

**Sistema para Reconhecimento de Bovinos Baseado em
Visão Computacional**

Chamada MCTIC/CNPq N° 28/2018 - UNIVERSAL

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul - UEMS

08/2018
Campo Grande-MS

Sistema para Reconhecimento de Bovinos Baseado em Visão Computacional

RESUMO

A pecuária de precisão utiliza tecnologias para melhorar os índices produtivos. Dentre essas tecnologias destacamos a visão computacional, cuja finalidade é extrair características de imagens e interpretá-las. Uma das aplicações da visão computacional na pecuária de precisão pode ser na identificação de bovinos, sendo que nessa tarefa apresenta como vantagem ser um método não invasivo, permite ainda auxiliar no manejo do rebanho, em especial, no apoio a nutrição, no controle de doenças, rastreabilidade, atendendo assim as exigências dos consumidores quanto às informações de origem dos produtos. Um sistema computacional baseado em visão computacional, cujo objetivo é identificar bovinos por meio de dados biométricos, pode exigir coleta de informações específicas que diferencia um animal do outro, como também, considerar a raça do animal e a finalidade da criação. Por outro lado, o emprego da aprendizagem profunda, uma das técnicas de visão computacional, pode alcançar resultados satisfatórios na mesma tarefa sem a exigência de coleta de informações específicas, bastando informar ao sistema computacional exemplos de imagens de um determinado bovino.

Palavras-chave: Pecuária de precisão, bovinos, identificação, visão computacional.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta proposta é analisar e desenvolver um método baseado em visão computacional e algoritmos de aprendizagem de máquinas com o intuito de permitir a **identificação individual**. Dessa forma, atenderia às exigências de rastreabilidade exigida por mercados importadores, como também, permitiria a evolução de algoritmos e técnicas de visão computacional.

1.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, pretende-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Criar um banco de imagens de bovinos;
- Selecionar as principais técnicas baseadas em visão computacional, para tratar as imagens de bovinos com objetivo de identificar padrões nas imagens que possam ser utilizados na identificação;
- Definir métodos baseado em visão computacional e aprendizagem de máquina que possa identificar bovinos
- Executar experimentos com o método proposto sobre obanco de imagens dinâmico;
- Realizar análise dos resultados;
- Transferir o conhecimento obtido por meio de publicações em eventos e revistas técnico-científicos.

2. INSTITUIÇÕES INTEGRANTES E PARCEIRAS

A equipe será composta pelo orientador o Dr. Urbano Gomes Pinto De Abreu, pesquisador da Embrapa Pantanal Corumbá - MS e docente do Mestrado em Zootecnia da UEMS (Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul), o Dr. Hemerson Pistori, coordenador do grupo de pesquisa Inovisão e docente do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento Local da UCDB (Universidade Católica Dom Bosco) e do Doutorado em Computação pela UFMS (Universidade Federal do Mato Grosso do Sul), Fabricio de Lima Weber mestrando em Zootecnia pela UEMS, Vanessa Aparecida de Moraes Weber doutoranda em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária da UCDB e a Fazenda São Bento localizada no Pantanal Sul-Matogrossense, local no qual serão desenvolvidos testes práticos do experimento

Através do Inovisão grupo de pesquisa da UCDB composto por pesquisadores, professores, alunos e empresários mescla profissionais multidisciplinares e tem por objetivo a associação entre pesquisa, desenvolvimento e inovação direcionados para projetos de visão computacional nas áreas de agricultura, piscicultura, pecuária, perícia forense, cana de açúcar e outros (GONÇALVES et al., 2016; PISTORI E SILVA, 2016; BORTH et al., 2016), o aporte para o desenvolvimento das técnicas necessárias e pesquisa em questão.

3. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

O setor da pecuária é um importante elemento do sistema agroindustrial do Brasil. Em 2017, de acordo com o relatório anual da ABIEC, a pecuária foi responsável por uma geração de riquezas de R\$ 523,25 bilhões um crescimento de 3,6% em relação a 2016. Ainda segundo o relatório anual o movimento do agronegócio da pecuária de corte em 2017 gastou com insumo e serviços para produção o montante de R\$61,12 bilhões e com um faturamento total na pecuária de 96,06 bilhões (ABIEC, 2018).

