ATM e afirmou que ela pode ser utilizada em sistemas de cultura de células animais para o aumento do estresse oxidativo.

Lee e Park (2015b) avaliaram o efeito de um extensor magnetizado no esperma, quanto a danos à membrana e ao desenvolvimento de oócitos fertilizados *in vitro*. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 2000 G, 4000 G e 6000 G, por 5 minutos usando o ímã de neodímio. Em conclusão, sugerem que o sêmen altamente magnetizado poderia proteger a membrana do esperma dos danos e melhorar a capacidade das taxas de desenvolvimento de blastocistos *in vitro* e o diluente magnetizado de sêmen magnetizado é benéfico para preservação do sêmen de javali.

Attia et al. (2015) testaram as respostas da fertilidade, qualidade do

sêmen, constituintes do sangue, imunidade e estado antioxidante de coelhos. Seu procedimento de tratamento magnético foi de exposição constante a um campo magnético de 4000 G. A água magnetizada aumentou significativamente o peso corporal, a ingestão alimentar, fertilidade, concentração de esperma, mobilidade e quantidade esperma vivo total.

Com base nos 8 artigos selecionados e nas observações supracitadas, as principais características dos artigos, tendo em vista a metodologia do tratamento magnético e os resultados, foram sintetizados conforme apresentação na Tabela 5.

Tabela 5 - Síntese dos métodos de magnetização e resultados obtidos dos 8 artigos selecionados.

Nº	Título	Autores	Método de magnetização	Resultado
1	Magnetic water treatment	COEY, J. M. D. , CASS, S.	Campo Magnético: 0,1T Tempo de exposição: 0-200 horas Tipo de exposição: constante	Aumento na formação de cristais de carbonato de cálcio
2	Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos.	ALFONSO D.; PÉREZ G. C.; PÉREZ M. I.; SILVEIRA P. E. A INGALAGI B.N.;	Campo Magnético: 0,2T Tipo de exposição: fluxo	Melhora sobre os mecanismos de defesa da saúde e dos parâmetros produtivos
3	A study of anti-inflammatory and anti-arthritic property of prepared magnetized water	LAKSHMANA M.; PATTAN SHASHIKANT R.; CHAVAN PRERANA A.	Campo Magnético: 0,07 a 0,2T Tempo de exposição: 18 horas Tipo de exposição: constante	Aumento do fluxo sanguíneo no local da lesão, aumento da capacidade de transporte de oxigênio de sangue, reduzindo os processos inflamatórios.
4	Effect of the magnetized water supplementation on blood glucose, lymphocyte DNA damage, antioxidant status, and lipid profiles in STZ-induced rats	LEE, H. E.; KANG, M. H.	Campo Magnético: 0,9 a 1,3T Tipo de exposição: fluxo	Diminuiu a glicemia e os níveis de hemoglobina glicosilada, mas também reduziu os danos ao DNA do sangue e do fígado em ratos diabéticos
5	Effects of Magnetized Medium on In Vitro Maturation of Porcine Cumulus Cell-Oocyte Complexes	KIM, Y. J.; LEE, S. H.; JUNG, S. J.; PARK, C. K.	Campo Magnético: 0,2, 0,4 e 0,6T Tempo de exposição: 5 minutos Tipo de exposição: constante	Melhora os níveis de oxidação intracelular, a integridade da membrana e a maturação nuclear, e inibe a apoptose (morte celular) in vitro.
6	Antioxidative effects of magnetized extender containing bovine serum albumin on sperm oxidative stress during long-term liquid preservation of boar semen	LEE, S. H.; PARK, C. K.	Campo Magnético: 0,2, 0,4 e 0,6T Tempo de exposição: 5 minutos Tipo de exposição: constante	Aumento da preservação do sêmen de javali.
7	Effect of magnetized extender on sperm membrane integrity and development of oocytes in vitro fertilized with liquid storage boar semen	LEE, S. H.; PARK, C. K.	Campo Magnético: 0,2, 0,4 e 0,6T Tempo de exposição: 5 minutos Tipo de exposição: constante	O sêmen altamente magnetizado poderia proteger a membrana do esperma dos danos e melhorar a capacidade das taxas de desenvolvimento de blastocistos in vitro.
8	Responses of the fertility, semen quality, blood constituents, immunity and antioxidant status of rabbit bucks to type and magnetizing of water	ATTIA, Y. A.; ABD EL-HAMID, A. E.; EL-HANOUN, A. M.; AL-HARTHI, M. A.; ABDEL-RAHMAN, G. M.; ABDELLA, M. M.	Campo Magnético: 0,1T Tempo de exposição: 0-200 horas Tipo de exposição: constante	aumento do peso corporal, a ingestão alimentar, fertilidade, concentração de esperma, mobilidade e quantidade esperma vivo total em coelhos.

Fonte: Dados da Pesquisa.

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu a caracterização do conhecimento sobre a utilização de água tratada magneticamente em animais. Esta RBS favoreceu a coleta, tratamento e organização do material que vai embasar teoricamente o projeto de pesquisa e apontou o estado do conhecimento na área.

Os artigos levantados permitiram uma caracterização do método de tratamento magnético da água, sendo que a maioria dos artigos utilizaram-se de exposição contínua a um campo magnético de 0,2, 0,4 e 0,6 T (Tesla), com um tempo otimizado de exposição entre 5 minutos. Ressalte esses artigos são de um mesmo grupo de autores que podem ter utilizados dados de um mesmo experimento.

Também percebe-se que a utilização de água tratada magneticamente melhorou em todos os estudos, os índices biológicos nos animais e promoveu uma melhora qualitativa nas variáveis estudadas.

Outro fator foi o número de publicações no ano de 2015, o que demonstra o crescimento de interesse de pesquisas na área de tratamento magnético de água para uso em animais, o que coloca o projeto de pesquisa o qual essa RBS foi instrumento, como uma promissora fonte de dados e possibilidade de significativas pesquisas futuras.

Uma variável que ainda necessitará de pesquisas futuras é quais alterações bioquímicas que ocorreram nos animais que resultaram em melhoria dos índices biológicos destes, variável que não foi abordada de forma contundente pelos artigos selecionados.

REFERÊNCIAS

ALFONSO D.; PÉREZ G. C.; PÉREZ M. I.; SILVEIRA P. E. A.. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. **Revista Electrónica de Veterinária**, n. 4, 2009.

AGHAMIR, F.; BAHRAMI H. A.; MALAKOUTI M. J.; ESHGHI S. Magnetized Water Effects on Seed Germination and Seedling Growth of Corn (*Zea mays*) Under Saline Conditions. **American Journal of Life Science Researches**, v. 3, n. 2, p. 184-195, 2015.

ATTIA, Y. A.; ABD EL-HAMID, A. E.; EL-HANOUN, A. M.; AL-HARTHI, M. A.; ABDEL-RAHMAN, G. M.; ABDELLA, M. M. Responses of the fertility, semen quality,

blood constituents, immunity and antioxidant status of rabbit bucks to type and magnetizing of water. **Ann. Anim. Sci.**, v. 15, n. 2, 2015.

BERNARDO, Roberto. **Análise da produtividade agrícola da cana-de-açúcar nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás**. Tupã: UNESP, 2016. 162 f. Dissertação (Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2016.

CAPES – PORTAL DE PERIÓDICO DA . Disponível em: < <http://www-periodicos-capes.gov.br.ez87.periodicos.capes.gov.br/>> Acessado em 17 março 2018.

COEY, J. M. D., CASS, S. Magnetic water treatment. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 209, p 71-74, 2000.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO– CBGDP, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais....** Porto Alegre, RS, 2011.

INGALAGI B. N.; LAKSHMANA M.; PATTAN SHASHIKANT R.; CHAVAN PRERANA A. A study of anti-inflammatory and anti-arthritis property of prepared magnetized water. **Pharmacologyonline**, v. 1, 2010.

KIM, Y. J.; LEE, S. H. JUNG, S. J.; PARK, C. K. Effects of Magnetized Medium on In Vitro Maturation of Porcine Cumulus Cell-Oocyte Complexes. **Journal of Magnetics**. v. 19, n. 3, 2014.

LEE, H. E.; KANG, M. H. Effect of the magnetized water supplementation on blood glucose, lymphocyte DNA damage, antioxidant status, and lipid profiles in STZ-induced rats. **Nutrition Research and Practice**, v. 7, n.1, 2013.

LEE, S. H.; PARK, C. K. Antioxidative effects of magnetized extender containing bovine serum albumin on sperm oxidative stress during long-term liquid preservation of boar semen. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 464, 2015a.

LEE, S. H.; PARK, C. K. Antioxidative Effect of magnetized extender on sperm membrane integrity and development of oocytes in vitro fertilized with liquid storage boar semen. **Animal Reproduction Science**, v. 154, 2015b.

LEVY, Y.; ELLIS, T. J. A. system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.

SCOPUS. **Sobre a Editora**. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/americalatina/pt-br/scopus>>. Acessado em 17 março 2018.

WEB OF SCIENCE. **Coleção da Web of Science Core**. Disponível em: <<https://clarivate.com/products/web-of-science/databases/>> Acessado em 17 março 2018.

CAPÍTULO II – EFEITOS DA ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE SOBRE OS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE EM BOVINOS DE CORTE

RESUMO: Assim como qualquer tecnologia que buscar aumentar a produtividade na pecuária de corte, a suplementação alimentar, corretas técnicas de manejo e o melhoramento genético do rebanho de bovinos de corte, devem estar integradas a outras tecnologias para a obtenção de índices superiores de produtividade quantitativa e qualitativamente. Assim o presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos da técnica de manejo com o uso da água tratada magneticamente nos parâmetros de produtividade, em especial na bioquímica sanguínea dos animais, peso final e qualidade do acabamento da carcaça. Para tanto utilizou-se da abordagem estatística, por meio de uma análise descritiva de dados e da elaboração de uma análise de variância (ANOVA) e correlação de pelo teste G. O uso de ATM, não influenciou a melhoria dos índices bioquímicos do sangue dos animais para as variáveis K, iCa, Cl e colesterol, para a variável Na, o grupo ATM obteve um menor índice de concentração no sangue que o grupo de controle. O peso final da carcaça e o acabamento de gordura, também não sofreram influência do consumo de água tratada magneticamente, o que contrapõe resultados de outros estudos.

2.1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da exportação brasileira de carnes a mercados mais exigentes, surgiu a necessidade da melhora na qualidade da tipificação e do acabamento da carcaça bovina. Além do genótipo do animal, o grau de acabamento de gordura é outra variável interfere na qualidade da carne (MAGGIONI et al., 2012).

Ressaltam Aghamir et al. (2015) que o tratamento magnético da água deve ser uma técnica promissora para melhorias dos resultados agrícolas. E ainda é necessário realizar pesquisas em diferentes culturas, como também são necessários mais estudos para compreender o mecanismo que leva ao aumento de produtividade.

Assim os resultados obtidos pela utilização da água tratada magneticamente na agricultura, o avanço trazido pelos seus sistemas de irrigação (PUTTI, 2014), levou ao questionamento que se resultados positivos também seriam obtidos pela ingestão de água tratada magneticamente por bovinos de corte.

Faz-se necessário um estudo que permita a contextualização do conhecimento e aplicação da metodologia proposta em outras culturas, como também saber quais possíveis resultados que já foram obtidos em pesquisas

anteriores.

Assim este estudo objetivou verificar os efeitos do uso da água tratada magneticamente, na bioquímica sanguínea dos animais, peso final e qualidade do acabamento de gordura da carcaça, utilizando-se de uma abordagem estatística como método de análise, por meio de uma análise descritiva de dados e da elaboração de uma análise de variância (ANOVA) e Teste G.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para contextualização teórica do presente estudo buscou-se o aprofundamento sobre a terminologia a ser utilizada para água que sobre efeito de um campo magnético, ou água tratada magneticamente.

Também foram caracterizados os principais benefícios e resultados encontrados no uso de água tratada magneticamente na bioquímica dos animais, para servir como referencial de discussão para os resultados encontrados neste trabalho.

2.2.1 ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE (ATM)

Quando se busca essa conceituação, são encontradas diversas terminologias semelhantes que, no entanto, não podem ser consideradas como sinônimas. Diversos autores trazem os conceitos “água magnetizada”, ou “água magnética” ou “água imantada”, que nem sempre se referem ao tipo de água utilizada nesse estudo. Estes conceitos podem se referir também a uma água que recebeu a influência de uma oração, ou imposição que mãos, que transfere certa energia e atributos a essa água (MOURA, 2010).

Assim para caracterização do presente estudo utilizou-se a água tratada magneticamente (ATM), como aquela que sobre a influência de um campo eletromagnético, modificando sua estrutura molecular. Para a transformação da água em água tratada magneticamente é necessário à atuação da força eletromotriz que é induzida em uma espiral quando o número de linhas de campo magnético estiver variando ao atravessá-la (AGHAMIR et al., 2015).

Estudos sugerem que as propriedades da ATM são diferentes da água convencional. Isso é atribuído às forças das interações intermoleculares (ligações de

hidrogênio) e processos de nucleação (impureza, frequência e crescimento das moléculas) (BALIEIRO NETO et al., 2013b).

