

UNIVERSIDADE PAULISTA

JONAS PEREIRA DA SILVA

**AUTOMATIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO BASEADA NA LÓGICA
PARACONSISTENTE DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE DE SUÍNOS
A PARTIR DA MINERAÇÃO DE DADOS SOBRE SUA VOCALIZAÇÃO**

SÃO PAULO

2019

JONAS PEREIRA DA SILVA

**AUTOMATIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO BASEADA NA LÓGICA
PARACONSISTENTE DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE DE SUÍNOS
A PARTIR DA MINERAÇÃO DE DADOS SOBRE SUA VOCALIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação

Linha de Pesquisa: Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção

Projeto de Pesquisa: Automação e Robótica em Engenharia de Produção

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Nääs

Coorientador: Prof. Dr. Jair Minoru Abe

SÃO PAULO

2019

Silva, Jonas Pereira da.

Automatização da classificação baseada na lógica paraconsistente de condições de estresse de suínos a partir da mineração de dados sobre sua vocalização / Jonas Pereira da Silva. - 2019.

78 f. : il. color. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2019.

Área de Concentração: Gestão de Sistemas de Operação.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Nääs. Coorientador: Prof. Dr. Jair Minoro Abe.

1. Estresse em suínos. 2. Automatizar a classificação. 3. Criação de software. 4. Lógica paraconsistente evidencial E τ . I. Nääs, Irenilza d de Alencar (orientadora). II. Abe, Jair Minoro (coorientador). III. Título.

JONAS PEREIRA DA SILVA

**AUTOMATIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO BASEADA NA LÓGICA
PARACONSISTENTE DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE DE SUÍNOS
A PARTIR DA MINERAÇÃO DE DADOS SOBRE SUA VOCALIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Paulista –
UNIP, para obtenção do título de mestre
em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Nääs
Orientadora / Universidade Paulista (UNIP)

Prof. Dr. Jair Minoro Abe
Coorientador/ Universidade Paulista (UNIP)

Prof.^a Dr.^a Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro
Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento

A Deus, por ser minha fortaleza e meu refúgio.

AGRADECIMENTOS

À orientadora Prof.^a Dr.a Irenilza de Alencar Nääs por todo o conhecimento compartilhado, pelas interferências esclarecedoras no processo da pesquisa e pela amizade fomentada durante este percurso científico.

Ao Prof. Dr. Jair Minoru Abe por atuar como coorientador, pelas contribuições no desenvolvimento desta pesquisa e por participar da Banca Examinadora com relevantes e pontuais observações deste trabalho.

À Prof.^a Dr.a Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro por sua pesquisa, que é a base do desenvolvimento deste trabalho, pelas conversas esclarecedoras e por participar da Banca Examinadora com sugestões para a melhoria desta Dissertação.

Aos professores e colegas do curso pelo constante apoio e troca de conhecimentos e pelo divertido convívio das manhãs.

Aos meus pais Jaime e Nazaré por sempre me apoiarem e incentivarem na minha vida escolar e acadêmica.

Aos meus filhos Priscila e Matheus por me incentivarem a alcançar minhas conquistas.

RESUMO

A carne suína é a proteína mais consumida no âmbito mundial e o Brasil é considerado o quarto maior produtor e exportador dessa carne. Para atender às demandas do mercado, ocorre aumento de produção de suinocultura, com maior quantidade de animais por área, ocasionando estresse nos porcos. O estresse pode aumentar a predisposição a doenças, as quais elevam o custo da criação do produto e a taxa de mortalidade, desfavorecendo a competitividade no mercado. Assim, o bem-estar do animal torna-se fundamental, sendo necessário o acompanhamento dos animais desde seu nascimento, porém o registro histórico dos dados é difícil por não existir a identificação confiável do indivíduo. A vocalização é uma ferramenta útil para identificação de situações de estresse em suínos. Assim, o objetivo geral é automatizar a classificação de condições de estresse de um indivíduo suíno com base em sua vocalização e o objetivo específico é desenvolver um software para classificar o tipo de estresse de um indivíduo suíno de acordo com padrões sonoros dos animais submetidos a situações de estresse. Para atingir os objetivos, parte-se dos dados de Cordeiro (2012), cuja pesquisa de campo abrange o levantamento do estresse suíno em próprio local de criação do animal, a gravação da vocalização dos suínos e, como resultado, a identificação de cada suíno e do tipo de estresse. A pesquisadora montou um banco de dados, disponibilizando as gravações, as características dos sons coletados e os dados de identificação do animal. Esse banco de dados passa a servir de base para a criação do software por meio de técnicas de Mineração de Dados (MD) e da aplicação da Lógica Paraconsistente Evidencial $E\tau$. Como resultado da aplicação e análise dos dados, o software criado permite automatização da classificação do tipo de estresse dos suínos em mais de 70% de acerto.

Palavras-chave: estresse em suínos; automatizar a classificação; criação do software; Lógica Paraconsistente Evidencial $E\tau$.

ABSTRACT

Pork is the most widely consumed protein in the world and Brazil is considered the fourth largest producer and exporter of this meat. To meet the demands of the market, there is an increase in swine production, with more animals per area, causing stress on pigs. Stress can increase disease predisposition, which raises the cost of product creation and the mortality rate, undermining market competitiveness. Thus, the welfare of the animal becomes fundamental, being necessary the accompaniment of the animals from its birth, but the historical record of the data is difficult because there is no reliable identification of the individual. Vocalization is a useful tool to identify stress situations in pigs and, with the general objective of automating the classification of stress conditions of a pig individual based on his vocalization, the specific objective is to develop software to classify the type of stress of a pig individual according to sound patterns of animals subjected to stress situations. As a method, it is based on the data of Cordeiro (2012), whose field research includes the survey of the porcine stress in the animal's own place of production, recording the vocalization of the pigs and, as a result, identification of each pig and the type of pig stress. The researcher set up a database, providing both the recordings and the various identification results. This database will serve as a basis for the creation of the software through Data Mining techniques and the application of the Paraconsistent Evidential Logic. As a result of the application and analysis of the data, the software created allows automation of the classification of the type of stress of the pigs in more than 70% of correct.

Key words: stress in pigs; automate classification; creation of software; Paraconsistent Evidential Logic Et.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Princípios para o bem-estar dos animais de fazenda	19
Figura 2. Coleta de vocalização de um porco.....	25
Figura 3. Ciclo de vida do desenvolvimento de software.....	31
Figura 4. Diagrama com graus de estados de decisão, com valores ajustáveis de controle de limite indicados nos eixos	35
Figura 5. Sonogramas das vocalizações dos suínos em situação normal (A), de dor (B), de frio (C) e com restrição à amamentação (D)	44
Figura 6. Macro etapas do processo	46
Figura 7. Fluxo detalhado do Processo.....	47
Figura 8. Janela “Carregar Arquivo”	49
Figura 9. Janela "Carregar Arquivo" (detalhe)	49
Figura 10. Janela de busca (detalhe).....	50
Figura 11. Seleção de campos (detalhes).....	51
Figura 12. Seleção dos campos duração e intensidade.....	51
Figura 13. Funções dos botões.....	52
Figura 14. Campos selecionados.....	52
Figura 15. Sistema carregado.....	53
Figura 16. Análise de dados.....	53
Figura 17. Janela do resultado final do output do software.....	54
Figura 18. Esquema da onda sonora: λ comprimento e y amplitude da onda.....	56
Figura 19. Reticulado com os Graus Certeza (Gc) e Certeza Real (GcR), com valores ajustáveis de controle limite indicados nos eixos	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Principais mercados de Startups	26
Gráfico 2. Tipos de estresse: calor e dor	56
Gráfico 3. Tipos de estresse: calor, dor e fome.....	57
Gráfico 4. Tipos de estresse: calor, dor, fome e frio	58
Gráfico 5. Tipos de estresse: calor, dor, fome, frio e sede	58
Gráfico 6. Tipos de estresse: calor, dor, fome, frio, sede e normal	59
Gráfico 7. Tipo de estresse calor	64
Gráfico 8. Tipo de estresse dor	65
Gráfico 9. Tipo de estresse fome	66
Gráfico 10. Tipo de estresse frio	67
Gráfico 11. Tipo de estresse normal	68
Gráfico 12. Tipo de estresse sede	69
Gráfico 13. Comparativo geral da acurácia por tipos de estresse	70
Gráfico 14. Resultado geral da acurácia do software	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais tipos de defeitos de software	33
Quadro 2. Classificação da lógica	34
Quadro 3. Algoritmo Para-Analisador	38
Quadro 4. Classificação da pesquisa científica	44
Quadro 5. Classe porco.....	45
Quadro 6. Classe Articulado	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Representação de estados extremos da Lógica Paraconsistente	36
Tabela 2. Representação de estados não extremos da Lógica Paraconsistente	36
Tabela 3. Características do som emitido pelos suínos	40
Tabela 4. Atributos acústicos e suas unidades	41
Tabela 5. Médias e desvios padrões dos parâmetros acústicos para as quatro situações de estresse avaliadas	42
Tabela 6. Características do som encontradas no software Praat® e os paradigmas utilizados na Lógica Paraconsistente	55
Tabela 7. Análise do resultado da vocalização.....	60
Tabela 8. Planilha adaptada das características do som encontradas no software Praat®	63
Tabela 9. Amostra da planilha.....	63
Tabela 10. Amostra da planilha.....	64
Tabela 11. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse calor.....	65
Tabela 12. Acurácia do tipo de estresse calor.....	65
Tabela 13. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse dor.....	66
Tabela 14. Acurácia do tipo de estresse dor.....	66
Tabela 15. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse fome.....	67
Tabela 16. Acurácia do tipo de estresse fome.....	67
Tabela 17. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse frio.....	68
Tabela 18. Acurácia do tipo de estresse frio.....	68
Tabela 19. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse normal.....	69
Tabela 20. Acurácia do tipo de estresse normal.....	69
Tabela 21. Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse sede.....	70
Tabela 22. Acurácia do tipo de estresse sede.....	70
Tabela 23. Quantidade de acertos e erros	72
Tabela 24. Acurácia de acertos e erros.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Gce: Análise Global de Grau de Certeza.

BGco: Análise Global de Grau de Contradição.

CE: Consulta externa.

CSV: Valores Separados por Vírgula

FLV: Valor limite falso.

Gce: Grau de certeza.

Gco: Grau de contradição.

Gin: Grau de incerteza.

HMM: Modelos Ocultos de Markov.

ILV: Valor limite inconsistente.

MD: Mineração de Dados.

MPD: Método Paraconsistente de Decisão.

PDM: Paraconsistent Decision Method.

PF: Ponto de função.

PLV: Valor limite Paracompleto.

SE: Saída externa.

TLV: True Limit Value.

Vcfa: Valor de controle de certeza.

Vcic: Valor de controle de incerteza.

Vcpa: Valor de controle de incerteza.

Vcve: Valor de controle de certeza.

LISTA DE SÍMBOLOS

μ : Letra grega Mi, grau de evidência favorável.

λ : Letra grega Lambda, grau de evidência contrária.

τ : Letra grega Tau, reticulado associado à Lógica $E\tau$.

F: Estado Lógico Falso.

T: Estado Lógico Inconsistente.

V: Estado Lógico Verdadeiro.

\perp : Estado Lógico Paracompleto.

Q \perp →F: Quase-Paracompleto tendendo ao Falso.

Q \perp →V: Quase-Paracompleto tendendo ao Verdadeiro

QF→ \perp : Quase-falso tendendo ao Paracompleto.

QF→T: Quase-falso tendendo ao Inconsistente.

QT→F: Quase-inconsistente tendendo ao Falso.

QT→V: Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro.

QV→ \perp : Quase-verdadeiro tendendo ao Paracompleto.

QV→T: Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1. SUINOCULTURA: CONTROLE E VOCALIZAÇÃO	19
1.1. Criadouro suíno e o contexto de controle do animal	19
1.2. Rastreabilidade de suínos	21
1.3. Vocalização de animais	22
2. SOFTWARE E MINERAÇÃO DE DADOS	26
2.1. Pecuária 4.0	26
2.2. Desenvolvimento de software	29
2.3. Técnicas de Mineração de Dados e Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ}	34
2.4. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} em sistemas inteligentes	37
3. SOFTWARE PARA AUTOMATIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE DE SUÍNOS	39
3.1. Metodologia	39
3.2. Desenvolvimento do software	45
3.2.1. Etapas do processo do sistema	46
3.2.2. Interfaces: gráficos do usuário	49
3.3. Aplicação do software: resultados e discussão	54
3.3.1. Aplicação do software	54
3.3.2. Acurácia: aplicação do software	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

INTRODUÇÃO

No mundo, o maior consumo de proteína animal se origina da carne suína e o Brasil, por sua vez, ocupa a quarta posição como produtor e exportador de carne suína. Com o crescimento da prática de suinocultura, os produtores buscam aumentar a sua produção. Assim, ocorre uma maior quantidade de animais por área, ocasionando possivelmente o estresse nos animais e aumentando o risco sanitário. O estresse dos animais aumenta a predisposição a doenças e, com isso, aumentam-se o custo da criação do produto e a taxa de mortalidade, desfavorecendo a competitividade no mercado. Além disso, existe uma preocupação com o risco em contaminação dos seres humanos envolvidos com essa produção e também pelo consumo dessa carne.

Devido às exigências do mercado, aumenta-se a preocupação com o bem-estar do animal e o meio ambiente e, para melhorar o desenvolvimento e o acompanhamento dos animais, é importante manter os dados históricos, durante o crescimento de cada indivíduo, acompanhando possíveis doenças ou níveis de estresse. Para isso, é necessária a identificação desse animal para armazenar esses dados, e posteriormente poder consultá-los quando necessário. Uma possível solução é a implantação de um chip identificador em cada indivíduo. No entanto, essa solução envolve custo elevado por animal, além de que, o chip pode se movimentar, podendo até atingir órgãos vitais ou dificultar a recuperação do chip no abatedouro.

O grande número de animais por criadouro torna cada vez mais complexo o registro dos dados. A União Europeia exige o reconhecimento de animais bovinos, suínos, caprinos e ovinos desde o nascimento até o abate por meio de dispositivos eletrônicos (PANDORFI et al., 2012).

Há evidências que animais de mesma espécie possuem assinatura vocal, bem como o reconhecimento individual documentado. Estudos apontam que a vocalização é uma ferramenta útil para identificação de situações de estresse em suínos (CORDEIRO, 2013). Além disso, a vocalização também tem sido utilizada para medir o bem-estar do animal (MARX et al., 2003).

Existem estudos que determinam as características de sons emitidos por suínos em diferentes situações de estresse. Essas características permitem estabelecer padrões para classificar o nível de estresse dos suínos (CORDEIRO, 2012). No entanto, esses estudos foram realizados com base em dados armazenados

manualmente. Apesar de eles terem possibilitado a descoberta de padrões de sons emitidos em situações de estresse, devido ao uso da análise manual, foi necessário diminuir o número de características dos sons para construção do modelo.

Com o objetivo de aumentar a precisão dos resultados encontrados, é necessária a construção de um programa computacional, que faça a análise utilizando algoritmos de mineração de dados, para identificar um número maior das características que definem o som, classificando o tipo de estresse dos suínos, visando à melhoria do bem-estar dos animais.

Assim, o objetivo geral é automatizar a classificação de condições de estresse de um indivíduo suíno a partir de sua vocalização. O objetivo específico, por sua vez, é desenvolver um software para classificar o tipo de estresse de um indivíduo suíno de acordo com padrões sonoros dos animais submetidos a situações de estresse. Esses objetivos relacionam-se, porque o desenvolvimento de um software servirá para a automatização da classificação do tipo de estresse dos suínos.

Esta inquirição parte dos resultados de pesquisa obtidos por Cordeiro (2012) para criação do software. A pesquisa de campo da autora abrange o levantamento do estresse suíno em próprio local de criação do animal, gravação da vocalização dos suínos e, como resultado, identificação de cada suíno e de tipo de estresse. A pesquisadora montou um banco de dados, disponibilizando as gravações e os dados de identificação do animal. Esse banco de dados passa a servir como base para a criação do software.

A metodologia adotada neste estudo consiste na pesquisa aplicada, com vista à solução de problema. Seus objetivos abrangem as pesquisas descritiva e normativa, respectivamente por possibilitar tratar o fenômeno estudado (a condição de estresse dos suínos) e a verificação da existência de variáveis na análise dos dados coletados da vocalização dos animais e pelo fato de este estudo ter como objetivo desenvolver um software para automatizar a classificação de condições de estresse do porco. A abordagem é a combinada, por lidar com dados já coletados em pesquisa anterior (CORDEIRO, 2012) e com técnicas de análise, em especial da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} . Por fim, o método que se delimita à pesquisa-ação, ao desenvolvimento de um sistema (software), em cujo processo é testado em sua eficiência, por meio da apuração de uma acurácia.

Este estudo, então, está organizado em três capítulos, além da introdução e das considerações finais. O capítulo 1 apresenta o contexto de suinocultura,

delimitando-se ao estresse dos suínos em ambiente de criadouro e a função da vocalização como possibilidade de identificação do tipo de estresse. O Capítulo 2 apresenta fundamentos teóricos sobre desenvolvimento de software, bem como a base de levantamento de dados por meio de técnicas de Mineração de Dados (MD) e da aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} em Sistemas Inteligentes. O capítulo 3 subdivide-se em apresentação da metodologia de pesquisa, incluindo procedimentos de coleta e análise de dados e em apresentação da análise dos resultados e discussões da pesquisa realizada por Cordeiro (2012), e a apresentação do desenvolvimento do software, cuja finalidade é automatização da classificação do tipo de estresse dos suínos.

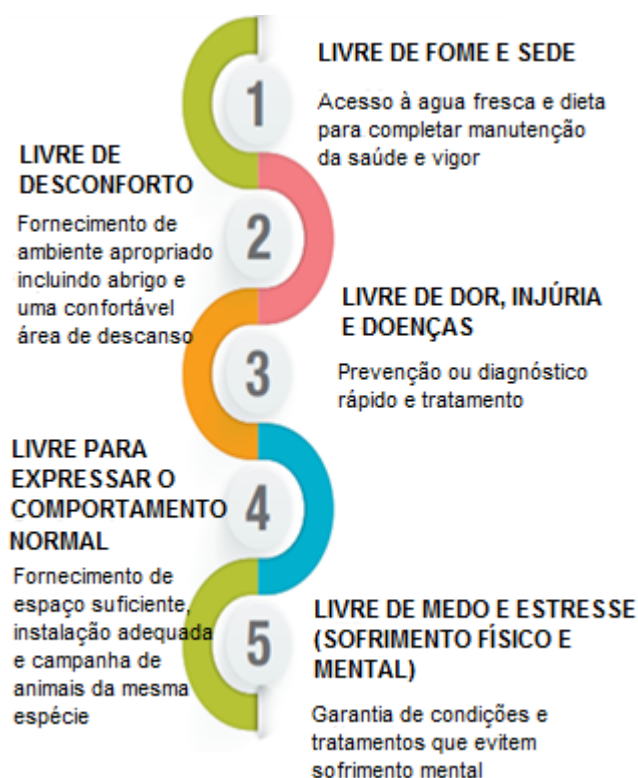
1. SUINOCULTURA: CONTROLE E VOCALIZAÇÃO

1.1. Criadouro suíno e o contexto de controle do animal

No cenário econômico mundial, conforme SEBRAE (2016b), a suinocultura procura diferenciais para superar a competitividade e aumentar a qualidade de seus produtos e assim conquistar o mercado consumidor. Por meio de qualidade, biossegurança e preço determina-se sucesso ou não do comércio de produtos alimentícios, e na suinocultura não é diferente.

Assim sendo, de acordo com SEBRAE (2016a), cinco princípios são apresentados a favor do bem-estar dos animais de fazenda, no qual os porcos são incluídos.

Figura 1- Princípios para o bem-estar dos animais de fazenda



Fonte: SEBRAE, 2016a, p. 9.

A preocupação desta qualidade se dá com a possibilidade da contaminação por meio da transmissão de micro-organismos para os seres humanos originados nos animais, pelo consumo da carne ou simplesmente pelo contato, e também o bem-

estar do animal durante o processo de criação e os resíduos de drogas veterinárias no produto final (CORDEIRO, 2012). Os avanços dos resultados – para melhoria genética, procedimentos de manejos e a melhoria na nutrição dos suínos – permitiram uma maior produção de animais na mesma área, dessa forma o risco sanitário cresce, já que o número de animais por área aumenta consideravelmente. As consequências são o aumento no número de doenças, além dos contágios que ocorrem com maior facilidade devido a esta situação. Consequentemente, a taxa de mortalidade também cresce, baixando a produtividade dos animais, elevando os custos com remédios e horas trabalhadas dos veterinários, bem como os riscos aos seres humanos que trabalham na produção ou consomem essa carne.