Os mercados importadores, por sua vez, exigem a certificação da carne, processo este que requer que toda produção seja inserida em um programa de identificação e registro para acompanhar as informações inerentes ao animal, do nascimento ao consumo do produto final (CÁCERES et al., 2011).

A rastreabilidade bovina está inserida no contexto da Pecuária de Precisão, que de acordo com Cáceres et al. (2011) é definida como uma prática de manejo de rebanhos bovinos em que as tecnologias de informação e comunicação (TICs) são usadas para garantir boas práticas de produção de carne. A Pecuária de Precisão proporciona a coleta de dados específicos do indivíduo, como por exemplo, áreas de pastagens, histórico de pesagem e avaliação nutricional, de doenças e sanidade animal, como também, a aprovação em todas as etapas de produção da carne (CÁCERES et al., 2011). Dessa forma, com um controle individualizado e específico, é possível aumentar a produtividade minimizando os impactos ambientais e sociais.

Uma forma de rastreabilidade utilizada pelo setor pecuário é o RFID (Radio-Frequency IDentification), uma tecnologia para controlar e rastrear objetos por meio de sinais de rádio, possibilitando o armazenamento e recuperação de dados (LI; CHEN; LING, 2013). No entanto, o extravio da etiqueta anexada ao animal em forma de brinco ou bólus e a necessidade de proximidade do animal para leitura dos dados são problemas que podem causar custo adicional e prejudicar a rastreabilidade.

Bowling et al. (2008) apresentam vários métodos que favorecem a rastreabilidade animal, como por exemplo, tatuagens, marcas com ferro quente, métodos eletrônicos que implementam tecnologias de identificação por radiofrequência (como bolus do rúmen, marcas auriculares e transponders injetáveis) e métodos biométricos (como retina digitalização, nariz e ADN). Apesar das técnicas serem eficazes dentro de contextos específicos, elas se mostram, em muitos casos, invasivas e podem prejudicar o manejo adequado dos animais contradizendo os princípios da Pecuária de Precisão.

Nesse contexto, propõe-se método apoiado por visão computacional e algoritmos de aprendizagem de máquinas com o intuito de permitir a identificação individual de bovinos.

Contudo, observa-se a necessidade de revisão sistemática da literatura, com o objetivo de identificar, avaliar e interpretar pesquisas existentes no escopo desta proposta. A partir desse conhecimento, pretende-se evoluir técnicas identificadas, ou propor novas técnicas, baseadas em visão computacional e algoritmos de aprendizagem de máquinas, para o desenvolvimento da proposta.

4. INOVAÇÃO E/OU ORIGINALIDADE DESTACADA NO PROJETO

Desenvolver uma pesquisa baseada em técnicas de visão computacional que atenda o mercado interno fornecendo ao pecuarista uma maneira mais rápida, simples e eficaz de reconhecer o animal, tornando mais ágil a produção de gado de corte extensivo por meio do rastreamento.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Cenário da Produção de Carne Brasileira

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de carne bovina do mundo, grande parte das riquezas e empregos gerados pela pecuária brasileira fazem parte desta cadeia produtiva (DA SILVA, 2013). O país tem batido recordes de produção na pecuária, resultado do uso de tecnologia e de conhecimento (PEREIRA et al., 2005). Assim também, os pecuaristas têm direcionado esforços em busca de modelos de produção que aumentem as taxas de capacidade das áreas já utilizadas.

Com o rebanho de 221,81 milhões de cabeças de gado divididos em 164,96 milhões de hectares, que representa aproximadamente 1,34 cabeças por hectare. Totalizando 39,2 milhões de cabeças abatidas, o volume final da carne produzida alcançou 9,71 milhões de toneladas, desses 20% foi exportada e 80% ficaram para abastecimento interno, fazendo assim uma distribuição de 37,5 quilos de carne bovina por habitantes em 2017 (ABIEC, 2018).

Diante disso, o setor representa extrema importância para economia do país e o progresso nas metodologias para criação e abatimentos de bovinos tende a impulsionar ainda mais a economia, conseqüentemente, tornando o sistema produtivo como um todo mais forte e robusto.