A magnetização permite a obtenção de um líquido fisicamente modificado, com menor tensão superficial e maior condutividade elétrica. Também existe a criação de uma memória magnética que atribui maior solubilidade, coagulação, cristalização. Isso torna a água mais leve, pura e com maior fluidez em relação ao estado normal (ALFONSO et al., 2009).

2.2.2 BENEFÍCIOS DA ATM NOS PROCESSOS BIOQUÍMICOS

As alterações físico-químicas ocasionadas na água pelo processo de magnetização podem trazer impactos positivos nos seres vivos, fazendo que seus processos biológicos sejam mais eficientes, estimulando em animais e nos seres humanos maior irrigação celular e melhor circulação sanguínea. A ingestão de ATM por animais tem apresentado resultados satisfatórios (ALFONSO et al., 2009).

A aplicação biológica da ATM é um campo de estudo promissor e em crescimento, conforme apresentado no Capítulo I. Considerando uma função biotecnológica, o uso de ATM, tem apresentado diversas utilizações demonstrando seu potencial, devido as suas características de condutividade, existe a redução de radicais livres e função antioxidante. A formação dos aglomerados de suas moléculas sugere uma maior absorção e permeabilidade nas células (LEE et al., 2014).

Alfonso et al. (2009) apontam que o uso de ATM em bovinos aumentou os índices de cálcio no organismo, o que aumenta sua disponibilidade para as funções metabólicas, sobretudo em sua ligação com a calmodolína, permitindo a estimulação do grande número de enzimas do metabolismo lipídico.

Em ruminantes, Yacout et al. (2015) demonstram que o tratamento magnético resultou na melhoria da qualidade da água, como resultado, melhora a digestibilidade dos nutrientes, diminuindo o consumo de água e otimizando os parâmetros de fermentação ruminal, sendo um efeito positivo na saúde animal. Também gerou aumento na produção de leite e melhora dos indicadores de sangue e a capacidade antioxidante.

Os estudos têm demonstrado que os resultados sobre os efeitos do consumo de ATM na fisiologia dos animais são mais favoráveis do que nos animais

que receberam água convencional principalmente em: a) aumento da permeabilidade do epitélio intestinal e os nutrientes nela dissolvidos; b) melhoria da resposta hematopoiética; c) melhoria da resposta do sistema imunológico; d) diminuição da ocorrência cálculos renais; e) aumento do metabolismo geral (ALFONSO et al., 2009).

Assim cabe questionar como o consumo de ATM pelos animais pode ser uma alternativa para a melhora dos padrões zootécnicos, aumentando seus índices de saúde e bem estar animal, além de parâmetros produtivos.

2.3 METODOLOGIA

Tendo em vista os objetivos contidos neste trabalho, utilizou-se de uma pesquisa descritiva, com uma abordagem quali-quantitativa, permitindo a análise correlata dos dados primário obtidos no procedimento experimental, mas também uma designação qualitativa na discussão dos dados.

O procedimento metodológico foi dividido em três etapas distintas: processo utilizado para o tratamento magnético da água; descrição do experimento (quantidade de animais, características do lote e alimentação); e análise estatística dos dados primários obtidos.

2.3.1 PROCESSO DE MAGNETIZAÇÃO DA ÁGUA

Segundo TIMOL (2018), o magnetizador é composto de ímãs alternados recoberto de uma proteção em inox que submete a água a um campo magnético de 32.400 Gauss que muda de polaridade 60 vezes por segundo, com constante emissão de fluxo ionizante de elétrons direcionados quebrando assim os clusters de água. O Sylocimol Rural é capaz de magnetizar 5000 litros de água por hora.

O equipamento foi instalado no centro do bebedouro circular 1000 litros para bovinos, produzindo um campo magnético estático no centro geométrico do dispositivo (ANDRADE, 2017).

2.3.2 DESCRIÇÃO DOS ANIMAIS E MANEJO

Foram utilizados dois grupos de 10 animais cada. Os animais utilizados foram da raça Nelore, com idade de 14 ± 1 meses e peso médio de $264,6 \pm 7,33$ kg. Os dois grupos experimentais foram divididos em Grupo ATM que recebeu água magneticamente tratada, à vontade, através de submersão do magnetizador no bebedouro. O Grupo AC, recebeu água à vontade, de bebedouro similar ao do Grupo ATM (ANDRADE, 2017).

Etapa 1 – Animais mantidos em sistema de pastejo semi-intensivo:

Os dois grupos (ATM e AC) foram colocados em pastagem, em campos contíguos e de mesma área, com forragem em capim tipo *Urochloa decumbens*, por 120 dias, com fornecimento de água, à vontade.

Foram colhidas amostras de sangue arterial com 18 ± 1 meses, o sangue arterial foi colhido da artéria auricular caudal.

Etapa 2 - Animais em sistema de pastejo intensivo: Os dois grupos (ATM e AC) foram colocados em piquetes contíguos, de mesma área, em regime de confinamento. Do 1º ao 7º dia receberam ração de adaptação, composta por silagem de sorgo, milho, polpa cítrica, farelo de algodão, gordura protegida, núcleo e ureia, com 71,8% de NDT (nutrientes digestíveis totais) e 15,5% de PB (proteína bruta). Do 8º ao 14º dia os animais receberam ração com 75,2% de NDT e 15% de PB e, após o período de adaptação, receberam ração com 79,5% de NDT e 14% de PB até o final do experimento (ANDRADE, 2017).

A coleta de sangue foi realizada aos 20 e 21 meses de idade. Os procedimentos de coleta seguiram os mesmos procedimentos da Etapa 1.

Os procedimentos acima descritos foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso dos Animais em Experimentação (CEUA) da Universidade do Oeste Paulista (protocolo no. 2952).

Para coleta dos dados de peso final da carcaça e qualidade de acabamento de gordura foi utilizado o “Relatório de Características de Abate”, fornecido por frigorífico de grande porte, ao produtor no momento do abatimento e comercialização final dos animais.

2.3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Para comparação dos dados da bioquímica do sangue e peso final da carcaça, foi utilizado o teste ANOVA de variância para a constatação de diferença nos fatores analisados, bem como interação entre eles, no qual os fatores foram: 3 idades e 2 tratamentos (tipo de água ingerida). Sendo assim, o esquema de análise foi 3×2 com $p = 0,05$.

Para analisar a influência do uso de água tratada no acabamento de gordura dos animais, utilizou-se do Teste G, por ser indicado para dados categóricos e a amostra $n < 20$, com $\alpha = 0,05$.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista os objetivos elencados no trabalho, primeiro foi realizada as análise estatísticas dos índices bioquímicos do sangue dos animais. Depois buscou-se a inferência estatística do peso da carcaça e do acabamento de gordura da carcaça, em comparação dos animais que receberam água tratada magneticamente (ATM) e o grupo de controle (AC).

2.4.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS

Ainda são poucos os estudos que objetivaram entender os efeitos do consumo da água tratada magneticamente em animais. Assim faz-se necessário compreender sua atuação nos processos biológicos que levam a uma melhora no rendimento dos animais, como sugerido por Balieiro Neto et al. (2013a), por Sargolzehi et al. (2009), e por Alfonso et al. (2000).

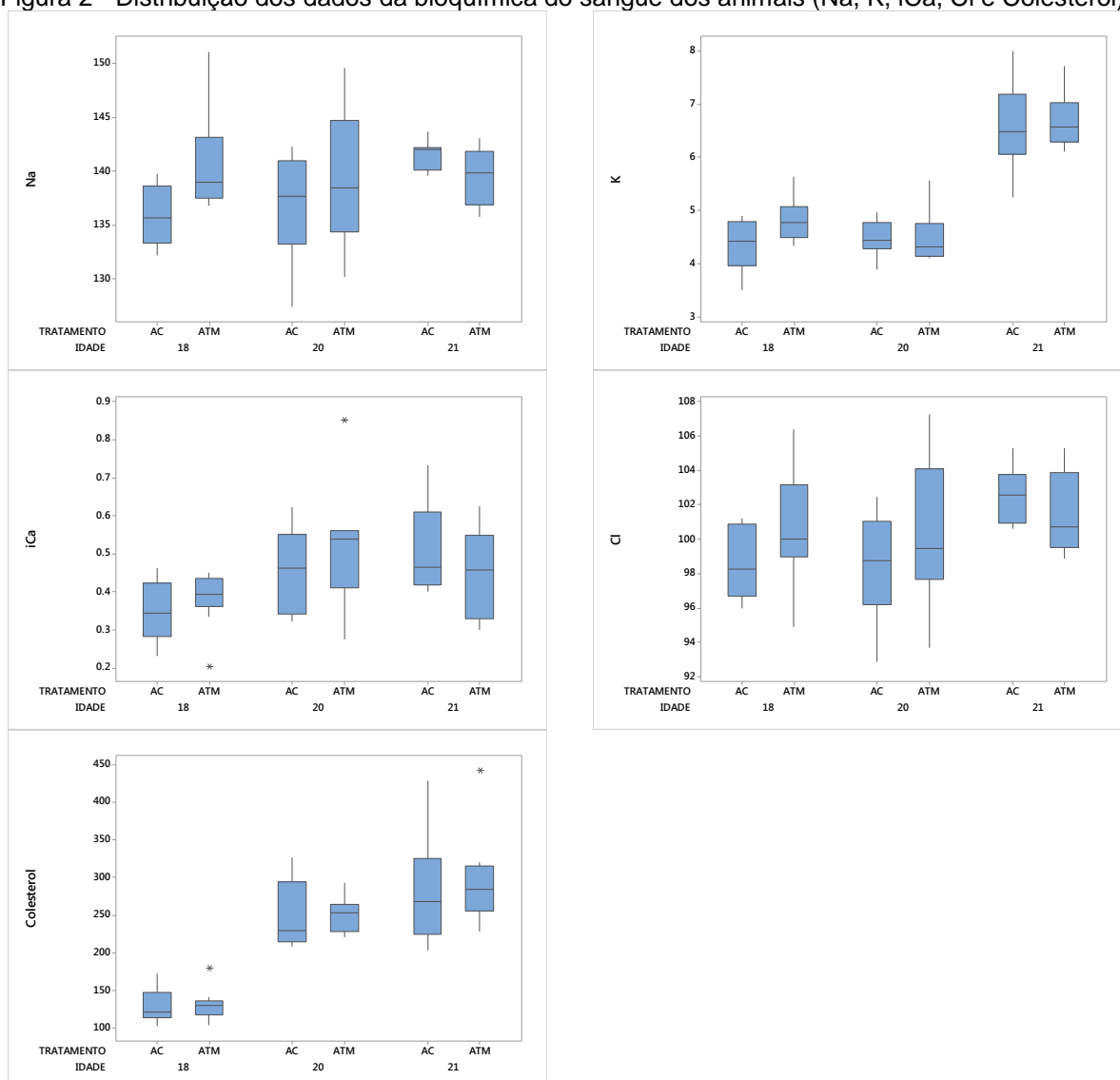
Foram realizados os testes bioquímicos, para verificar quais foram as interações do consumo de água tratada magneticamente por bovinos, conforme apresentado na Tabela 6 e na Figura 2.

Tabela 6 - Resultado comparativo da bioquímica do sangue, entre os grupos (ATM e AC) e em idades diferentes.

IDADE DOS ANIMAIS				
Variável	Tratamento	18 meses	20 meses	21 meses
Na mmol/L	AC	135,9 ± 2,8	136,7 ± 4,8	141,4 ± 1,3
	ATM	140,7 ± 4,4	139,1 ± 6,4	139,6 ± 2,5
K mmol/L	AC	4,355 ± 0,477	4,496 ± 0,323	6,592 ± 0,836
	ATM	4,836 ± 0,410	4,509 ± 0,494	6,678 ± 0,484
iCa (mg/dL)	AC	0,349 ± 0,079	0,463 ± 0,109	0,520 ± 0,116
	ATM	0,382 ± 0,072	0,527 ± 0,166	0,451 ± 0,114
Cl (mg/dL)	AC	98,6 ± 2,1	98,6 ± 3,1	102,5 ± 1,7
	ATM	100,6 ± 3,2	100,3 ± 4,4	101,6 ± 2,4
Colesterol (mg/dL)	AC	130,6 ± 23	249,8 ± 44,1	283,3 ± 73,2
	ATM	131,9 ± 20,2	252,4 ± 23,7	295,9 ± 59,8

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 - Distribuição dos dados da bioquímica do sangue dos animais (Na, K, iCa, Cl e Colesterol).



Fonte: Dados da pesquisa.

Tendo em vista a distribuição dos dados, foi realizada a análise de variância, pelo modelo linear generalizado, fator único, com nível de decisão: $\alpha = 0,05$, conforme hipóteses classificadas abaixo:

- H_0 – O uso de água tratada magneticamente não influencia os índices bioquímicos do sangue dos animais: $\mu_1 = \mu_2$;
- H_1 – O uso de água tratada magneticamente influencia índices bioquímicos do sangue dos animais: $\mu_1 \neq \mu_2$;

Conforme Tabela 7, para a variável Sódio (Na) o valor- P obtido demonstra correlação, sendo significativo ($P = 0,049$), sendo que rejeita-se a hipótese de nulidade (H_0), aceitando a hipótese alternativa (H_1). Pelo teste verifica-se que a concentração de Na no sangue dos animais do grupo ATM sofre influência da água tratada magneticamente, em comparação com o grupo AC, o grupo de controle.

