

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA FACULDADE DE MEDICINA
VETERINÁRIA**

LUANA PAULA TEIXEIRA ALVARES

**REVISÃO DE LITERATURA - CONTROLE E IMPACTO DAS MOSCAS-DOS-
CHIFRES NA BOVINOVULTURA E RESISTÊNCIA GENÉTICA DOS BOVINOS**

Uberlândia
2022

LUANA PAULA TEIXEIRA ALVARES

Revisão de literatura - controle e impacto das moscas-dos-chifres na bovinocultura e resistência genética dos bovinos

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do título de Médica Veterinária

Orientadora: Profa Dra Amanda Marchi Maiorano

Coorientadora: Fernanda Marcondes de Rezende

Uberlândia
2022

LUANA PAULA TEIXEIRA ALVARES

**Revisão de literatura - controle e impacto das moscas-dos-chifres na bovinocultura e
resistência genética dos bovinos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito para obtenção do título de Médica
Veterinária

Uberlândia, 08 de abril de 2022

Banca Examinadora:

Profª. Dra. Amanda Marchi Maiorano (UFU)

Prof. Dr. Robson Carlos Antunes (UFU)

Profª. Dra. Fernanda Marcondes de Rezende (UF)

AGRADECIMENTOS

Bom, o nome nesse trabalho é o meu, mas eu nunca teria alcançado essa etapa na minha vida sem as pessoas que aqui agradeço.

Agradeço aos meus pais, Abadia e Paulo, por sempre me apoiarem e permitirem que eu seguisse os meus sonhos independente de qualquer circunstância. Não são muitas as pessoas que podem contar com os pais dessa forma, e eu sou muito grata por poder.

Agradeço a minha tia Helena por ser a pessoa que sempre acreditou no meu potencial e me ensinou a acreditar também.

Agradeço aos meus amigos que estavam comigo nos momentos bons e ruins durante a trajetória de uma universitária, deixando minha vida com um sentido maior. Então o meu muito obrigada a vocês, Vitória Prudente, Gilberto Neto, Mariana Laura, Larissa Beatriz, Leonardo, Maria Eduarda, Caroline Silva e Leandro Santana.

Agradeço a minha orientadora Amanda, por ter me aceitado de braços abertos, me ensinado com tamanha paciência e ser uma fonte inspiradora para o meu futuro.

Agradeço ao professor Robson por ser esse tutor de vida, esse “pai” universitário que sempre foi para mim.

Agradeço a professora Fernanda Rezende por ter me permitido sonhar alto e me ajudado a começar a construir esse sonho.

Agradeço a Vanda do Prado por me ajudar a seguir com cada fase da minha vida, mesmo quando eu não sabia o caminho.

Por fim, agradeço a mim mesma por ter acreditado no meu sonho de fazer uma faculdade federal, por ter insistido cada dia mais, e então chegado a tão sonhada conclusão de TCC.

RESUMO

A busca de animais mais produtivos é necessária para suprir a demanda mundial por alimentos. O aumento da densidade populacional de moscas-dos-chifres parasitando os animais acarreta perdas na produção por diminuir o desempenho em características de importância econômica para a bovinocultura, como o ganho de peso e aumento de doenças infectocontagiosas. O objetivo desta revisão de literatura é melhorar a compreensão sobre a resistência dos bovinos ao ectoparasita mosca-dos-chifres, que é um dos mais prejudiciais tanto para a saúde animal e rentabilidade do sistema. Ênfase é atribuída aos parâmetros genéticos e métodos usados para quantificar a resistência dos bovinos à mosca-dos-chifres, que variam do uso de escores visuais, contagem manualmente e métodos mais sofisticados e objetivos com uso de programas computacionais e inteligência artificial. A finalidade da quantificação das moscas nos indivíduos é poder prever os genótipos que são mais resistentes as moscas para que a seleção genética possa ser realizada em função de obter populações mais resistentes.

Palavras-chave: escores visuais, fenótipos, genética, imagem, melhoramento animal.

