

SheepScanQuality: uma ferramenta de avaliação da qualidade de carcaça em ovinos utilizando ultrassonografia

Aluno: João dos Santos Neto (MATRÍCULA:20219041749)

E-mail: joaonetoprivado2001@ufpi.edu.br; Período da Graduação: VI

Orientador: Romuere Rodrigues Veloso e Silva

22 de julho de 2024

Resumo

Contexto: A ovinocultura é uma atividade pecuária importante em diversas regiões, incluindo o Brasil, desempenhando um papel significativo na economia rural e na segurança alimentar. A adaptação no Nordeste capitaliza a resistência das raças de ovinos ao clima quente e semiárido, que reduz os riscos de perdas para os produtores, permitindo a criação de animais saudáveis e produtivos. A avaliação da qualidade das carcaças ovinas influencia na valorização do produto final e a satisfação do consumidor. A ultrassonografia é uma técnica comum para essa avaliação, permitindo a medição de características como musculosidade e cobertura de gordura em animais vivos.

Problema: Na indústria comercializadora de carne de ovinos, a aplicação do método de ultrassonografia, reconhecido por sua abordagem não invasiva que emite ondas sonoras de alta frequência que penetram nos tecidos do animal, oferece apoio ao avaliador na identificação das características de musculosidade e cobertura de gordura. No entanto, no processo de análise de uma quantidade significativa de animais, pode resultar em fadiga visual para o profissional, na qual pode gerar desconforto devido à demora no procedimento de avaliação de cada animal, criando um ambiente propenso a estresse e possíveis erros de interpretação.

Proposta: Neste projeto será proposto uma ferramenta de auxílio ao especialista devido as condições físicas relacionadas ao profissional e ao ambiente propício que podem causar estresse no animal, facilitando no processo de análise da qualidade da carcaça utilização de Visão Computacional serão capazes de prever as características de Área do Lombo do Olho (AOL), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e AOL Ajustada(AOL30) do músculo *Longissimus dorsi* extraídas pelo método de ultrassonografia, permitindo que o processo seja rápido e preciso em relação a predição das características, evitando causar estresse no espécime sujeito à técnica.

Palavras-chaves: Ovinocultura, AOL, EGS, AOL30, Visão Computacional.

1 Introdução

A ovinocultura é uma prática agropecuária dedicada à criação e produção de ovelhas, abrangendo a criação para a obtenção de carne, lã e pele (BARROS; CAVALCANTE; VIEIRA, 2005). Essa atividade está em diversas regiões do mundo e desempenha um papel importante na economia de várias localidades, fornecendo produtos tanto para o consumo humano quanto para a industrialização (VIANA, 2008). Em 2022, o Brasil registrou um rebanho ovino total de 21.514.274 cabeças, sendo o Nordeste possuindo 15.039.060 cabeças, representando 69,90% do total (IBGE, 2021). Essa quantidade ressalta na utilização de técnicas eficazes para avaliação da qualidade da carcaça dos animais (SILVA, 2024).

A maioria dos métodos como sistemas de notação, descritivos codificados, de Grading, de tipificação e de classificação das carcaças tem como foco o aspecto econômico, concentrando-se nas características que mais impactam o valor de venda (OSÓRIO et al., 2002). No entanto, essas abordagens são vulneráveis a erros humanos, resultando em um processo avaliativo mais lento e aumentando os custos. Isso os torna inconsistentes e dificulta o estabelecimento de um programa de qualidade que verdadeiramente represente o valor real da carcaça para a indústria. Como alternativa promissora, destacam-se tecnologias como a Ultrassonografia (USG) (PEREIRA, 2016).

A USG consiste na captura de imagens dos mesmos em tempo real permitindo a avaliação não invasiva (SOUZA et al., 2016). Com a integração de imagens a Visão Computacional (VC) pode ser aplicada na coleta das características de qualidade da carcaça (LOBÃO; BAUCHSPIESS, 2003). A VC representa a área científica dedicada à capacidade de uma máquina enxergar e interpretar o ambiente ao seu redor por meio de dispositivos de captura de imagem (MILANO; HONORATO, 2010). Por meio dessa abordagem, informações significativas são extraídas das imagens, permitindo o reconhecimento, a manipulação e a análise dos objetos presentes nas mesmas (LULIO, 2011).

Com base nas informações obtidas pelo método abordado, é viável realizar a avaliação da qualidade da carcaça usando as características de AOL, referente à área do músculo do lombo do animal, EGS, medida da camada de gordura abaixo da pele, e AOL30, medida mudada da AOL que avalia certos ajustes para uma visão mais precisa, (SOUZA et al., 2006). No entanto, dada a falha das técnicas, surge a chance de criar uma ferramenta que una os princípios da VC com a USG, automatizando o processo de avaliação. Facilitando avaliações precisas e rápidas por especialistas, tornando a tarefa menos exaustiva e evitando estresse nos animais (MOURA; FELIX; SILVA, 2017).

1.1 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma ferramenta que faça o processamento de segmentação músculo *Longissimus dorsi* utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNNs). A intenção é agilizar o processo de análise e prever as características de qualidade AOL, EGS e AOL30 com precisão. Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Desenvolvimento de uma ferramenta auxiliadora no processo de análise de qualidade de usabilidade intuitiva.
2. Avaliação da ferramenta de acordo com o SUS (System Usability Scale).
3. Contribuição para a Medicina Veterinária no processo de coleta de dados através de imagens de ultrassonografia.

2 Justificativa

O Brasil é um grande produtor e exportador de proteína de origem animal, se não atender às exigências do mercado corre o risco de enfrentar consequências significativas em sua economia (NETO, 2018). Na região Nordeste do Brasil tem emergido nas últimas décadas, refletindo na adoção de novas tecnologias e ferramentas destinadas à sua avaliação, a atenção sobre o bem-estar do animal (LIMA; FILHO, 2013). A atual preocupação provém no aumento da produção de alimentos e a necessidade de reduzir os custos de produção têm induzido o desenvolvimento de tecnologias progressivamente mais controversas em termos éticos nos sistemas de produção (FREITAS; QUIRINO; BASTOS, 2017).