5.2 Pecuária de Precisão

Atualmente a criação de gado começa a ser entendida como um processo empresarial (BARBOSA, 2004), que tem como objetivo a diminuição de custos e a otimização do lucro (BORTOLUZZO, 2011). Todavia para atingir certo rendimento, também é necessário levar em conta o tempo necessário do bovino

no pasto para que obtenha um peso ideal (BIANCHINI et al., 2008), o que afeta diretamente o seu custo. A identificação dos animais se torna de suma importância para no manejo, que ocasionam progressos zootécnicos, controle e economia da produção, no Brasil o sistema de identificação mais utilizado são os brincos auriculares (LOPES, 2013).

O apontamento dos animais realizado pelos funcionários da fazenda, como único artifício para determinar a lida com o rebanho, está tornando-se cada vez mais inviável, diante do crescimento dos sistemas de produção e dos problemas com escassez de mão de obra. Sem dúvida, impulsiona a busca por novas demanda de tecnologias de precisão, como o monitoramento automático de especificações individuais dos animais. Os dados gerados por estas tecnologias precisam de auxílio para apontamento dos dados que a serem analisados, que possa tornar mais ágil a tomada de decisões pelos pecuaristas (EMBRAPA, 2014).

Entretanto o ramo de criação bovina a forma de manejo, sexo, raça, temperatura do ambiente, nutrição, bem-estar do animal entre outras que são capazes de frustrar o êxito destas técnicas, dado que muitas delas não podem ser fiscalizadas. O planejamento de manejo e rotinas de serviços são tarefas essenciais para criação de gado de corte, tornando-se um item essencial para um plano de ações para pecuária de cria, recria e engorda (SILVA, 2010).

Assim o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie os pecuaristas quanto a necessidade de disponibilizar um funcionário para inspecionar os animais da propriedade, de maneira mais rápida e eficaz.

5.3 Visão Computacional

O sistema visual humano não tem dificuldade em interpretar imagens em relação as suas variações sutis na translucidez e sombreamento. Percebemos a estrutura tridimensional do mundo, as cores, profundidade, e as emoções nas pessoas à nossa volta com aparente facilidade. Todo esse complexo processo de reconhecimento, em suma, é realizado pela captura da luz pelos nossos olhos e interpretado pelo cérebro por meio de reconhecimento de padrões, contexto, memória e emoções (FORSYTH; PONCE, 2012).

A visão computacional é uma área da ciência da computação que emprega um conjunto de técnicas para adquirir, processar e analisar imagens a fim de reproduzir em sistemas a capacidade humana da visão e assim ajudar em análises do ambiente ou objeto (JAHNE; HAUBECKER, 2000). A obtenção das imagens, geralmente são por meio de dispositivos eletrônicos, como câmeras fotográficas e filmadoras digitais (SOUZA, 2010), após a captura, algumas etapas de processamento são realizadas para obter informações úteis da imagem a fim

de atingir um determinado objetivo específico, como por exemplo, o reconhecimento e classificação de animais.

A etapa de pré-processamento tem o objetivo de aumentar a qualidade da imagem para que etapas posteriores não sejam prejudicadas devido a interferências e imperfeições. Nessa etapa, são realizados os processos de redução de ruído e realce da imagem. Após a etapa de pré-processamento é realizada a segmentação da imagem aplicando técnicas para extrair objetos de interesse (SZELISKI, 2010), esses objetos são definidos de acordo com o escopo e objetivo da aplicação que fará uso deles. A próxima etapa é extrair informações que permitam a caracterização dos objetos de interesse, de modo que as características extraídas possam ser reconhecidas matematicamente e observadas em objetos semelhantes (QUINTA, 2013). Por fim, técnicas de aprendizagem automática são aplicadas para criar uma base de conhecimento sobre os objetos de interesses extraídos na etapa anterior, para que, analisados de forma automática, futuros objetos possam ser identificados e reconhecidos a partir de conhecimento de grupos de objetos já existentes.

5.4 Trabalhos Relacionados

A visão computacional pode ser empregada em uma série de aplicações computacionais dentro das mais diversas áreas. Na agricultura, por exemplo, Machado et al. (2016) propõe uma metodologia de processamento de imagem para medir o dano foliar em folhas de soja, seus resultados demonstraram que a quantificação do dano foliar com o uso do método tem precisão comparável à de especialistas humanos. No mesmo contexto, SILVA et al. (2015) emprega técnicas de visão computacional para classificação de insetos que causam danos em plantações de soja. A fim de melhorar a produtividade na produção de etanol propondo uma aplicação que pode auxiliar no controle regular de leveduras e bactérias durante o processo de fermentação, Quinta et al. (2010) utilizou técnicas de visão computacional para reconhecer e contar leveduras, seus resultados apontaram uma taxa de acerto de até 98%.