ABSTRACT

The search for more productive animals is needed to meet the world's demand for food. The increase in the population density of horn flies parasitizing the animal leads to losses in production by decreasing the performance of economically important traits in beef production, such as weight gain and increase of infectious and contagious diseases. The objective of this literature review is to better understand the cattle resistance to the horn fly ectoparasite, which is one of the most detrimental to both animal health and system profitability. Emphasis is given to the genetic parameters and methods used to quantify cattle resistance to horn flies, which range from the use of visual scores, manual counting to more sophisticated and objective methods using computer programs and artificial intelligence. The purpose of quantifying flies in the animals is to be able to predict genotypes that are more resistant to the flies aiming genetic selection can be performed in order to obtain more resistant populations.

Keywords: animal breeding, genetics, image, phenotypes, visual scores.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 2 |
| 2.1.1 Escore visual | 3 |
| 2.1.2 Imagem digital e/ou vídeo individual e contagem..... | 3 |
| 2.1.3 Imagens e novas tecnologias | 88 |
| 2.2 Controle e prevenção | 99 |
| 2.3 Melhoramento genético animal | 9 |
| 2.4 Estudos de associação genômica ampla (GWAS)..... | 11 |
| CONCLUSÃO..... | 13 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 14 |

1. INTRODUÇÃO

A mosca-dos-chifres é um parasita sugador de sangue obrigatório de bovinos e impacta negativamente a rentabilidade da produção em todo o mundo (DOMINGUES et al., 2018). O aumento na quantidade de mosca-dos-chifres parasitando o animal acarreta perdas na produção por diminuir o rendimento de características de importância econômica para a bovinocultura (MAYS et al., 2014), como o ganho de peso e aumento de doenças infectocontagiosas. O parasitismo em excesso pode prejudicar a saúde e o bem estar dos hospedeiros, visto que a mosca tem potencial para permitir a veiculação de patógenos como *Staphylococcus aureus* que causa a mastite e a salmonela (PSOTA et al., 2021).

Em uma pesquisa realizada nos Estados Unidos, foi constatado que 89% dos produtores pagariam a mais por um touro geneticamente resistente a moscas comparado a um touro não resistente (MCKAY et al., 2019), sendo evidenciada a consciência dos produtores sobre o problema e importância em trabalhar com animais geneticamente mais resistentes.

Nos últimos anos no Brasil, a migração das regiões Sul e Sudeste em direção ao Centro-oeste, Nordeste e, principalmente, Norte do país vem sendo observada em função de demandas da agricultura, indústria de biocombustíveis e florestas nas regiões de terras mais valorizadas (ROSA et al., 2013). Nestas condições e diante do cenário de mudanças climáticas, a adaptabilidade dos bovinos será decisiva para o sucesso da bovinocultura no país (ROSA et al., 2013), incluindo resistência genética aos parasitas. Em condições tropicais, onde vários fatores ambientais são estressores, como exemplo, temperatura, umidade, ondas de calor, e áreas endêmicas de parasitas externos e internos, passa a ser importante o estabelecimento de sistemas de produção e programas de melhoramento genético animal com planejamento de seleção em médio e longo prazos.

Os mecanismos genético de resistência dos bovinos à mosca-dos-chifres bem como fatores ambientais que podem influenciar na resistência genética ainda são foco de estudo e não estão completamente elucidados. Objetivou-se do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura a respeito da resistência genética de bovinos à mosca-dos-chifres, abordando o impacto econômico do problema na bovinocultura de corte, bem como mecanismos de resistência genética dos hospedeiros, com enfoque, nos mecanismos genéticos e parâmetros genéticos da característica, apontando a direção que trabalhos atuais têm tomado. Os conhecimentos gerados a partir desta revisão podem beneficiar o desenvolvimento de novos trabalhos relacionados ao tema, favorecendo a identificação das lacunas científicas que necessitam de maior atenção. A metodologia de pesquisa adotada foi a busca sistemática por artigos científicos nas bases de dados abertas PubMed/Medline (NIH) e

ScienceDirect (Elsevier). O período estabelecido para consulta foi de 2011 à 2021. Pesquisas anteriores que foram precursoras no assunto abordado também foram incluídas visando a ampla abordagem do tema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A mensuração da quantidade de moscas em cada animal é importante para identificar indivíduos geneticamente superiores e oferece oportunidade de estudar genes relacionados a resistência do hospedeiro quando a informação molecular está disponível. A mensuração da característica resistência genética à mosca-dos-chifres pode ser realizada de forma visual por profissionais treinados em atribuir escores visuais com base na quantidade de moscas observadas envolta do animal. Outra forma de quantificação é pela captura de fotos e/ou vídeos individuais e, posterior, contagem manual da quantidade de mosca envolta do animal. Programas simples de edição de imagem como o quantifly 2.0 também são usados com a finalidade de quantificar o número de moscas, sendo que a foto do animal deve ser carregada e a contagem acontece manualmente. Esta é a forma mais usada nas pesquisas mais recentes (SMYTHE et al., 2020).