Os atributos da carcaça na produção de carne são importantes, afetando a qualidade do produto final (SILVA; PIRES, 2000). O excesso de gordura pode prejudicar a venda, aumentar o peso e elevar o rendimento, mas pode aumentar o teor de gordura ou menor percentual de componentes não relacionados a ela, ressaltando a quantificação do tecido adiposo em diferentes áreas (MORENO et al., 2010). As medidas AOL e EGS são comuns em pesquisas e sistemas de avaliação dos cortes comerciais e da carne magra da carcaça. A medida da AOL tende a diminuir à medida que a EGS aumenta, pois um acúmulo maior de gordura está associado a uma menor proporção de músculo (OSÓRIO et al., 2013).

A USG em tempo real é uma importante ferramenta no processo de avaliação na extração das métricas de AOL, EGS e AOL30 *in vivo* da carcaça de animais destinados ao abate e para seleção de animais com características importantes de crescimento muscular e deposição de gordura (GERALDO et al., 2017). É uma técnica não invasiva que utiliza ondas sonoras de alta frequência para criar imagens em tempo real das estruturas internas dos ovinos. O método avaliativo por predições *in vivo* é econômico e permite a determinação do grau de terminação e desenvolvimento muscular dos animais antes do abate, tendo forte potencial para estimar características quantitativas da carcaça (NUNES, 2023).

Com a utilização de imagens para realização do processo de análise da qualidade, há espaço para utilizar de práticas de visão computacional na automação dessas tarefas manuais (BELAN et al., 2019), como por exemplo a implementação de sistemas de contagem de gado, aprimorando as práticas pecuárias (NARDES, 2023). Diante desse cenário, o desenvolvimento de uma ferramenta que utiliza imagens ultrassonográficas para avaliar a carcaça desses animais se tornar um aliado para os veterinários. Possibilitando que as imagens durante a coleta sejam analisadas, evitando a necessidade de classificação de forma manual em tempo real, reduzindo assim o tempo de confinamento do animal.

3 Referencial Teórico

Nesta seção, é feito o estabelecimento dos fundamentos essenciais que sustentam o desenvolvimento deste projeto. Cada subseção é direcionada à abordagem dos conceitos relacionados ao Processamento Digital de Imagens, Redes Neurais Convolucionais e Ultrassonografia. Essa abordagem visa proporcionar um entendimento abrangente dos elementos-chave que orientam este projeto. Ao descrever os princípios teóricos e práticos desses fundamentos, pretende-se fornecer uma base sólida para o desenvolvimento e a análise da pesquisa.

3.1 Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens (PDI) passou por uma notável evolução ao longo das décadas, começando com a introdução da visão por computador nas décadas de 1950-1960 (ROESLER et al., 2018). O avanço da tecnologia digital na década de 1970 permitiu o processamento numérico de imagens, abrindo caminho para o desenvolvimento de algoritmos nas décadas de 1980-1990, incluindo técnicas de filtragem e segmentação (QUEIROZ; GOMES, 2006).

O PDI envolve um conjunto de etapas interconectadas. Tudo se inicia com a captura de uma imagem, a qual, normalmente, corresponde à iluminação que é refletida na superfície dos objetos, realizada através de um sistema de aquisição. Após a captura por um processo de digitalização, uma imagem precisa ser representada de forma apropriada para tratamento computacional. Imagens podem ser representadas em duas ou mais dimensões. O primeiro passo efetivo de processamento é comumente conhecido como pré-processamento, o qual envolve passos como a filtragem de ruídos introduzidos pelos sensores e a correção de distorções geométricas causadas pelo sensor (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Após as etapas de aquisição das imagens e concluído todo o pré-processamento necessário em todas elas, a etapa seguinte é a Segmentação, que divide a imagem em regiões de interesse com o objetivo de simplificar a sua representação. Na Extração de Características, são obtidos atributos relevantes das regiões segmentadas, como forma e textura. Por fim, na Interpretação, as características extraídas são utilizadas para análise, podendo envolver reconhecimento de padrões ou classificação de objetos, muitas vezes automatizada por algoritmos de aprendizado de máquina, como CNNs (MELO et al., 2018). A Figura 1 apresenta o fluxograma do PDI.

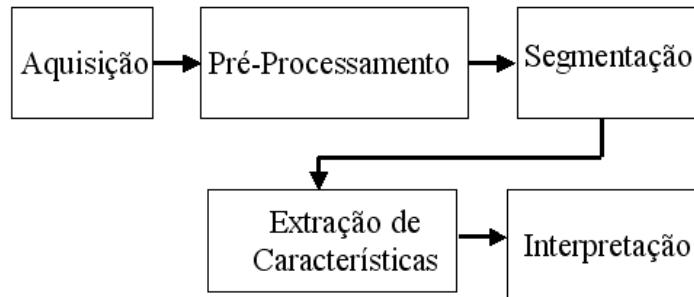


Figura 1 – Exemplo de Etapas do Processamento Digital de Imagens Fonte: (ResearchGate, 2008)

O PDI tem sido fundamental em transformar e melhorar diversas áreas, começando pela medicina. Nesta área, tecnologias como tomografia computadorizada e ressonância magnética são aprimoradas por técnicas de processamento de imagens, resultando em diagnósticos mais precisos e na detecção precoce de doenças (ZAFFARI et al., 2006). Na área de segurança, o reconhecimento facial é uma aplicação crucial do PDI (BISSI et al., 2018). Em sistemas de vigilância, câmeras utilizam essa tecnologia para identificar suspeitos e prevenir crimes (MATEUS, 2023). Nos aeroportos a integração do PDI possibilitou a identificação de acúmulos de borrachas presentes nas pistas de pousos e decolagem decorrente ao fluxo de aviões (MOTA, 2021).