A lotação nos criadouros pode gerar estresse dos animais, aumentando a vulnerabilidade a doenças. Com o aumento do cortisol, hormônio importante no desenvolvimento do estresse e que atua negativamente sobre a produção, a imunidade do animal diminui.

A identificação do indivíduo dentre os animais é muito importante, pois desta forma é possível manter o seu histórico de vida e melhorar o bem-estar do animal. As informações como data de nascimento, sanidade, manejo, raça, bem-estar do animal, normas ambientais e origem podem ser armazenadas e consultadas quando necessário.

Segundo Boletim Técnico (2017), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios:

A identificação animal é considerada uma prática fundamental em um sistema de criação, pois permite obter rastreabilidade da carne, o que favorece a venda destes produtos, devido às exigências do mercado interno e externo.

O conceito de rastreabilidade surgiu no fim da década de 1990 depois da disseminação da Encefalopatia Espongiforme Bovina na Europa, “o mal da vaca louca” (PRODEMGE, 2018). Rastreabilidade precisa ser um sistema de identificação e registro de animais para procedência da carne. Para atender às exportações à União Europeia, foi criado o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem, por meio da Instrução Normativa nº 1, de 10 de janeiro de 2002, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Em 14 de julho de 2006, a instrução normativa

17 apresenta, com nova estrutura operacional, o Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos, sendo obrigatório quando os animais são destinados ao mercado europeu.

A União Europeia preconiza a identificação de todos os animais, incluindo os suínos, para rastrear cada animal e assim ter o acompanhamento total desde o nascimento até o abate. Exige-se a criação de um padrão mundial para dispositivos eletrônicos de identificação, mantendo a compatibilidade entre os sistemas de fabricantes diversos e viabilizando uma análise do registro individual de cada animal.

Identificar o indivíduo eletronicamente com o uso de *transponders* ajuda a descobrir e administrar doenças, efeitos fisiológicos decorrentes do estresse, ingestão de alimentos, atividades físicas e causas no ambiente decorrentes do sistema de produção e garantir mais eficiência da administração da granja. O uso dessa tecnologia destaca o fator negativo do chip trafegar no corpo do animal durante o seu crescimento, podendo ter efeitos negativos à saúde do animal, além de dificultar a recuperação do equipamento no abate. Ainda no uso deste sistema existe o alto custo do equipamento que aumenta o custo do processo produtivo, causando preço elevado do produto final diminuindo o poder de competitividade no mercado.

De acordo com Cordeiro (2012), cada animal possui características próprias na vocalização. Os animais a utilizam como forma de comunicação entre indivíduos da mesma espécie. A vocalização também tem sido estudada como ferramenta para medir o bem-estar animal (MARX et al., 2003).

O desenvolvimento de um programa de computador que identifique a necessidade (fome, sede, calor, frio, dor), num determinado momento, garante acompanhar o seu histórico de vida por um baixo custo, auxilia como identificador de animais com hipertermia, dor ou ainda tosse que pode indicar a presença de alguma doença, que se identificada previamente, o animal deve ser isolado e medicado, evitando que outros sejam contaminados. Possibilita ainda descobrir animais com estresse de algum tipo, e quando verificado tais sintomas a solução poderá ser aplicada efetivamente.

1.2. Rastreabilidade de suínos

Os porcos podem ser identificados individualmente e, de acordo com Silva et al. (2004), a rastreabilidade é um processo crescente e irreversível decorrente dos

avanços tecnológicos e da demanda do mercado importador. De fato, o armazenamento dos dados característicos de cada animal e de cada etapa de seu desenvolvimento permite ao produtor administrar eficientemente possíveis alterações negativas dos mesmos dados.

Existem vários mecanismos para a rastreabilidade, como tatuagens, brincos plásticos e corte na orelha. Além desses mecanismos, o controle da produção pode ser realizado manualmente. Existem também outros dispositivos, como a identificação eletrônica com o uso dos *transponders* inseridos no animal, brincos, anéis e colares com microchip e etiqueta de identificação por radiofrequência.

Contudo, essas maneiras de rastreabilidade são insatisfatórias, pois, o armazenamento dos dados individuais pode, por exemplo, sofrer alterações. Os mecanismos de marcação na pele e uso de brincos tendem a prejudicar o bem-estar do animal além de não garantir eficiência, devido à perda de informações no decorrer do tempo. Segundo Malucelli (2000), a identificação manual acarreta planilhas e relatórios, que não são confiáveis. Em relação ao *transponder*, trata-se de uma possível solução, porém de alto custo de manutenção e implantação, que recai sobre o preço do produto final.

1.3. Vocalização de animais

Muitos autores têm estudado a vocalização como ferramenta para medir o bem-estar animal, tais como Weary e Fraser (1995) e Marx et al. (2003). Conforme Moi (2013), enquanto sons emitidos com baixa tonalidade, como grunhidos, podem ser utilizados para manter contato social com indivíduos do grupo, muitas vocalizações com alta tonalidade, semelhantes a gritos, são mais usadas em estado de excitação.

As pesquisas em bioacústica são, portanto, empregadas em porcos, a fim de determinar características para situações específicas, como desmama, castração e conflito entre indivíduos.

A vocalização, enfim, torna-se uma ferramenta de grande importância para indicar estado de bem-estar ou estresse de um animal. Contudo, ainda é necessário investir mais em pesquisas para analisar as características vocais que servem não como resposta fisiológica, mas como a liberação de hormônio do estresse.

Segundo Moi (2013), uma resposta ao estresse, como liberação de adrenalina, pode ser acompanhada por mudanças nas taxas de tipos específicos de vocalização,

o que poderia ser indicativo de uma origem comum dessas duas reações no sistema nervoso central. Johnson et al. (1994) afirmam que os porcos após receberem injeção de corticotrofina se apresentaram altamente excitados, ativos e com aumento na taxa de vocalização. Aqui é apresentada a relação entre hormônios do estresse e a vocalização. A elevação do cortisol durante a gestação afetou características comportamentais dos leitões. Os autores analisaram o comportamento dos leitões tratados com leite de porcas submetidas ao cortisol durante a gestação e concluíram que foram reduzidas as brincadeiras e, quando transferidos para outro lugar, tinham a locomoção e vocalização exageradas, comparados aos leitões de porcas que tiveram o tratamento habitual durante a gestação. Assim, é possível reconhecer mudanças fisiológicas pela análise das características da frequência dos sinais vocais.

Johnson et al. (1994) analisaram a vocalização de vacas com estresse fisiológicos de fome e na separação da cria para desmama e concluíram que os sons, emitidos para a desmama, tinham menor frequência ressonante que os de quando a vaca estava com fome.

Manteuffel e Schon (2004), por sua vez, desenvolveram um sistema para gravar e monitorar a quantidade de chamadas de estresse de suínos. Usando uma combinação de análises de sons, por predição linear e codificando uma rede neural artificial, foi possível detectar vocalização de animais estressados. A aplicação foi desenvolvida para não perceber ruídos do ambiente, falas de seres humanos e sons de outros porcos sem estresse. Os pesquisadores gravaram 688 chamadas de 39 vacas e, por meio do modelo HMMs, reconheceram o significado das chamadas das vacas.

De acordo com Marx et al. (2003), o desenvolvimento de uma classificação automática de tipos de chamada poderia ser usado como ferramenta para comparar tipos de estresse de animais, com medidas objetivas. Segundo estes autores, parâmetros de emissão de energia, frequência e duração das chamadas, são características do tipo de chamada. Concluíram também que a dor em leitões é identificada por tipos de chamadas como gritos, diferenciando significativamente de outras chamadas características de leitões. Elas aumentam quando leitões estão com dor. Após a aplicação de anestesia local ocorreu a mudança das características da chamada, também indicou uma relação entre vocalização e intensidade de dor. Ao comparar a vocalização de leitões durante a castração, verifica-se que leitões castrados sem anestesia emitiram chamadas de estresse durante 50,8% do tempo

total da castração enquanto leitões castrados com anestesia local emitiram vocalização de estresse em 30,7% do tempo. A anestesia local melhora o bem-estar dos leitões durante o procedimento de castração, mas não totalmente pois ele ainda sofre com o estresse da apanha e manejo durante o procedimento.

De acordo com Cordeiro et al. (2009), a medida de vocalização de leitões indicou que há um gasto de energia envolvido no processo de emissão dos sons e que este valor aumenta em função do estresse a que o animal está submetido. Durante o processo de castração o animal perde energia para emissão dos sons de dor, e isso é verificado pela perda de peso após execução do procedimento, o que pode justificar ainda mais a realização de pesquisas para a melhoria do bem-estar dos animais neste procedimento.

Outra aplicação prática do uso da vocalização é a detecção de doenças respiratórias. Silva et al. (2004) desenvolveram um algoritmo para localização de tossidos dentro da granja utilizando o tempo de chegada do som captado por diferentes microfones distribuídos nas baias e conseguiu localizar o local de origem dos tossidos. De acordo com esses autores, os dados são úteis para identificar previamente a disseminação de doenças respiratórias, podendo possibilitar o tratamento antecipado e específico.

As porcas expressam individualmente uma composição da frequência do grunhido, diferenciando-se do comportamento dos leitões. Enquanto as porcas escutam por *playback* a gravação de suas mães, os leitões reagem à gravação da vocalização da sua mãe, escolhendo ficar mais perto desta fonte de vocalização, do que da fonte de sons de outras porcas.

Ao procurar reconhecer vocalizações relacionadas com padrões indicativos de bem-estar em suínos, Nääs et al. (2008) encontraram diferença entre os formatos de ondas e o espectro do som emitido pelas reprodutoras, concluindo que este fato demonstra que a expressão de cada porca foi diferente, frente a um mesmo tipo de evento. Porém, os autores não analisaram a existência de diferença entre os formatos de ondas e o espectro do som emitido pela mesma reprodutora em diferentes situações de bem-estar ou estresse, isto indicaria que estas características da vocalização são capazes de identificar um indivíduo.

Foi gravada a vocalização de quatro vacas em diferentes situações, sendo elas fome, calor, sede, antes de parir ou de amamentar, e as diferenças intra e interindividuais foram analisadas. A estimativa do *Power Spectrum Density* parece ser

eficiente para reconhecer vacas individualmente, porém, para identificar o estado da vaca, este parâmetro deveria ser suplementado por outro. Os autores concluem que determinar o estado da vaca, pela sua vocalização, é mais difícil do que identificar a vaca pela sua vocalização.

As vocalizações de porcos transmitem informações sobre seu estado atual de saúde e bem-estar. O monitoramento contínuo das vocalizações pode fornecer valiosas informações para o criador. Por exemplo, gritos de porco podem indicar situações estressantes (CORDEIRO, 2013).

A vocalização relacionada à angústia é de particular interesse como indicador de deficiência no bem-estar (WEARY et al., 1995; MARX et al., 2003).

A Figura 2 apresenta o momento da coleta de vocalização de um porco. Com base na análise da vocalização dos porcos, é possível identificar as condições de estresse mais frequentes durante o parto dos animais, como dor, frio e fome (CORDEIRO et al., 2009).

Figura 2 - Coleta de vocalização de um suíno



Fonte: Cordeiro et al., 2009, p. 925.

2. SOFTWARE E MINERAÇÃO DE DADOS

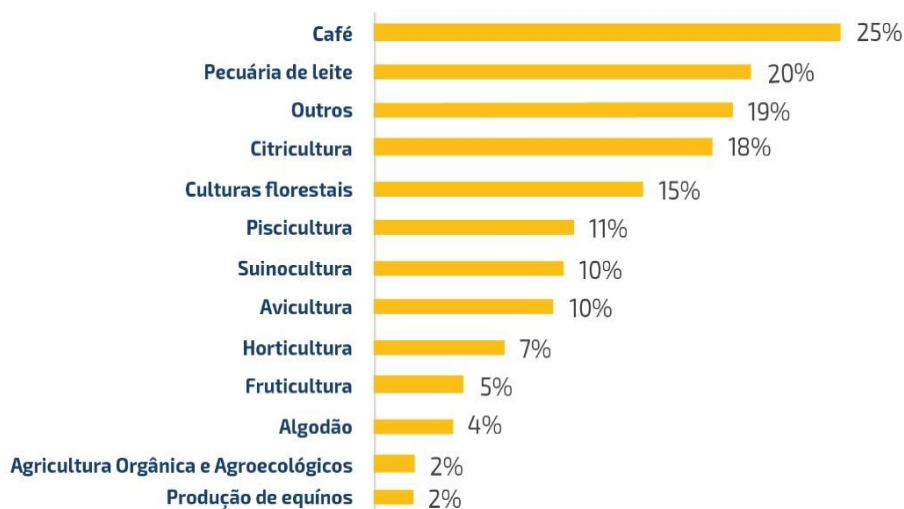
2.1. Pecuária 4.0

A sociedade atual passa a viver a quarta revolução industrial, denominada Indústria 4.0. Schwab e Davis (2018) esclarecem que se trata de uma revolução tecnológica com capacidade de transformar fundamentalmente a forma de viver, trabalhar e relacionar devido ao seu alcance, escala e complexidade.

No setor agropecuário, o conceito Agricultura 4.0 já se tornou bastante recorrente tanto no campo empresarial quanto nos estudos acadêmicos. O meio rural passa, então, a sofrer mudança de paradigma, com os grandes investimentos em empreendedorismo e inovação. Nesse cenário, as startups voltam-se para o agronegócio, incluindo as AgTech, que servem para incorporar as ferramentas da revolução 4.0 aos diferentes desafios da produção vegetal e animal.

De acordo com o senso da AgTech Garage, aumentou o interesse de mercado das empresas de inovação na agropecuária (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Principais mercados de Startups



Fonte: AgTech Garage, 2017.

Nesse contexto, ocorreu o surgimento da Agricultura de Precisão e da Zootecnia de Precisão, as quais incorporaram sistemas distintos dessa indústria. Hoje já se pode apontar também para o surgimento da Pecuária 4.0 como um novo conceito revolucionário sobre a produção animal.

O mercado zootécnico brasileiro recebe propostas de aplicativos e inovações, seja por órgãos de pesquisa e principalmente pelas emergentes startups. Como exemplo, elencam-se:

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: oferece um catálogo de aplicativos desenvolvidos em suas unidades, como: Suplementa Certo (para a gestão de suplementos na bovinocultura de corte) e a Roda da Reprodução (para a gado leiteiro).
- Animalcomfort, dos grupos de pesquisa Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia São Paulo: propõe soluções para o conforto térmico dos animais.
- Grupos das Agtechs O Boi na Linha e o Uboi: modernizam e facilitam compra/venda de gado.
- Grupos das Agtechs Bovcontrol e Brabov: oferecem sistemas de gerenciamento de dados zootécnicos.
- Brazil Beef Quality: é uma ferramenta que foca o produto final.
- Aniprev e Agrofrango: são softwares de gerenciamento.

As inovações pecuárias 4.0 abrangem, também, a criação de suínos. A plataforma Oink, lançada pela empresa de software Agriness, oferece conhecimentos para a produção de suínos. A plataforma Gravitwave, por sua vez, busca soluções de gestão na suinocultura.

A Pecuária 4.0 vem, portanto, revolucionando o agronegócio ao incorporar tecnologias na produção de animais. A base é da Indústria 4.0 é a automação informatizada e a transformação digital. Ou seja, a Indústria integra tecnologia de informação e comunicação a fim de atingir novos patamares de qualidade, flexibilidade, produtividade e gerenciamento.

Sacomano et al. (2018) explicam que um processo – seja industrial, comercial, comportamental etc. – gera muitas e densas informações (*big data*), que são analisadas por software com condição de otimizar, reduzir desperdício e adequar os dados à sustentabilidade e possibilidades de negócios.

São vários os elementos formadores da Indústria 4.0. Além dos elementos base, que representam a base tecnológica fundamental, há os elementos estruturantes e os complementares. Os estruturantes são tecnologias ou conceitos

que enquadram uma produção no conceito 4.0, e os complementares, por sua vez, ampliam as possibilidades dessa Indústria.

Os elementos base consistem nos ciber físicos, internet das coisas e internet de serviços. Nos sistemas ciber físicos, a implantação de informação e automatização possibilita troca de informação e execução de comandos, bem como o acompanhamento do processo produtivo a distância e em tempo real. Um sistema ciber físico

é composto por elementos computacionais em estreita relação com o ambiente físico, com o intuito de monitorar e controlar entidades físicas em tempo real, bem como testar e simular processos físicos, a partir do ambiente virtual (SACOMANO et al., 2018, p. 48).

Tais elementos também permitem simulações sobre o processo produtivo no espaço virtual sem comprometer a produção. Sobre a internet das coisas, o emissor e o receptor não são agentes humanos, mas as próprias coisas que utilizam a internet como um meio de comunicação.

Os elementos estruturantes, por sua vez, constituem-se de automação, computação em nuvem, entre outros que dão suporte à Indústria 4.0. A automação permite a realização de tarefas sem a intervenção humana e, com base em condições ou instruções preestabelecidas, seus equipamentos funcionam sozinhos e se auto controlam. Na verdade, a automação é pré-condição para a implementação da Indústria 4.0.

Os elementos complementares, por fim, constituem-se de etiquetas de RFID, QR code, realidade aumentada, realidade virtual e manufatura aditiva.

De acordo com PRODEMGE (2018), a aplicação desses elementos no desenvolvimento de produtos e processos na criação de animais está aumentando e possibilita o surgimento da Fazenda Inteligente, Fazenda 4.0, Fazenda de Precisão, entre outros modelos que ajudam na formação da Pecuária 4.0.

Para isso, produtos de softwares são desenvolvidos com vista à coleta de dados para gerar informações e auxiliar em tomadas de decisões, bem como à automatização de sistemas com propósito de promoção de economia de recursos com manejo, suplementos, medicação, gastos com cuidados sanitários e trabalho. Um dos pilares é o software de controle e gestão, que fornece qualidade de informação para tomada de medidas gerenciais corretas e em tempo.

2.2. Desenvolvimento de software

Software é um produto desenvolvido por profissionais na área de Engenharia de Software e esse produto pode ser de dois tipos, conforme Sommerville (2018). Pode ser produto genérico em sistema *stand-alone* (computador local), produzido por uma organização e vendido no mercado, tais como software como ferramenta de banco de dados, sistema de contabilidade, entre outras aplicações. Pode ser também produto sob encomenda desenvolvido especialmente para um cliente, como, por exemplo, para sistema de controle de tráfego aéreo.

Abrange, enfim, programas executáveis em computadores de diversos portes ou arquiteturas. Software significa também conteúdo apresentado quando programas são executados, bem como se refere a informações descritivas em forma impressa ou virtual.

De acordo com Pressman (2016), o desenvolvimento e a manutenção do software envolvem: processo, método e ferramenta.

Para Paula Filho (2009, p. 12), processo “é um conjunto de passos parcialmente ordenados, constituídos por atividades, métodos, práticas e transformações usados para atingir uma meta”. Já para Pressman (2016, p. 16), “é como um arcabouço para as tarefas que são necessárias para construir software de alta qualidade. Um processo de software define a abordagem que é adotada quando o software é elaborado”. Para Sommerville (2011, p. 64): “é um conjunto de atividades e resultados associados que levam à produção de um produto de software”.

O processo é o responsável pelo desenvolvimento de software de forma coesa e racional, estabelece uma metodologia para entrega efetiva do software e também é a base para o controle do gerenciamento de projetos de software por permitir aplicar métodos técnicos, gerar diferentes produtos e garantir qualidade.

Os processos de software envolvem quatro atividades fundamentais. Uma delas é a especificação do software, definida pelos clientes e engenheiros de software e feita por meio de diversas técnicas de levantamento de informações, modelagem e descrições. É útil o uso de ferramentas de prototipagem para apoiar o entendimento do que o software deverá fazer e apresentar ao usuário, quando em produção.

Outra atividade é o desenvolvimento do software, o qual é projetado e envolve diversas tarefas, como conhecimentos e especializações diversos, tanto para a

montagem da arquitetura da solução quanto para as escolhas das soluções de tecnologia de banco de dados e de desenvolvimento.

A validação do software – atividade parte do processo – consiste na verificação do software para garantir os requisitos esperados pelo cliente e na validação ocorrida durante a entrega do produto final ao usuário ou cliente, que deverá validar se o produto executa as funcionalidades para o qual foi contratado.