Os métodos de quantificação não são padronizados entre os trabalhos da literatura, além disso, as fotografias tiradas para posterior contagem manual podem fornecer resultados tão inaccurados quanto as avaliações visuais tradicionais (SMYTHE et al., 2017). Com o advento da tecnologia, a nova forma de quantificação é pelo uso da inteligência artificial, em que algoritmos são treinados para reconhecer o que é animal e o que é mosca (NYE et al., 2019), mesmo com o animal em movimento, no caso de vídeos. Os métodos de mensuração por monitoramento por meio de visão computacional são as formas mais precisas para tal procedimento (LECUN et al., 2015). Esta nova ferramenta pode aprimorar os resultados de contagem fornecendo maior precisão, com possibilidade de beneficiar a identificação e a seleção de animais mais resistentes para a mosca-dos-chifres. Todos estes métodos foram abordados com mais detalhes nos itens a seguir.

O manejo de prevenção a mosca-dos-chifres é realizado principalmente por meio de inseticidas. Formas alternativas foram desenvolvidas em prol de controlar as populações de moscas na bovinocultura. Métodos como o uso de armadilhas, brincos inseticidas e a presenças de predadores naturais da mosca foram abordados nos itens seguintes.

O estudo genético da resistência dos bovinos à mosca-dos-chifres deve abordar os valores de parâmetros genéticos como herdabilidade, repetibilidade e correlação genética dessa característica com outras de importância econômica para o melhoramento animal. Além

disso, o estudo de associação genômica ampla (GWAS) demonstrou ser de grande valia para a identificação dos genes associados a resistência à mosca-dos-chifres no genoma bovino. Nos tópicos adiante são apresentados estudos já realizados e importantes para o melhoramento genético e a identificação de animais geneticamente resistentes.

2.1.1 Escore visual

Escore visual é a atribuição de notas para avaliar uma característica específica em função da escala usada. Basiel et al. (2021) utilizaram uma escala de 0 a 4 para avaliar a quantidade de moscas na região dorsal a lombar do animal, considerando apenas um dos lados. O escore 0 representava pouca ou nenhuma mosca, enquanto o escore 4 representava que o animal estava altamente infestado. Outros artigos mencionaram que usaram a medida de escore visual, mas não especificaram a escala usada (CASTRO et al., 2005, SMYTHE et al., 2017), impossibilitando comparar os trabalhos.

O uso de escores visuais é prático e rápido para ser usado durante o manejo, porém a atribuição das notas precisa ser realizada por avaliadores treinados, indicando que é necessário a preparação prévia da equipe. As dificuldades técnicas do uso de escores visuais para quantificar a densidade de moscas remete a subjetividade deste método e consequente imprecisão. O controle da mosca-dos-chifres geralmente é realizado pelo monitoramento da densidade populacional de moscas envolta do bovino, em que acima de 200 moscas indica necessidade de intervenção (SCHREIBER et al. 1987, HOGSETTE et al. 1991), e o escore visual impossibilita identificar este limiar (SMYTHE et al., 2017).

2.1.2 Imagem digital e/ou vídeo individual e contagem

Alguns programas de edição de imagem podem ser usados na quantificação das moscas envolta do hospedeiro bovino, uma vez que possibilitam a contagem de pontos nas imagens. Os programas quantifly 2.0, flycounter, cellcounting, docount, CNN (Yolo 3) e o paint são exemplos de programas usados com esta finalidade. Todos são programas que possibilitam a contagem e marcação de pontos específicos, neste caso, as moscas-dos-chifres, que podem melhorar a precisão na quantificação. O programa quantifly 2.0 também foi usado para a contagem de ovos de *Drosophila*, em adição, devido a boa resolução das imagens foi possível observar ovos aglomerados (WAITHE et al., 2015). As dificuldades técnicas do uso de imagem digital é a necessidade ter o equipamento para fazer as fotografias e ser avaliada com mais frequência. A estimativa da população de moscas não é medida coletada rotineiramente nas propriedades, e sim quando surge alguma oportunidade devido a algum

evento de manejo ou alimentar em que os técnicos fazem a observação (SMYTHE et al., 2017).