3.2 Redes Neurais Convolucionais

As Redes Neurais (RN), inspiradas pelo funcionamento do cérebro humano, emergiram como uma ferramenta poderosa para resolver uma variedade de problemas complexos de aprendizado de máquina. Essas estruturas computacionais, compostas por neurônios interconectados, são capazes de aprender padrões intrincados e realizar tarefas complexas, como reconhecimento de padrões, classificação e previsão (HAYKIN, 2001).

Uma das principais vantagens das redes neurais é sua capacidade de aprender representações complexas e abstratas dos dados (FLECK et al., 2016). Além disso, as redes neurais são altamente adaptáveis e podem ser treinadas para se ajustar a diferentes tipos de dados e tarefas. Sua capacidade de lidar com dados não estruturados e encontrar padrões mesmo em conjuntos de dados ruidosos as torna uma escolha poderosa para problemas do mundo real (FERNEDA, 2006). A Figura 2 apresenta a arquitetura de uma RN.

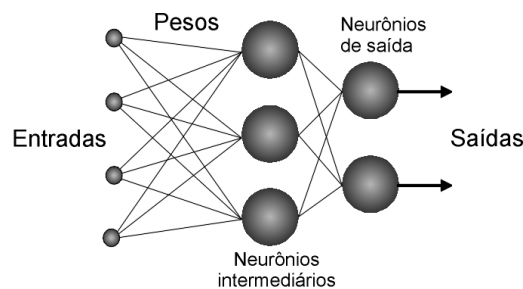


Figura 2 – Estrutura de uma Rede Neural Fonte: (Cerebro E Mente, 1998)

Dado as vantagens das RNs aplicadas em várias áreas surge redes mais modernas e complexas. As Redes Neurais Convolucionais (CNNs) são uma classe especializada de redes neurais profundas amplamente utilizadas em tarefas de processamento de imagens. Elas são capazes de aprender padrões hierárquicos de características de uma imagem. Destacam-se conceitos fundamentais, como camadas convolucionais, *pooling* e camadas completamente conectadas, explicando como as CNNs extraem e aprendem características importantes das imagens (RODRIGUES, 2018).

as CNNs são aplicadas em diversas tarefas de visão computacional, como reconhecimento de imagem, detecção de objetos e segmentação de imagens (LIMA, 2019). Destaque dos casos de uso em setores como medicina (MORAES; PEDRINI,), além de setores como agronegócio mostrando como as CNNs lidam com desafios específicos em cada domínio. A Figura 3 representa a estrutura de uma CNN.

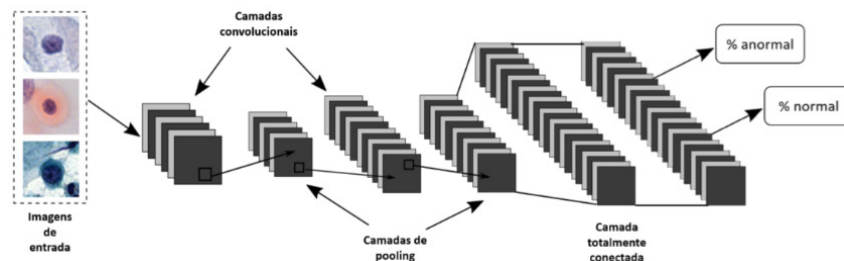


Figura 3 – Estrutura de uma CNN. Fonte: (ARAÚJO et al., 2017)

3.3 Ultrassonografia

A ultrassonografia, em termos gerais, seguiu os princípios definidos pelo desenvolvimento da acústica, especialmente em seus primórdios. Sua aplicação se deu em diversos contextos, como durante a II Guerra Mundial, quando foram desenvolvidos os sistemas de detecção subaquática (SONAR - Sound Navigation and Ranging). Na medicina, a ultrassonografia foi introduzida pela fisioterapia por meio do trabalho do pesquisador Raimar Pohlman (SEOANE; GARCIA; FROES, 2011). A Figura 4 aborda as diversas aplicações na medicina moderna.

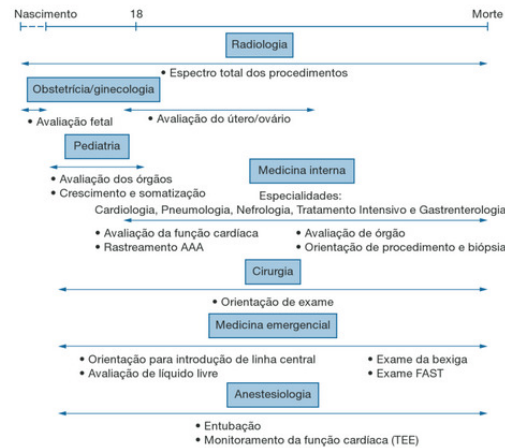


Figura 4 – Diversidade de Aplicações na Medicina Moderna Fonte: (LEVITOV; DALLAS; SLONIM, 2013)

Na Medicina Veterinária pode ser aplicada no músculo *Longissimus dorsi*, é uma técnica valiosa para avaliar a qualidade da carne de ovinos. Através dela, podemos medir a espessura da gordura subcutânea, a espessura do músculo e o índice de marmoreio, que são indicadores cruciais da qualidade da carne. Utilizando imagens de ultrassom, conseguimos visualizar esses aspectos de forma clara, o que é fundamental para determinar a AOL e EGS. Essas informações são essenciais para garantir a qualidade e a satisfação dos consumidores finais (JUNIOR, 2021). A Figura 5 apresenta a região do músculo *Longissimus dorsi*.

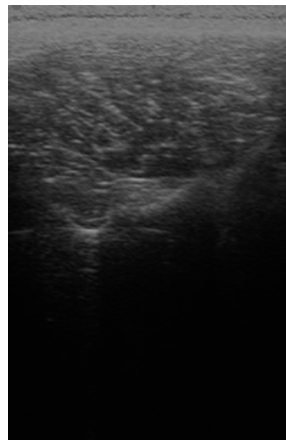


Figura 5 – Região do Músculo *Longissimus dorsi*.