Por fim, a evolução do software, em que o software é modificado para adaptá-lo a mudanças do cliente requisitadas pelo mercado. O software sofre, ao longo do tempo, alterações, tanto para corrigi-lo quanto para promover sua evolução quanto às suas regras atuais ou novas tecnologias.

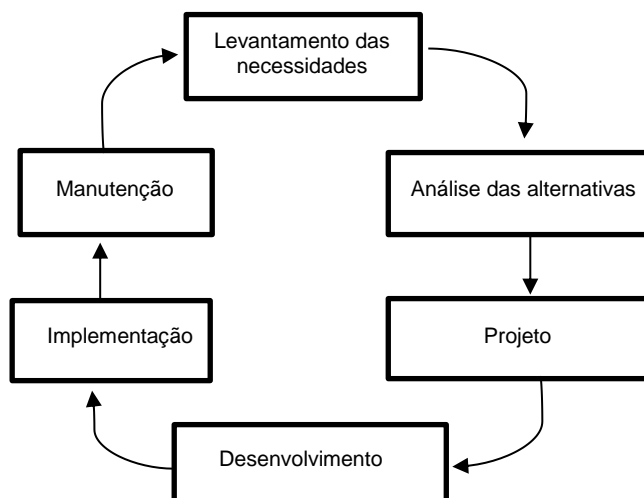
O método, por sua vez, fornece informações técnicas para desenvolver produtos de software, envolvendo diversas tarefas, como: comunicação, modelagem de projeto, análise de requisitos, construção de software, testes e suporte.

As ferramentas são responsáveis por fornecer suporte automatizado ou semiautomatizado para o processo e os métodos.

Para atender às necessidades das organizações e da própria sociedade, surgiram diversos tipos de aplicações de software ou sistemas de informação que abrangem atividades comerciais, industriais e pessoais da sociedade. São seis tipos básicos de aplicações de software ou sistemas de informação: Sistemas de Processamento de Transações ou *Transaction Processing Systems*; Sistemas de Informações de Gestão ou *Management Information Systems*; Sistemas de Apoio à Decisão ou *Decision Support Systems*; Sistemas de Informação Executiva ou *Executive Information Systems*; Sistemas Especialistas ou *Expert Systems*; Sistemas de Automação de Escritório ou *Office Automation Systems*.

O ciclo de vida do software envolve desde o levantamento de uma necessidade até a manutenção.

Figura 3 - Ciclo de vida do desenvolvimento de software



Fonte: Gordon e Gordon, 2011, p. 34.

O levantamento de necessidades, conforme Gordon e Gordon (2011), compreende diversas tarefas para o entendimento e o levantamento das necessidades da área de negócio, dos clientes ou dos usuários que precisam de um software de automação de suas atividades. Seus resultados mais importantes são a lista de requisitos do sistema a ser construído, as informações que serão tratadas e armazenadas e, se necessário, um protótipo das interfaces entre os usuários e o sistema de software.

A análise de alternativas consiste na identificação e na avaliação de alternativas sistêmicas que melhor atendam aos requisitos do software a ser construído. Seria interessante, para que essa atividade fosse padronizada e a organização possuísse uma arquitetura de referência, que a base fosse para todas as soluções de tecnologia de todos os sistemas da empresa.

O projeto trata do desenvolvimento das etapas do projeto selecionado. Essas especificações incluem projeto das interfaces, banco de dados, características físicas do sistema, tais como número, tipos e localizações das estações de trabalho, hardware de processamento, cabeamento e os dispositivos de rede; deve especificar os procedimentos para testar o sistema completo antes da instalação.

O desenvolvimento inclui a aquisição do software, a provável aquisição do hardware e o teste do novo sistema.

A implementação ocorre após o sistema ter passado satisfatoriamente por testes de aceitação. O sistema é transferido do ambiente de desenvolvimento para o ambiente de produção; o sistema antigo (se existir) deve migrar para o novo.

A manutenção, por fim, refere-se a todas as atividades relacionadas a um sistema depois que ele é implementado, devendo incluir atividades como a correção de software que não funcione corretamente, a adição de novos recursos aos sistemas em resposta às novas demandas dos usuários etc.

A construção do software envolve a arquitetura baseada em componentes, qualidade e controle de mudanças.

As práticas de arquitetura são o processo de tomada de decisão para estruturar o projeto ou o sistema que será construído, e, para isso, a decisão leva em conta tanto os requisitos funcionais quanto os não funcionais. A arquitetura de um software abrange a definição dos elementos estruturais, bem como suas inter-relações e seus comportamentos.

As características fundamentais de uma boa arquitetura são as seguintes:

- deverá ser flexível, para facilitar a manutenção e a extensibilidade do software ao longo do seu ciclo de vida;
- baseada em componentes, para se ter os módulos o mais independentes possível e que possam ser reutilizados.

Devem-se usar modelos visuais, tais como o modelo de classes de objetos e os modelos de sequência, que facilitam o entendimento, facilitam a comunicação da equipe, diminuem a ambiguidade e permitem a rastreabilidade dos códigos construídos.

A qualidade na fase de construção envolve definir medidas e critérios para determinar se o sistema está em um nível satisfatório de aceitação. O desenvolvimento iterativo permite a realização de testes contínuos, tanto nos processos tradicionais quanto nos métodos ágeis.

Nas atividades das iterações, os critérios podem ser: requisitos; análise de projeto; implementação; testes e implantação. Os testes se desenvolvem ao longo dos componentes que vão sendo liberados; são os de unidade e os de integração. A homologação se dá com o sistema completo ou por módulos, conforme o cliente vai recebendo.

Quadro 1 - Principais tipos de defeitos de software

Tipo de defeito	Definição
Funcionalidade	Quando o software não faz o que o usuário espera que ele faça.
Usabilidade	Quando há dificuldade de navegação, a cor do texto está muito clara, dificultando a leitura, ou o conteúdo é muito extenso, obrigando o usuário a usar barra de rolagem constantemente.
Desempenho	O software não atende com a rapidez necessária às solicitações do usuário, especialmente, no caso dos sistemas muito interativos.
Prevenção de defeitos	O programa não se protege das entradas de dados não previstas, que, posteriormente, são processadas de forma inadequada. O software pode, por exemplo, aceitar valores em branco em campos numéricos.
Deteção e recuperação de defeitos	O programa não trata as operações, como: overflow, flags de defeitos, ou trata de forma inadequada.
Limites	O software não consegue tratar ou trata inadequadamente valores extremos (o maior, o menor, o primeiro, o último) ou fora dos limites.
Cálculo	O software executa um cálculo e produz um resultado errado. Muitas vezes, por questões de aproximação, uma fórmula não produz os resultados esperados.
Inicialização ou fechamento	Alguns softwares ou rotinas devem ser inicializados quando usados pela primeira vez ou sempre que são chamados para execução. Exemplo de inicialização de programa: na primeira vez em que executa, o software deve criar um arquivo em disco. A ausência deste arquivo poderá causar problemas nas etapas seguintes do processamento.
Condições de disputa	Ocorre quando o software espera pela resposta dos eventos A e B, sendo suposto que A sempre termine primeiro. Se por algum problema B terminar primeiro, o software poderá não estar preparado para esta situação e apresentar resultados inesperados.
Carga	O software pode não suportar um pico de serviço em um determinado momento (estresse) ou uma carga alta de serviço por um tempo muito prolongado.
Hardware ou software	Capacidade do equipamento ou do software básico de suportar as condições de operação da aplicação por tempo prolongado.

Fonte: Rios e Moreira, 2013.

Controle de mudanças é um dos problemas mais complexos no processo de desenvolvimento de sistemas é controlar as mudanças que os softwares sofrem ao longo do tempo. Os problemas mais comuns são: atualização simultânea, notificação incompleta e múltiplas versões.

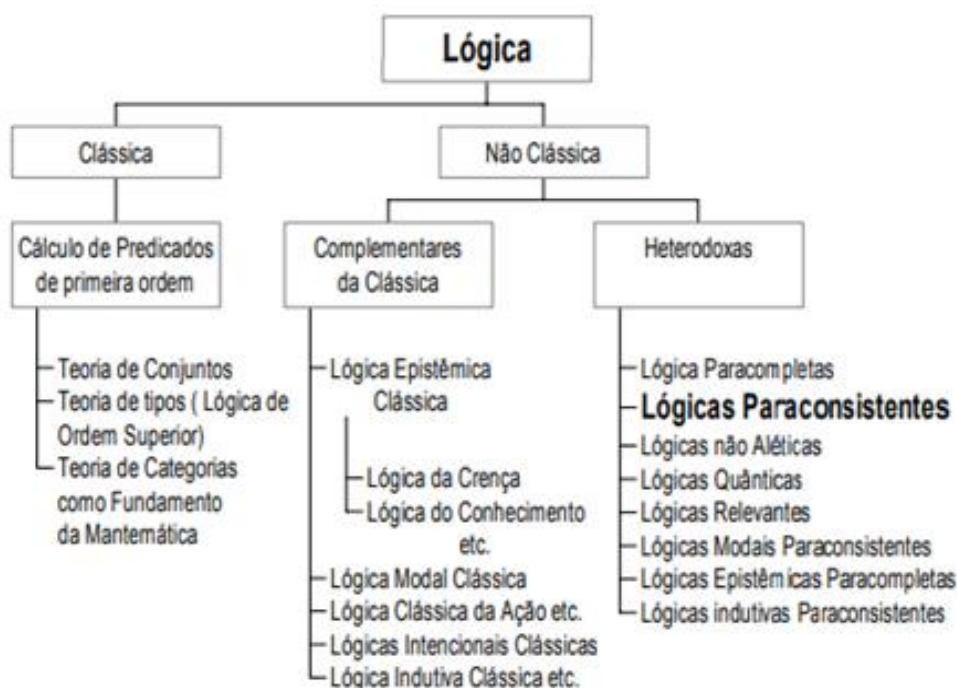
Uma das formas de se minimizar o controle das mudanças é o uso de ferramentas para gerenciar versões e pedidos de mudança.

2.3. Técnicas de Mineração de Dados e Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ}

Técnicas de Mineração de Dados incorpora técnicas utilizadas em diversas áreas da Inteligência Artificial. O propósito de Mineração de Dados é a “extração de conhecimento previamente desconhecido, implícito e potencialmente útil a partir de dados” (REZENDE, 2005, p. 2), ou, em complementação, seu foco “é o de como transformar dados armazenados em conhecimento, expresso em termos de formalismos de representação, tal como regras e relação entre dados”.

Sistemas Inteligentes estão cada vez mais sendo utilizados por especialistas na construção de sistemas que podem ser utilizados em redes neurais com princípios baseados em lógicas ditas como clássica e não clássicas. A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} permeia a classificação das lógicas não clássicas.

Quadro 2 – Classificação da lógica



Fonte: Lemos Neto e Venson apud Coletto, 2015, p. 16.

O termo "paraconsistente" significa literalmente "ao lado de". Em 1976, o filósofo Francisco Miró Quesada introduziu tal termo no mundo científico. Na Lógica Paraconsistente, uma proposição e sua negação podem ser ambas verdadeiras (ABE,

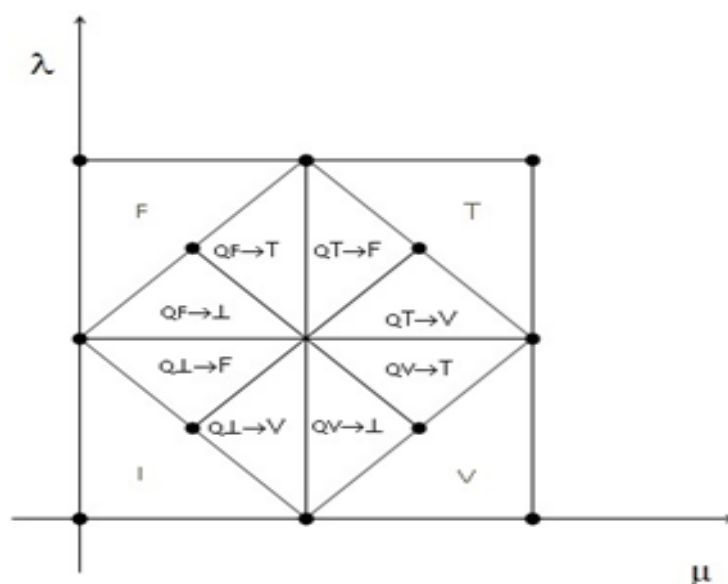
2015; ABE et al., 2015) sem ser trivial. Em meados das décadas de 40 e de 50 do século passado, o lógico polonês S. Jaśkowski e o lógico-matemático brasileiro Newton C. A. da Costa propuseram sistemas lógicos que suportassem contradições e ficaram conhecidos como os fundadores da Lógica Paraconsistente.

No cotidiano, diversas capturas de informações abrem espaço de incertezas que culminam em constantes contradições e caracteriza aberturas em futuras contestações. Em áreas desde análises de exames clínicos, onde pelo menos dois ou mais especialistas estão à frente de decisões, é comum o apontamento de diferentes opiniões.

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_τ (ABE et al., 2010; ABE et al., 2011) é um tipo de Lógica Paraconsistente que trabalha com proposições do tipo $p(\mu, \lambda)$, onde p é uma proposição e μ, λ indicam os graus de evidência favorável e evidência contrária respectivamente. O par (μ, λ) é chamado de constante de anotação, com os valores de μ e λ sendo limitados entre 0 e 1 (ABE et al., 2010). Os valores de controle adotados são $C1 = C3 = \frac{1}{2}$ e $C2 = C4 = -\frac{1}{2}$.

- C1: V_{cve} = valor máximo do controle de certeza;
- C2: V_{cfa} = valor mínimo de controle de certeza;
- C3: V_{cic} = valor máximo do controle de incerteza;
- C4: V_{cpa} = valor mínimo do controle de incerteza.

Figura 4 - Diagrama com graus de estados de decisão, com valores ajustáveis de controle de limite indicados nos eixos



Fonte: Abe et al., 2015, p. 32.

Na representação do diagrama foram utilizados os seguintes entendimentos com símbolos e seus 12 resultados possíveis, sendo 1 a 4 estados extremos e 5 a 20 estados não extremos.

Tabela 1 - Representação dos estados extremos do Reticulado de decisão

Estados extremos	Símbolo
Verdadeiro	V
Falso	F
Inconsistente	I
paracompleto	\perp

Fonte: Abe, 2016, p. 166.

Podemos representar a lógica paraconsistente de forma a novas proposições e assim conseguir obter novos resultados para auxiliar na tomada de decisão, temos a representação do diagrama e seus graus de certeza e de incerteza, agrupados em vinte estados.

Tabela 2 - Representação dos estados não extremos do Reticulado de decisão

Símbolo	Descrição
$QV \rightarrow T$	Quase Verdadeiro tendendo para o Inconsistente
$QV \rightarrow \perp$	Quase Verdadeiro tendendo para o Paracompleto
$QF \rightarrow T$	Quase Falso tendendo para o Inconsistente
$QF \rightarrow \perp$	Quase Falso tendendo para o Paracompleto
$QT \rightarrow V$	Quase Inconsistente tendendo para o Verdadeiro
$QT \rightarrow F$	Quase Inconsistente tendendo para o Falso
$Q\perp \rightarrow V$	Quase Paracompleto tendendo para o Verdadeiro
$Q\perp \rightarrow F$	Quase Paracompleto tendendo para o Falso

Fonte: Abe, 2016, p. 166.

A definição do Paraconsistent Decision Method (MPD), proposto nos estudos de Abe (2010), reflete o método utilizado para tomada de decisão através da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} . Ao utilizar a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) em apoio à tomada de decisão em carros inteligentes, tem-se a possibilidade de mitigar inúmeras falhas que causam acidentes e põe em riscos vidas humanas.

2.4. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} em Sistemas Inteligentes

Cordeiro (2012) segue os parâmetros indicados por Silva e Yehia, para quem o sistema deve ser concebido adotando parâmetros de estresse máximo e estresse mínimo. Os dados do som a serem analisados deverão ser inseridos no programa, e este o classificará, usando da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} , como tendendo ao estresse máximo ou tendendo ao estresse mínimo.

De acordo com Silva et al. (2018), valores-limite são: valor limite ULV Paracompleto, valor limite TLV True, valor limite ILV Inconsistente, valor limiar Falso FLV pode ser padronizado com valores entre -1 e +1. Então, os valores de μ e λ foram inseridos, onde o primeiro pede o grau de certeza (sucesso) e o segundo pede o grau de incerteza (insucesso). Dados esses valores, calculamos o grau de certeza G_{Ce} ($\mu - \lambda$) e o grau de contradição G_{Co} ($\mu + \lambda - 1$) para verificar a possibilidade de a resposta ser verdadeira, falsa, inconsistente, indeterminada.

A composição de valores limites de graus de certeza e contradição para atender a uma análise dentro da proposição estudada permite o desenvolvimento do algoritmo Para-Analisador. O algoritmo a seguir mostra as possíveis respostas oferecidas pela Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} .

Quadro 3: Algoritmo Para-Analisador

/ Definições dos valores/	
$V_{scc} = C1$	*/ Definição do valor superior de controle de certeza
$V_{icc} = C2$	*/ Definição do valor inferior de controle de certeza
$V_{sci} = C3$	*/ Definição do valor superior de controle de contradição
$V_{ici} = C4$	*/ Definição do valor inferior de controle de contradição
/ Variáveis de entrada/	
μ_1	
μ_2	
*/ Variáveis de saída */	
S_1	*/ Saída discreta
S_{2a}	*/ Saída analógica
S_{2b}	*/ Saída discreta
/ Expressões Matemáticas/	
Sendo: $0 \leq \mu_1 \leq 1$ e $0 \leq \mu_2 \leq 1$	
$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 - 1$	
$G_c = \mu_1 - \mu_2$	
/ Determinação dos dados Lógicos Extremos/	
Se $G_c \geq C_1$	então $S_1 = V$
Se $G_c \leq C_2$	então $S_1 = F$
Se $G_{ct} \geq C_3$	então $S_1 = T$
Se $G_{ct} \leq C_4$	então $S_1 = \perp$
/ Determinação dos dados Lógicos Não Extremos/	
Para $0 \leq G_c < C_1$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$	
se $G_c \geq G_{ct}$	então $S_1 = QV \rightarrow T$
senão	$S_1 = T \rightarrow V$
Para $0 \leq G_c < C_1$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$	
se $G_c \geq G_{ct} $	então $S_1 = QV \rightarrow \perp$
senão	$S_1 = \perp \rightarrow V$
Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$	
se $ G_c \geq G_{ct} $	então $S_1 = QF \rightarrow \perp$
senão	$S_1 = \perp \rightarrow f$
Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$	
se $ G_c \geq G_{ct}$	então $S_1 = QF \rightarrow T$
senão	$S_1 = T \rightarrow F$
$G_{ct} = S_{2a}$	
$G_c = S_{2b}$	
/FIM/	

Fonte: Costa et al., 1999, p. 80-81.

3. SOFTWARE PARA AUTOMATIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE DE SUÍNOS

3.1. Metodologia

O objetivo deste estudo é desenvolver um software para classificar a condição de estresse de um suíno de acordo com padrões sonoros dos animais submetidos a situações de estresse. Esse software, por sua vez, poderá automatizar essa classificação de condições de estresse.

A criação do software tem base nos resultados da pesquisa realizada por Cordeiro (2012), que assume três hipóteses: que é possível estimar a energia gasta na vocalização dos suínos, identificar suínos pela sua vocalização e identificar o estado de bem-estar ou estresse de suínos pela sua vocalização.

Seu experimento ocorreu em uma granja situada em Holambra, no estado de São Paulo. A pesquisadora gravou os sons feitos pelos suínos e apresentou resultados referentes às hipóteses levantadas.

Os critérios empregados para a análise do som consistem na avaliação das características do som e na estimativa do nível de estresse. Para edição e análise dos sons coletados, a pesquisadora utilizou o software Praat®, e para análises estatísticas, recorreu ao software Minitab®, e/ou a mineração dos dados no software Weka®.

Os sons são analisados com base na extração das suas características (Tabela 3; Cordeiro, 2012).