Os problemas técnicos encontrados durante a realização da coleta de vídeos e fotos podem ser a presença de sombreamento, a falta de nitidez, o posicionamento do animal ou da câmera, a movimentação, a cor da pelagem e o tamanho do animal. Alguns desses problemas podem ser visualizados nas seis figuras apresentadas (Figuras 1 a 6).



Figure 1. Fotografia de um animal alinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia, é possível observar que o tamanho do animal foi compatível com o tipo de captura de imagem visando a contagem de moscas, representando um bom exemplo.



Figura 2. Fotografia de um animal alinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia, é possível observar que o grande tamanho do animal demonstrou ser um empecilho para capturar toda a extensão do seu corpo.



Figura 3. Fotografia de um animal alinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia, é possível observar que a coloração preta do animal demonstrou ser um empecilho na contagem de moscas.

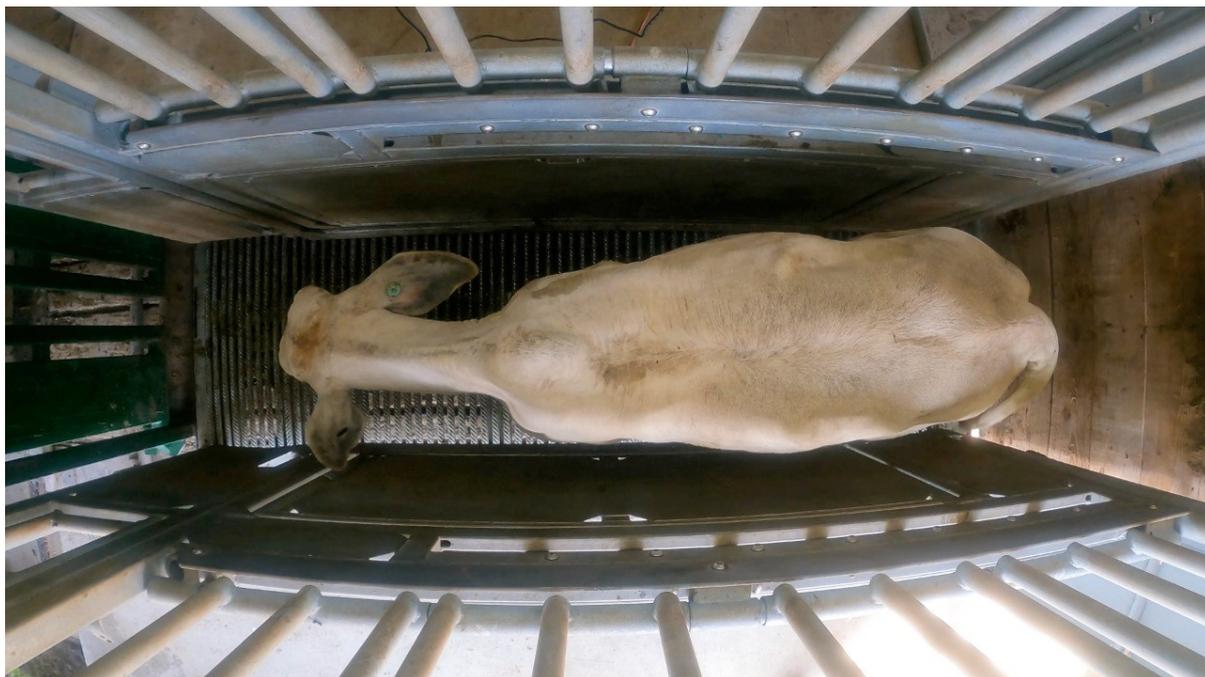


Figura 4. Fotografia de um animal ligeiramente desalinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia é possível observar que o pequeno tamanho do animal demonstrou ser um empecilho para a visualização das moscas na captura da imagem, devido ao distanciamento da câmera.



Figura 5. Fotografia de um animal alinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia, é possível observar que o tamanho do animal foi compatível com o tipo de captura de imagem visando a contagem de moscas, representando um bom exemplo.