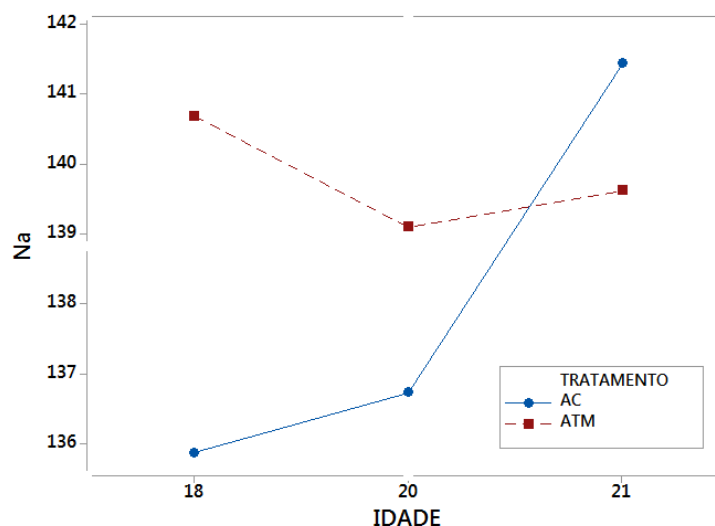
Tabela 7 - Análise de Variância da Idade X Tratamento para as variáveis Na, K, iCa, Cl e Colesterol.

	Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
NA	IDADE	2	73,23	36,61	2,26	0,115
	TRATAMENTO	1	42,71	42,71	2,64	0,111
	IDADE*TRATAMENTO	2	103,20	51,60	3,19	0,049
	Resíduo	48	776,93	16,19	-	
	Total	53	986,73			
K	IDADE	2	53,3713	26,6857	95,91	0,000
	TRATAMENTO	1	0,5004	0,5004	1,80	0,186
	IDADE*TRATAMENTO	2	0,5600	0,2800	1,01	0,373
	Resíduo	48	13,3551	0,2782		
	Total	53	67,5000			
iCa	IDADE	2	0,18550	0,09275	7,40	0,002
	TRATAMENTO	1	0,00117	0,00117	0,09	0,761
	IDADE*TRATAMENTO	2	0,04433	0,02216	1,77	0,182
	Resíduo	48	0,60169	0,01253		
	Total	53	0,82295			
Cl	IDADE	2	77,73	38,867	4,59	0,015
	TRATAMENTO	1	12,01	12,015	1,42	0,239
	IDADE*TRATAMENTO	2	23,37	11,683	1,38	0,261
	Resíduo	48	406,31	8,465		
	Total	53	515,61			
Colesterol	IDADE	2	246810	123405	58,07	0,000
	TRATAMENTO	1	401	401	0,19	0,666
	IDADE*TRATAMENTO	2	356	178	0,08	0,920
	Resíduo	48	102002	2125		
	Total	53	352326			

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 demonstra a interação das variáveis na correlação idade × tratamento.

Figura 3 - Interação da concentração de Sódio (*Na*) na bioquímica do sangue dos animais do grupo ATM, em comparação com o grupo de controle.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para as variáveis potássio (K), cálcio iônico (iCa), cloro (Cl), e Colesterol, o valor-*P* obtido não é significativo, sendo que aceita-se a hipótese de nulidade (H_0), rejeitando a hipótese alternativa (H_1). Pelo teste verifica-se que a concentração desses índices no sangue dos animais do grupo ATM não sofre influência da água tratada magneticamente, em comparação com o grupo AC, o grupo de controle.

Os resultados corroboram com pesquisas anteriores (SARGOLZEHI et al., 2009), onde não apontaram alteração de minerais (Na, K, Mg, P), glicose, ureia e colesterol, no sangue de animais que receberam água tratada magneticamente.

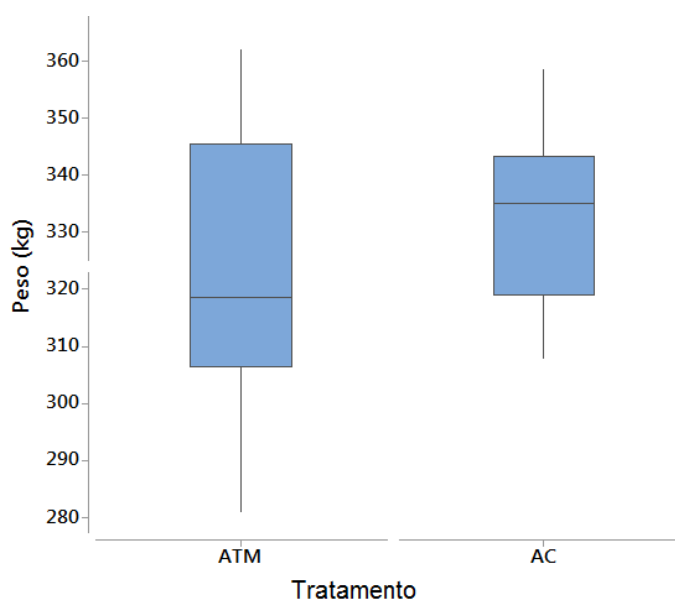
No organismo animal, são relatados benefícios relacionados ao aumento da capacidade de absorção de nutrientes pelo epitélio intestinal, como glicose, cálcio e outros minerais (ALFONSO et al., 2000). No entanto esses resultados não foram constatados nos grupos analisados conforme apresentado na Tabela 7.

2.4.2 RESULTADOS NO PESO FINAL DA CARÇAÇA

Segundo Andrade (2017), não foi encontrada diferença de peso do grupo que recebeu água tratada magneticamente, com o grupo de controle, nos animais vivos, com 20 e 21 meses. Assim fez-se necessário a análise do peso final da carcaça. Este foi aferido pelo frigorífico após o abate do animal, sendo o peso de referência para remuneração do produtor.

A Figura 4 mostra que as carcaças dos animais do grupo ATM, tiveram um peso médio de $321 \pm 23,8\text{kg}$, apresentando maior variabilidade, enquanto os animais do grupo AC tiveram um peso médio de $332 \pm 15,8$, com maior uniformidade.

Figura 4 - Distribuição do peso final (kg) da carcaça dos animais.



Fonte: Dados da pesquisa.

Tendo em vista a distribuição dos dados, foi realizado o teste ANOVA, fator único, com nível de decisão: $\alpha = 0,05$, conforme hipóteses classificadas abaixo:

- H_0 – O uso de água tratada magneticamente não influencia o peso final da carcaça: $\mu_1 = \mu_2$;
- H_1 – O uso de água tratada magneticamente influencia o peso final da carcaça: $\mu_1 \neq \mu_2$.

Na Tabela 8, o valor de F obtido não é significativo ($F = 1,44$), sendo que aceita-se a hipótese de nulidade (H_0), rejeitando a hipótese alternativa (H_1). Pelo teste verifica-se que o peso da carcaça dos animais do grupo ATM não sofreu influência da água tratada magneticamente, em comparação com o grupo AC, o grupo de controle.

Tabela 8 - ANOVA, fator único peso final da carcaça.

Fonte da variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	valor-P	F crítico
Tratamento	601,88	1	601,9	1,44	0,247	4,45
Resíduos	7117,66	17	418,7			
Total	7719,54	18				

Fonte: Dados da pesquisa.

Outras pesquisas apresentam conclusões divergentes do obtido neste experimento. Balieiro Neto et al. (2013a) observaram níveis significativamente menores de espessura de gordura subcutânea em vacas leiteiras que consumiram água tratada magneticamente.

Balieiro Neto et al. (2013b) apontam que um dos fatores para o menor ganho de peso e redução de gordura se deve ao aumento da solubilidade do cálcio iônico e o aumento das enzimas do metabolismo lipídico. Esse processo requer uma fonte de energia adicional reduzindo a conversão de matéria seca consumida em peso final. No entanto esse trabalho, por trabalhar com dados de peso da carcaça, e devido aos animais estarem em sistema de pastejo semi-intensivo, não foi medida a conversão alimentar.

2.4.3 RESULTADOS NO ACABAMENTO DE GORDURA

Um animal com melhor acabamento de gordura proporciona uma carne de melhor qualidade, que traz em si um valor agregado maior. A demanda de mercados mais exigentes levou os frigoríficos a pagarem um preço prêmio a animais que atendam um determinado padrão de qualidade da carne.

Segundo Sainz e Araujo (2001), os sistemas de tipificação têm como objetivo avaliar as características da carcaça que estejam relacionadas direta ou

indiretamente com as características de rendimento e qualidade.

Os escores de acabamento foram utilizados com base no Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas, estabelecido pelo MAPA (2004), conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação do acabamento de gordura de animais segundo Instrução Normativa 09/2004 – MAPA.

Class.	Nomenclatura	Espessura da Gordura (mm)
1	Ausente	0
2	Escassa	1-3
3	Mediana	3-6
4	Uniforme	6-10
5	Excessiva	> 10

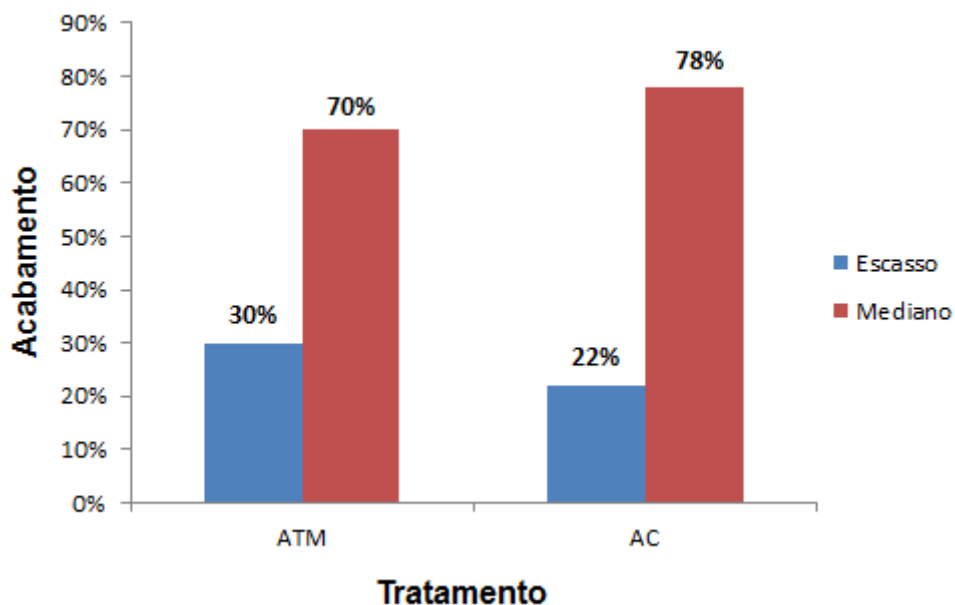
Fonte: Adaptado de MAPA (2004).

Com base em referência de estudos anteriores, buscou-se caracterizar se o acabamento de gordura do animal sofre influencia do consumo de água tratada magneticamente.

Com base no Relatório de Características de Abate, fornecido pelo frigorífico, foi analisado o detalhamento da classificação, de acordo com os parâmetros do Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas conforme Tabela 09.

Conforme demonstra a Figura 5, as carcaças dos animais do grupo ATM, 70% acabamento de gordura mediano contra 30% que tiveram um acabamento escasso, enquanto os animais do grupo AC 78% tiveram acabamento mediano, enquanto 22% tiveram acabamento escasso.

Figura 5 - Caracterização em porcentagem do acabamento de gordura dos animais nos grupos ATM e AC.



Fonte: Dados da pesquisa.

Tendo em vista a distribuição dos dados, foi realizado o Teste G, com nível de decisão $\alpha = 0,05$, conforme hipóteses classificadas abaixo:

- H_0 – O uso de água tratada magneticamente não influencia o acabamento de gordura final.
- H_1 – O uso de água tratada magneticamente influencia o acabamento de gordura final.

Tabela 10 - Teste G para o acabamento de gordura dos animais.

TESTE G - $\alpha = 0,05$	
Tabela de contingência =	2 x 2
Soma das categorias =	19
Graus de liberdade =	1
Teste-G =	0.1487
(p) =	0.6998
Teste-G (Williams) =	0.1340
(p) =	0.7143
Teste-G (Yates) =	0.0188
(p) =	0.8908

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme apresentado na Tabela 10, o valor de p obtido não é significativo ($p = 0.6998$), sendo que aceita-se a hipótese de nulidade (H_0), rejeitando a hipótese alternativa (H_1). Pelo teste verifica-se que o acabamento de gordura dos animais do grupo ATM não sofreu influência da água tratada magneticamente, em comparação com o grupo AC, o grupo de controle.

Os resultados apontam conclusões diferentes dos estudos apresentados por Lin e Yotvat (1990) em um estudo com bezerros, que após o uso de ATM, mesmo que demonstrasse um aumento do peso, sua carne continha menos de gordura. Levy et al. (1990) observaram menor teor de gordura na carne de bezerros machos que consumiram ATM e Balieiro Neto et al. (2013a), menores de espessura de gordura subcutânea em vacas leiteiras. No entanto devem-se ressaltar as diferenças de genótipo, sexo e idade dos animais nos dois estudos.