Tabela 3 - Características do som emitido pelos suínos

	Atributo	Unidade	Descrição
A	Energia do sinal	Pa ² *s	Energia emitida na onda sonora
B	Duração do sinal	s	Duração da duração do som
C	Amplitude máxima	Pa	Máxima amplitude da onda sonora
D	Amplitude mínima	Pa	Mínima amplitude da onda sonora
E	Intensidade	dB	Intensidade da onda sonora
F	Frequencia de Fitch	Hertz	Determina a altura do som
G	Formante 1	Hertz	Frequência da formante 1
H	Formante 2	Hertz	Frequência da formante 2
I	Formante 3	Hertz	Frequência da formante 3
J	Formante 4	Hertz	Frequência da formante 4
K	Amplitude	Pa	Diferença da amplitude máxima e mínima
L	Soma formantes	Hertz	Soma das frequências das 4 formantes
M	Média formantes	Hertz	Média das frequências das 4 formantes
N	F4-F3	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 3
O	F4-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 2
P	F4-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 1
Q	F3-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 2
R	F3-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 1
S	F2-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 2 e 1
T	Soma das diferenças	Hertz	Soma das diferenças entre as formantes
U	Média das diferenças	Hertz	Média das diferenças entre as formantes

Fonte: Cordeiro, 2012, p. 31-32.

A pesquisadora, então, analisa: amplitude máxima e mínima; a frequência de Pitch; a frequência das formantes 1, 2, 3 e 4; intervalo de amplitude (máxima e mínima); a duração do sinal; e a média de três amostras para cada atributo.

Tabela 4 - Atributos acústicos e suas unidades

Nº atributo	Nome atributo	Unidade	Nº atributo	Nome atributo	Unidade	Nº atributo	Nome atributo	Unidade
1	energia do sinal	Pa ² *s	11	Formante 4 Amostra 1	Hertz	21	Formante 2 Amostra 3	Hertz
2	Duração do sinal	s	12	Intensidade Amostra 2	dB	22	Formante 3 Amostra 3	Hertz
3	Amplitude Máxima	Pa	13	Frequência de Pitch Amostra 2	Hertz	23	Formante 4 Amostra 3	Hertz
4	Amplitude Mínima	Pa	14	Formante 1 Amostra 2	Hertz	24	Media Intensidade	dB
5	Intervalo Amplitude	Pa	15	Formante 2 Amostra 2	Hertz	25	Media Frequência de Pitch	Hertz
6	Intensidade Amostra 1	dB	16	Formante 3 Amostra 2	Hertz	26	Media Formante 1	Hertz
7	Frequência de Pitch Amostra 1	Hertz	17	Formante 4 Amostra 2	Hertz	27	Media Formante 2	Hertz
8	Formante 1 Amostra 1	Hertz	18	Intensidade Amostra 3	dB	28	Media Formante 3	Hertz
9	Formante 2 Amostra 1	Hertz	19	Frequência de Pitch Amostra 3	Hertz	29	Media Formante 4	Hertz
10	Formante 3 Amostra 1	Hertz	20	Formante 1 Amostra 3	Hertz			

Fonte: Cordeiro, 2012, p. 39.

Um dos resultados é relativo ao nível de estresse nos suínos em situações de caudectomia (corte de cauda) e castração. É verificado o nível de dor por meio da frequência de Pitch, a amplitude máxima e a intensidade do sinal vocal do suíno.

Tabela 5 - Médias e desvios padrões dos parâmetros acústicos para as quatro situações de estresse avaliadas

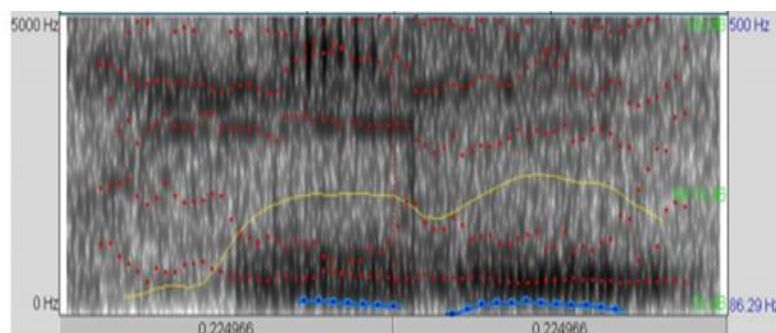
Parâmetro	Normal		Marcação		Caudectomia		Castração	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Energia (Pa ² * s)	0,01c	0,06	0,41c	0,45	2,11b	0,77	3,12a	1,41
Duração (s)	0,26d	0,18	4,13c	1,60	7,65b	1,96	13,03a	3,64
Amplitude máxima (Pa)	0,27c	0,11	0,78b	0,33	1,00a	0,00	1,00a	0,00
Intensidade (dB)	70,41c	3,34	77,64b	9,893	88,31a	1,88	87,39a	1,82
Pitch (Hz)	126,12c	100,97	214,58b	85,10	330,97a	77,20	285,01a	73,82

Fonte: Cordeiro, 2012, p. 62.

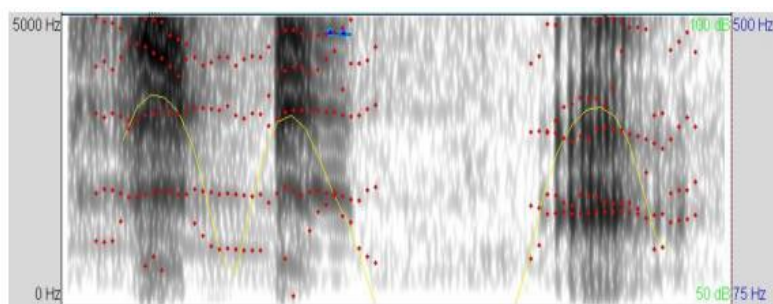
Os resultados possibilitam verificar se os tipos de estresse dos suínos referem-se à dor, ao frio, à restrição alimentar ou se está normal. Os sonogramas das vocalizações dos animais indicam curva da intensidade sobre cada comportamento diferente para as quatro situações de estresse.

As diferenças na frequência de Pitch também podem ser notadas, sendo mais complexa a observação de diferenças para as formantes.

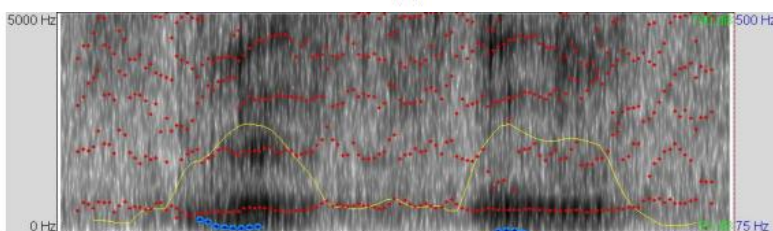
Figura 5 - Sonogramas das vocalizações dos suínos em situação normal (A), de dor (B), de frio (C) e com restrição a amamentação (D)



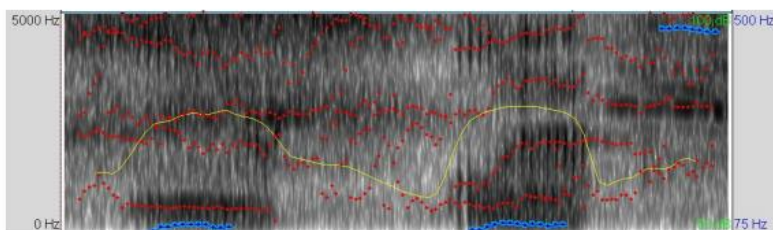
(A)



(B)



(C)



(D)

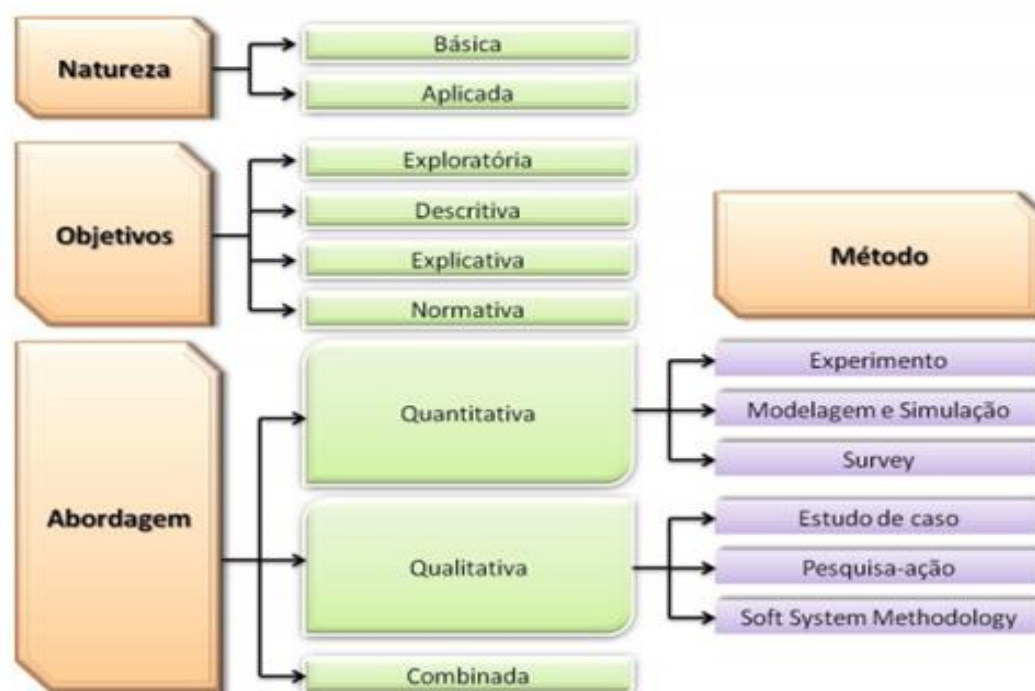
Fonte: Cordeiro, 2012, p. 76.

Ressalta-se que a pesquisa de Cordeiro (2012) apresenta variantes, tais como análise comparativa de estresse entre porcos machos e fêmeas, o nível de estresse de suíno castrado com ou sem anestesia, entre outras.

Para a criação de software, será necessária uma delimitação quanto às variantes, indicadas e explicadas no decorrer do desenvolvimento do software.

Nesse contexto, este trabalho caracteriza-se conforme os critérios metodológicos: natureza, objetivo, abordagem metodológica e método de pesquisa.

Quadro 4 – Classificação da pesquisa científica



Fonte: Miguel, 2018, p. 66.

A natureza da pesquisa pode ser básica ou aplicada. No caso deste trabalho, sua natureza é a aplicada, pois, enquanto a básica é visa à ampliação de conhecimentos teóricos, sem a preocupação de utilizá-los na prática, a aplicada concentra-se na utilização dos resultados para a solução de problemas.

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada em exploratória, descritiva, explicativa e normativa. A pesquisa exploratória visa à maior explicitação de um problema ou à construção de hipóteses por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas ou análise de exemplos. A pesquisa descritiva busca descrever as características de determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. A pesquisa explicativa, por sua vez, visa identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos e procura encontrar o motivo. Por fim, a pesquisa normativa que se interessada no desenvolvimento de ações para aperfeiçoar os resultados disponíveis e encontrar uma solução para novas definições a um problema específico. Nessa perspectiva, os objetivos deste trabalho consistem basicamente em dois tipos, sendo um deles a pesquisa descritiva, por causa fenômeno estudado (a condição de estresse dos suínos) e a verificação da existência de variáveis na análise dos dados coletados da vocalização dos animais. O outro

objetivo é a pesquisa normativa pelo fato de este estudo ter como objetivo desenvolver software para automatizar a classificação de condições de estresse do porco.

Quanto a forma de abordar o problema, a pesquisa pode ser classificada em quantitativa, qualitativa e combinada. Predomina, neste estudo, a pesquisa combinada, porque, por tratar do desenvolvimento de um software e sua aplicação a dados já coletados em pesquisa anterior (CORDEIRO, 2012), envolve a pesquisa qualitativa e, por tratar de informações (referentes à vocalização dos suínos em condição de estresse), trata-se de pesquisa quantitativa, cabendo ao autor recorrer a técnicas de análise. No caso, os dados são classificados com base na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} .

A última classificação da pesquisa científica é o método, que se delimita à pesquisa-ação, pois neste trabalho leva-se a uma ação, que é a criação de um sistema real – o software, e seu desenvolvimento. Durante o processo, esse sistema é testado em sua eficiência, por meio da apuração de uma acurácia.

3.2. Desenvolvimento do software

O objetivo do desenvolvimento do software é analisar o nível de stress dos porcos utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} , cuja conclusão pode ter valores além de verdadeiro e falso, tais como indeterminado e inconsistente.

O sistema foi desenvolvido utilizando a plataforma.NET na linguagem C# e também foi utilizado os principais conceitos da programação orientada a objetos, através da criação de classes que possuem métodos e atributos encapsulados.

A classe principal é a classe Porco definida conforme imagem abaixo:

Quadro 5 - Classe Porco

Porco
- duracao:double - intensidade:double
+ SetDuracao() + SetDuracao() + SetIntensidade() + GetIntensidade() + AnaliseStress()

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as vezes que a análise de um novo porco é feita, uma nova instância da classe acima será criada. Outra classe existente é a classe Articulado, responsável pela parte gráfica do sistema. Tanto pelo desenho do articulado quanto a plotagem dos pontos neste gráfico.

Quadro 6 - Classe Articulado

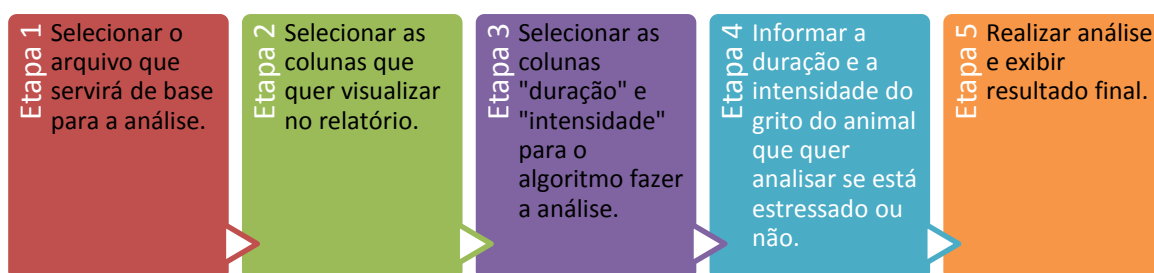
Articulado
- eixoX:double -eixoY:double
+ SetEixoX() + SetEixoX() + SetEixoY() + SetEixoY()

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1. Etapas do processo do sistema

De uma forma macro, podemos separar o processo em cinco etapas conforme Figura 6:

Figura 6 - Macro etapas do processo



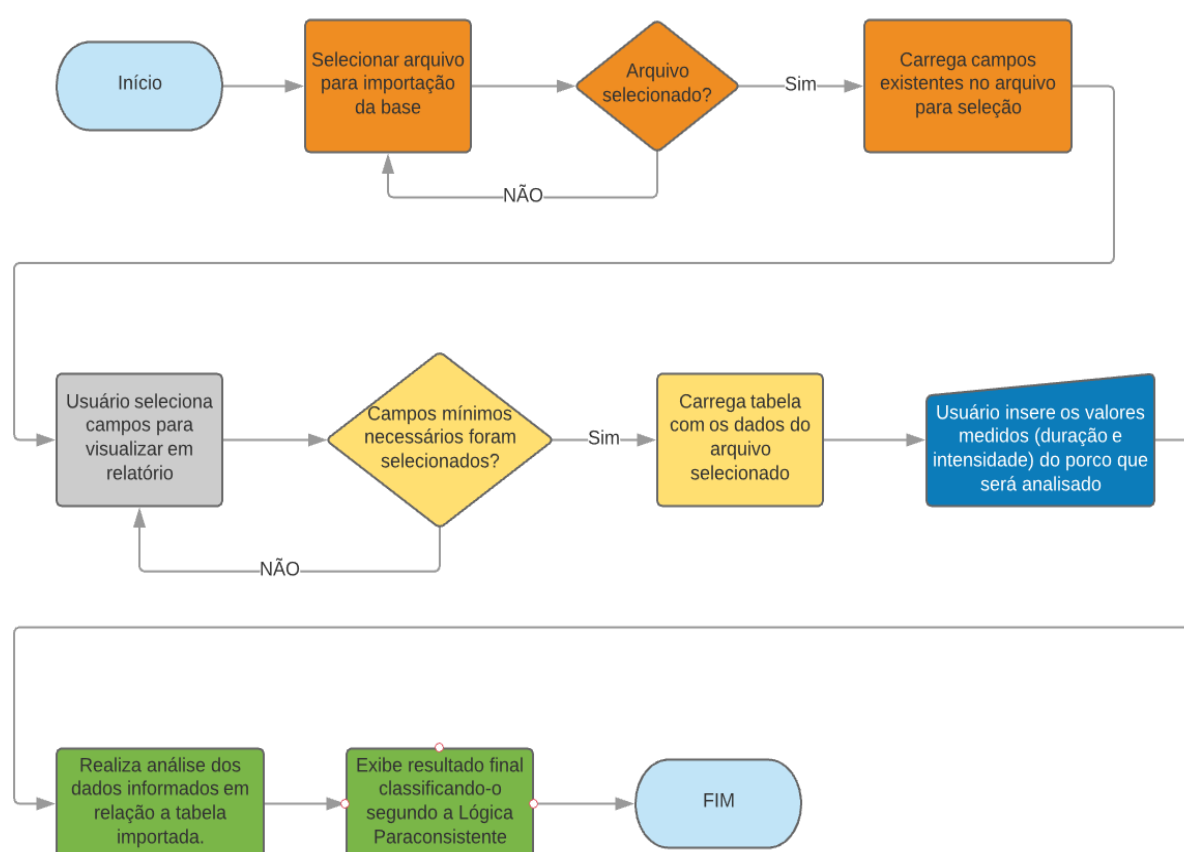
Fonte: Elaborada pelo autor.

Ressaltamos que este software é criado para um contexto específico – aplicação para identificar e medir estresse dos suínos. Por conseguinte, as etapas configuram-se ao contexto.

A etapa 1 é a seleção do arquivo CSV, em formato de planilha, em colunas, a qual é sustentada com informações. A etapa 2 é a possibilidade de seleção de coluna(s). A próxima etapa (3) trata-se dos critérios para análise da vocalização dos porcos; as colunas selecionadas são “duração” e “intensidade”. Dada a seleção dessas colunas, as informações contidas nelas são analisadas por meio de algoritmo. A etapa 4, por sua vez, consiste na escolha do animal (entre os registrados) a fim de verificar o som apenas desse animal; a informação é sobre a duração e intensidade do grito dele, analisando também se o animal está ou não estressado. Por fim, a etapa 5 é a realização da análise e exibição dos resultados.

Podemos detalhar um pouco mais o processo conforme fluxo detalhado na Figura 7. Recorremos ao padrão de cores para identificação de cada etapa.

Figura 7 – Fluxo detalhado do processo



Fonte: Elaborada pelo autor.

O software usa arquivo CSV, o qual serve para inserção de dados. No caso, a planilha é preenchida com dados sobre todos os porcos pesquisados, por exemplo:

- A fase de cada porco do criadouro: creche, em fase de desenvolvimento/crescimento, entre outras.
- Identificação física de cada porco: um número marcado no corpo do animal, implante de chip ou outro recurso.
- Sexo de cada porco: macho ou fêmea.
- Manejo de como obter o grito de cada porco: “dor”, em caso de provocar sofrimento (com aperto, por exemplo); “fome”, em caso de deixar o animal um tempo sem alimentação; “frio”, e assim por diante.
- Número da gravação do grito de cada porco, mediante ao manejo.
- Amostra dos sons gravados.
- Energia do som.
- Duração do sinal.
- Amplitude máxima: do som feito pelo porco mediante a um determinado manejo.
- Amplitude mínima: do som feito pelo porco mediante a um determinado manejo.
- Intensidade do som abstraído do porco.
- Frequência de Pitch como medida do som.
- Amplitude do som.
- Resultado micro.
- Lambda: resultado

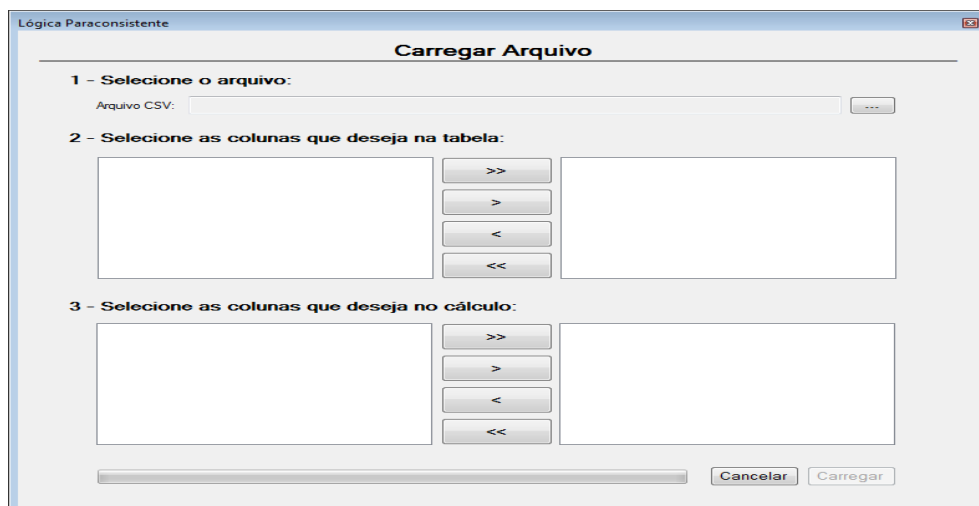
A planilha com esses e outros dados é aberta pelo usuário, que carrega cada coluna com informação coletada sobre cada porco. São selecionados os dados referentes aos valores sobre a duração e intensidade dos sons emitidos pelos porcos.