Figura 6. Fotografia de um animal ligeiramente desalinhado do pescoço a pelve evidenciando as moscas que serão posteriormente contadas. Nessa fotografia, é possível observar que a coloração preta do animal demonstrou ser um empecilho na contagem de

moscas. Outro problema que a imagem permite analisar desse método de contagem, é o fato de que a alta quantidade de moscas presentes no indivíduo leva a agitação do animal e impede a contagem precisa.

2.1.3 Imagens e novas tecnologias

A visão computacional veio para inovar os estudos de dados e a análise de insetos por meio do uso de algoritmos computacionais, porém é uma nova tecnologia em fase de implementação. A inteligência artificial aliada a imagens digitais ajuda a monitorar os fenótipos através de câmeras e sensores que são mais precisos que o olho humano e mais econômicos (LECUN et al., 2015). Porém, para o monitoramento de insetos existem desafios técnicos em aplicar esse aprendizado computadorizado por ser um tema com interesse interdisciplinar e necessitar de equipe diversificada (BURTON et al., 2015). Os métodos mais comuns para a contagem de moscas são: o treinamento de uma pessoa para quantificar esse inseto em cada animal ou capturar uma imagem digital e quantificar as moscas a partir da foto (MULLENS et al., 2016; SMYTHE et al., 2017). Dessa forma, é preciso que exista um método de avaliar mais rapidamente e com maior precisão a quantidade de moscas, já que o número de moscas pode variar de animal para animal e em casos extremos, principalmente, no verão e outono, as moscas podem atingir a quantidade de 1000 por animal, deixando a quantificação a olho humano mais complexa (PSOTA et al., 2021).

De acordo com Smythe et al. (2017), os valores obtidos das contagens de moscas em bovinos por técnicos foram maiores que os obtidos com uso de programas de contagem, sugerindo a subjetividade do olho humano. Para aprimorar essa análise, pode-se usar programas que analisam as imagens e assim substituam a contagem manual de moscas. Esse método de análise sugere melhoras da confiança do uso de imagens na extração de dados, confirmando que a análise com ajuda computadorizada é melhor. Cortivo et al. (2016) demonstraram que as moscas nas imagens ficam extremamente visíveis, até mesmo aquelas com menos 3 milímetros de comprimento. e a junção dessas imagens com um programa de contagem é o meio mais acurado para contar ectoparasitas em bovinos. Na análise de imagens podemos observar padrões como a cor do pelo do animal e assim incorporar esta informação no estudo (NYE et al., 2019). Psota et al. (2021) confirmaram que o uso da inteligência artificial forneceram resultados de contagem mais confiáveis.

Os estudos baseados em imagens digitais analisadas por programas computacionais específicos poderiam auxiliar no monitoramento da densidade populacional de moscas com possibilidade de verificar o desenvolvimento de resistência aos inseticidas. Além disso, as

imagens digitais e o uso de programas específicos ajudariam a melhorar a eficiência produtiva dos bovinos e a redução de transmissão de doenças permitindo a utilização de menos inseticidas na bovinocultura de corte (PSOTA et al., 2021).

2.2 Controle e prevenção

A forma mais comum de controle e prevenção da infestação é a aplicação de inseticidas, que contêm substâncias como piretróides, organofosforados e ciclodienos, no dorso do animal (PSOTA et al., 2021). Miraballes et al. (2017) relataram o desenvolvimento de resistência das moscas aos inseticidas, em vários países, pela frequente aplicação e seu uso incorreto. Os mesmos autores sugeriram “armadilhas de passagem” para o controle da mosca-dos-chifres como alternativas ao uso de inseticidas e afirmaram que estas podem ser usadas de forma efetiva no controle, além disso, as armadilhas são ambientalmente e economicamente sustentáveis. O bovino passa por um tipo de túnel em que as moscas que estavam parasitando o animal permanecem retidas na estrutura, passam fome e ressecam.

Outra alternativa de controle é o uso de brincos inseticidas colocados nos bovinos (DEROUEN et al., 2009). Oliveira et al. (2017) afirmaram que pode existir um controle biológico natural através dos predadores naturais da mosca-dos-chifres. O predador natural mencionado no estudo são insetos himenopterous parasitas das famílias *Braconidae* e *Pteromalidae* que se alimentam da pulpa da mosca (fase larval).