4 Trabalhos Relacionados

O foco desta seção, será apresentar trabalhos relacionados ao tema de uma ferramenta de avaliação da qualidade de carcaça em ovinos utilizando ultrassonografia. Para realizar esse estudo foram considerados 4 critérios comparativos, no critério I são abordadas ao Animal de Estudo nas respectivas pesquisas, no critério II são apontados a Utilização de CNNs, o critério III aborda a Utilização de Imagens Ultrassonográficas, o critério IV Desenvolvimento de um software desktop avaliativo da qualidade da carcaça. A Tabela 1 apresenta uma comparação detalhada dos trabalhos, destacando os temas abordados com base em critérios específicos. Esta análise considera a metodologia adotada nos artigos selecionados, proporcionando uma visão abrangente das abordagens e dos resultados obtidos.

Tabela 1 – Quadro comparativo de trabalhos relacionados

Trabalhos Relacionados	I	II	III	IV
(BITTENCOURT, 2010)	Bovinos	Não	Não	Sim
(TIMM et al., 2021)	Bovinos	Não	Sim	Não
(HOFFMANN, 2015)	Grande Porte	Não	Não	Não
(OLIVEIRA et al., 2021)	Ovino e Caprino	Sim	Sim	Não
(JUNIOR, 2021)	Ovinos	Sim	Sim	Não
(SANTOS et al., 2019)	Coelhos	Não	Sim	Não
(JR et al., 2001)	Suínos	Sim	Não	Não
Este Trabalho	Ovinos	Sim	Sim	Sim

No trabalho de Bittencourt (2010), foi apresentada uma proposta para a classificação do acabamento gordural de carcaças bovinas. Este estudo descreve a implementação de um protótipo funcional capaz de adquirir imagens digitais de carcaças bovinas com o objetivo de segmentar o acabamento de gordura classificando as imagens por meio de redes neurais. A pesquisa foi conduzida em uma indústria frigorífica, onde foram coletadas 4.710 imagens. As amostras adquiridas foram submetidas a uma rede do tipo MLP, utilizando o algoritmo Levenberg-Marquardt (RANGANATHAN, 2004) para realizar a segmentação. Em seguida, essas imagens segmentadas foram reduzidas e submetidas a uma rede MLP, utilizando um algoritmo de retropropagação do erro, para classificar o acabamento de gordura em Magra, Gordura escassa, Mediana, Uniforme e Excessiva.

O estudo de Timm et al. (2021) apresenta uma metodologia para avaliar o acabamento de carcaças bovinas utilizando o dispositivo SAGABov (Embrapa, 2024) com imagens de ultrassonografia. Os animais selecionados em média de 8 à 15 animais, dos 187 novilhos do total, para o abate foram encaminhados para avaliação do grau de acabamento, utilizando tanto o dispositivo quanto a ultrassonografia. A ferramenta evidenciava a gordura corporal por meio de três indicadores de score: baixo, adequado e em excesso e a ultrassonografia mensurava a espessura de gordura da garupa. O dispositivo determinou que 64% tiveram o acabamento excessivo e 36% tiveram o grau adequado, expressando 6 a 8 mm de espessura de gordura e 2,5 a 4 mm, respectivamente. O estudo conclui que a dispositivo aliado a ultrassonografia é eficaz na prévia de acabamento de carcaça.

O estudo de Hoffmann (2015) teve como objetivo desenvolver uma aplicação para dispositivos móveis que integra técnicas de Inteligência Artificial, especificamente Raciocínio Baseado em Casos (RBC), com o propósito de auxiliar profissionais especialistas na área da saúde animal no diagnóstico de doenças e na tomada de decisões referentes aos animais. A

aplicação é voltada para animais de grande porte localizados em fazendas, permitindo que o dispositivo móvel seja utilizado de forma prática. O software móvel relaciona os cadastros básicos, alimentando as primeiras informações relevantes, em seguida é caracterizado a definição de casos e por fim é feito o tratamento a partir do modelo de RBC que baseia-se na resolução de novos problemas com base nas características de situações anteriores similares.

A pesquisa de [Oliveira et al. \(2021\)](#) propõe o desenvolvimento de um sistema avaliativo de carcaças de pequenos ruminantes por meio de imagens de ultrassonografia. Sua metodologia consiste na aquisição de uma base de imagens que será utilizada; em seguida, aplicam-se técnicas de pré-processamento, as imagens são redimensionadas para um tamanho quadrado (320 x 320) e (384 x 384) além do ajuste linear, escalar e transformação dos níveis de cinza dos pixels para se adequarem aos requisitos da CNN, espera valores entre 0 e 1, na base adquirida. Esse processo melhora o treinamento da rede utilizada para que seja possível classificar as imagens. O estudo busca automatizar o processo de segmentação do músculo *Longissimus dorsi*, abordando quatro modelos de CNNs com o objetivo de identificar qual delas apresentar melhor resultado ao processo de classificação, visando utilizar o processo de segmentação do músculo para realizar a predição dos valores AOL e EGS em trabalhos futuros.

O estudo de [JUNIOR \(2021\)](#) aborda a predição da área do músculo *Longissimus dorsi* a partir de imagens ultrassonográficas em ovinos. O trabalho propõe uma metodologia fundamentada na utilização do modelo U-Net ([ABDERRAHIM; ABDERRAHIM; RIDA, 2020](#)) para segmentação das imagens adquiridas pelo aparelho de ultrassom. Para realizar a avaliação das segmentações obtidas, utiliza as métricas de Dice e Interseção sobre União (IoU), que determinam a eficiência do algoritmo na segmentação da região de interesse. Em seguida, são empregados dois regressores, o *AdaBoostRegressor* ([SOLOMATINE; SHRESTHA, 2004](#)) e o *RandomForestRegressor* ([SMITH; GANESH; LIU, 2013](#)), para predizer o valor da característica AOL, extraída no processo de segmentação. Esta abordagem visa aprimorar a precisão e a confiabilidade na determinação da área do músculo em ovinos.