A análise é realizada como próximo passo e o resultado é classificado segundo a Lógica Paraconsistente. A validação se deu na utilização da intensidade do som e da sua duração. Entretanto, o software permite a avaliação usando qualquer dos atributos originalmente inseridos.

3.2.2. Interfaces: gráficos do usuário

Os passos de como operar o sistema de maneira correta são apresentados a seguir.

Figura 8 - Janela “Carregar Arquivo”



Fonte: Elaborada pelo autor.


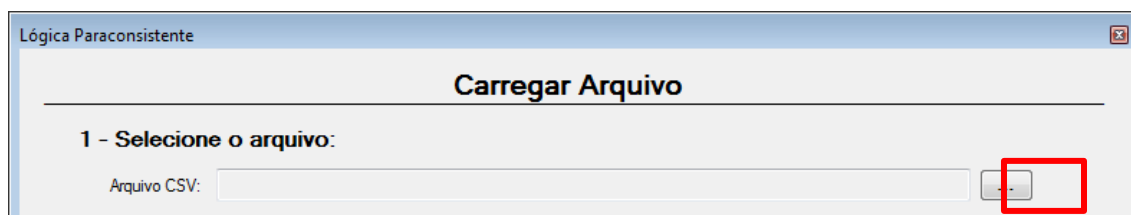
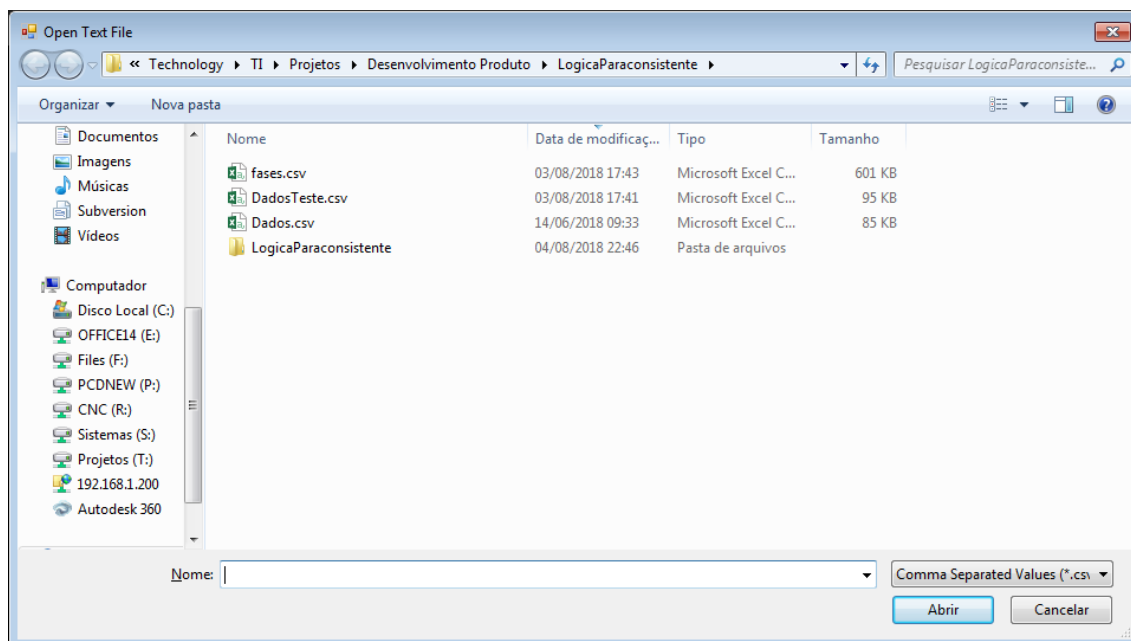
Inicialmente é necessário clicar no botão  para abrir a janela de busca e localizar o arquivo que será importado e utilizado como base para a aplicação da Lógica Paraconsistente.

Figura 9 - Janela “Carregar Arquivo” (detalhe)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 - Janela de busca (detalhe)



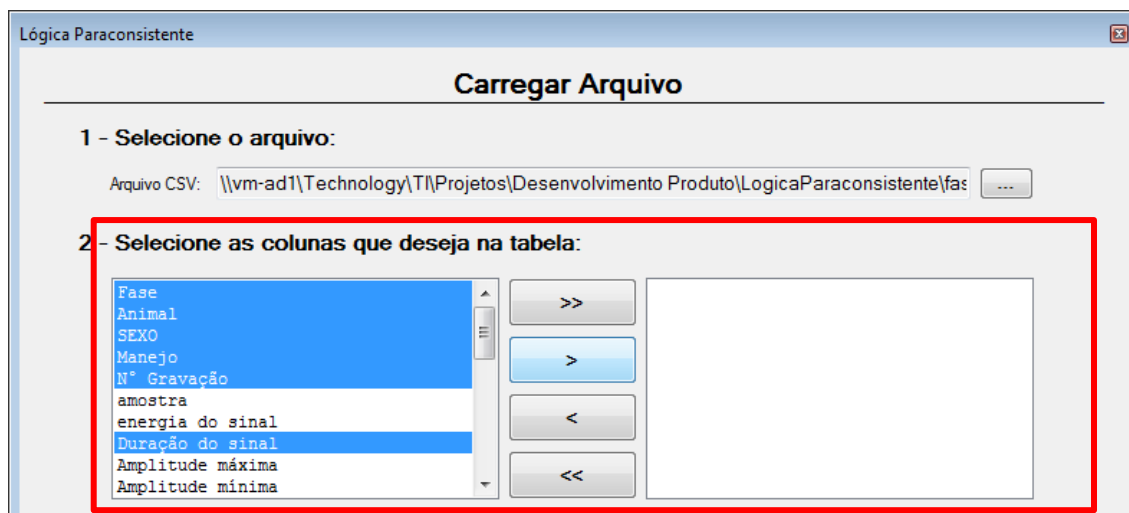
Fonte: Elaborada pelo autor.

A extensão do arquivo para importação é a CSV, que deve seguir o padrão de separação das colunas por ponto e vírgula (;) e possuir linha com cabeçalho para podermos identificar a coluna. Segue-se um exemplo:

```
Fase;Animal;Sexo;Manejo;NºGravação;amostra;energia do sinal;
Creche;2;femea;dor;111;amostra 1;0,808107798;
Creche;2;femea;dor;111;amostra 2;0,582598942;
```

Após selecionar o arquivo desejado, o sistema identificará o nome das colunas existentes no arquivo para que seja possível selecionar as colunas conforme a necessidade. Com isso, não ficamos limitados à criação de um arquivo com ordenação de colunas específicas.

Figura 11 - Seleção de campos (detalhe)

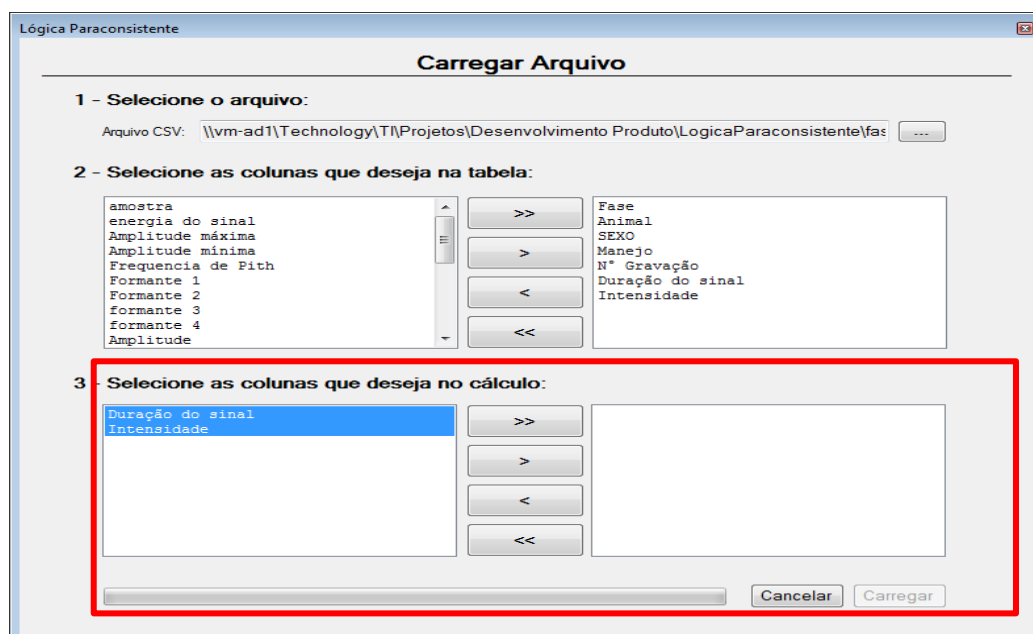


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ressaltando que existem 4 colunas que são obrigatórias de existirem no arquivo base, são elas: Animal, manejo, duração e intensidade. As colunas não precisam ter estes nomes, bastando selecioná-las conforme vista acima.

A terceira etapa consiste em identificar as colunas correspondentes à *duração* e *intensidade do sinal*.

Figura 12 - Seleção dos campos duração e intensidade



Fonte: Elaborada pelo autor.

Segue abaixo uma explicação da função de cada um dos botões.

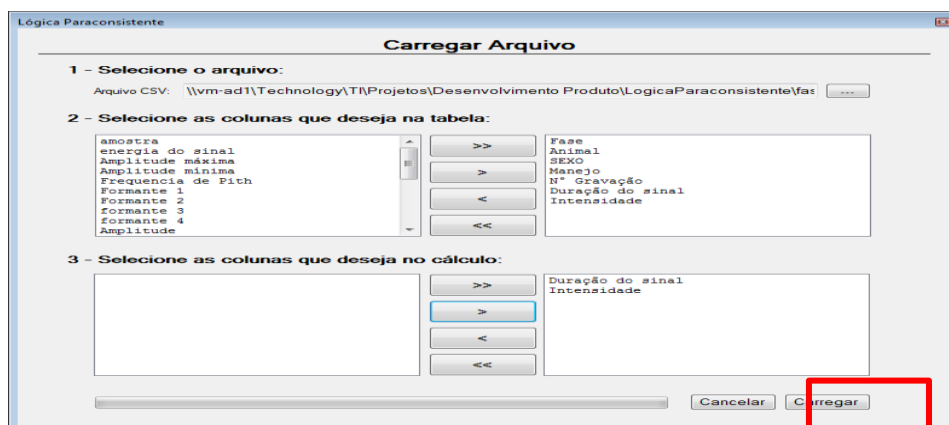
Figura 13 - Funções dos botões



Fonte: Elaborada pelo autor.

Depois desses passos, basta clicar no botão Carregar:

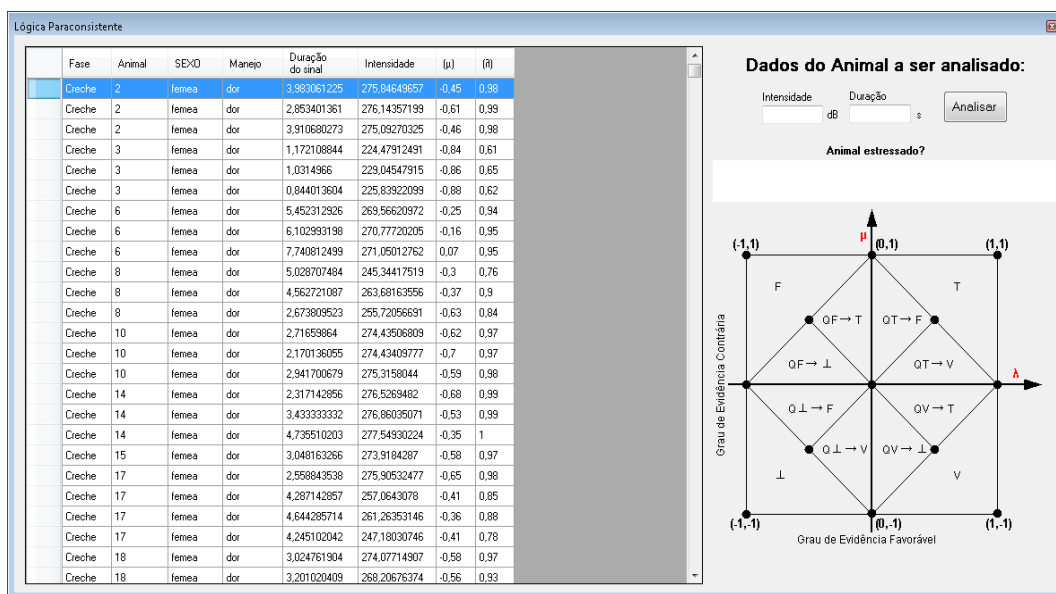
Figura 14 - Campos selecionados



Fonte: Elaborada pelo autor.

A seguinte tela é carregada após a conclusão das etapas acima.

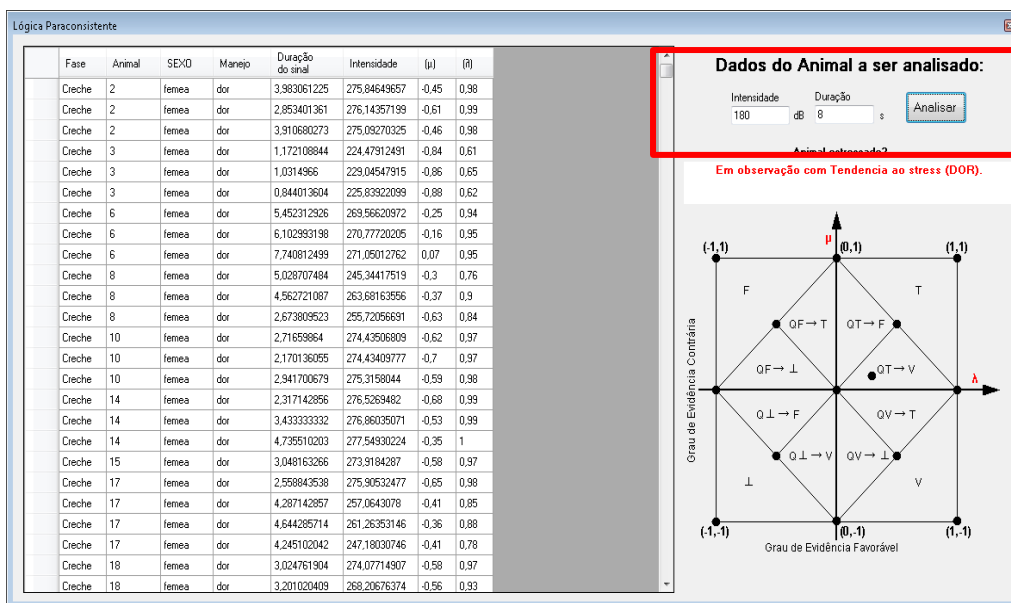
Figura 15 - Sistema carregado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para iniciar a análise, basta preencher os campos *intensidade* e *duração* conforme imagem abaixo e depois clicar em *Analisar*.

Figura 16 - Análise de dados



Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado aparecerá conforme exemplo a seguir.

Figura 17 - Janela do resultado final do output do software



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em síntese, o software construído caracteriza-se pelos seguintes fatores:

- Tem base na Lógica Paraconsistente para análise da vocalização do animal.
- Tem como parâmetro a intensidade e duração do som do animal.
- Serve para verificar se o animal está ou não com estresse.
- Serve para analisar os tipos de estresse do animal.
- Possibilita destacar apenas o tipo de estresse a ser analisado.
- Possibilita recuperação de dados no arquivo CSV de apenas um animal.

O software, enfim, serve para classificar o animal, se está ou não com estresse, e, em caso de estresse, possibilita a identificação do tipo de estresse ao qual o animal foi submetido e a análise da intensidade e duração da vocalização.

A aplicação do software resulta em resultados variáveis. Em processo dinâmico, cada aplicação envolve um animal, um tipo de estresse e situação diversificada de intensidade e duração do estresse.

3.2. Aplicação do software: resultados e discussão

3.3.1. Aplicação do software

O software identifica os tipos de estresse com base nos dados dos valores da intensidade e da duração da vocalização relativa a cada estresse.

Tabela 6 - Exemplo das características do som encontradas no software Praat® e os paradigmas utilizados na Lógica Paraconsistente

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fase	Animal	SEXO	Manejo	Nº Gravação	amostra	energia do sinal	Duração do sinal	Amplitude máxima	Amplitude mínima	Intensidade
2	Creche	2 fêmea	dor		111	amostra 1	0,808107798	1,327687075	0,999969482	-1	91,94883219
3	Creche	2 fêmea	dor		111	amostra 2	0,582598942	0,951133787	0,999969482	-1	92,04785733
4	Creche	2 fêmea	dor		111	amostra 3	0,732301516	1,303560091	0,999969482	-1	91,69756775
5	Creche	3 fêmea	dor		113	amostra 1	0,003842837	0,390702948	0,472717285	-0,517852783	74,82637497
6	Creche	3 fêmea	dor		113	amostra 2	0,004761735	0,3438322	0,872436523	-1	76,34849305
7	Creche	3 fêmea	dor		113	amostra 3	0,002904879	0,281337868	0,521759033	-0,493225098	75,27974033
8	Creche	6 fêmea	dor		120	amostra 1	0,695038717	1,817437642	0,999969482	-1	89,85540324
9	Creche	6 fêmea	dor		120	amostra 2	0,838670317	2,034331066	0,999969482	-1	90,25906735
10	Creche	6 fêmea	dor		120	amostra 3	1,10437042	2,580270833	0,999969482	-1	90,35004254
11	Creche	8 fêmea	dor		124	amostra 1	0,09694342	1,676235828	0,999969482	-1	81,78139173
12	Creche	8 fêmea	dor		124	amostra 2	0,360492795	1,520907029	0,999969482	-1	87,89387852
13	Creche	8 fêmea	dor		124	amostra 3	0,109020752	0,891269841	0,999969482	-1	85,24018897
14	Creche	10 fêmea	dor		128	amostra 1	0,470963169	0,90553288	0,999969482	-1	91,47835603
15	Creche	10 fêmea	dor		128	amostra 2	0,36459911	0,723378685	0,999969482	-1	91,47803259
16	Creche	10 fêmea	dor		128	amostra 3	0,548222194	0,980566893	0,999969482	-1	91,7719348
17	Creche	14 fêmea	dor		140	amostra 1	0,499373056	0,772380952	0,999969482	-1	92,1756494
18	Creche	14 fêmea	dor		140	amostra 2	0,728685276	1,144444444	0,999969482	-1	92,28678357
19	Creche	14 fêmea	dor		140	amostra 3	1,0778335	1,578503401	0,999969482	-1	92,51643408
20	Creche	15 fêmea	dor		142	amostra 1	0,557060397	1,016054422	0,999969482	-1	91,3061429
21	Creche	17 fêmea	dor		142	amostra 3	0,508797326	0,852947846	0,999969482	-1	91,96844159
22	Creche	17 fêmea	dor		146	amostra 1	0,234297807	1,429047619	0,999969482	-1	85,6881026
23	Creche	17 fêmea	dor		146	amostra 2	0,307667744	1,548095238	0,999969482	-1	87,08784382
24	Creche	17 fêmea	dor		146	amostra 3	0,001470046	1,415034014	0,000000000	1	0,000000000

Os resultados na planilha são muito mais extensos, totalizando 2.225 linhas.

Os exemplos dessa planilha tratam dos leitões, na seção maternidade do criadouro, subdividindo-se em machos e fêmeas, e os parâmetros para verificação dos tipos de estresse são a intensidade e duração do som desses animais.