2.3 Melhoramento genético animal

Os fatores que afetam a característica resistência a mosca-dos-chifres em bovinos devem ser desvendados para que sejam identificados e disseminados os genótipos desejáveis com intuito de melhora genética na população. O conhecimento sobre a herdabilidade da característica pode favorecer a seleção de animais geneticamente superiores, sendo vantajoso aos produtores e ao aumento da produtividade do rebanho, uma vez que esta característica influencia do ganho de peso. A magnitude da herdabilidade da resistência a mosca-dos-chifres se assemelha a resistência genética dos bovinos aos carrapatos, isto sugere que os programas de seleção poderiam usar esta característica como critério de seleção (BASIEL et al., 2021). Os ganhos obtidos com a genômica geralmente são mais relevantes para características de baixa herdabilidade, de difícil mensuração e/ou determinadas pelo sexo (Burrow et al., 2019). Estimativas de herdabilidade de 0,19 a 0,25 foram obtidas por Basiel et al. (2021) usando uma metodologia que emprega a informação molecular. Este valor foi

superior ao obtido por Fraga et al. (2004), que estimaram o valor de 0,08. Os estudos diferiram quanto as metodologias empregadas e número de animais avaliados.

Um dos primeiros trabalhos a estimar a herdabilidade foi o estudo de Brown et al. (1992), com os valores de $0,78 \pm 0,16$ e $0,59 \pm 0,10$. Os mesmos autores obtiveram receptibilidade de $0,47 \pm 0,02$. As estimativas de herdabilidade sugerem que a seleção para resistências genética dos bovinos à mosca-dos-chifres é uma possibilidade. No entanto, o número de indivíduos no banco de dados analisado foi baixo, com apenas 266. Na pesquisa de Basil et al. (2021), a herdabilidade média do escore das moscas foi 0,25 usando o avô materno da raça holandesa e 0,19 usando apenas um touro conhecido da raça holandesa.

Quanto a correlação genética, que é a associação genética entre duas características, Basiel et al. (2021) estimaram o valor de 0,79 entre a contagem subjetiva e a objetiva. Nesse mesmo estudo, a repetibilidade foi estimada em $0,71 \pm 0,004$. As correlações genéticas são positivas entre a produção de leite e a produção de proteína relacionadas ao gene *ME305* e a contagem de moscas, com isso, aumenta produção e, de forma desfavorável, aumenta o número de moscas. Vacas holandesas com tendência genética a uma maior produção são mais suscetíveis ao parasitismo (BASIEL et al., 2021).

A busca de novos indicadores para avaliar a resistência genética dos bovinos tem sido prioridade entre a comunidade científica. Os fatores que afetam essa característica são importantes para reconhecer e desenvolver fenótipos alternativos que sejam resistentes a mosca-dos-chifres. Os possíveis novos fenótipos que serão desenvolvidos e posteriormente validados poderão melhorar a resistência genética usando a seleção genômica e assim incorporar aos objetivos de melhoramento genético para aperfeiçoar os atributos produtivos em bovinos. O foco tem sido o maior conhecimento da entomologia, e em específico da mosca-dos-chifres, para não só adquirir mais dados (BURTON et al., 2015), e sim novos tipos de dados para que à medida que se tornam conhecidos possam aprimorar informações entomológicas de campo para conhecimento desses insetos e, conseqüentemente, combate a eles. Sendo que os bancos de dados resultantes desses estudos serão essenciais no futuro monitoramento das moscas-dos-chifres e resistência a inseticidas. Para melhorar a infestação dessas moscas aos animais, o conhecimento sobre elas pode ser demonstrado como um auxiliar e juntamente com o uso de imagens para a contagem das moscas e observação entomológica deixa a avaliação mais eficaz e auxilia na diminuição da subjetividade da análise (HOYE et al., 2020).

Aparentemente bovinos emitem semioquímicos voláteis (VSC), que são odores parecidos com os feromônios e esses são exalados da urina ou da respiração dos bovinos e

atraem ou repelem insetos. Os VSC são provenientes possivelmente da microbiota do bovino da digestão e é especulado que a quantidade de VSC que a vaca de alto rendimento para leite possui, é o maior atrativo para mosca-dos-chifres em comparação com os animais de baixo rendimento (BASIEL et al., 2021).