O estudo de [Santos et al. \(2019\)](#) estuda um método de avaliação da medida ultrassonográfica da carcaça do músculo *Longissimus dorsi* em coelhos utilizando modelo linear misto com covariáveis. O objetivo é avaliar e corrigir a região muscular usando modelos mistos, a pesquisa realiza análises considerando 4 abordagens, a inexistência de covariáveis; a covariável comprimento de AOL; a covariável profundidade de AOL; e as duas covariáveis juntas. O experimento utiliza critérios de decisão para avaliar a precisão da qualidade da carcaça. O artigo demonstra que os valores das estatísticas AIC, BIC e AICC proporcionam coerência em relação aos critérios e indicam que os modelos proporcionam resultados acurados. O experimento utiliza medidas ultrassonográficas de profundidade e comprimento que corrigem a medida da região do músculo.

O estudo [Jr et al. \(2001\)](#) realiza uma abordagem para a predição de características quantitativas de carcaças suínas utilizando a técnica de ultrassonografia em tempo real. A pesquisa utilizou 48 fêmeas suínas, além de analisar medidas ultrassônicas, especificamente a AOL e a Espessura de Toucinho, em diferentes tipos de cortes. O experimento desenvolve equações de predição por meio de regressões linear simples e múltipla com base nas medidas. Os regressores demonstraram 0,84 para músculos e 0,62 a 0,94 para o desvio-padrão residual pelo coeficiente de determinação R^2 , indicando uma alta correlação entre a técnica de ultrassonografia e as medidas nas carcaças suínas. Tornando o método preciso para prever as principais características da carcaça, incluindo a estimativa da quantidade de carne

presente e o rendimento de cortes.

Este projeto propõe um suporte para especialistas em rebanhos de pequenos ruminantes por meio da aplicação de técnicas avançadas, como CNNs e USG, com o intuito de criar uma ferramenta de interface gráfica para estimar métricas avaliativas precisas e não invasivas, além da integração de banco de dados para salvar e recuperar informações cadastradas pelas análises com o objetivo de controlar as coletas feitas, gerando relatórios com o intuito de ajudar no manejo do rebanho. O projeto almeja disponibilizar uma interface gráfica interativa permitindo que veterinários possam utilizar CNNs através de janelas interativas facilitando no processo de análise da região do músculo *Longissimus dorsi*, além de permitir a visualização e interpretação dos resultados. Isso possibilitará aos profissionais obterem informações relevantes sobre a qualidade da carcaça, ajudando na tomada de decisões em relação ao manejo do rebanho. A utilização dessa metodologia em ovinos amplia o escopo de estudos nessa área, contribuindo para o avanço do conhecimento científico, além de oferecer uma ferramenta prática para a evolução do setor zootécnico.

5 Esboço da Proposta

Nesta seção, será apresentada uma descrição da proposta deste pré-projeto, que se fundamenta no desenvolvimento de uma ferramenta de interface gráfica que aplica de técnicas de visão computacional para prever as métricas AOL, EGS e AOL30 na região muscular *Longissimus dorsi* em pequenos ruminantes, como ovinos. Utilizando as imagens de ultrassom capturadas dos animais, o projeto visa melhorar a precisão, a eficiência das medições, a produtividade dos processos envolvidos, e promover o bem-estar dos animais.

Para alcançar este objetivo, serão feitas algumas revisões sistemáticas para identificar no estado da arte a estimativa das métricas AOL, EGS e AOL30 do músculo *Longissimus dorsi* em pequenos ruminantes. A compreensão dessa pesquisa proporcionará uma base sólida para o desenvolvimento do modelo de aprendizado de máquina e garantirá que a ferramenta resultante esteja alinhada com as melhores práticas e avanços recentes na área.

Para que o modelo esteja preciso nas suas predições, serão realizadas algumas coletas de dados, que envolverá a obtenção de bases de dados contendo imagens ultrassonográficas reais de ovinos. Essas bases de dados deverão conter uma ampla variedade de raças, idades e condições dos animais. Com uma abrangência e diversidade dos dados serão fundamentais possibilitando uma robustez e uma maior precisão do modelo de aprendizado de máquina que será desenvolvido e validado a partir dessas informações.

Por fim, com o modelo de aprendizado de máquina treinado a partir da base de dados coletada será desenvolvido a ferramenta resultante submetida a uma rigorosa avaliação e validação, utilizando-se um conjunto de animais distintos daqueles empregados no treinamento, a fim de garantir a sua confiabilidade e eficácia em diversos cenários reais.

Da ferramenta, ela será desenvolvida utilizando a linguagem de programação capaz de suportar integração interface gráfica implementada por meio da bibliotecas disponibilizadas. Ela utilizará o modelo de aprendizado de máquina treinado para realizar a extração de valores métricos e a segmentação da região do músculo *Longissimus dorsi*. A integração dessas tecnologias permitirá a criação de uma aplicação robusta e eficiente, capaz de fornecer resultados precisos e detalhados de maneira acessível e intuitiva para os usuários.

A proposta deste pré-projeto visa no desenvolvimento de uma solução avançada, com fundamentos em visão computacional com a finalidade na estimativa das métricas AOL, EGS e AOL30 de ovinos. Com isso, é esperado que haja uma contribuição para uma pecuária mais moderna, eficiente e ética, ao mesmo tempo em que seja atendida às demandas da sociedade por produção animal sustentável e comprometida com o bem-estar dos animais.

5.1 Avaliação/Estudos de Caso

Para avaliar dos resultados do projeto será utilizado o *System Usability Scale(SUS)* (EPENDI; KURNIAWAN; PANJAITAN, 2019). O SUS é uma ferramenta amplamente aceita para medir a usabilidade de sistemas e interfaces, oferece uma maneira rápida e confiável de avaliar a satisfação do usuário e identificar áreas para melhoria. Consiste em um questionário de dez itens que os usuários respondem após interagir com um sistema ou produto. Cada item é avaliado em uma escala de Likert de cinco pontos, que varia de "Discordo fortemente" a "Concordo fortemente".