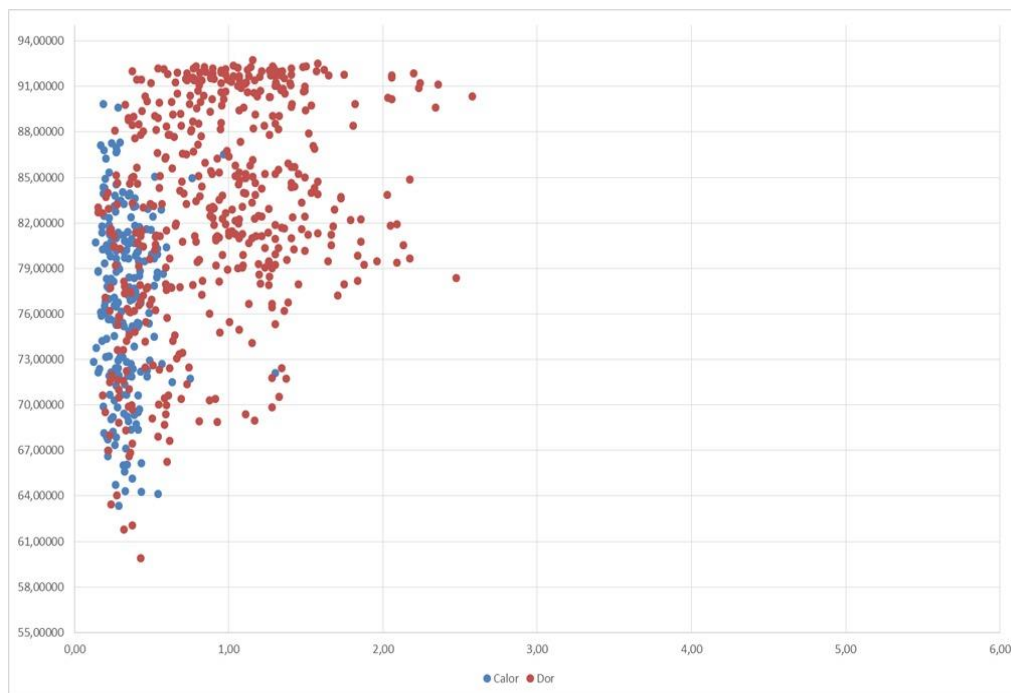
Os dados mostram os tipos de estresse vividos pelos suínos, tais como:

- Estresse devido a uma determinada dor;
- Estresse devido à fome;

- Estresse devido ao frio.

Os tipos de estresse são comparados à intensidade e duração da vocalização dos porcos, como demonstrado nos gráficos 2 a 6.

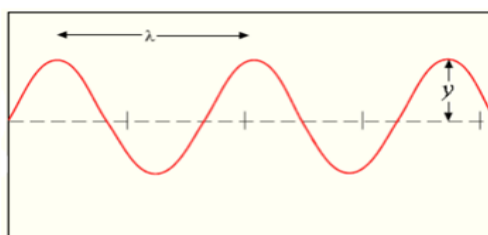
Gráfico 2 - Tipos de estresse: calor e dor



O Gráfico 2 mostra a intensidade e duração de dois tipos de estresse – calor e dor. Ou seja, situação de temperatura elevada e algum tipo de manejo para provocar sofrimento físico no porco provocam dois tipos de estresse, classificados, respectivamente, como “Calor” e “Dor”. A cor azul representa o tipo de estresse “Calor” e a cor vermelha, por sua vez, representa o tipo de estresse “Dor”.

O esquema de medida do som consiste em dois fatores: o eixo y representa a intensidade do som e o eixo x, a duração do som, tal como visualizado na Figura 18.

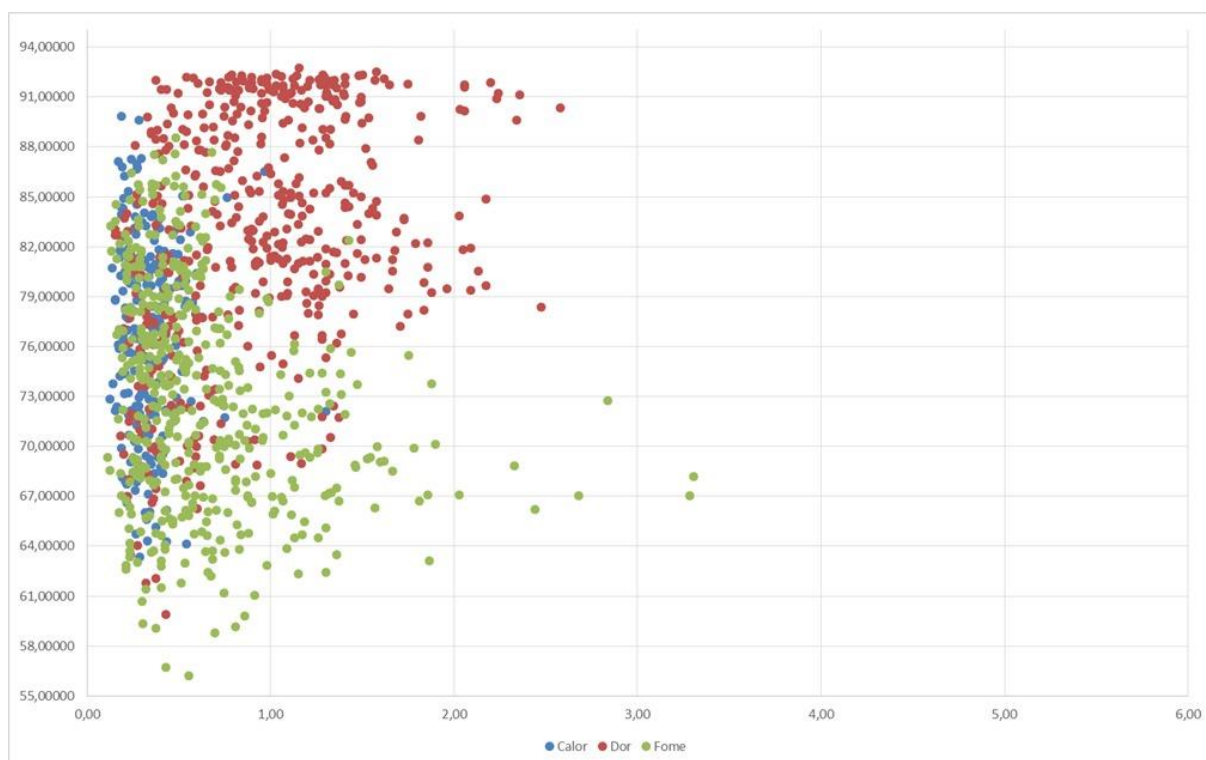
Figura 18 - Esquema da onda sonora: λ comprimento e y amplitude da onda



Fonte: Cordeiro, 2012, p. 10.

No Gráfico 2, o som representado pela cor vermelha atinge intensidade entre 91,00000 a 94,00000 dB e duração de 2,00 a 3,00 s. A cor azul, por sua vez, tem menor intensidade e duração, alcançando o limite máximo em torno de 89,0000 dB e 1,00 s.

Gráfico 3 - Tipos de estresse: calor, dor e fome



No Gráfico 3, o tipo de estresse “Fome” é acrescentado aos tipos “Calor” e “Dor” já apontados no gráfico anterior. Isso significa que os porcos analisados passaram por três situações diferentes: elevação da temperatura, sofrimento físico e desprovimento de alimento. Cada tipo de estresse é representado por uma cor, sendo elas: azul para “Calor”, vermelha para “Dor” e verde para “Fome”.

Os resultados sobre a intensidade e duração do som, relativos à cor verde, são no limite máximo um pouco acima de 88,00000 dB e 3,50 s.

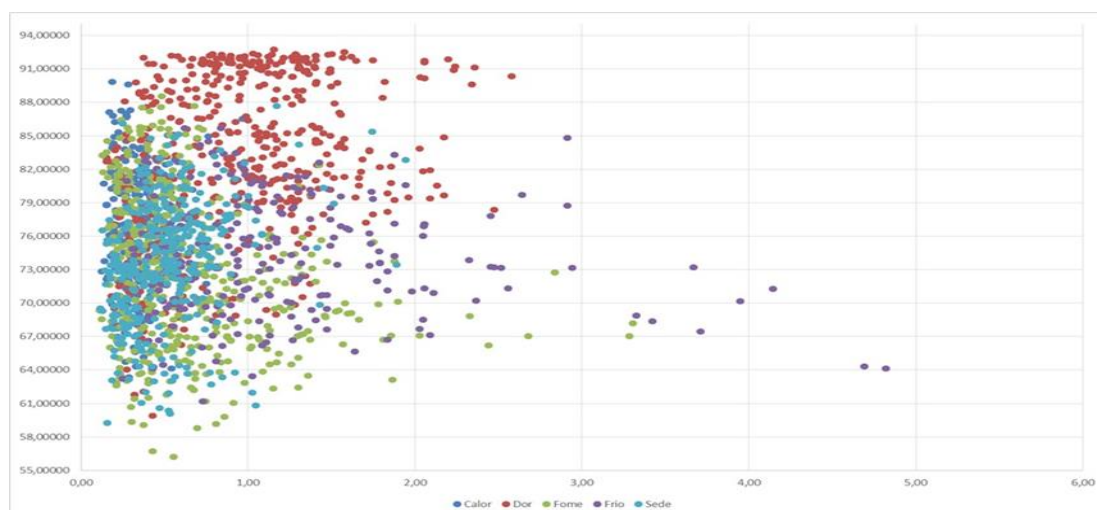
Gráfico 4 - Tipos de estresse: calor, dor, fome e frio



O Gráfico 4 mostra a intensidade e duração de quatro tipos de estresse – calor, dor, fome e com o acréscimo de frio. Ou seja, o animal é exposto à situação de temperatura elevada, algum tipo de manejo para provocar sofrimento físico, fica um tempo considerável sem se alimentar e é exposto à temperatura baixa, provocando diferentes tipos de estresse, classificados, respectivamente, como “Calor”, “Dor”, “Fome” e “Frio”.

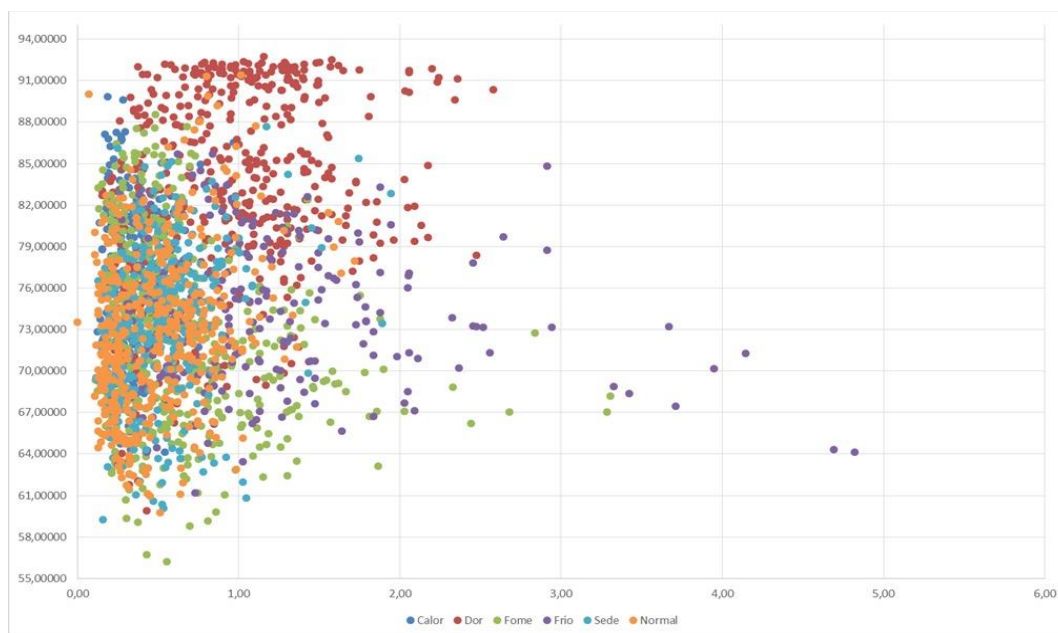
Para representar o tipo de estresse “Frio”, adotou-se a cor roxa. Esse tipo de estresse chegou ao limite máximo de 85,00000 dB e quase 5,00 s.

Gráfico 5 - Tipos de estresse: calor, dor, fome, frio e sede



No Gráfico 5, aos tipos de estresse “Calor”, “Dor”, “Fome” e “Frio”, acrescenta-se o tipo “Sede”, representado pela cor turquesa. Seu resultado, no limite máximo, é 88,00000 dB e 1,90 s.

Gráfico 6 - Tipos de estresse: calor, dor, fome, frio, sede e normal



O Gráfico 6 aponta para uma característica diferenciada, que é o tipo de estresse “Normal”, representado pela cor laranja. Esse tipo significa que o animal está no seu estado normal, livre de estresse (CORDEIRO, 2012). A vocalização associada a esse tipo alcança no limite máximo um pouco mais de 91,00000 dB e 1,80 s.

Os parâmetros para identificação dos tipos de estresse são intensidade e duração do som. Pode-se declarar que esses parâmetros são mais acessíveis, inclusive podendo ser recuperados pelo celular. Nesse caso, os funcionários que lidam dos animais podem acessar as informações e tomar medidas para aliviar o estresse do porco específico.

No entanto, tais parâmetros levam a uma classificação inexata dos tipo de estresse. Os resultados encontrados nos gráficos indicam coincidência de dados em 50%, dificuldade em dar números mais precisos de dB (intensidade) e s (duração) e faixas amontoadas entre os tipos de estresse.

Ainda em relação à intensidade e duração do som, podem ter diferentes níveis de exigência e, no caso, o nível ficou entre 0 e 1. Lembrando que esse nível de exigência pode ser outro ao alterar o valor da célula BC5.

Ao aplicar o software aos dados de Cordeiro (2012), verifica-se que, com base na Lógica Paraconsistente, a análise da vocalização suína apresenta o seguinte quadro:

Tabela 7 - Análise do resultado da vocalização

0,50			Paracompleto
min	100	0	FALSE
			QFTParacompleto
			QVTParacompleto
			indeterminadoTF
			QFTIndeterminado
			IndeterminadoTV
			ParacompletoTV
			QTFIndeterminado
			QVTIndeterminado
máx	200	1	TRUE
		-0,1 a -1	Indeterminado

Fonte: Elaborada pelo autor.

É preciso ressaltar que o resultado varia, uma vez que o processo é dinâmico, dependendo cada aplicação. O resultado depende do tipo de estresse selecionado para análise, tanto do número de fatores que influem na decisão quanto do número de seções a serem pesquisadas para cada um dos fatores.

Primeiramente, ocorre seleção de dados no arquivo CSV, como a planilha da Tabela 6. Com a seleção dos dados, a planilha gera os limites mínimo e máximo desses dados selecionados.

Com a seleção de determinados dados e a obtenção dos limites desses dados, as especificações Paracompleto, Indeterminado, Verdadeiro ou Falso etc. dependem do nível de estresse analisado.

No caso acima, da Tabela 7, o critério “Paracompleto” foi mensurado diferentemente da medição inicial, porém com a variação igual ou bem próxima de

50% tanto para + quanto para -. Quanto ao item “FALSE”, sua mensuração também foi diferente da mediação inicial.

No item “TRUE”, a mensuração foi igual à medição inicial. Do critério “Indeterminado”, a mensuração foi diferente da medição inicial, porém com medições não realizadas por falta de informação ou informações 100% diferentes do escopo inicial.

3.3.2. Acurácia: aplicação do software

A aplicação do software desenvolvido com os resultados obtidos por Cordeiro (2012) leva às seguintes considerações:

1. Os resultados foram analisados em conformidade com a lógica paraconsistente, levando-nos a deparar com dados que faltam maior precisão.
2. Os resultados levam a considerar a possibilidade de que apenas critérios de análise intensidade e duração não são suficientes para a identificação do tipo de estresse.

Busca-se, então, encontrar um caminho para resolução desses dois problemas: a falta de precisão e a possibilidade de ineficácia dos critérios adotados. Decidimos fazer revisão dos dados coletados por Cordeiro (2012).

A primeira etapa foi resolver a discrepância entre os resultados. Com nova observação da lista (Tabela 6), verificamos que três resultados ou linhas apresentam os seguintes dados:

L1 - Na linha 1.636, da planilha original, a duração foi de 0,001567105 como valor mínimo para essa característica do som.

L2 - Na linha 1.922, da planilha original, a intensidade foi de 729,4022885 como valor máximo para essa característica do som.

L3 - Na linha 1.425, da planilha original, a intensidade não possui um valor atribuído, aparecendo como conteúdo a palavra “erro”.

No caso de L1, a duração mínima é de 0,001567105. O segundo valor mínimo da planilha original é de 0,07 que se configura em um valor bem maior que o primeiro. A partir desse segundo valor, os demais acompanham essa faixa numérica (0,084; 0,106; 0,112). Por conseguinte, esses demais valores tornam-se muito distantes em relação ao primeiro valor mínimo, posicionando-se amontoados.

No caso de L2, a intensidade máxima é de 729,4022885, mas o segundo valor máximo da planilha original é de 92,73152282 que se configura em um valor bem menor que o primeiro. A partir desse segundo valor, os demais acompanham essa faixa numérica (92,51643408; 92,3738402). Da mesma forma ocorrida em L1, esses demais valores tornam-se muito distantes em relação ao primeiro valor máximo, posicionando-se amontoados.

Para melhorar eficiência das análises do Software foi necessária a exclusão dos três resultados ou linhas (L1, L2 e L3) indicados. Assim ficou estabelecido calcular a acurácia do software. Para Monico et al. (2009), existe diferença entre precisão e acurácia. Enquanto a precisão considera apenas efeitos aleatórios, a acurácia inclui os efeitos aleatórios e abrange também os sistemáticos.

Duração e intensidade continuam como parâmetros para a análise dos sons coletados por Cordeiro (2012). Duas bases – nomeadas Caso 1 e Caso 2 – são adotadas para análise.

Caso 1	Base Lógica Formal
Caso 2	Base Lógica Paraconsistente

Assim, na aplicação do software aos dados coletados pela estudiosa, o método Lógica Formal é usado para análise, sendo nomeado neste trabalho como Caso 1.

A outra base para análise é a Lógica Paraconsistente, para a qual além das concepções V ou F, há também o “talvez”, que é considerado acerto.

Frente à planilha (Tabela 6) construída por Cordeiro (2012), são 2.225 linhas de resultados. Dessa planilha, os parâmetros duração e intensidade são selecionados e, dessa forma, cada linha passa a responder a: fase (do animal), animal, sexo, manejo, n. de gravação, amostra, duração, intensidade. A seguir, o início dessa planilha adaptada.

Tabela 8 - Planilha adaptada das características do som encontradas no software Praat®

	A	B	C	D	E	F	H	K
1	Fase	Animal	SEXO	Maneja	Nº Grav	amostra	Duração	Intensidade
2	Creche		2 fêmea	dor	111	amostra 1	1,327687	91,94883
3	Creche		2 fêmea	dor	111	amostra 2	0,951134	92,04786
4	Creche		2 fêmea	dor	111	amostra 3	1,30356	91,69757
5	Creche		3 fêmea	dor	113	amostra 1	0,390703	74,82637
6	Creche		3 fêmea	dor	113	amostra 2	0,343832	76,34849
7	Creche		3 fêmea	dor	113	amostra 3	0,281338	75,27974
8	Creche		6 fêmea	dor	120	amostra 1	1,817438	89,8554
9	Creche		6 fêmea	dor	120	amostra 2	2,034331	90,25907
10	Creche		6 fêmea	dor	120	amostra 3	2,580271	90,35004
11	Creche		8 fêmea	dor	124	amostra 1	1,676236	81,78139
12	Creche		8 fêmea	dor	124	amostra 2	1,520907	87,89388
13	Creche		8 fêmea	dor	124	amostra 3	0,89127	85,24019
14	Creche		10 fêmea	dor	128	amostra 1	0,905533	91,47836

Os dados referentes são aos tipos de estresse: calor, dor, fome, frio, normal, sede.