O método de análise de imagens para quantificar as mosca-dos-chifres melhora a eficiência e a objetividade dos dados coletados (NYE et al., 2019). O próximo passo é calcular os parâmetros genéticos dos fenótipos extraídos na análise de imagens com os dados genômicos e com o pedigree (NYE et al., 2019). Basiel et al. (2021) estimaram os parâmetros genéticos usando a metodologia de análise genômica de passo único (ssGBLUP) com 3 características, de pontuação de moscas, permanência e um terceiro fenótipo. Os autores relataram que a pelagem de coloração branca obteve menor contagem de moscas e após isso foi identificada uma região genômica significativa no cromossomo autossômico 6 do bovino. Esta região engloba o gene *KIT*, o qual foi o gene mais plausível para a resistência genética dos bovinos as moscas, por ter um papel na coloração da pelagem (BASIEL et al., 2021).

2.4 Estudos de associação genômica ampla (GWAS)

Com os avanços nas técnicas de genotipagem do DNA e ferramentas genômicas, é possível mapear regiões do genoma associadas às características de interesse econômico nas diferentes espécies. Estudos de Associação Genômica Ampla (GWAS) vêm sendo implementados neste sentido (SANCHEZ et al., 2019), onde modelos são usados para associar os genótipos aos fenótipos de interesse e identificar qual parte do genoma exerce maior variação sobre o fenótipo. O uso do GWAS pode viabilizar o entendimento sobre a arquitetura genética das características, se são determinadas por poucos genes de efeito maior ou vários genes de efeito menor.

O objetivo em quantificar as moscas em cada animal é permitir que os resultados levem a uma mudança de fenótipo. O estudo da genômica é valioso, já que fenótipo é a junção de genes, ambiente e manejo. O desenvolvimento de novos métodos de coleta de fenótipos oferece oportunidade para a identificação de bovinos geneticamente resistentes a mosca-dos-chifres, com o uso de seleção genômica após o estudo de todos os dados (BURROW et al., 2019). Com a verificação dos dados é possível fazer a estimativa de herdabilidade da contagem de moscas e assim identificar os genes candidatos (OTTO et al., 2018). Com esses estudos pode-se prever a resistência genética dos bovinos em relação a mosca-dos-chifres, sendo que já se sabe que, em relação a resistência aos carrapatos, a

espessura da pele, o tipo de pelagem, a densidade do pelo e a secreção da pele fazem diferença (SHYMA et al., 2013). Isso sugere que deve existir fatores similares em relação as moscas.

CONCLUSÃO

A identificação e seleção de animais mais resistentes a mosca-dos-chifre é economicamente vantajoso e melhora a saúde animal. Porém, os estudos sobre a resistência genética dos bovinos à mosca-dos-chifres precisam de maior abrangência, quanto à influência da raça, parâmetros genéticos e identificação dos genes envolvidos. Não foi possível encontrar na literatura evidências se existe diferença entre *Bos indicus* e *Bos taurus* ou se existe é uma característica de herança poligênica, nesse sentido, mais estudos são necessários.

Pesquisas futuras devem priorizar a utilização de programas computacionais e inteligência artificial para a contagem de moscas nos bovinos de forma mais precisa e para possibilitar a aplicação em larga escala e de forma rotineira. Com os resultados dessas análises, pode-se obter maior confiabilidade na mensuração e, assim, possibilitar análises de GWAS dos animais selecionados para tentar determinar quais genes atuam na resistência à mosca-dos-chifres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASIEL, B. L.; HARDIE, L. C.; HEINS, B. J.; DECHOW, C. D. Genetic parameters and genomic regions associated with horn fly resistance in organic holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 12, Dez 2021, p. 12724-12740.

BROWN, H. A. JR.; STEELMAN, C. D.; JOHNSON, Z. B.; ROSENKRANS, C. F. JR.; BRASUELL, T. M. Estimates of repeatability and heritability of horn fly resistance in beef cattle. **Journal of animal science**, v. 70, 1992, p. 1375-1381.

BURROW, H. M.; MANS, B. J.; CARDOSO, F. F.; BIRKETT, M. A.; KOTZE, A. C.; HAYES, B. J.; MAPHOLI, N.; DZAMA, K.; MARUFU, M. C.; GITHAKA, N. W.; DJIKENG, A. Towards a new phenotype for tick resistance in beef and dairy cattle: a review. **Animal Production Science**, v. 8, n. 59, 2019, p. 1401-1427.

BURTON, A. C.; NEILSON, E.; MOREIRA, D.; LADLE, A.; STEENWEG, R.; FISHER, J. T.; BAYNE, E.; BOUTIN, S. Review wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, 2015, p. 675-685.