2.5 CONCLUSÕES

O uso de ATM, não influenciou a melhoria dos índices bioquímicos do sangue dos animais para as variáveis K, iCa, Cl e colesterol, mantendo o mesmo padrão do grupo de controle. Para a variável Na, o grupo ATM obteve um menor índice de concentração no sangue que o grupo de controle.

O peso final da carcaça e o acabamento de gordura, também não sofreram influência do consumo de água tratada magneticamente, o que contrapõe resultados de outros estudos. Essas variáveis ainda necessitam de um aprofundamento para saber se houve melhora na qualidade final da carne que pode levar uma valoração frente ao mercado consumidor.

Para estudo futuros, faz-se necessário o aprofundamento da interação da água tratada magneticamente nos processos biológicos dos animais. Mesmo que estudos indiquem uma melhora qualitativa da saúde, a correta compreensão desses processos pode levar a melhor utilização desta tecnologia na pecuária.

REFERÊNCIAS

- AGHAMIR, F.; BAHRAMI H. A.; MALAKOUTI M. J.; ESHGHI S. Magnetized Water Effects on Seed Germination and Seedling Growth of Corn (*Zea mays*) Under Saline Conditions. **American Journal of Life Science Researches**, v. 3, 2, p. 184-195, 2015.
- ALFONSO, D.; CUESTA, A.; PÉREZ, I.; JIMÉNEZ, R.; GUTIÉRREZ, M. **Evidencia em la absorción intestinal em ratas Sprague-Dawley que consumen agua com tratamento magnético**. Informe final de Investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Villa Clara, 2000.
- ALFONSO D.; PÉREZ G. C.; PÉREZ M. I.; SILVEIRA P. E. A.. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. **Revista Electrónica de Veterinária**, n. 4, 2009.
- ANDRADE, Isamara. **Efeito da água magnetizada sobre os parâmetros reprodutivos, zootécnicos e temperatura corporal em (*Bos taurus indicus*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente/SP, 2017.
- BALIEIRO NETO, G.N.; NOGUEIRA, J. R.; PINHEIRO, M. G.; RODINI FILHO, J. E.; MOLINARO, C. M. C.; LUZ E SILVA, S. Effects of magnetic treated water on serum concentration parameters and fat thickness. **Bulletin of Animal Husbandry**, v.70, n. 2, 2013a.
- BALIEIRO NETO, G.; NOGUEIRA, J. R.; PINHEIRO, M. G.; ENGRACIA FILHO, J. R. , COELHO, C. M. M.; LUZ E SILVA, S.. Efeito do tratamento da água por campo magnético sobre os parâmetros séricos e espessura de gordura subcutânea. **Boletim da Indústria Animal.**, Nova Odessa, v.70, n.2, p.158-166, 2013.
- LEE, S. H.; CHEONG H. T.; YANG, B. K.; PARK, C. K.. Storage of bull and boar semen: novel concepts derived using magnetized water and antioxidants. **Reprod Dev Biol**, v. 38, n. 1, 2014.
- LEVY, D.; HOLZER, Z.; BROSH, A.; ILAN, D. The effect of magnetically treated drinking water on performance of fattening cattle. **Agricultural Research Organization**, Haifa, Israel, 1990.
- LIN I.; YOTVAT, J. Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction. **Journal of Magnetism and Magnetic materials**, North Holland, n. 83, , 1990.
- MAGGIONI, D.; PRADO, I. N.; ZAWADZKI, F.; VALERO, M. V.; ARAÚJO MARQUES, J.; BRIDI, A. M.; MOLETTA, J. L.; ABRAHÃO, J. J. S.. Grupos genéticos e graus de acabamento sobre qualidade da carne de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, 2012.
- BRASIL MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas. **Instrução Normativa Nº 9, de 4 de**

maio de 2004, Brasília, 2004. Disponível em: Acesso em:

MOURA, M. A. Saúde e espiritualidade. **Reformador**, v. 128, n. 2171, p.26 – 28, fev. 2010.

PUTTI, F. F.. **Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente** . Botucatu: UNESP, 2014. 123 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

SAINZ, R. D. ; ARAUJO, F. R. C.. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. *In: I Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carne*, São Pedro, SP, 22-25 outubro, 2001

SARGOLZEHI, M. M.; REBASE ROKN-ABADI M.; NASERIAN, A. A.. The effects of magnetic water on milk and blood components of lactating Saanen goats. **International Journal of Nutrition and Metabolism**, n. 2, 2009.

TIMOL – Timol Indústria e Comércio de Produtos Magnéticos Ltda. Disponível em: <<http://www.timol.com.br/>>. Acesso em 01 de março de 2018.

YACOUT, M.H.; HASSAN, A.A.; KHALEL, M.S., SHWERAB, A.M.,; ABDEL, G.. Effect of Magnetic Water on the Performance of Lactating Goats. **J Dairy Vet Anim Res.** v.2. 2015.

CAPÍTULO III – SISTEMA DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARÇA DE BOVINOS DE CORTE UTILIZANDO MODELAGEM FUZZY

RESUMO: Tão importante quanto à produção eficiente de um animal de qualidade é a avaliação da carcaça pelos frigoríficos. Essa avaliação mesmo que baseada em critérios delimitados é realizada de maneira subjetiva pelos indivíduos. Isso demonstra a necessidade da criação de um sistema especialista que permita tanto a redução da subjetividade na análise, quanto à valoração com variáveis mais complexas e não contínuas. Este capítulo objetivou o desenvolvimento de um sistema de apoio à tomada de decisão, para avaliação da carcaça de bovinos de corte nos frigoríficos utilizando-se da modelagem com lógica *fuzzy*. Para construção das funções de pertinência foram utilizados os conhecimentos subjetivos dos especialistas sobre a avaliação qualitativa das carcaças de bovinos de corte. Foram utilizadas como características indicativas de qualidade: maturidade do animal, peso e acabamento de gordura, sendo que a variável de saída foi a qualidade. O modelo *fuzzy* proposto apresentou compatibilidade de 89,5% com a pontuação dos especialistas, e permitiu uma especificidade maior do score apresentado reduzindo a diferença entre as classificações. Se as variáveis “Maturidade” e “Acabamento” fossem apresentadas pelo especialista como discretas, o modelo teria uma especificidade maior, tendo maior grau de objetividade.

3.1 INTRODUÇÃO

A ampliação do mercado de carnes, e aumento da participação brasileira na produção mundial, levou à necessidade da análise qualitativa das carcaças durante o abate pelos frigoríficos. Assim, os critérios de qualidade das carcaças, que antes eram subjetivos, passaram a ser mensuráveis, e posteriormente regulamentados por legislações específicas.

Mesmo com a evolução da exportação de carne bovina pelo Brasil, a maioria dos animais abatidos ainda não tem a sua qualidade estipulada por padrões técnicos exigidos pelos mercados internacionais. A falta de informação do produtor rural, fez com que as organizações públicas e os frigoríficos tomassem ações no sentido de estimular e valorar os animais com maior qualidade percebida pelo consumidor final. Estas levaram os produtores a aprimorar o manejo, melhorando o perfil genético, a alimentação que levaram a possibilidade da redução na idade do abate (COUTINHO FILHO et al., 2006).

O abate de animais precoces, também permitiu a inclusão de animais não

castrados no padrão de qualidade, tendo em vista que o nível nutricional dos animais não sofre influência da castração quando são abatidos com menos de 24 meses de idade, e esses animais também apresentam maiores pesos e ganhos de peso e carcaças mais pesadas, com maior rendimento, maior proporção de tecido muscular, porém com espessura de gordura subcutânea semelhante à dos castrados (ITAVO et al., 2008).

No entanto a melhoria de características do rebanho para produção de carnes de melhor qualidade só pode ser considerada eficaz, se houver um retorno financeiro proporcional aos produtores, senão seriam desestimulados a melhora na qualidade do rebanho.

Assim grandes frigoríficos começaram a bonificar, no momento do abate, carcaças de bovinos que atendam determinados padrões de qualidade e que podem ser entregues ao consumidor como carne de qualidade superior (DIAS, 2017).

Para que isso seja efetivo, a correta avaliação das carcaças, mesmo que baseada em critérios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 9, de 4 de maio de 2004, do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ainda depende de uma análise subjetiva do avaliador do frigorífico no momento do abate.

Sendo assim, faz-se necessário um sistema especialista que permita tanto a redução da subjetividade na análise, quanto à valoração com variáveis mais complexas e não contínuas. O modelo matemático proposto neste trabalho se baseia na lógica *fuzzy*, cuja aplicação em sistemas de apoio à decisão na área do agronegócio tem sido utilizado por vários pesquisadores (GABRIEL FILHO et al., 2016; PUTTI et al., 2014; CREMASCO et al., 2010) .

Assim o presente capítulo teve como objetivo desenvolver um sistema de apoio à tomada de decisão, para avaliação da carcaça de bovinos de corte nos frigoríficos utilizando-se da modelagem com lógica *fuzzy*.

O processamento do sistema especialista seguiu o proposto por Jang, Sun, Mizunami (1997). Primeiro foram observados os valores linguísticos, depois foi processada a inferência *fuzzy*, e posteriormente o conjunto foi defuzzificado para saída de um valor resultado.

Para construção das funções de pertinência foram utilizados os conhecimentos subjetivos dos especialistas sobre a avaliação qualitativa das carcaças de bovinos de corte baseando-se no proposto por Silva et al. (2017). Isso permite que as observações imprecisas das entradas fossem convertidas em uma

tomada de decisão na saída, que é o valor defuzzificado.

Posteriormente os dados dos animais trabalhados no Capítulo II, foram inseridos no modelo para que fossem comparadas a classificação proposta por Silva et al. (2017), utilizado por frigoríficos para avaliação qualitativa das carcaças, com a pontuação inferida pelo modelo fuzzy.

3.2 METODOLOGIA

Para construção do presente trabalho foi desenvolvido um modelo matemático baseado em lógica *fuzzy*. Para levantamento e relevância das variáveis foi utilizado como referência as características apresentadas pelo MAPA (2004). Assim tendo como base as características indicativas de qualidade: maturidade do animal, peso final e acabamento de gordura, foram definidos as funções de pertinência.

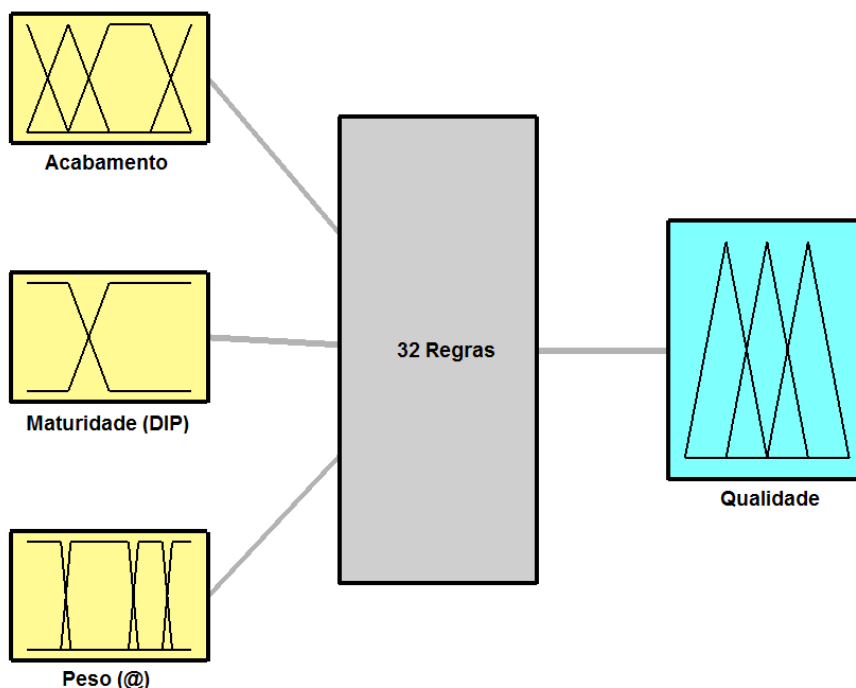
Com base nessas características e nos padrões utilizados pelo mercado, foram estabelecidos os valores de referência, onde a carcaça apresenta a maior valoração no frigorífico, dando maior retorno a cadeia produtiva e carne de melhor qualidade ao consumidor.

Assim desenvolveu-se o modelo *fuzzy*, para avaliar a qualidade da carcaça de bovinos de corte não castrados e estabelecer quais os padrões mais desejados pelo mercado e como a carcaça pode ser avaliada com maior objetividade e precisão.

3.2.1 MODELAGEM FUZZY

Para o desenvolvimento do modelo foi utilizado os dados apresentados por Silva et al. (2017), sendo que o modelo apresenta uma função em que $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$, com $(x_1, x_2, x_3) \mapsto f(x_1, x_2, x_3)$, sendo \mathbb{R} o conjunto de números reais, x_1 acabamento de gordura, x_2 maturidade do animal, x_3 peso da carcaça quente e y a qualidade da carcaça (Figura 6).