Na Pecuária de Precisão esforços estão sendo concentrados para melhorar o manejo e aumentar a produtividade. O trabalho de Kumar et al. (2016) apresenta um sistema computacional para reconhecimento de gado baseado nas características primárias do padrão de imagem do focinho do animal, o objetivo é evitar extravios e reivindicações falsas de seguro. Nessa mesma linha Gimenez (2015) também apresenta um método de reconhecimento animal baseado nas características do focinho, neste trabalho é apresentado um método que utiliza a divisão do espelho nasal de bovinos em classes genéricas para melhorar o

reconhecimento biométrico automático. Por fim, Porto et al. (2013) utiliza a visão computacional para detectar problemas de comportamento que podem ocasionar diminuição na produção de leite de vacas leiteiras.

Em outros segmentos também há proposta de uso e aprimoramento de técnicas de visão computacional. Os trabalhos de Borth et al. (2016) e Freitas et al. (2016) apresentam uma abordagem que permite a identificação e classificação de espécie de peixes. Esses trabalhos podem auxiliar na quantificação de espécies durante a época de migração.

Inúmeras possibilidades podem ser elencadas para a aplicação da visão computacional. Embora avanços significativos tenham ocorridos nos últimos anos, o que se observa é que a maioria dos trabalhos, apesar de possuírem uma abordagem prática, propõe aprimoramentos ou combinações de técnicas de visão computacional que envolve a classificação, processamento de imagens, aplicação de filtros e segmentação, como também, utilização de abordagens diferentes de algoritmos de aprendizagem de máquina.

Uma das técnicas de aprendizagem automática usando o OpenCV que é uma biblioteca de código aberto com diversos algoritmos de visão computacional para processamento de imagem e vídeos, onde podemos encontrar a detecção e reconhecimento de faces usando classificadores em cascata baseados em recursos Haar (Viola & Jones) sendo determinado pela subtração dos valores de pixel da região escura com valores de pixel da região clara, utilizado para detecção de objetos, através do estudo baseado em aprendizado de máquina, está função de treinada com um grande banco de imagem positivas e negativas, utilizadas para aprendizado e comparação da imagem real.

Identificação de bovinos por impressão de focinho, ou impressão de nariz, é investigado desde 1921, podendo ser considerado semelhante a impressão digital no humanos (AWAD, HASSANIEN, ZAWBAA, 2013). Sistema de reconhecimento baseado em biometria animal é um sistema que usa reconhecimento de padrões, extrai características biométricas mais evidentes da imagem morfológica, características biométricas e principalmente fisionomia fenotípicas de diferentes espécies ou animais individuais (KUMAR, et al., 2018). Coulon (2009) cita a dificuldade de reconhecimento de animais individualmente utilizando características de pelagem, propondo novas pesquisa que usassem reconhecimento fácil.

Técnicas de visão computacional estão sendo aplicadas para reconhecimentos de pequenos animais, utilizando banco de dados de rostos de animais de estimação aplicando a similaridade do OneShot (OSS), técnicas de comparação baseadas na métrica de distância e classificação dos recursos

extraídos usando o aprendizado Incremental Support Vector Machine (I-SVM) (KUMAR, 2016).

Os trabalhos desenvolvidos pelo Inovisão através do grupo PECVC, onde usam sistemas de visão computacional aplicados à pecuária de precisão, podemos listar as seguintes pesquisas: Predição de Massa de Bovinos; Tipificação de Carcaças Bovina usando Redes Convolucionais Profundas; Combinação de Superpixel e Redes Convolucionais para Segmentação de Bovinos; Redes Convolucionais Profundas para Análise de Comportamento de Ingestão em Bovinos e Características Morfológicas de Bovinos de Importância para Sistema de Visão Computacional poderão auxiliar e embasar esta pesquisa.