Devido à extensão da planilha, exemplificamos com os dados sobre “calor”:

Tabela 9 - Amostra da planilha

Planilha							Análise		
Crescimento	1	macho	calor	298	amostra 1	0,52 77,87	-0,81	0,19	Sim (calor).
Crescimento	1	macho	calor	298	amostra 2	0,4 83,09	-0,86	0,47	Sim (calor).
Crescimento	1	macho	calor	298	amostra 3	0,36 83,94	-0,88	0,52	Sim (calor).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os exemplos acima fazem parte das linhas 885, 886 e 887. Com base nos dados de duração e intensidade, o software apresenta como resultado V ou sim para o tipo de estresse calor. Nos casos seguintes exemplificados, os resultados são diferentes:

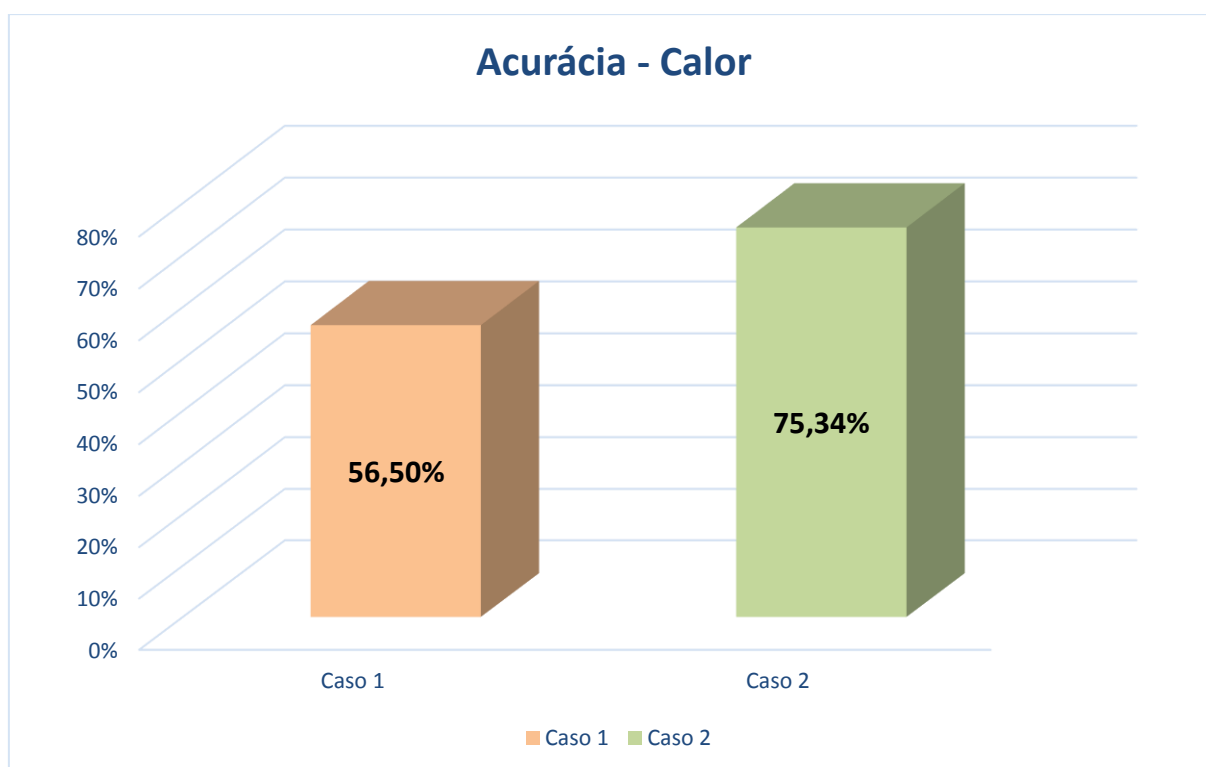
Tabela 10 - Amostra da planilha

Planilha								Análise		
Crescimento	3	Fêmea	Calor	290	amostra 1	0,47	72,28	-0,83	-0,12	Dados insuficientes para análise. Pode estar tendendo a calor Sim (calor), porém observar. Faltam dados para conclusão. Sim (calor), porém observar. Faltam dados para conclusão.
Crescimento	3	Fêmea	Calor	290	amostra 2	0,42	75,37	-0,85	0,05	
Crescimento	3	Fêmea	Calor	290	amostra 3	0,42	75,29	-0,85	0,05	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao inserir no software criado os dados referentes à intensidade e duração do som emitido pelo animal sob estresse do tipo “Calor”. As linhas da planilha referentes ao estresse do tipo calor são processadas, gerando o resultado da análise do software. A próxima etapa é a comparação desse resultado com o manejo a que foi submetido o animal. Classificamos o acerto ou erro da análise do software e, assim, a acurácia é calculada. O seguinte resultado da acurácia é apresentado:

Gráfico 7 - Tipo de estresse calor



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme já mencionado, no Caso 1 com base na lógica formal, o animal que está tendendo ao estresse de calor é considerado “Falso”. A lógica Paraconsistente, a base do Caso 2, considera esta mesma análise como verdadeiro.

Assim, o software consegue classificar o tipo de estresse “calor”:

Tabela 11 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse calor

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	126	97	223
Caso 2	168	55	223

Fonte: Elaborada pelo autor.

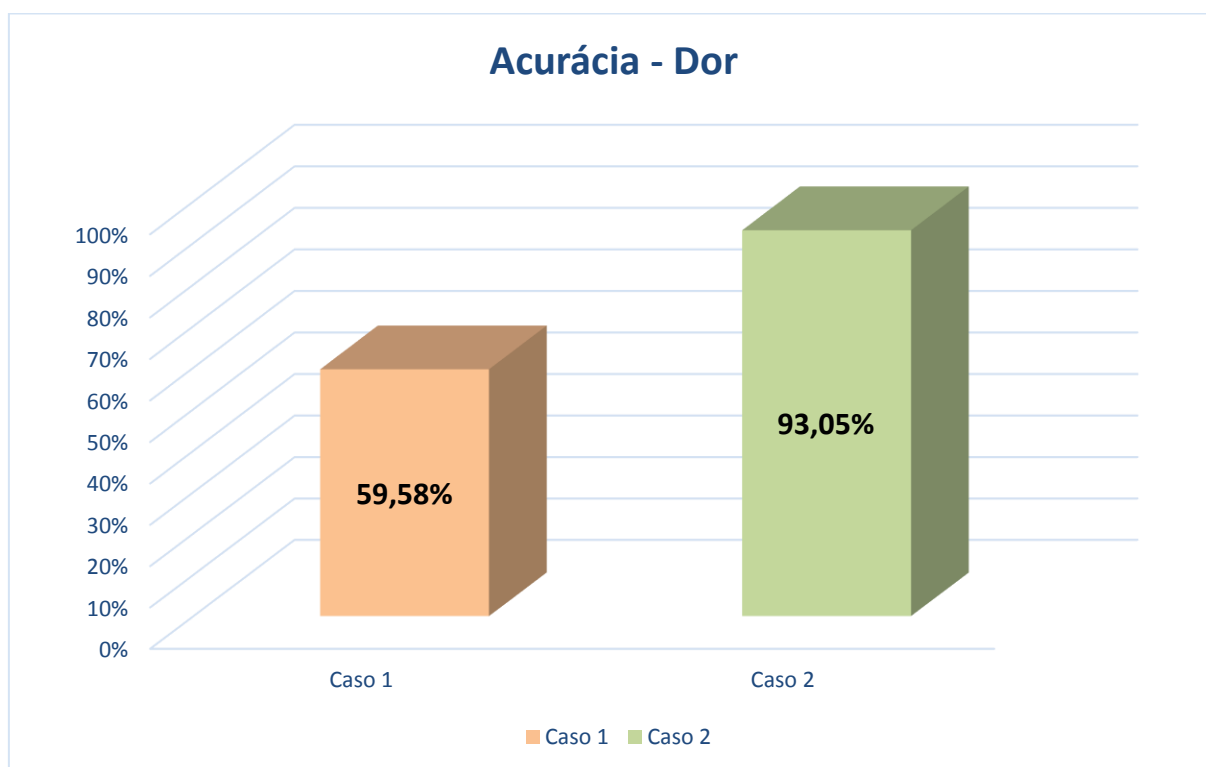
Tabela 12 - Acurácia do tipo de estresse calor

	Caso 1	Caso 2
Acertos	56,50%	75,34%
Erros	43,50%	24,66%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobre os dados referentes ao tipo de estresse “Dor”, há o seguinte resultado:

Gráfico 8 - Tipo de estresse dor



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado diferencia-se entre o Caso 1 e o Caso 2. Assim, o software classifica o tipo de estresse “dor”:

Tabela 13 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse dor

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	283	192	475
Caso 2	442	33	475

Fonte: Elaborada pelo autor.

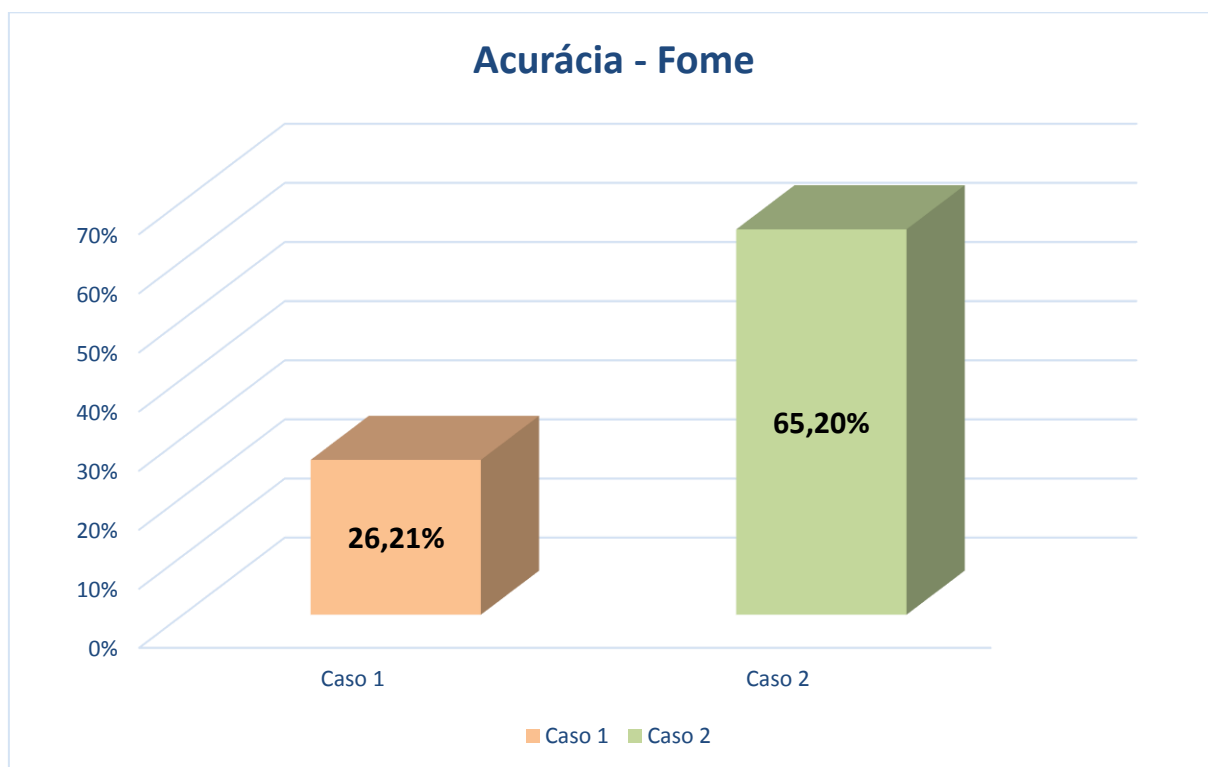
Tabela 14 - Acurácia do tipo de estresse dor

	Caso 1	Caso 2
Acertos	59,58%	93,05%
Erros	40,42%	6,95%

Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado mostra que novamente há diferença entre os Casos. Outro tipo de estresse estudado é “Fome”, cujos resultados são:

Gráfico 9 - Tipo de estresse fome



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado, nesse tipo de estresse, também se diferencia entre o Caso 1 e o Caso 2. Assim, o software consegue classificar o tipo de estresse “calor”:

Tabela 15 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse fome

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	119	335	454
Caso 2	296	158	454

Fonte: Elaborada pelo autor.

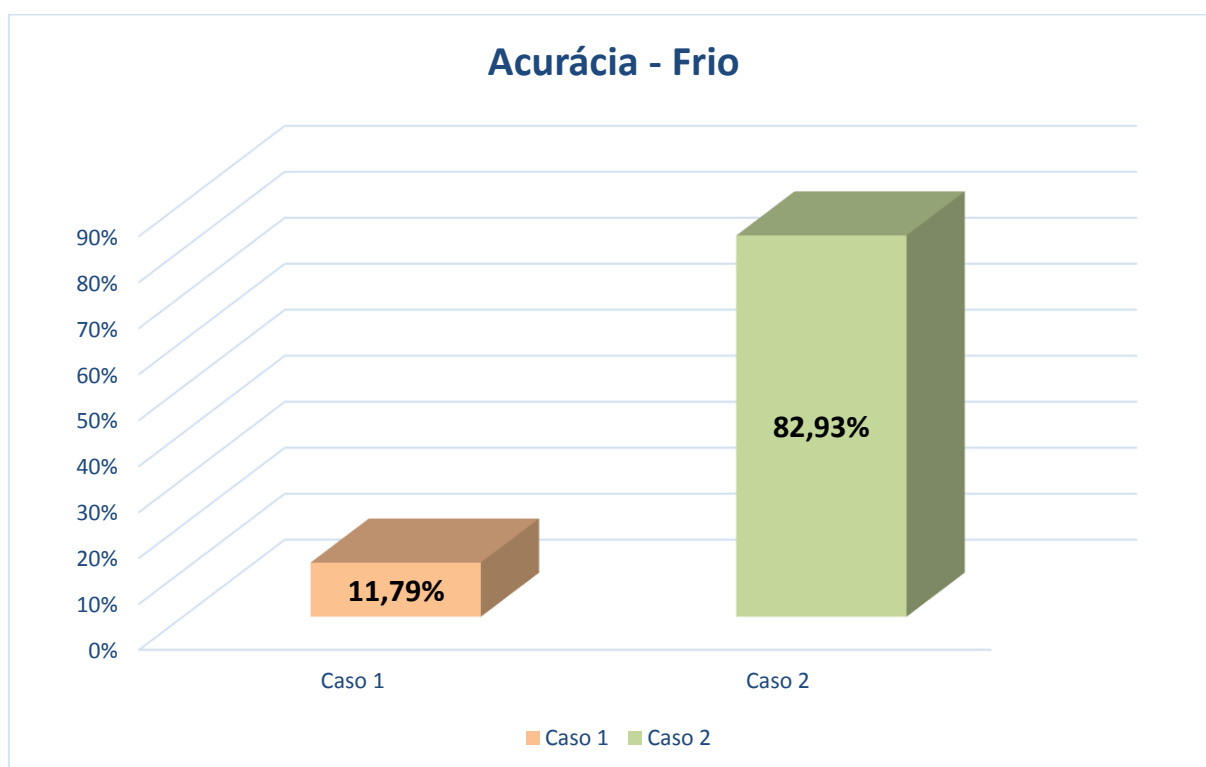
Tabela 16 - Acurácia do tipo de estresse fome

	Caso 1	Caso 2
Acertos	26,21%	65,20%
Erros	73,79%	34,80%

Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado referente ao tipo de estresse “Frio” é:

Gráfico 10 - Tipo de estresse frio



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado é praticamente o oposto entre os Casos 1 e 2 no que diz respeito a acertos e erros.

Tabela 17 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse frio

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	29	217	246
Caso 2	204	42	246

Fonte: Elaborada pelo autor.

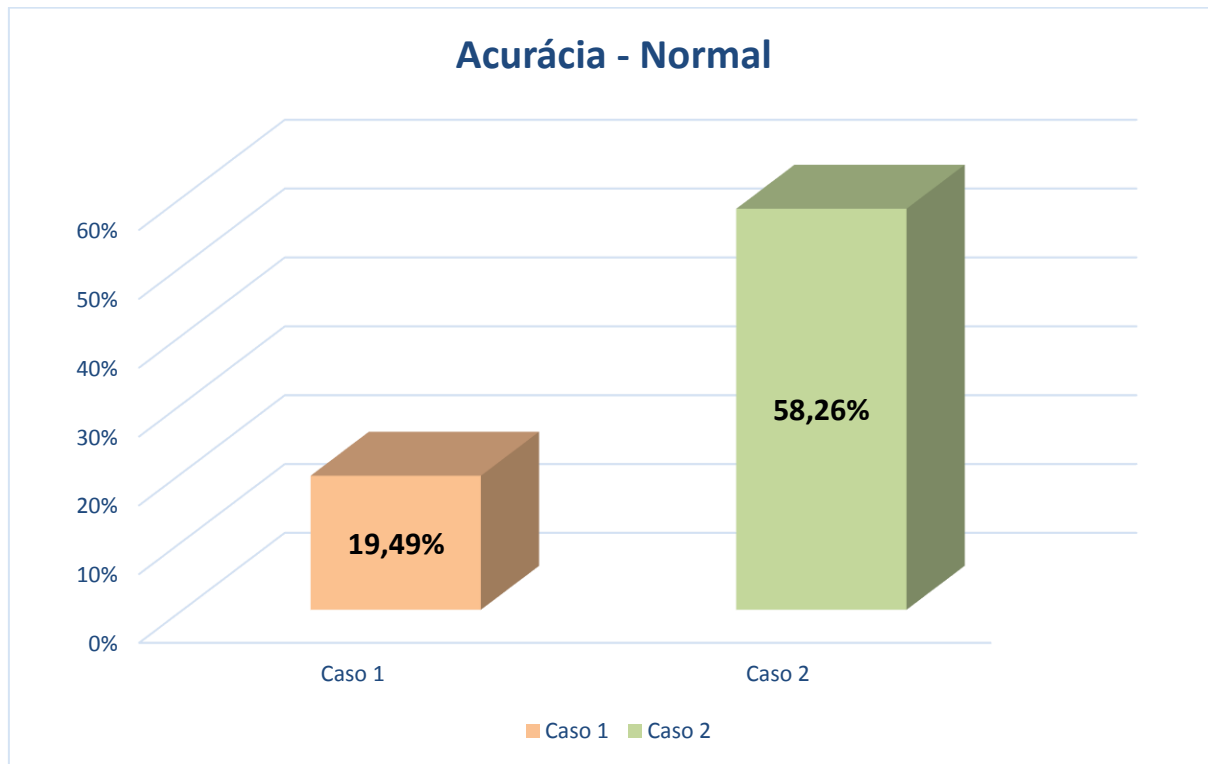
Tabela 18 - Acurácia do tipo de estresse frio

	Caso 1	Caso 2
Acertos	11,79%	82,93%
Erros	88,21%	17,07%

Fonte: Elaborada pelo autor

Outro tipo de situação analisada é “Normal”:

Gráfico 11 - Tipo de estresse normal



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado consiste nos seguintes:

Tabela 19 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse normal

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	92	380	472
Caso 2	275	197	472

Fonte: Elaborada pelo autor.