Para conseguir realizar a avaliação, serão seguidos algumas etapas para aplicar o SUS. Essas etapas consistem em: I - Quando usar o SUS; II - Escolha do mecanismo de coleta; III - Escolha dos participantes; e IV - Calcular a pontuação SUS. Cada etapa é de suma importância, esse processo deve ser repetido em diversas etapas do ciclo de vida da ferramenta para acompanhar a evolução e encontrar melhorias.

A primeira etapa do processo deve ser realizada em diferentes pontos do ciclo de vida do desenvolvimento do produto. Como mencionado, é essencial medir a percepção do usuário sobre a ferramenta a cada teste de usabilidade. Essa medição regular oferece uma visão contínua de como a usabilidade está progredindo ao longo do tempo. Neste projeto esse processo será feito a cada nova atualização ou versionamento da ferramenta.

A segunda etapa consiste no formato por onde serão feitas a coleta das respostas, que podem ser feitas sendo verbalmente, impressas ou usando ferramentas online, como por exemplo Google Forms, Suvey Monkey e TypeForm. Para este projeto será utilizado o ¹ por ser uma plataforma rápida e de fácil utilização.

A terceira etapa define a escolha dos participantes que irão responder ao questionário, os resultados são estatisticamente mais significativos se houver mais usuários para avaliar, pois conseguem abranger uma gama maior de respostas. Logo para a escolha dos participantes serão selecionados profissionais e especialistas na área da pecuária ou ovinocultura em diferentes regiões demográficas.

A quarta etapa consiste na realização do cálculo da pontuação SUS, os usuários avaliam em uma escala de concordância de 1 a 5 pontos, que varia de "discordo totalmente" a "concordo totalmente". Após responderem todas as afirmações, é feito o cálculo do escore que consiste no somatório da escala de concordância de todas as afirmações que é multiplicado por 2,5, gerando o valor do escore na escala do SUS. A pontuação varia de 0 a 100, sendo que pontuações mais altas indicam uma melhor usabilidade do sistema. A Equação 1 é utilizada para calcular o escore do SUS.

$$SUS = \left(\sum_{i=1}^{10} \text{Pontuação das afirmações} \right) \times 2,5. \quad (1)$$

¹ Google Forms <<https://docs.google.com/forms/>>

onde,

$$S_i = \begin{cases} \text{resposta do usuário} - 1 & \text{se } i \text{ é um item positivo,} \\ 5 - \text{resposta do usuário} & \text{se } i \text{ é um item negativo.} \end{cases} \quad (2)$$

Essas etapas permitirão uma avaliação detalhada ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento da ferramenta, assegurando que ela seja projetada de forma otimizada, interativa e com excelente usabilidade. A abordagem sistemática e contínua facilita a identificação e correção de problemas de usabilidade, promovendo melhorias constantes e alinhando o produto às necessidades dos usuários.

6 Metodologia e Cronograma

Nesta seção, será apresentada a metodologia para o desenvolvimento da ferramenta. A metodologia usada neste projeto para obtenção dos resultados consiste em: Pesquisa bibliográfica, Treinamento de modelos de CNNs, Segmentação das regiões de Interesse, Implantação e Otimização, e Validação dos Resultados. A Figura 6 representa o fluxograma pela metodologia apresentada.

O desenvolvimento da ferramenta será conduzido por meio de várias etapas distintas. Primeiramente, uma pesquisa bibliográfica será realizada para revisar a literatura existente sobre segmentação de músculos em animais, investigando diferentes arquiteturas de CNN utilizadas, bem como técnicas de pré-processamento e aumento de dados. Serão analisados estudos que abordam a segmentação de músculos em pequenos ruminantes, visando uma compreensão profunda das metodologias e técnicas atuais.

Na etapa de treinamento de modelos de CNNs, diferentes arquiteturas de CNN serão avaliadas para segmentação, como U-Net (SILVA, 2024) e SegNet (ALMEIDA; PISTORI; CARNEIRO,), considerando fatores como complexidade do modelo, requisitos de hardware, precisão e facilidade de implementação. A arquitetura que melhor balancear precisão e eficiência para o problema específico de segmentação do músculo *Longissimus dorsi* será selecionada.

A etapa de segmentação das regiões de interesse envolverá a implementação de técnicas de segmentação de imagens para identificar as regiões relacionadas às características do músculo *Longissimus dorsi*. Serão desenvolvidos algoritmos para mensurar as regiões segmentadas e validar a carcaça pelas medidas AOL, EGS e AOL30 obtidas pelo modelo obtidas com as informações da base de dados, com os resultados sendo comparados e analisados.

Na etapa de implantação e otimização, serão desenvolvidas as interfaces de usuário para a ferramenta e o modelo de aprendizado de máquina. O modelo treinado será otimizado para uso em tempo real, visando eficiência na segmentação da região de interesse e predição dos valores das métricas AOL, EGS e AOL30. A interface gráfica será otimizada utilizando conceitos de Interação Humano-Computador para garantir que seja rápida e acessível para usuários finais, como veterinários ou pesquisadores.

Por fim, a validação dos resultados consistirá na avaliação da usabilidade da ferramenta desenvolvida, utilizando o Sistema de Usabilidade de Software (SUS). Usuários selecionados preencherão o questionário SUS, e suas respostas serão coletadas e analisadas a partir do cálculo da pontuação. Uma pontuação igual ou superior a 68 será considerada como indicativa de boa usabilidade. A Tabela 2 mostra o cronograma a ser seguido para o desenvolvimento deste projeto.