No entanto, existe a possibilidade de evoluir algoritmos e técnicas específicas de visão computacional para propor novos métodos que consigam resultados satisfatórios e produtos inovadores, fundamento o objetivo desta proposta de trabalho.

6. METODOLOGIA

A primeira etapa desta proposta se concentra em realizar uma revisão sistemática sobre o assunto abordado (KITCHENHAM, 2004). As fases desta revisão se concentram em: a) planejamento - definem as perguntas da pesquisa, critérios de seleção de trabalhos, definição de base de dados para busca de trabalhos científicos, critérios de seleção de trabalhos e, ameaças a pesquisa proposta; b) condução – nessa fase elencam-se as pesquisas descartadas acompanhadas da justificativa, as pesquisas selecionadas são utilizadas para responder as questões de pesquisa proposta na fase anterior; c) relatório – é realizado para apresentar os resultados da condução da revisão sistemática.

Em uma próxima etapa será conduzida uma prospecção tecnológica de patentes para identificar produtos e processos registrados nas principais bases internacionais e no INPI.

Com o objetivo de identificar as necessidades do público alvo, pretende-se realizar entrevistas com profissionais da pecuária, como também, conhecer o processo desde o manejo do animal no campo até o produto final disponibilizado para o consumo.

A próxima etapa consiste em criar o banco de imagens de bovino de forma que possa ser atualizado em tempo real com as características capturada. Para isso, pretende-se instalar uma estação de coleta de imagens no ambiente real, equipadas por câmeras e outros equipamentos que permitam a captura da imagem do bovino. As imagens capturadas serão gerenciadas por uma aplicação de software que facilite a manipulação dos dados.

Após a obtenção das imagens, os esforços se concentraram em selecionar as principais técnicas de visão computacional para tratar as imagens dos bovinos com o objetivo de extrair dados e características necessárias que auxiliem na identificação de padrões nas imagens que possam ser utilizados na identificação e rastreabilidade. Nessa etapa serão realizados estudos sobre técnicas de reconhecimento de padrões, análise e implementação de algoritmos de pré-processamento de imagens, segmentação e extração de atributos.

Em uma próxima etapa é necessário analisar algoritmos de aprendizagem automática para executar experimentos sobre o banco de imagens a fim de possibilitar o uso de classificadores para fazer a identificação e rastreamento do bovino. A partir disso, espera-se gerar uma base de conhecimento de identificação e rastreamento de bovino.

Em posse da base de conhecimento, desenvolver um método instanciado em uma aplicação de software que possa fazer a identificação e rastreamento do bovino em tempo real. Essa fase consiste em utilizar métodos de Engenharia de Software que permita o desenvolvimento de uma aplicação que priorize a escalabilidade.

Finalmente, transferir o conhecimento obtido por meio de publicações em eventos e revistas técnico-científicas, como também, verificar a possibilidade de registro de software e patente.

7. ATIVIDADES E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

A Tabela 1 apresenta o cronograma proposto para este trabalho com a distribuição das atividades supracitadas de forma semestral em um período de quatro anos.

Atividade	Ano 1				Ano 2			
Revisão Sistemática	x							
Implementação e instalação da estação de coleta de imagens		x						
Captção de imagens de bovinos e implementação do banco de imagens.		x	x					
Compreender, Analisar e implementar algoritmos de pré-processamento.			x	x	x			
Compreender, Analisar e implementar se necessário algoritmos de segmentação.			x	x	x			

Estudo de técnicas de reconhecimento de padrões.			x	x	x			
Compreender, Analisar e implementar algoritmos de extração de atributos			x	x	x			
Estudar e aplicar algoritmos de aprendizagem automática.			x	x	x			
Geração de uma base de conhecimento					x	x		
Definição e desenvolvimento de um método de identificação e rastreamento de bovino em tempo real.				x	x	x	x	
Transferência de conhecimento		x	x	x	x	x	x	x
Verificar a possibilidade de registro de software e patente.								x

8. RESULTADOS ESPERADOS, PRODUTOS E AVANÇOS

Espera-se com a aplicação das técnicas adequadas de visão computacional e aprendizagem de máquinas, desenvolver um método que permita a identificação individual de bovinos. Dessa forma, pode-se apoiar a Pecuária de Precisão e, com a evolução de algoritmos e técnicas de visão computacional, contribuir com a comunidade científica.