Figura 6 - Demonstração do sistema especialista baseado em lógica *fuzzy* para avaliação de carcaças de bovinos de corte não castrados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como variáveis de entrada (*inputs*), foram adotadas acabamento de gordura, maturidade do animal e peso da carcaça quente. Para a primeira variável foram utilizadas quatro funções de pertinência (3 *trimf* e 1 *trapmf*), tendo em vista a complexidade da utilização dos dados contínuos. Para a segunda variável foram utilizadas duas funções de pertinência (2 *trapmf*) e para a terceira variável, quatro funções de pertinência (4 *trapmf*). Como variável de saída (*output*), foi considerado a qualidade tendo três funções de pertinência (3 *trimf*). As funções de pertinência foram construídas conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Demonstração do conjunto de regras para construção das funções de pertinência do modelo *fuzzy*.

TRAPEZOIDAL (trapmf)	TRIANGULAR (trimf)
$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x < b \\ 1 & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{if } c < x \leq d \\ 0 & \text{caso oposto} \end{cases}$ <p>Ou</p> $\text{trapmf}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}, 0\right)\right)$	$f(x, a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a < x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{if } b < x \leq c \\ 0 & \text{caso oposto} \end{cases}$ <p>Ou</p> $\text{trimf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}, 0\right)\right)$

Fonte: Adaptado de Putti et al. (2014) e Cremasco et al. (2010).

Considerando as variáveis escolhidas conforme definido por MAPA (2004), foi realizado a modelagem baseada nos dados apresentados por Silva et al. (2017), para construção das funções de pertinência das variáveis de entrada “Acabamento”, “Maturidade” e “Peso” e para a variável de saída “Qualidade”.

3.2.2 VARIÁVEL DE ENTRADA ACABAMENTO

A Tabela 12 e a Figura 7 mostram as funções de pertinência da variável “Acabamento”. Para construção desta, foi utilizado como acabamento de gordura, a medida da espessura de gordura do contrafilé na altura da penúltima (12ª.) costela, perpendicularmente à camada de gordura.

Tabela 12 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de entrada “Acabamento”.

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Limite
Baixo	Triangular	[0 1 2]
Médio Baixo	Triangular	[1 2 3]
Médio Alto	Trapezoidal	[2 3 4 5]
Alto	Triangular	[4 5 6]

Fonte: Elaborado pelo autor.

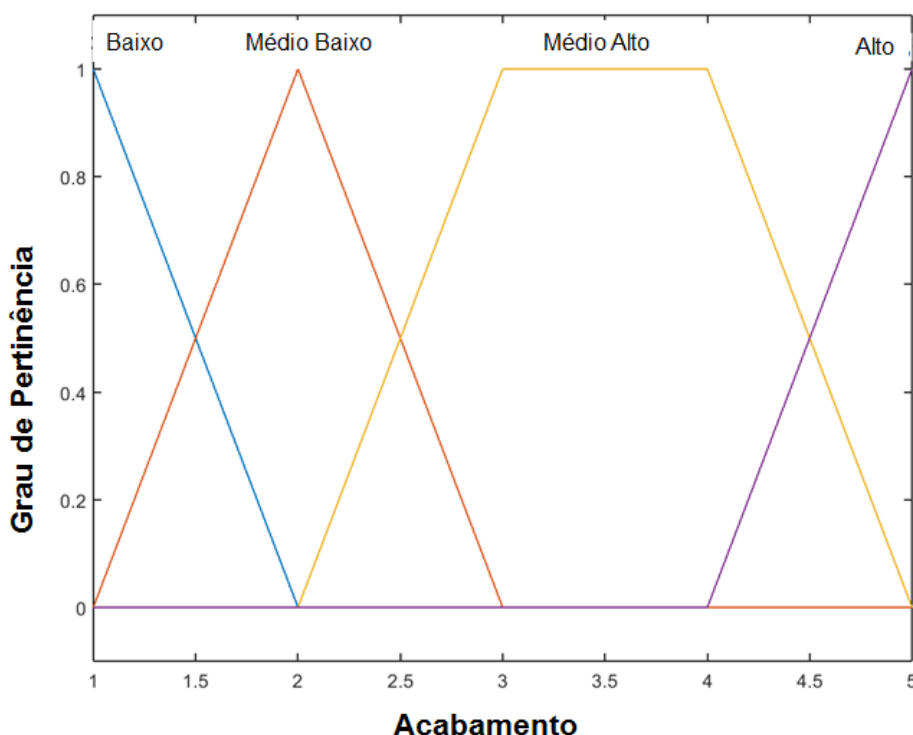
Para construção dos valores numéricos, foram utilizados os dados padronizados pelo MAPA (2004) demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de entrada “Acabamento”.

Classificação	Nomenclatura	Espessura da Gordura (mm)
1	Ausente	0
2	Escassa	1 – 3
3	Mediana	3 – 6
4	Uniforme	6 – 10
5	Excessiva	> 10

Fonte: Adaptado de MAPA (2004).

Figura 7 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Acabamento”



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a Figura 7, foram estipuladas 4 funções de pertinência (3 *trimf* e 1 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para acabamento 1; “Médio Baixo” para acabamento 2; “Médio Alto” para acabamento 3 e 4; e “Alto”, para acabamento 5. Foram utilizadas *MFs* de construções *trimf* e *trapmf*, tendo em vista que o “Acabamento” se trata de uma variável contínua e que os valores 3 e 4 (mediana e uniforme), tem a mesma valoração qualitativa atribuída pelo especialista.

3.2.3 VARIÁVEL DE ENTRADA MATURIDADE

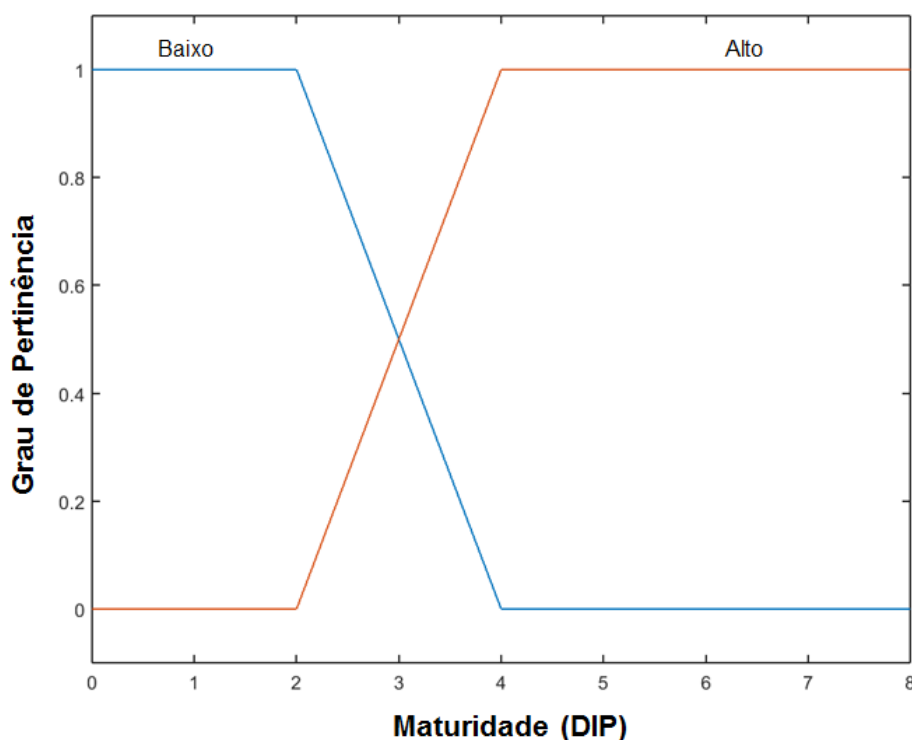
A Tabela 14 e a Figura 8 demonstram as funções de pertinência da variável “Maturidade”. Para construção desta, foi utilizado como padrão a quantidade de Dentes Incisivos Permanente (DIP) que permite avaliar a idade aproximada do animal no momento do abate.

Tabela 14 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de entrada “Maturidade”.

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Limite
Baixo	Trapezoidal	[-2 0 2 4]
Alto	Trapezoidal	[2 4 8 10]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Maturidade”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim foi estipulado 2 funções de pertinência (2 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para de 0 a 2 DIPs, e “Alto”, para 4 a 8 dentes incisivos permanentes. Foram utilizadas *MFs* de construções *trapmf*, tendo em vista que a “Maturidade” se trata de uma variável contínua.

3.2.4 VARIÁVEL DE ENTRADA PESO

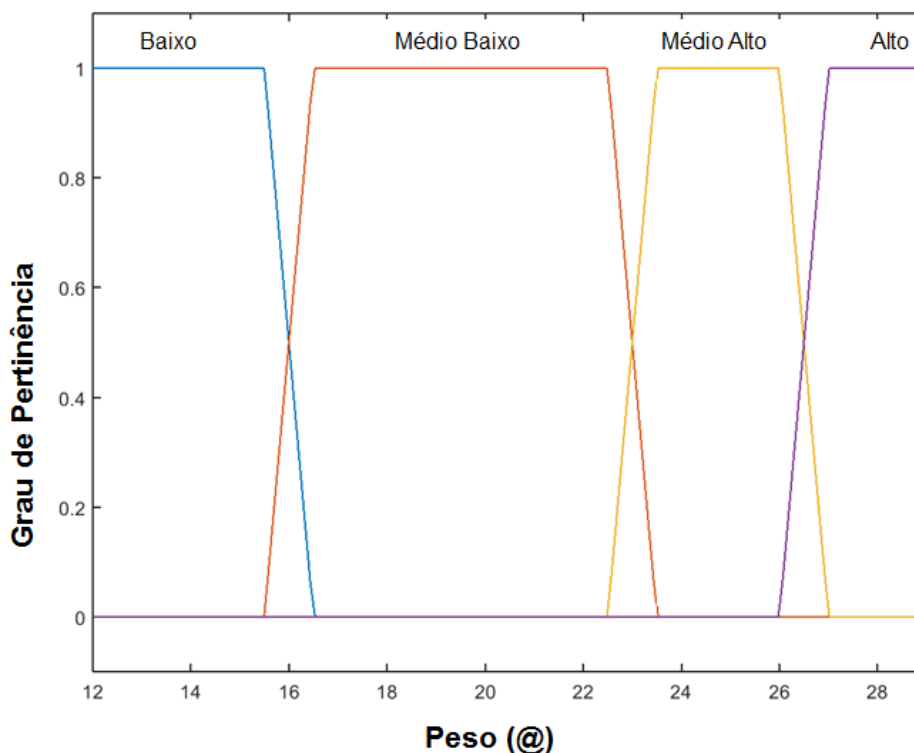
A Tabela 15 e a Figura 9 mostram as funções de pertinência da variável “Peso”. Na construção desta variável foi utilizado o peso da quente após o abate, tendo como unidade de medida a arroba (15 kg).

Tabela 15 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de entrada “Peso”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Limite
Baixo	Trapezoidal	[11,5 12,0 15,5 16,5]
Médio Baixo	Trapezoidal	[15,5 16,5 22,5 23,5]
Médio Alto	Trapezoidal	[22,5 23,5 26,0 27,0]
Alto	Trapezoidal	[26,0 27,0 29,0 29,5]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de entrada “Peso”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram estipuladas 4 funções de pertinência (4 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para “Peso” entre 11,5 e 15,5

arrobas; “Médio Baixo” para “Peso” entre 16,5 e 22,5 arrobas; “Médio Alto” para “Peso” entre 23,5 e 26 arrobas; e “Alto”, para “Peso” acima de 27 arrobas. Optou-se pela utilização da unidade de medida de arrobas, no lugar de quilograma, tendo em vista que essa primeira é a mais utilizada pelos produtores e frigoríficos, deixando o sistema *fuzzy*, mais fácil de ser interpretado e utilizado.

3.2.5 VARIÁVEL DE SAÍDA QUALIDADE

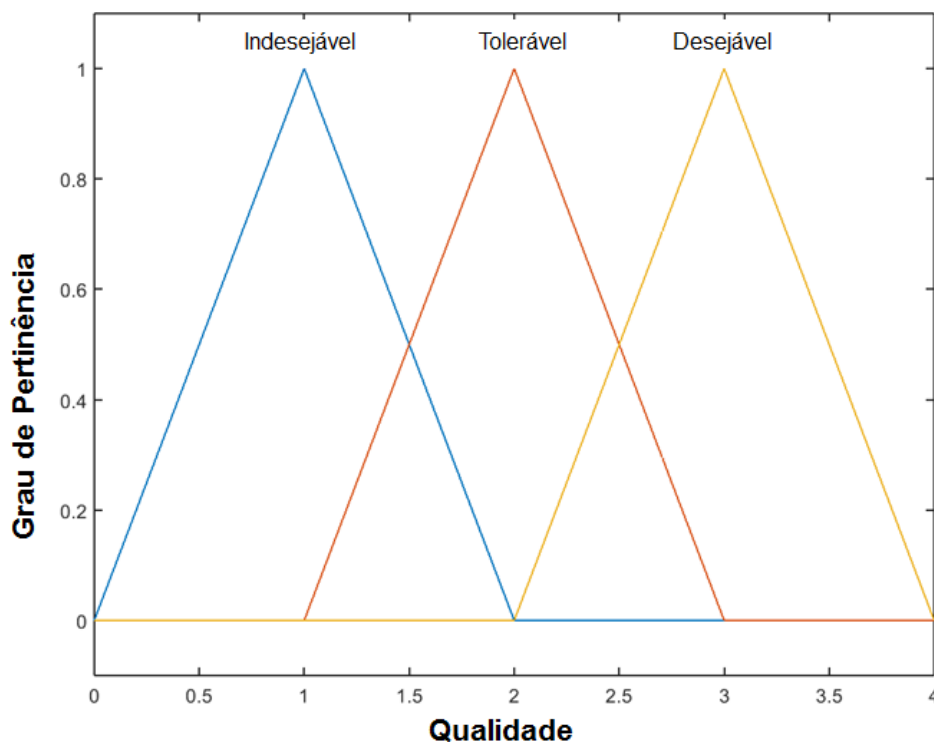
A Tabela 16 e a Figura 10 apontam as funções de pertinência da variável de saída “Qualidade”. Para construção desta, utilizou-se o padrão esperado de qualidade, (Indesejável, Tolerável, e Desejável) conforme proposto por Silva et al. (2017), por ser a terminologia adotada pelos frigoríficos para inferir as características de qualidade da carcaça.