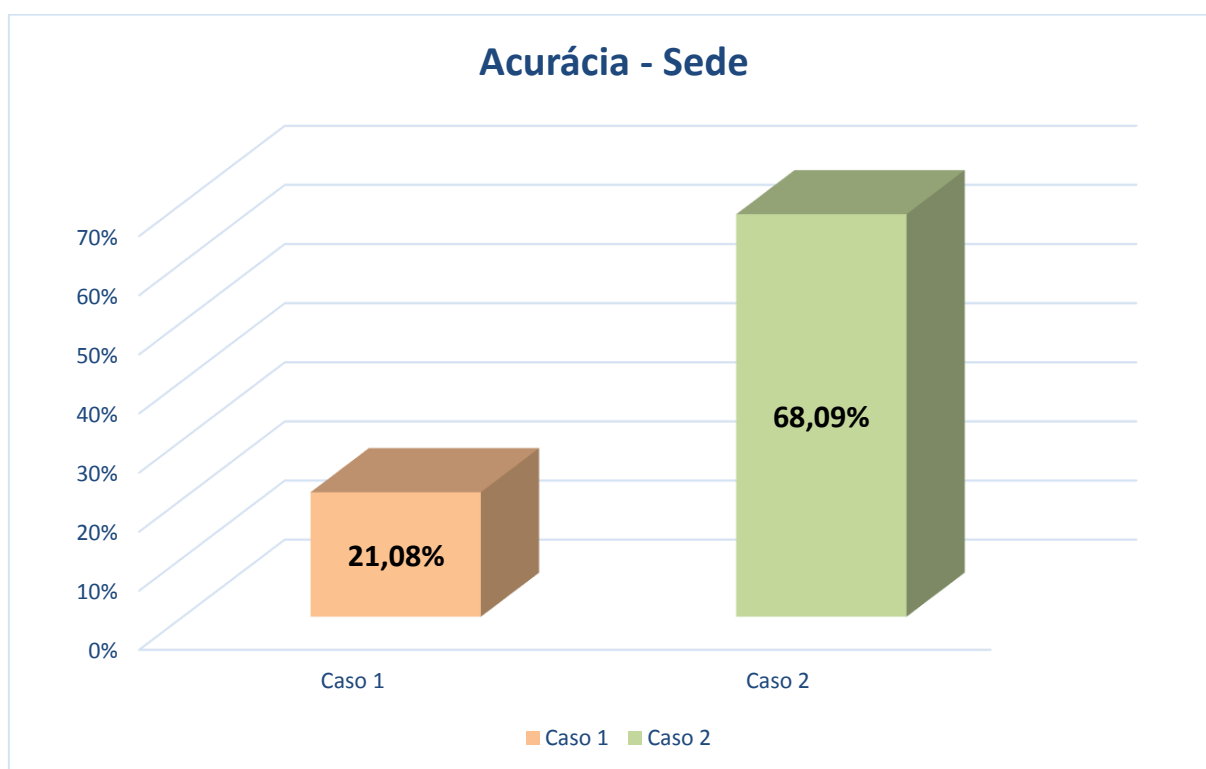
Tabela 20 - Acurácia do tipo de estresse normal

Acertos	19,49%	58,26%
Erros	80,51%	41,74%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, o tipo de estresse “Sede”. Seus resultados são:

Gráfico 12 - Tipo de estresse sede



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verificamos a diferença nos resultados entre os Caso 1 e Caso 2.

Tabela 21 - Quantidade de acertos e erros do tipo de estresse sede

Calor	Acertos	Erros	Total
Caso 1	74	277	351
Caso 2	239	112	351

Fonte: Elaborada pelo autor.

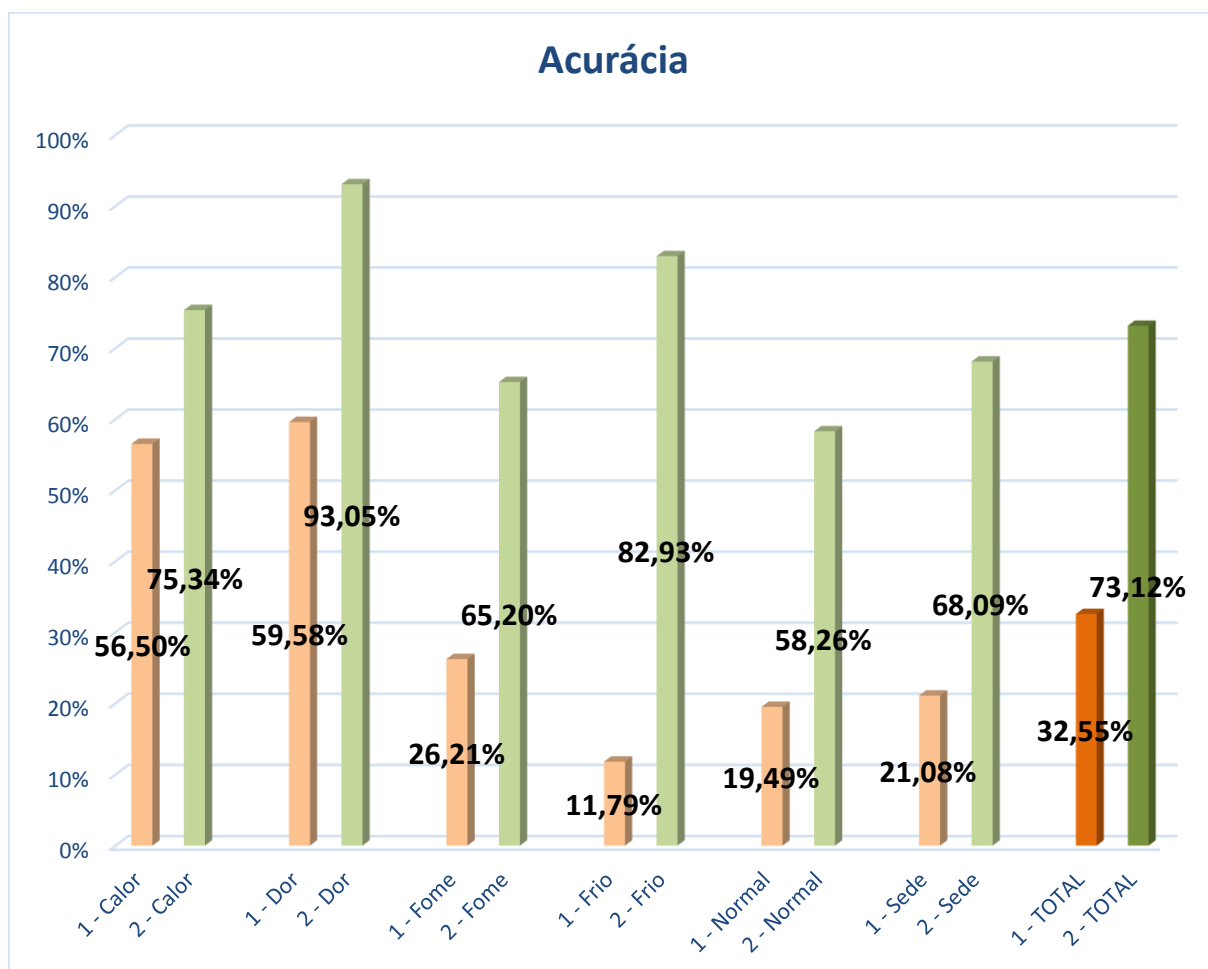
Tabela 22 - Acurácia do tipo de estresse sede

	Caso 1	Caso 2
Acertos	21,08%	68,09%
Erros	78,92%	31,91%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, o quadro resultante configura-se com os seguintes resultados:

Gráfico 13 - Comparativo geral da acurácia por tipos de estresse



Fonte: Elaborado pelo autor.

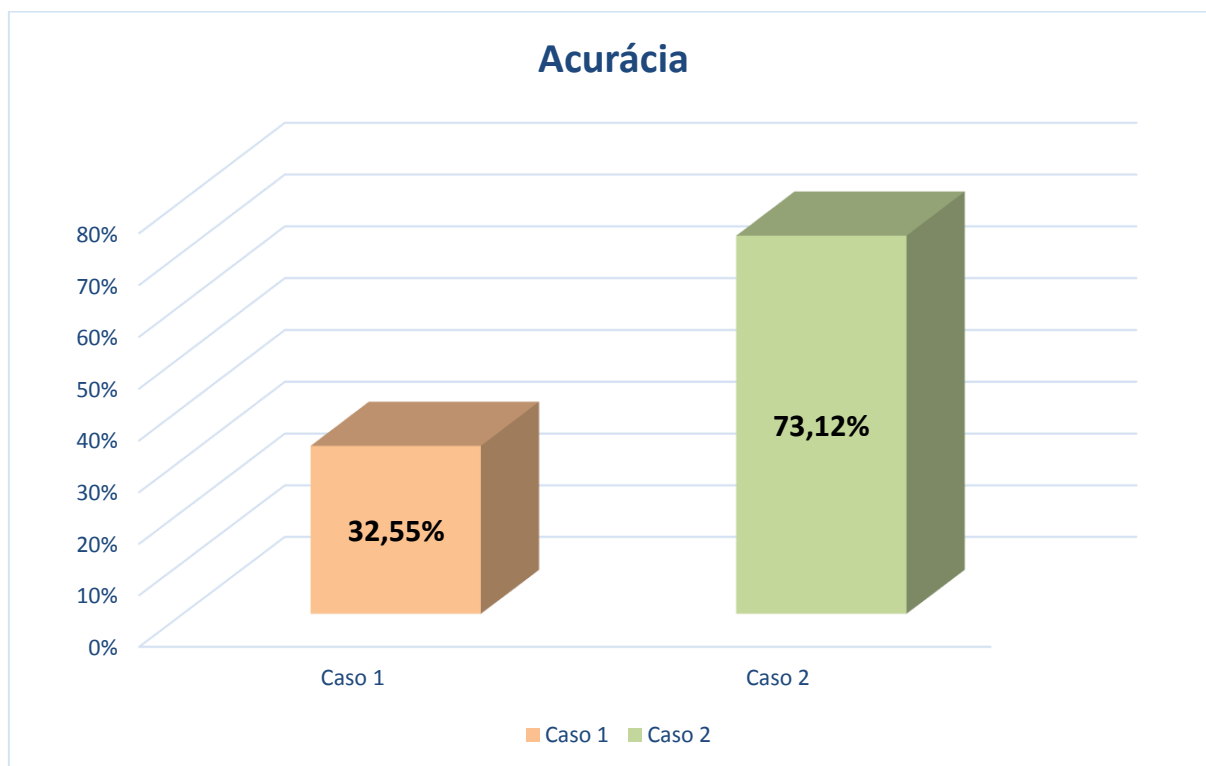
No gráfico 13 é representado a comparação da acurácia do software para os diferentes tipos de estresse, de acordo com o resultado alcançado pelo processamento de todas as linhas da planilha.

Em geral, a precisão é alta no uso da Lógica Paraconsistente relativo a condições mais estressantes. A acurácia foi maior para detecção de dor (93,05%) e frio (82,93%)/calor (75,34%), enquanto a precisão quanto ao estresse do tipo fome (65,2%) e sede (68,1%) é menor. A detecção da condição normal é ainda menor que as demais (58,26%).

Parece que há determinadas condições de estresse que se tornam mais claras para fornecer informações sobre a reação emocional do animal do que outras, que podem causar interpretação falsa.

Podemos concluir com o resultado geral da acurácia:

Gráfico 14 - Resultado geral da acurácia do software



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado é:

Tabela 23 - Quantidade de acertos e erros

Total	Acertos	Erros
Caso 1	723	1498
Caso 2	1624	597

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 24 - Acurácia de acertos e erros

	Caso 1	Caso 2
Acertos	32,55%	73,12%
Erros	67,45%	26,88%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Este gráfico mostra a acurácia do software desenvolvido após o processamento de todas as linhas da tabela 7.

Diferenciando-se da lógica clássica, a Lógica Paraconsistente trata as situações intermediárias entre o verdadeiro e falso. No caso referente ao estresse do animal, situações como essas quando são apontadas para, por exemplo, “quase certeza” ($QV \rightarrow T$) são tratadas como V (verdadeiro), ou seja, indica-se animal com estresse e, por conseguinte, precisa de alguma intervenção para atingir o seu bem-estar.

O percentual de acerto do software é 73,12. Devido ainda a margem de erro, mais pesquisas são necessárias para esclarecer quais fatores influenciam a codificação do estresse em vocalizações de leitões, bem como o uso do sinal vocal para predizer estresse específico e avaliar totalmente o bem-estar dos suínos.

Talvez a associação com outro padrão comportamental seja necessária para melhorar a precisão do processo. Informação relacionada com sexo, idade e fase de crescimento também pode melhorar a precisão da previsão do estresse (CORDEIRO et al., 2013). Condições de criação severas e eventual falta de ração, ou ainda a incidência da doença subclínica, também podem alterar a identificação das condições de estresse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

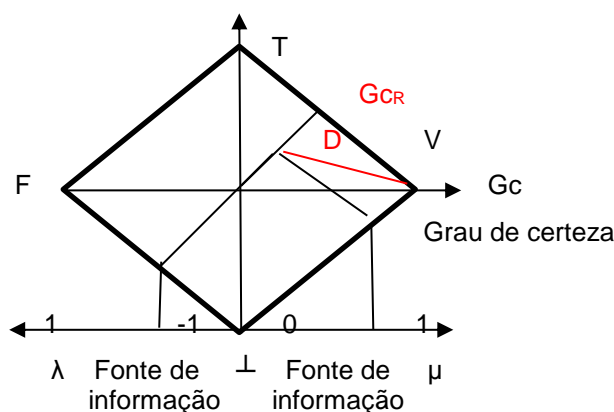
Este estudo teve como objetivo desenvolver software que automatize a análise da classificação de condições de estresse de um suíno. A análise foi executada em dois momentos. No primeiro momento, os dados de cada som foram analisados segundo a Lógica Clássica e, no segundo momento, segundo a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} . Cada momento é chamado de Caso 1 e Caso 2.

Os Casos 1 e 2, exibidos em gráficos, mostram um comparativo dos resultados obtidos sob cada lógica. Verificou-se que o software, com base na Lógica Paraconsistente, atingiu 73,12% de acerto, e a Lógica Clássica, 32,55% de acerto. Em síntese, a Lógica Paraconsistente possibilitou um acerto geral de 40,57% a mais do que a Lógica Clássica.

Diante desse percentual, pode-se afirmar que a aplicação do software é possível e, por conseguinte, poderá colaborar, ao ser usado, para aumentar o bem-estar do animal.

Ressalta-se que o software foi desenvolvido com base na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} . Verificou-se que a Lógica Paraconsistente pode ser empregada na análise de informação, com êxito no tratamento de incertezas e ruídos de sinais. Nessa perspectiva, os resultados atingem situações intermediárias entre verdade e falsidade. Na Figura 19, visualiza-se o sistema dessa Lógica que considera situações intermediárias.

Figura 19 – Reticulado com os Graus Certeza (G_c) e Certeza Real (G_{CR}), com valores ajustáveis de controle limite indicados nos eixos



Fonte: Abe, 2016, p.61, adaptado.

O reticulado é dividido em estados lógicos Paraconsistentes - Para-Analisador – que atua nas inconsistências e incertezas das informações analisadas ao reconhecer padrões e identificar situações atípicas. Nesse caso, considerando D como símbolo da distância entre o estado lógico paraconsistente $\varepsilon\tau$ (G_c) e V (1,0), observa-se um caso de Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro $QT \rightarrow V$ analisado da vocalização do porco. Em caso como esse exemplo, em que há intervalo de certeza e incerteza, para a Lógica Paraconsistente, ocorre Grau de Certeza real (G_{cr}) e, logo, o resultado indicado pelo software oferece grau de evidência que pode fazer parte de um processo decisório.

As muitas informações existentes sobre produção suína geram uma infinidade de dados que precisam ser minerados e analisados de forma inteligente pelo ser humano. A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ pode complementar o processo de mineração de dados, permitindo a vinculação, aos respectivos dados coletados, de fatores evidenciais de certeza ou falsidade

Os elementos físicos utilizados no contexto da Indústria 4.0 demandam um controle confiável e preciso por meio de informações contraditórias ou inconsistentes. Essa Lógica e suas derivações podem ser implementadas mesmo em sistemas de controle com limitada capacidade de processamento e computação e ideais para aplicações de Indústria 4.0.

O software desenvolvido poderá ser adaptado para execução em dispositivos móveis em forma de aplicativo. Um produtor de suínos teria acesso ao software na tela de seu celular para verificação do tipo de estresse de seu animal e teria condições de tomar as devidas providências de maneira mais eficaz e rapidez.

Em relação ao software deste estudo, duas considerações sobre ele são importantes. Uma delas é sobre sua flexibilidade, ou seja, ele foi desenvolvido para uma finalidade específica, que é a aplicação para a identificação do nível de estresse de animal suíno, no entanto, esse software possibilita inserir dados de vocalização de outros animais, obedecendo à estrutura do arquivo CSV. Outra consideração é que o software se torna um exemplo de aplicação em sistema de automação no contexto da Indústria 4.0, em especial da Pecuária 4.0, bem como pode fazer parte de um processo decisório, conforme a aplicação aos dados no software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, J. M. (Org.). **Tópicos de sistemas inteligentes baseados em lógicas não-clássicas**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, WICS, 2016.

ABE, J. M. Paraconsistent Intelligent Based-Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency. **Intelligent Systems Reference Library**. Vol. 94. Alemanha: Springer-Verlag, 2015.

ABE, J.M.; Akama, S; Nakamatsu, K. Introduction to Annotated Logics: Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning. **Intelligent Systems Reference Library**. Vol. 88. Suíça, Springer International Publishing, 2015.

ABE, J.M. et al. **Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et**. Santos: Comunicar, 2011.

ABE, J.M. et al. **Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic: Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks**. Vol. 211. Holanda: IOS Press, 2010.

AGTECH GARAGE. 2º Censo AgTech Startups Brasil. Disponível em: <https://www.agtechgarage.com/censo/>. 2017.

BOLETIM TÉCNICO. Sanidade Suína em Agricultura Familiar. São Paulo: Instituto Biológico. n. 30, ag. 2017.

COLETTI, C. J. **Classificador paraconsistente de demandas atípicas através da investigação em banco de dados de sistema elétrico de potência**. Dissertação de Mestrado. Universidade Santa Cecília. Santos, São Paulo, 2015.

CORDEIRO, A.F.S. **Classificação de condições de estresse, gasto energético e identificação de suínos a partir de sua vocalização**. Tese de Doutorado. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2012.

_____. Understanding vocalization might help to assess stressful conditions in piglets. *Animals*. 3(3), 923-934, 2013.

CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS, I.A.; SILVA, W. T. S.; MOURA, D.J. Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**. Campinas, v.2, p.143-152, 2009.

COSTA, N. C. A.; ABE, J. M.; SILVA, F. J. I.; MUROLO, A. C.; LEITE, C. F. S. **Lógica paraconsistente aplicada**. São Paulo: Atlas, 1999.

GORDON S. R.; GORDON, J. R. **Sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. São Paulo: LTC, 2011.

JOHNSON, R.W.; VON BORELL, E.; ANDERSON, L.L.; KOJIC, L.D.; CUNNICK, J.E. Intracerebroventricular injection of corticotrophin-releasing hormone in the pig: acute effects on behavior, adrenocorticotropin secretion, and immunosuppression. **Endocrinology** 135, p. 642-648, 1994.

MALUCELLI, A. Sistema Informatizado para controle de suínos. In: **Congresso e Mostra de Agroinformática INFOAGRO**, 2000.

MANTEUFFEL, G.; SCHON, P.C. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. **Bornier Agratechnische Berichte**. 2004.

MARX, G.; Horn, T.; Thielebein, J.; Knubel, B.; von Borell, E. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. **J. Sound Vib**. 2003.

MIGUEL, P.M. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MOI, M. **Vocalização de suínos como indicativo de bem-estar**. Dissertação de Mestrado. Dourados, MS: Universidade Federal da Grande Dourados, 2013.

MONICO, J.F.G. et al. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações**, Curitiba, v. 15, no 3, p.469-483, jul-set, 2009.

NÄAS, I.A.; Moura, D.J.; Silva, W.T. et al. Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, 64, 11-18, 2008.

PANDORFI, H. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.2, abr./jun., 2012.

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões**. 3. ed. São Paulo: LTC, 2009.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

PRODEMGE. Companhia de Tecnologia da Informação do Estado de Minas Gerais. Agricultura 4.0: o mundo digital revoluciona o campo. Revista FONTE, Ano 15, Nº 20, Dez. 2018.

REZENDE, S. O. Mineração de dados. **Encontro Nacional de Inteligência Artificial**, 5. São Leopoldo, RS, 2005.

RIOS, E.; MOREIRA, T. **Testes de software**. 3. ed. São Paulo: Alta Books, 2013.

SACOMANO, J. B.; SILVA, M.T.S.; GONÇALVES, R. F.; BONILLA, S. H.; SATYRO, W. C. (Orgs.). **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SEBRAE. Bem-estar animal na produção de suínos: toda granja. Brasília: ABCS, 2016a.

_____. Mapeamento da suinocultura brasileira. Brasília: ABCS, 2016b.

SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. EDIPRO, São Paulo, 2018.

SILVA, J. P.; LIMA, L. A.; ABE, J.M.; KIRILO, C. Z.; ALBERTINI, G. Study of the flowchart of the Paraconsistent Annotated Logic (LPA) algorithm to support decision making in project recount in the function point analysis technique. **International Conference on Network Enterprises and Logistic Management**. São Paulo, 4-5 jun. 2018.

SILVA, K. O.; NÄÄS, I. A.; CAMPOS, S. G. S. Comparação do uso de rastreabilidade para suínos em grupo e individual. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. 41-5, 2004.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 10. ed. São Paulo: Pearson, Prentice Hall, 2018.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Signaling need: Costly signals and animal welfare assessment. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 1995.