9. IMPACTOS E BENEFÍCIOS

O Sistema proposto por este trabalho tem como finalidade beneficiar toda a cadeia produtiva da criação de bovinos do Estado de Mato Grosso do Sul pois, com a pesquisa poderá ser auxiliado no desenvolvimento de ferramenta, onde as partes terão uma melhor agilidade para reconhecimento do animal em qualquer fase de sua vida, proporcionalizando maior ganho financeiro, beneficiando diretamente os consumidores finais com uma carne de melhor qualidade e um animal com melhor bem-estar. Por consequência, uma melhora no sistema de reconhecimento de animais, também contribuirá para a sustentabilidade ambiental decorrente do menor tempo do gado no pasto, diminuindo assim a emissão de gases no meio ambiente, beneficiando diretamente toda a sociedade sul mato mato-grossense, brasileira e mundial.

10. REFERÊNCIAS

ABIEC. *Perfil da Pecuária no Brasil: relatório anual 2018*. [S.l.], 2018.

AMORIM, W. P.; PISTORI, H.; JACINTO, M. A. C. A comparative analysis of attribute reduction algorithms applied to wet-blue leather defects classification. In: *XXII SIBGRAPI*. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.], 2009.

AWAD, A. I.; HASSANIEN, A. E.; ZAWBAA, H. M. A Cattle Identification Approach Using Live Captured Muzzle Print Images. Images. In: Awad A.I., Hassanien A.E., Baba K. (eds) *Advances in Security of Information and Communication Networks. Communications in Computer and Information Science*, v. 381. Springer, Berlin, Heidelberg, (2013).

BIANCHINI, W. et al. Crescimento e características de carcaça de bovinos superprecoces Nelore, Simental e mestiços. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal - RBSPA*, v. 9, n. 3, 2008. Dissertação de Mestrado - UNESP/FMVZ.

BORTOLUZZO, A. B. Tempo ideal para abate de gado de corte via maximização do lucro. *Insper Working Paper*, 2011.

BORTH, M. et al. Classificação de espécies de peixe usando inferência gramatical no reconhecimento de padrões em problemas de visão computacional. In: *Proceedings of X Workshop de Tecnologia Adaptativa*. [S.l.: s.n.], 2016. (WTA 2016).

BOWLING, M. et al. Review: Identification and traceability of cattle in selected countries outside of north america. *The Professional Animal Scientist*, v. 24, n. 4, p. 287– 294, 2008. ISSN 1080-7446.

CÁCERES, E. N. et al. Computational precision livestock - position paper. In: *II Workshop of the Brazilian Institute for Web Science Research*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.

COULON; M; DEPUTTE, B. L.; HEYMAN, Y; BAUDOIN, Y. Individual Recognition in Domestic Cattle (*Bos taurus*): Evidence from 2D-Images of Heads from Different Breeds. *Plos One* E 4(2): e4441. doi:10.1371/journal.pone.0004441, (2009).

DA SILVA, D.G.; FLORIT, L.F. Notas sobre as implicações socioeconômicas, ambientais e éticas da ocupação do território e a transformação da paisagem pela pecuária no Brasil. *Anais: Seminário de Desenvolvimento Regional, Estado e Sociedade*, v. 1, n. 1, 2013.

EMBRAPA. Gado de Corte no Pantanal. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pantanal, Corumbá – MS. EMBRAPA, 2012. Disponível em: <
<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000017-ebook-pdf.pdf>>.

EMBRAPA. Pecuária de Precisão em Saúde e Comportamento Alimentar. *Revista Leite Integral*, 2014 Disponível em <
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1013697/1/Cnpgl2014LeiteIntegralPecuaria.pdf>>.

FORSYTH, D. A.; PONCE, J. *Computer Vision a modern approach*. New Jersey, USA: Pearson Education, Inc, 2012.

FREITAS, U. et al. Using color for fish species classification. In: *ALIAGA, D. G. et al. (Ed.). Proceedings...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016.

GIMENEZ, C. M. Identificação biométrica de bovinos utilizando imagens do espelho nasal. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2015.

GOMES, A. Aspectos da cadeia produtiva do couro bovino no Brasil e em Mato Grosso do Sul. In: *REUNIÕES TÉCNICAS SOBRE COUROS E PELES*, 2001, Campo Grande, MS. Palestras e proposições. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2002. p. 61-72. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 127).