Tabela 16 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de saída “Qualidade”.

Conjunto fuzzy	Tipo	Limite
Indesejável	Triangular	[0 1 2]
Tolerável	Triangular	[1 2 3]
Desejável	Triangular	[2 3 4]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de saída “Qualidade”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Figura 10, foram estipuladas 3 funções de pertinência (3 *trimf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Indesejável” para “Qualidade” igual a 1; “Tolerável” para “Qualidade” igual a 2; e “Desejável”, para “Qualidade” igual a 3.

3.2.6 PROCESSO DE DEFUZZIFICAÇÃO

O modelo de inferência utilizado para cálculo do valor numérico de saída foi baseado nas regras do método de Mandami. Para defuzzificação foi utilizado o método de Centro de Gravidade ou Centróide, considerando pesos médios como $\mu_A(x)$, sendo x como peso. A variável “Peso” foi adotada com contínua, e as variáveis “Acabamento” e “Maturidade” foram adotadas como discretas. Assim foram utilizadas fórmulas conforme demonstrado na Tabela 17.

Tabela 17 - Método de defuzzificação para variáveis contínuas (1) e para variáveis discretas (2).

Variável Contínua	Variável Discreta
$\bar{z} = \frac{\int \mu_A(x)xdx}{\int \mu_A(x)dx}$	$\bar{z} = \frac{\sum_x \mu_A(x)x}{\sum_x \mu_A(x)}$

Fonte: Adaptado de Putti et al. (2014), Cremasco et al. (2010).

Para a realização das simulações numéricas do controlador *fuzzy* desenvolvido, utilizou-se o software MATLAB 15a por meio da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox*.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no cruzamento das informações obtidas dos pareceres de especialistas (SILVA et al., 2017), a revisão de literatura e Instruções Normativas do MAPA (2004), realizou-se a base de regras do modelo *fuzzy* (Tabela 8), após esta foi testada e foram feitas simulações que permitiram atingir um maior nível de precisão. Assim a “*Qualidade*” da carcaça foi classificada com precisão tendo em vista a variação dos fatores de “*Acabamento*”, “*Maturidade*” e “*Peso*” da carcaça quente de machos não castrados ou machos inteiros.

3.3.1 BASE DE REGRAS

Para construção das regras foi utilizado um padrão linguístico condicional “*SE*”, com delimitador causal “*ENTÃO*”. Como exemplo a primeira regra: *se “Acabamento” é BAIXO; se “Maturidade” é BAIXO; se “Peso” é BAIXO, ENTÃO “Qualidade” é INDESEJÁVEL*. Assim as demais regras foram descritas conforme apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 - Base de regras para o modelo *fuzzy* de avaliação da qualidade das carcaças de bovinos não castrados.

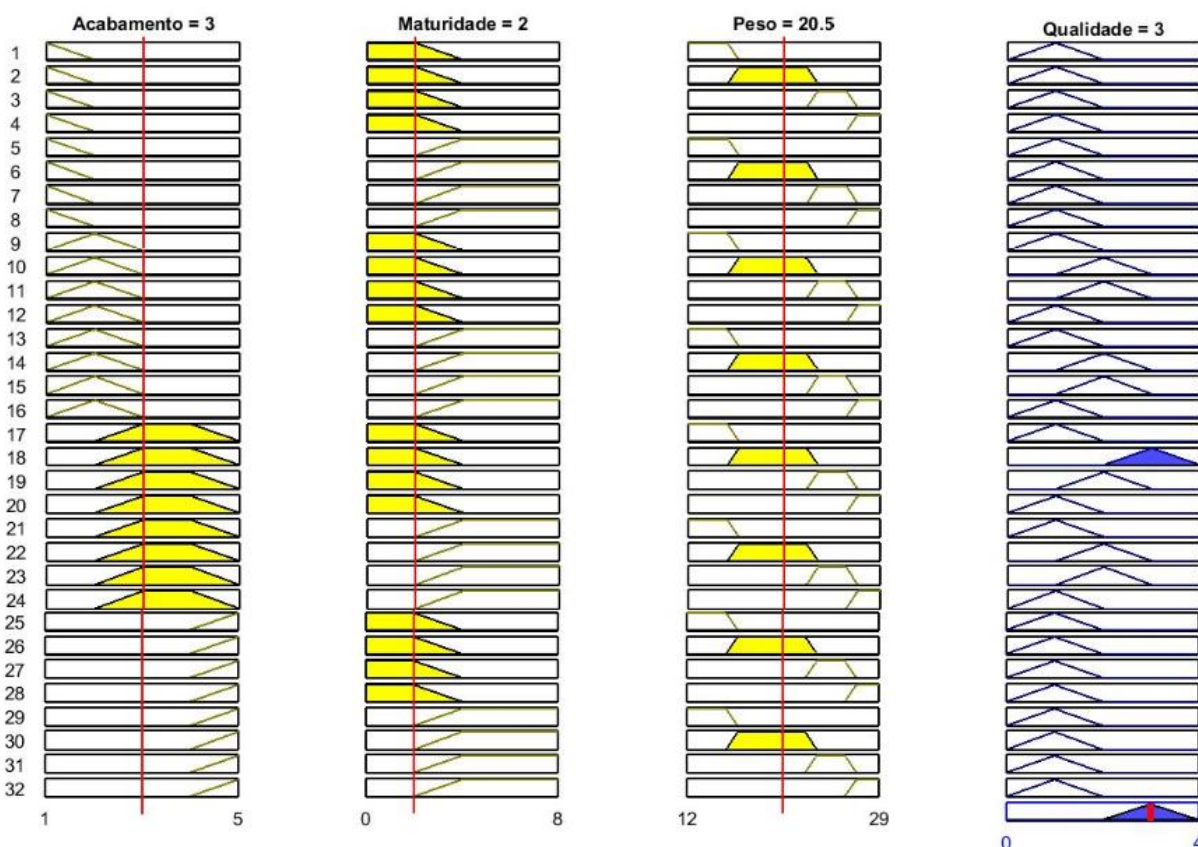
ACABAMENTO	MATURIDADE	PESO	QUALIDADE
Baixo	Baixo	Baixo	Indesejável
Baixo	Baixo	Médio Baixo	Indesejável
Baixo	Baixo	Médio Alto	Indesejável
Baixo	Baixo	Alto	Indesejável
Baixo	Alto	Baixo	Indesejável
Baixo	Alto	Médio Baixo	Indesejável
Baixo	Alto	Médio Alto	Indesejável
Baixo	Alto	Alto	Indesejável
Médio Baixo	Baixo	Baixo	Indesejável
Médio Baixo	Baixo	Médio Baixo	Tolerável
Médio Baixo	Baixo	Médio Alto	Tolerável
Médio Baixo	Baixo	Alto	Indesejável
Médio Baixo	Alto	Baixo	Indesejável
Médio Baixo	Alto	Médio Baixo	Tolerável
Médio Baixo	Alto	Médio Alto	Tolerável
Médio Baixo	Alto	Alto	Indesejável
Médio Alto	Baixo	Baixo	Indesejável
Médio Alto	Baixo	Médio Baixo	Desejável
Médio Alto	Baixo	Médio Alto	Tolerável
Médio Alto	Baixo	Alto	Indesejável
Médio Alto	Alto	Baixo	Indesejável
Médio Alto	Alto	Médio Baixo	Tolerável
Médio Alto	Alto	Médio Alto	Tolerável
Médio Alto	Alto	Alto	Indesejável
Alto	Baixo	Baixo	Indesejável
Alto	Baixo	Médio Baixo	Indesejável
Alto	Baixo	Médio Alto	Indesejável
Alto	Baixo	Alto	Indesejável
Alto	Alto	Baixo	Indesejável
Alto	Alto	Médio Baixo	Indesejável
Alto	Alto	Médio Alto	Indesejável
Alto	Alto	Alto	Indesejável

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 18 apresenta 32 regras para o modelo *fuzzy* de avaliação da qualidade das carcaças, sendo que 26 regras retornaram a saída “Qualidade” como Indesejável, 7 regras retornaram a “Qualidade” como *Tolerável* e 1 regra retornou “Qualidade” como *Desejável*.

A Figura 11 exemplifica a modelagem das regras, com inferência pelo método Mandami. Acionando as entradas para *Acabamento* = 3 (*mediano*), *Maturidade* = 2 (*2 Dentes incisivos permanentes*), e "*Peso*" = 20,5 (*307,5 Kg*), obteve o score de saída *fuzzy* da *Qualidade* = 3 (*Qualidade Desejável*).

Figura 11 - Inferência pelo Método de Mandami. – MATLAB 15^a.

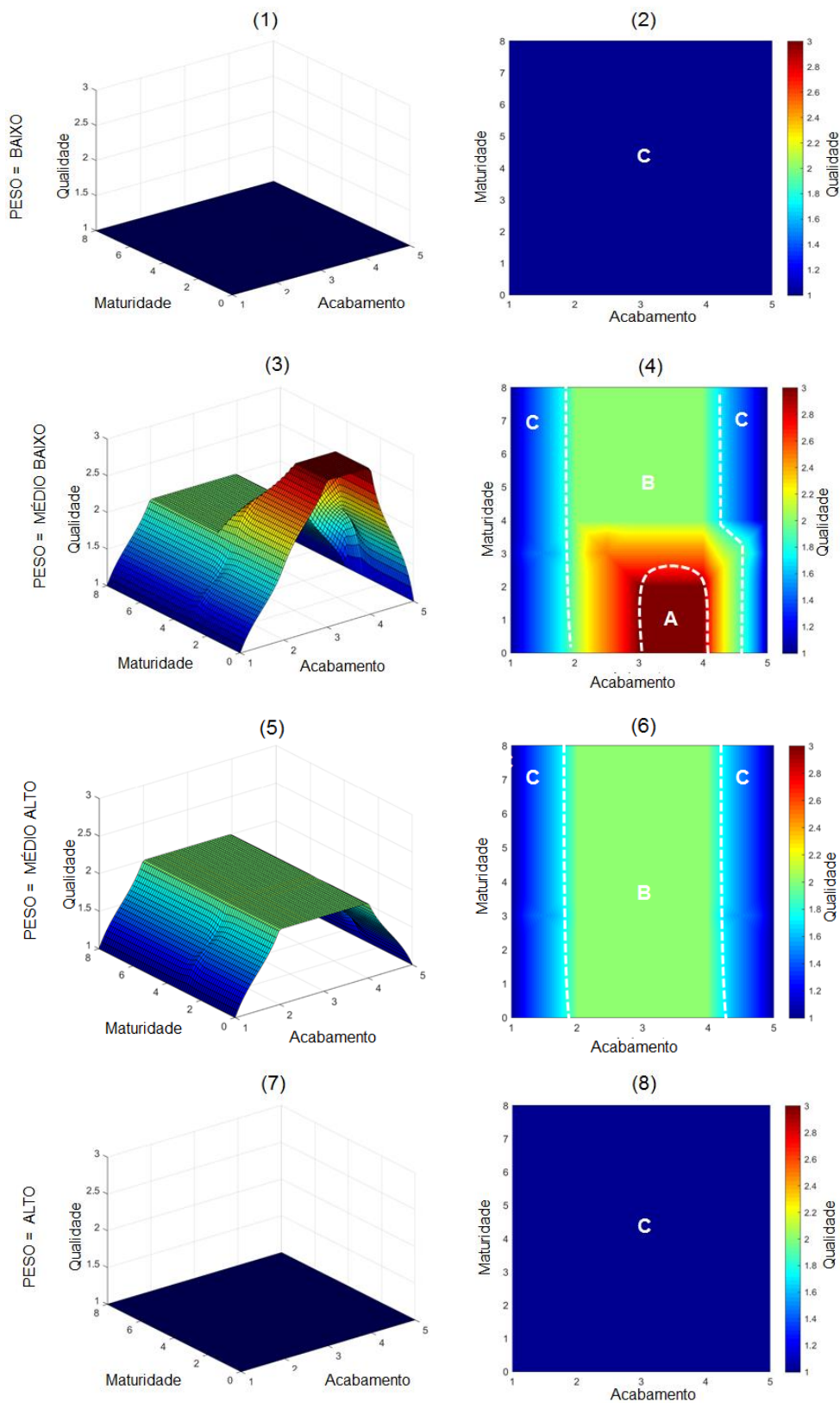


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2 MODELAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DA CARÇAÇA DE BOVINOS

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam as Superfícies e Mapa de Contorno do modelo *fuzzy* elaborado. Estes permitem analisar as variáveis utilizadas e suas regiões, tendo em vista que a superfície plotada com MATLAB 15a, permite apenas a visualização de duas variáveis de entradas e suas interferências nas variáveis de saída, para confecção dos gráficos uma das variáveis foi fixada. Tendo em vista que o modelo contou com 3 variáveis de entrada, houve a plotagem de superfícies.