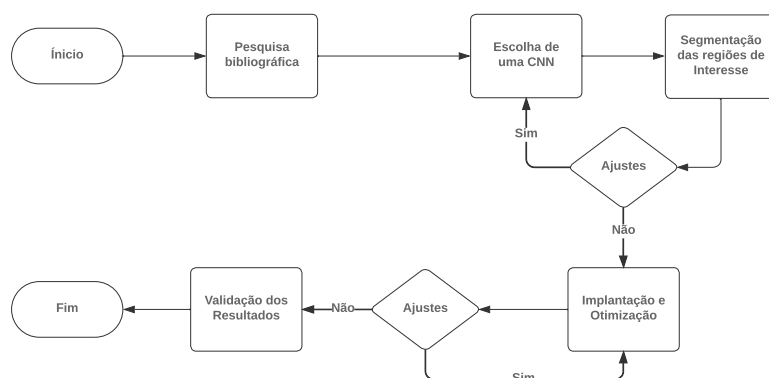


Figura 6 – Fluxograma da metodologia a ser seguida

Tabela 2 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês 1 e 2	Mês 3 e 4	Mês 5 a 8	Mês 9 e 10	Mês 11 e 12
Pesquisa bibliográfica	X				
Escolha de uma CNN	X				
Segmentação das regiões de Interesse		X			
Implantação e Otimização			X		
Validação dos Resultados			X		
Escrita de Monografia				X	
Apresentação					X

Referências

ABDERRAHIM, N. Y. Q.; ABDERRAHIM, S.; RIDA, A. Road segmentation using u-net architecture. p. 1–4, 2020. Citado na página 8.

ALMEIDAA, P. d. V. de; PISTORI, H.; CARNEIRO, A. M. Plano de trabalho: Segmentação de imagens de plantação de cana-de-açúcar usando segnet. Citado na página 11.

ARAÚJO, F. H. et al. Redes neurais convolucionais com tensorflow: Teoria e prática. *SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. III Escola Regional de Informática do Piauí. Livro Anais-Artigos e Minicursos*, Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, p. 382–406, 2017. Citado na página 5.

BARROS, N.; CAVALCANTE, A.; VIEIRA, L. d. S. Boas práticas na produção de caprinos e ovinos de corte. Sobral: Embrapa Caprinos, 2005., 2005. Citado na página 2.

BELAN, P. A. et al. Sistema de visão computacional para inspeção da qualidade de grãos de feijão. Universidade Nove de Julho, 2019. Citado na página 3.

Avaliação Final de TCC 01

ESTE DOCUMENTO DEVE SER PREENCHIDO PELO PROFESSOR AVALIADOR.

Este formulário será entregue junto com o pré-projeto impresso. Tal avaliação mais detalhada ajudará o aluno a evoluir seu trabalho futuro.

Professor, favor preencher antes da defesa apenas os nomes e a tabela de Avaliação Sobre o Documento.

Marque com um X a opção que melhor corresponde à sua avaliação.

Avaliação Sobre o Documento:

PARTE AVALIADA	RUIM	BOM	ÓTIMO
RESUMO			
INTRODUÇÃO			
OBJETIVOS			
REFERENCIAL TEÓRICO			
TRABALHOS RELACIONADOS			
PROPOSTA			
AVALIAÇÃO			
CRONOGRAMA			
ESCRITA EM GERAL			

Avaliação Sobre a Apresentação:

PARTE AVALIADA	RUIM	BOM	ÓTIMO
SEGURANÇA			
CLAREZA DE ARGUMENTAÇÃO			
TEMPO DE APRESENTAÇÃO			
SLIDES			

Nota :

BISSI, T. et al. Reconhecimento facial com os algoritmos eigenfaces e fisherfaces. Universidade Federal de Uberlândia, 2018. Citado na página [4](#).

BITTENCOURT, C. D. R. Classificação automática do acabamento de gordura em imagens digitais de carcaças bovinas. 2010. Citado na página [7](#).

- Cerebro E Mente. Arquitetura de rede neural. 1998. Disponível em: <<https://cerebromente.org.br/n06/tecnologia/rna.htm>>. Citado na página 5.
- Embrapa. *SAGABOV - Solução Embrapa*. 2024. Acesso em: 24 mai. 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5240/sagabov>>. Citado na página 7.
- EPENDI, U.; KURNIAWAN, T. B.; PANJAITAN, F. System usability scale vs heuristic evaluation: a review. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, v. 10, n. 1, p. 65–74, 2019. Citado na página 10.
- FERNEDA, E. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. *Ciência da Informação*, SciELO Brasil, v. 35, p. 25–30, 2006. Citado na página 5.
- FLECK, L. et al. Redes neurais artificiais: Princípios básicos. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, v. 1, n. 13, p. 47–57, 2016. Citado na página 5.
- FREITAS, A. C. B. de; QUIRINO, C. R.; BASTOS, R. Bem-estar de ovinos: Revisão. *Pubvet, PUBVET*, v. 11, p. 1–102, 2017. Citado na página 3.
- GERALDO, A. T. et al. Avaliação de carcaça de ovinos por ultrassonografia através de diferentes metodologias. In: *Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG*. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 3.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento de imagens digitais*. [S.l.]: Editora Blucher, 2000. Citado na página 4.
- HAYKIN, S. *Redes neurais: princípios e prática*. [S.l.]: Bookman Editora, 2001. Citado na página 5.
- HOFFMANN, K. Desenvolvimento de aplicação móvel para auxílio na tomada de decisão para a área de saúde animal. 2015. Citado na página 7.
- IBGE. Produção agropecuária de ovinos no brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>>. Citado na página 2.
- JR, W. M. D. et al. Predição de características quantitativas de carcaças de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. *Revista Brasileira de Zootecnia*, SciELO Brasil, v. 30, p. 1251–1257, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 8.
- JUNIOR, F. A. L. Predição da área do músculo longissimus dorsi a partir de imagens ultrassonográficas em ovinos utilizando visão computacional. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 6, 7 e 8.
- LEVITOV, A. B.; DALLAS, A. P.; SLONIM, A. D. *Ultrassonografia à beira do leito na medicina clínica*. [S.l.]: AMGH Editora, 2013. Citado na página 6.
- LIMA, K. K. d. S. Desenvolvimento e comparação de redes neurais convolucionais para classificação de objetos. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019. Citado na página 5.
- LIMA, L. R. de; FILHO, J. A. D. B. Impact of pre-slaughter management on the welfare of goats and sheep. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 1, n. 2, p. 52–60, 2013. Citado na página 3.

LOBÃO, F. S.; BAUCHSPIESS, A. Automatização da calibração de câmeras de baixo custo para uso em visão computacional. *Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (Setembro)*, Bauru, SP, 2003. Citado na página 2.