JACINTO, M. A. C. et al. *Aspectos qualitativos do couro de novilha orgânica do Pantanal Sul-Mato-Grossense*. [S.l.], 2005. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 33).

JAHNE, B.; HAUBECKER, H. *Computer vision and applications: a guide for students and practitioners*. Academic Press, 2000.

KITCHENHAM, B. *Procedures for Performing Systematic Reviews*. [S.l.], 2004.

S. Kumar, S.K. Singh, Monitoring of pet animal in smart cities using animal biometrics, *Future Generation Computer Systems*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.12.006>, 2016.

KUMAR, S. et al. Poster: A real-time cattle recognition system using wireless multimedia networks. In: *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services Companion*. New York, NY, USA: ACM, 2016. (MobiSys '16 Companion), p. 48–48. ISBN 978-1-4503-4416-6.

KUMAR, S.; PANDEY, A.; SATWIK, K. S. R.; KUMAR, Sunil; SINGH, S. K.; SINGH, A. K.; MOHAN, A. Deep learning framework for recognition of cattle using muzzle point image pattern, *Measurement*, Volume 116, 2018, Pages 1-17, ISSN 0263-2241.

LOPES, M. A.; SILVA, M. D.; DEMEU, A. A.; GOMIDE, D. R. Custo da implantação e utilização de dois métodos de identificação de bovinos leiteiros. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 60, n.6, p. 757-764, nov/dez, 2013. ISSN: 2177-3491.

MACHADO, B. B. et al. Bioleaf: A professional mobile application to measure foliar damage caused by insect herbivory. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 129, p.44 – 55, 2016. ISSN 0168-1699.

MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO). *Brasil Projeções do Agronegócio 2015/2016 a 2025/2026*. [S.l.], 2016.

MEDEIROS, E. M. C. et al. *Couro Bovino: Qualificação para Valorização*. [S.l.], 2006. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 158).

PEREIRA, M. d. A. et al. *Cadeia Produtiva do Couro Bovino: Oportunidades e Desafios*. [S.l.], 2005. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 153).

PORTO, S. M. et al. A computer vision-based system for the automatic detection of lying behaviour of dairy cows in free-stall barns. *Biosystems Engineering*, v. 115, n. 2, p. 184 – 194, 2013. ISSN 1537-5110.

QUINTA, L. N. B. et al. Classificação de leveduras para o controle microbiano em processos de produção de etanol. In: *Proceedings of VI Workshop de Visão Computacional*. [S.l.: s.n.], 2010. (WVC 2010).

QUINTA, L. N. B. *Visão Computacional aplicada na classificação de grãos de pólen*, 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Católica Dom Bosco. 2013.

ROCHA, R. Falta entendimento dentro da cadeia. *ABCZ*, v. 1, n. 6, p. 42–44, 2002.

SAINZ, R. Utilização do ultrassom no melhoramento de carcaças de bovinos de corte. In *Simpósio de Melhoramento Animal do Vale do Guaporé – MT*, 2009.

SILVA, D. S. da. et al. Recognition of soybean insect pests using surf and template matching. In: *Proceedings of XI Workshop de Visão Computacional*. [S.l.: s.n.], 2015. (WVC 2015).

SILVA, R. T. R.; BARCELOS, J. J.; FALCHETTI, S. A. Estudo da aplicação do planejamento estratégico para atividade pecuária bovina de cria, recria e Engorda: um estudo de caso – fazenda santa maria da Amazônia. XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI 2010. Disponível em: <
http://www.simpoi.fgv.br/arquivo/2010/artigos/E2010_T00394_PCN13616.pdf
>

SOUZA, K. P. de. *Aplicação de Modelos de Markov Ocultos na Obtenção de Taxas de Mortalidade das Larvas do Mosquito da Dengue*, 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Computação - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2010.

SZELISKI, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. London, UK: Springer-Verlag, 2010.

VIANA, R. et al. Svm with stochastic parameter selection for bovine leather defect classification. In: *Advances in Image and Video Technology: Second Pacific Rim Symposium, PSIVT 2007 Santiago, Chile, December 17-19, 2007 Proceedings*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. p. 600–612. ISBN 978-3-540-77129-6.