Figura 12 - Superfície (1,3,5 e 7) e Mapa de Contorno (2,4,6 e 8) para as variáveis “Acabamento” × “Maturidade” e suas interações sobre a Qualidade no modelo *fuzzy*.



* **A**=Desejável; **B**=Tolerável; **C**=Indesejável

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 12 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso = BAIXO* sendo $\{11,5 \leq x \leq 15,5\}$, variando as entradas *Maturidade* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*. Assim quando variável *Peso = BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* apresentará como resposta absoluta *Indesejável (C)*, independente das outras variáveis.

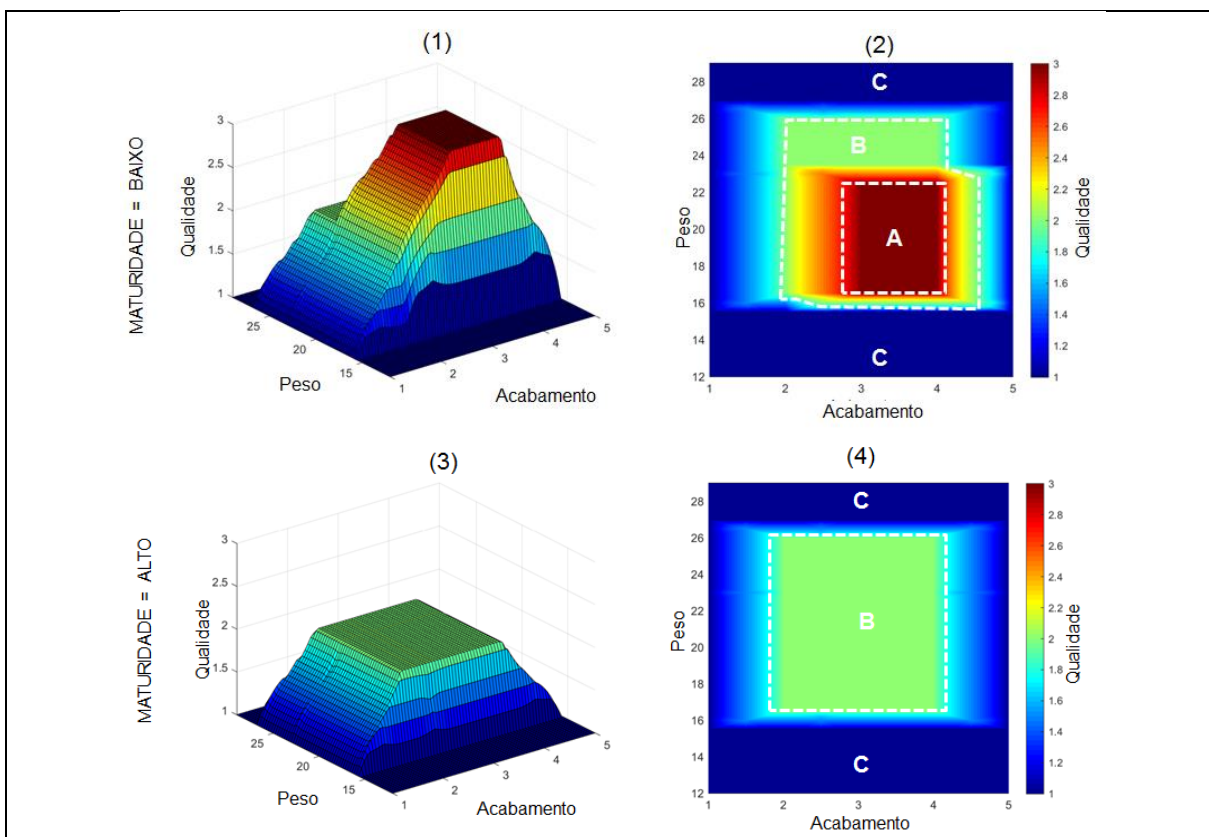
A Figura 12 (3) e (4) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso = MÉDIO BAIXO* sendo $\{16,5 \leq x \leq 22,5\}$, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável (A)*, quando o $\bar{X} \times \bar{Y}$, onde $\bar{X} = \{x \in \mathbb{R} / 2 \leq x \leq 4\}$ da variável *Acabamento* e $\bar{Y} = \{y \in \mathbb{R} / 0 \leq x \leq 2\}$ da variável *Maturidade*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável (B)* que encontra-se intervalo $[1,5; 2,5] \cap [4,2; 4,8]$ na no eixo x (*Acabamento*) e $[0,8]$ no eixo y (*Maturidade*). Além disso, verifica-se que a *Indesejável (C)* ocorre quando o *Acabamento* varia entre $[1, 1,5] \cap [4,8, 5]$ enquanto no eixo y (*Maturidade*) varia entre $[0,8]$.

Já nos itens (5) e (6) da Figura 12 verifica-se a variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso = MÉDIO ALTO* sendo $\{23,5 \leq x \leq 26,0\}$, na região *Tolerável (B)* que encontra-se intervalo *Acabamento* $[2,0; 4,0]$ independente do valor atribuído a variável *Maturidade*. A resposta de *Qualidade* como *Indesejável (C)*, aparece quando à variável de entrada *Acabamento* é dado valores $[1,0; 2,0]$ e $[4,0; 5,0]$.

A Figura 12 (7) e (8) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso = ALTO* sendo $\{27,0 \leq x \leq 29,5\}$, com as variáveis de entrada *Maturidade* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*, quando variável *Peso = ALTO*, a variável de resposta *Qualidade* também apresentará como resposta absoluta *Indesejável (C)*, independente das outras variáveis.

Ainda pode-se verificar que se a variável *Acabamento* esta em $[2,5; 4,0]$ e a *Maturidade* em $[0,2]$ a *Qualidade* é *Desejável (A)* ao produtor, porém se a *Maturidade* esta em $[2,8]$ a *Qualidade* é *Tolerável (B)*, ou seja, a *Qualidade* pode ser determinada como *Tolerável (B)* ou *Desejável (A)* se *Maturidade* esta em $[0, 8]$ e houver a variação do *Acabamento* em $[1,5; 4,8]$.

Figura 13 - Superfície (1 e 3) e Mapa de Contorno (2 e 4) para as variáveis “Maturidade” × “Peso” e suas interações sobre a Qualidade no modelo *fuzzy*.



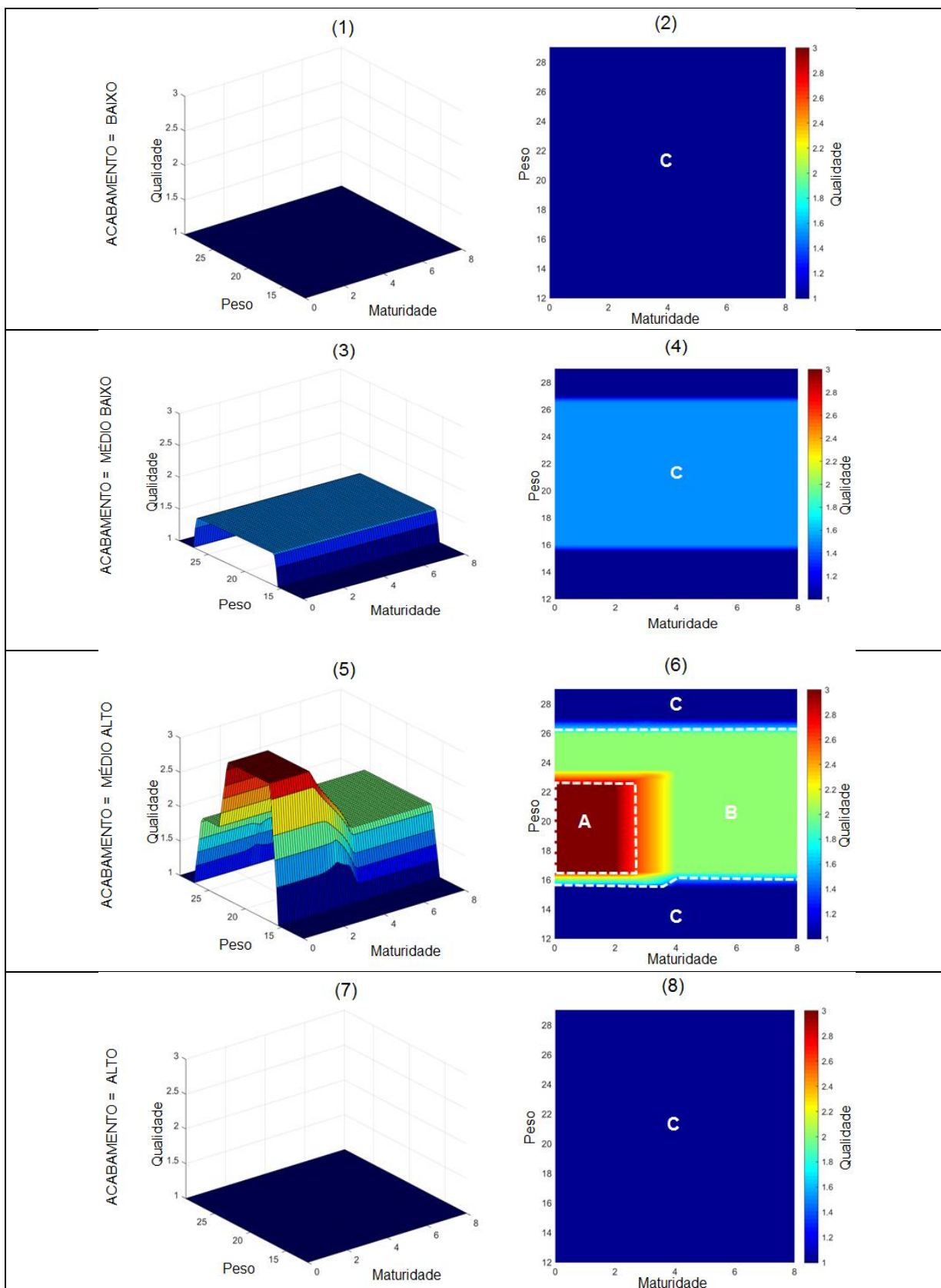
* **A**=Desejável; **B**=Tolerável; **C**=Indesejável

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 13 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Maturidade = BAIXO* sendo $\{0 \leq x \leq 2\}$, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável (A)*, quando o $\bar{X} \times \bar{Y}$, onde $\bar{X} = \{x \in \mathbb{R}/3 \leq x \leq 4\}$ da variável *Acabamento* e $\bar{Y} = \{y \in \mathbb{R}/17 \leq x \leq 22\}$ da variável *Peso*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável (B)* que encontra-se intervalo $[2,0; 3,0] \cap [4,0; 4,5]$ do eixo x (*Acabamento*) e $[16,0; 26,0]$ sendo que $(B) \not\subset (A)$ do eixo y (*Peso*). Além disso, verifica-se a variável *Indesejável (C)* ocorre quando o *Acabamento* varia entre $[1,0; 2,0] \cap [4,8, 5]$ enquanto no eixo y (*Peso*) varia entre $[12,0; 15,5] \cap [26,5; 29,5]$.

A Figura 13 (3) e (4) demonstra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Maturidade = ALTO* sendo $\{4,0 \leq x \leq 8,0\}$, com as variáveis de entrada *Peso* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Tolerável (B)*, que encontra-se intervalo *Acabamento* $[2,0; 4,0]$ se a variável *Peso* $[16,5; 26; 0]$.

Figura 14 - Superfície (1,3,5 e 7) e Mapa de Contorno (2,4,6 e 8) para as variáveis “Acabamento” × “Peso” e suas interações sobre a Qualidade no modelo *fuzzy*.



* **A**=Desejável; **B**=Tolerável; **C**=Indesejável

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 14 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = *BAIXO* sendo $\{1 \leq x \leq 2\}$, variando as entradas *Peso* e *Maturidade*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*. Assim quando variável *Acabamento* = *BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* apresentará como resposta absoluta *Indesejável (C)*, independente das outras variáveis.

Já a Figura 14, (3) e (4) obteve a variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = *MÉDIO BAIXO* sendo $\{2 \leq x \leq 3\}$, com as variáveis de entrada *Peso* e *Maturidade*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*. Assim quando variável *Acabamento* = *BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* será *Indesejável (C)*, com variação de score $[1,0; 1,5]$, quando *Peso* $[15,5; 27,0]$.

A Figura 14 (5) e (6) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = *MÉDIO ALTO* sendo $\{3 \leq x \leq 4\}$, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável (A)*, quando o $\bar{X} \times \bar{Y}$, onde $\bar{X} = \{x \in \mathbb{R}/16,5 \leq x \leq 26,5\}$ da variável *Peso* e $\bar{Y} = \{y \in \mathbb{R}/0 \leq x \leq 2\}$ da variável *Maturidade*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável (B)* que se encontra como $[16,0; 26,0]$ sendo que $(B) \not\subset (A)$ do eixo x (*Peso*) e $[0; 8,0]$ sendo que $(B) \not\subset (A)$ do eixo y (*Maturidade*). Além disso, verifica-se a variável *Indesejável (C)* ocorre quando o *Peso* varia entre $[12,0; 16,0] \cap [26,0; 29,0]$ enquanto no eixo y (*Maturidade*) varia entre $[0; 8]$.