LULIO, L. C. *Técnicas de visão computacional aplicadas ao reconhecimento de cenas naturais e locomoção autônoma em robôs agrícolas móveis*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2011. Citado na página 2.

MATEUS, R. A. d. A. Identificação de suspeitos: Sistemas de videovigilância na guarda nacional republicana. 2023. Citado na página 4.

MELO, C. M. et al. Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por vant e uso de fotogrametria digital. *Ambiente Construído*, SciELO Brasil, v. 18, n. 3, p. 211–226, 2018. Citado na página 4.

MILANO, D. de; HONORATO, L. B. Visão computacional. *Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas*, 2010. Citado na página 2.

MORAES, T. F. de; PEDRINI, H. Segmentação de nódulos pulmonares baseada em redes neurais convolucionais (cnn). Citado na página 5.

MORENO, G. et al. Rendimentos de carcaça, composição tecidual e musculosidade da perna de cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em dois níveis de concentrado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, SciELO Brasil, v. 62, p. 686–695, 2010. Citado na página 3.

MOTA, G. A. S. P. Estudo do uso de processamento digital de imagens na determinação do acúmulo de borracha em pistas de pousos e decolagens. 2021. Citado na página 4.

MOURA, S. V. de; FELIX, S. R.; SILVA, É. F. da. Correlation of sheep welfare and behavior with meat quality: a review. *Science and Animal Health*, v. 5, n. 1, p. 57–70, 2017. Citado na página 2.

NARDES, H. W. Contagem de gado nelore usando visão computacional em imagens aéreas. *Revista Saúde Dos Vales*, v. 8, n. 1, 2023. Citado na página 3.

NETO, O. A. O brasil no mercado mundial de carne bovina: análise da competitividade da produção e da logística de exportação brasileira. *Ateliê Geográfico*, v. 12, n. 2, p. 183–204, 2018. Citado na página 3.

NUNES, M. P. d. M. Utilização da ultrassonografia para predição de características de carcaça em ovinos. 2023. Citado na página 3.

OLIVEIRA, T. M. et al. Segmentação de imagens de ultrassonografia da carcaça em pequenos ruminantes utilizando deep learning. In: SBC. *Anais do XIV Encontro Unificado de Computação do Piauí e XI Simpósio de Sistemas de Informação*. [S.l.], 2021. p. 144–151. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 8.

OSÓRIO, J. C. da S. et al. Critérios para abate de ruminantes e a qualidade da carne. *II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES*, v. 636, p. 107, 2013. Citado na página 3.

OSÓRIO, J. d. S. et al. Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças. *Pelotas: Universidade Federal de Pelotas*, 2002. Citado na página 2.

- PEREIRA, C. C. O. Principais métodos de avaliação da carcaça ovina: revisão de literatura. Brasil, 2016. Citado na página 2.
- QUEIROZ, J. E. R. de; GOMES, H. M. Introdução ao processamento digital de imagens. *Rita*, v. 13, n. 2, p. 11–42, 2006. Citado na página 4.
- RANGANATHAN, A. The levenberg-marquardt algorithm. *Tutorial on LM algorithm*, v. 11, n. 1, p. 101–110, 2004. Citado na página 7.
- ResearchGate. Etapas de processamento de imagens. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Etapas-de-processamento-de-imagens_fig1_235954278>. Citado na página 4.
- RODRIGUES, D. A. Deep learning e redes neurais convolucionais: reconhecimento automático de caracteres em placas de licenciamento automotivo. Universidade Federal da Paraíba, 2018. Citado na página 5.
- ROESLER, V. et al. Minicursos do xxiv simpósio brasileiro de sistemas multimídia e web. *Sociedade Brasileira de Computação*, 2018. Citado na página 4.
- SANTOS, N. et al. Correção de medida ultrassonográfica de carcaça em coelhos usando modelo linear misto com covariáveis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, SciELO Brasil, v. 71, p. 473–480, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 8.
- SEOANE, M. P. dos R.; GARCIA, D. A. A.; FROES, T. R. A história da ultrassonografia veterinária em pequenos animais. *Archives of Veterinary Science*, v. 16, n. 1, p. 54–61, 2011. Citado na página 6.
- SILVA, E. I. C. da. Efeitos da raça e do manejo nutricional sobre as características de qualidade da carcaça e da carne em ovinos. 2024. Citado na página 2.
- SILVA, L. F. d.; PIRES, C. C. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, SciELO Brasil, v. 29, p. 1253–1260, 2000. Citado na página 3.
- SILVA, M. O. Preenchimento de imagens usando rede neural profunda (unet). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2024. Citado na página 11.
- SMITH, P. F.; GANESH, S.; LIU, P. A comparison of random forest regression and multiple linear regression for prediction in neuroscience. *Journal of neuroscience methods*, Elsevier, v. 220, n. 1, p. 85–91, 2013. Citado na página 8.
- SOLOMATINE, D. P.; SHRESTHA, D. L. Adaboost. rt: a boosting algorithm for regression problems. v. 2, p. 1163–1168, 2004. Citado na página 8.
- SOUZA, S. F. d. et al. Aplicação da ultrassonografia para avaliação de condição corporal e acabamento de carcaça em pequenos ruminantes. *Ciênc. vet. tróp*, p. 34–42, 2016. Citado na página 2.
- SOUZA, W. de et al. Resultado final do iv teste de desempenho de ovinos da raça santa inês. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João ... , 2006. Citado na página 2.

TIMM, A. P. P. et al. Avaliação do acabamento de carcaça em bovinos da raça angus com a utilização do dispositivo sagabov aliada a ultrassonografia de carcaça no período pré abate. UFPel, 2021. Citado na página [7](#).

VIANA, J. G. A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no brasil. *Revista Ovinos*, v. 4, n. 12, p. 44–47, 2008. Citado na página [2](#).

ZAFFARI, C. A. et al. Visualização e processamento digital de imagens médicas. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2006. Citado na página [4](#).