A Figura 14 (5) e (6) ilustra que os animais com *Peso* abaixo de 16 arrobas e acima de 26 arrobas possuem *Qualidade Indesejável (C)* independente do *Acabamento*. Todavia em na faixa de *Acabamento* $[2,0; 4,0]$ o produtor que possuir animais com *Peso* 16 arrobas, por exemplo, recomenda-se suplementar até no máximo 24 arrobas, para gerar *Qualidade* com score, otimizando assim o lucro do produtor.

As Figuras 12, 13 e 14 corroboram com o padrão de avaliação proposto por Silva et al. (2017), sobre a classificação das carcaças bovinas de machos não castrados, e permite a visualização das regiões de classificação *Desejável (A)*, *Tolerável (B)* e *Indesejável (C)*.

As regiões de transição entre as classificações, a modelagem matemática que gerou as superfícies apresentadas nas Figuras 12, 13 e 14 fazem

uma generalização do conceito tabelado da literatura por meio de uma função matemática que considera as características dos animais e utiliza valores reais de classificação mais gradual.

O principal avanço do modelo *fuzzy* em relação à análise do especialista é permitir uma valoração intermediária entre duas classificações (A e B) ou (B e C) podendo o score da carcaça obter um valor x intermediário, sendo $\{A \leq x \leq B\}$ ou $\{B \leq x \leq C\}$, que permite a atribuição de uma bonificação intermediária da carcaça.

O modelo de avaliação da Qualidade da carcaça bovina que veio atender a de necessidade de um sistema de classificação dos animais com informações já concretizadas na área de bovinocultura para avaliação da qualidade da carcaça bovina frente às condições que os animais se encontravam. Este propõe melhorias no sistema classificatório existente na literatura já na literatura as classificações são em números inteiros e não aceita transições graduais.

A Tabela 19 apresenta a aplicação do modelo nos dados dos animais que foram objetos deste estudo, conforme descrito no Capítulo 2, e considera a pontuação obtida pelo modelo *fuzzy* desenvolvido, comparado à pontuação dada utilizando os padrões definidos por Silva et al. (2017).

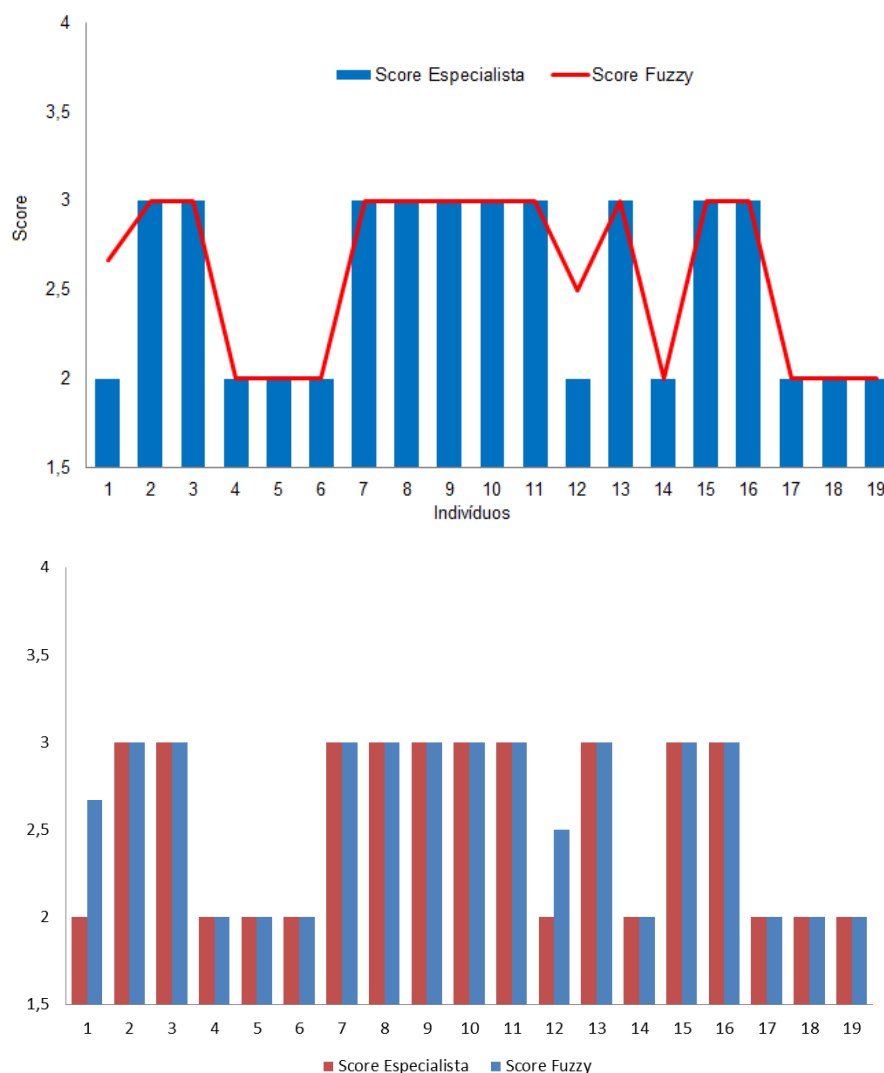
Tabela 19 - Comparação entre Score Especialista × Score *Fuzzy*.

Animal	DIP	Peso (@)	Acabamento	Score Especialista	Score <i>Fuzzy</i>
1	2	22,8	Mediano	2,0	2,7
2	2	21,5	Mediano	3,0	3,0
3	2	22,0	Mediano	3,0	3,0
4	2	23,9	Mediano	2,0	2,0
5	2	24,1	Mediano	2,0	2,0
6	2	20,6	Escasso	2,0	2,0
7	2	21,3	Mediano	3,0	3,0
8	2	20,8	Mediano	3,0	3,0
9	2	21,6	Mediano	3,0	3,0
10	2	22,3	Mediano	3,0	3,0
11	2	20,4	Mediano	3,0	3,0
12	2	23,0	Mediano	2,0	2,5
13	2	20,5	Mediano	3,0	3,0
14	2	22,9	Escasso	2,0	2,0
15	2	20,4	Mediano	3,0	3,0
16	2	21,8	Mediano	3,0	3,0
17	2	22,4	Escasso	2,0	2,0
18	2	18,7	Escasso	2,0	2,0
19	2	21,0	Escasso	2,0	2,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 15 demonstra a diferença entre o score apresentado pelo especialista (DIAS, 2017) e pelo modelo *fuzzy*.

Figura 15 - Gráfico de comparação entre Score Especialista x Score *Fuzzy*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que o score *fuzzy* foi acertativo na grande maioria dos animais e houve dois valores discordantes, nota-se na Tabela 19 que o primeiro valor e o décimo segundo valor o score apresentam diferenças e isto ocorre, pois o score do especialista baseia-se em tabela com valores fixos, não possuem transição gradual entre as classificações, ou seja, existem casos que o score especialista verifica que o *Acabamento* é inadequado se for considerando “1” sendo fixas as variáveis *Peso* e *Maturidade* e quando a variável “Acabamento” encontra-se em “2” sendo as outras

variáveis fixas de mesma forma. Sendo assim, com o modelo *fuzzy* pode-se as transições entre os scores são graduais entre as classificações, como observado na Tabela 15.

Verifica-se ainda 89,5% de compatibilidade diante dos dados analisados. Além disso, pode-se afirmar que os dados com valores discordantes (indivíduos 1 e 12), no modelo *fuzzy* apresentou um score maior, justamente por estarem situados na intersecção dos conjuntos.

3.4 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou desenvolver um sistema de apoio à tomada de decisão para qualificação das carcaças de bovinos não castrados. O modelo baseado em lógica *fuzzy* buscou modelar o padrão de pensamento para classificação objetiva das carcaças.

O modelo *fuzzy* proposto apresentou compatibilidade de 89,5% com a pontuação dos especialistas, e permitiu uma especificidade maior do score apresentado reduzindo a diferença entre as classificações. Se as variáveis “*Maturidade*” e “*Acabamento*” fossem apresentadas pelo especialista como discretas, o modelo teria uma especificidade maior, tendo maior grau de objetividade.

Possibilitar uma modelagem objetiva, baseado em um sistema especialista pode levar aos frigoríficos um aumento dos critérios de avaliação, permitindo com que as carcaças tenham pontuações mais específicas. Isso pode gerar uma diferenciação das carnes produzidas, buscando uma valorização maior no mercado consumidor, e resultado numa melhor remuneração ao produtor.

Logo se pode concluir que a modelagem matemática apresentou análise do comportamento e a influência das características na “*Qualidade*”, conforme os objetivos deste Capítulo, indo ao encontro dos anteriores proposta principal desta dissertação, levando a um novo método de classificação da carne buscando generalizar o existente na literatura.

Como estudos futuros, sugere-se também a criação de um modelo especialista que permita ao produtor a valoração do animal, antes que seja enviado para o abate. Isso levaria a uma estimativa de ganho ao produtor, diminuindo a

assimetria de informação entre sua expectativa e os resultados apontando pelo frigorífico.

REFERÊNCIAS

- COUTINHO FILHO, J. L. V.; 1, PERES, R. M.; JUSTO, C. L.. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2043-2049, 2006.
- CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores *fuzzy* para avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 21-39, 2010.
- DIAS, F. **A Qualidade da Carne Brasileira** – Conexão JBS. Disponível em: <[http://www.asbram.org.br/wp3/wp-content/uploads/2016/06/AQualidadeDaCarneBrasileira -FabioDias-ConexaoJBS.pdf](http://www.asbram.org.br/wp3/wp-content/uploads/2016/06/AQualidadeDaCarneBrasileira-FabioDias-ConexaoJBS.pdf)>. Acessado em 20 março de 2017.
- GABRIEL FILHO, L. R. A.; PUTTI, F. F.; CREMASCO, C. P.; BORDIN, D.; CHACUR; M. G. M.; GABRIEL, L. R. A. Software to Assess Beef Cattle Body Mass Through the Fuzzy Body Mass Index. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 179–193, 2016.
- ITAVO, L. C. V. et al . Desempenho produtivo, características de carcaça e avaliação econômica de bovinos cruzados, castrados e não-castrados, terminados em pastagens de *Brachiaria decumbens*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 5, p. 1157-1165, 2008 .
- JANG, J. S. R.; SUN, C.-T.; MIZUNAMI, E.; **Neuro-fuzzy and Soft Computing**, Local: Prentice Hall, 1997.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas. Instrução Normativa Nº 9, de 4 de maio de 2004, Brasília, 2004.
- PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA, A. O.; LUDWIG, R.; GABRIEL, C. P. C.. Fuzzy Logic to evaluate vitality of *catasetum fimbriatum* species (*orchidacea*). **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 405–413, 2014.
- SILVA, A. L.; PRATA, C. B.; SILVA, C. C.; CASTRO, D. A. F.; PEDROSO, E. K.; PEREIRA, E.; SILVA, F. G.; PIRELLI, K.; OLIVEIRA, N.; MARIANO, O.; ALVES, R.; PINTO, R. R.; MESTANZA, S.; CARVALHO, T.. **Classificação de carcaça bovina pelo acabamento** – Conexão JBS. Disponível em: <http://www.conexaojbs.com.br/arquivos/classificacao_de_carcaca_pelo_acabamento.pdf>. Acessado em de 20 março de 2017.

VITTORI A.; QUEIROZ A. C.; RESENDE F. D.; GESUALDI JÚNIOR A.; ALLEONI G. F.; RAZOOK A. G.; FIGUEIREDO L. A.; GESUALDI A. C. L. S... Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2085-2092, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

No Capítulo I caracterizou-se o conhecimento sobre a utilização de água tratada magneticamente em animais, por meio de uma RBS que favoreceu a coleta, tratamento e organização do material que embasou teoricamente este estudo.

Os artigos levantados permitiram uma caracterização do método de tratamento magnético da água, e permitiram questionar a hipótese que a utilização de água tratada magneticamente influencia nos parâmetros produtivos em em animais.

O Capítulo II apresentou uma análise estatísticas dos dados coletados na pesquisa, que permitiram concluir que o uso de ATM, não influenciou a melhoria dos índices bioquímicos do sangue dos animais para as variáveis K, iCa, Cl e colesterol. Também não houve alteração no peso final da carcaça e o acabamento de gordura, quando comparados ao grupo de controle.

No Capítulo III, foi desenvolvido um modelo sistema de apoio à tomada de decisão para qualificação das carcaças de bovinos não castrados *fuzzy*, que *possibilitou* uma modelagem objetiva do conhecimento de especialistas. O modelo *fuzzy* proposto apresentou compatibilidade de 89,5% com a pontuação dos especialistas, e permitiu uma especificidade maior do score apresentado reduzindo a diferença entre as classificações, que permitirá a sua utilização pelos frigoríficos para qualificação das carcaças de bovinos.