CASTRO, E.; GIL, A.; SOLARI, M. A.; FARIAS, N. A. Validation of a subjective counting method for a horn flies (*Haematobia irritans irritans*) (Diptera: *Muscidae*) population in a cattle herd. **Veterinary Parasitology**, v. 133, n. 4, 2005, p. 363-367.

DEROUEN, S. M.; MILLER, J. E.; FOIL, L. D.; GENTRY G. T. Control of horn flies (*Haematobia irritans*) and gastrointestinal parasites and its relation with cow-calf performance. **Veterinary Parasitology**. 2009, 10;162(3-4):320-6.

DOMINGUES, L. N.; GUERRERO, F.D.; BECKER, M. E.; ALISON, M.W.; FOIL, L. D. Discovery of the *rdl* mutation in association with a cyclodiene resistant population of horn flies, *haematobia irritans* (Diptera: *muscidae*). **Veterinary parasitology**, v. 198, n. 1-2, Nov 2013, p. 172.

DOMINGUES, L. N.; GUERRERO, F. D.; CAMERON, C.; FARMER, A.; BENDELE, K. G.; FOIL, L. D. The assembled transcriptome of the adult horn fly, *Haematobia irritans*. **Data in brief**, v. 19, n. 1, Aug 2018, p. 1933-1940.

FRAGA, A. B.; ALENCAR, M. M.; FIGUEIREDO, A. L.; RAZOOK, G. A.; CYRILLO, G. S. N. J. Genetic analysis of the infestation of females of the Caracu cattle breed by Horn Fly (*Haematobia irritans irritans*) (L.) (Diptera, *Muscidae*). **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 2, p. 242 – 247, 2005.

HOGSETTE, J. A.; PRICHARD, D. L.; RUFF, J. P. Economic effects of horn fly (Diptera: *Muscidae*) populations on beef cattle exposed to three pesticide treatment regimes. **Jornal of Economic Entomology**, v. 84, n. 4, 1991, p. 1270-1274.

HOYE, T. T.; ÄRJE, J.; BJERGE, K.; HANSEN, O. L. P.; IOSIFIDIS, A.; LEESE, F.; MANN, H. M. R.; MEISSNER, K.; MELVAD, C.; RAITOHARJU, M. Deep learning and computer vision will transform entomology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 118, n. 2, March 2020, p. 1-10.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, May 2015, p. 436-444.

MAYS, A. R.; BROWN, M. A.; VONTUNGLIN, D. L.; JUNIOR, C. F. R. Milk production traits of beef cows as affected by horn fly count and sire breed type. **Journal Animal Science**, v. 92, n. 3, March 2014, p. 1208–1212.

MCKAY, L.; DELONG, K. L.; SCHEXNAYDER, S.; GRIFFITH, A. P.; TAYLOR, D. B.; OLAFSON, P.; FRYXELL, R. T. T. Cow-calf producers willingness to pay for bulls resistant to horn flies. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, Feb 2019, p. 1-11.

MIRABALLES, C.; BUSCIO, D.; DIAS, A.; SANCHEZ, J.; RIET, C. F.; SARAVIA, A.; CASTRO, J. E. Efficiency of a walk-through fly trap for *Haematobia irritans* control in milking cows in Uruguay. **Veterinary Parasitology Regional Studies Reports**, v. 10, Oct 2017, p. 136-131.

NYE, J.; ZINGARETTI, L.; PEREZ-ENCISO, M. 224 image feature extraction for genetic analysis in cattle. **Journal of animal science**, v. 97, n. 3, Dez 2019, p. 47.

OLIVEIRA, M. C.; NICODEMO, M. L. F.; GUSMÃO, M. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; BILHASSI, T. B.; SANTANA, C. J.; GONÇALVES, T. C.; RABELO, M. D.; GIGLIOTI, R. Differential *Haematobia irritans* infestation levels in beef cattle raised in silvopastoral and conventional pasture systems. **Veterinary Parasitology**, v. 246, 2017, p. 96-99.

OTTO, P. L.; GUIMARÃES, S. E. F.; VERARDO, L. L.; AZEVEDO, A. L. S.; VANDENPLAS, J.; SOARES, A. C. C.; SEVILLANO, C. A.; VERONEZE, R.; PIRES, M. D. F. A.; FREITAS, C. D.; PRATA, M. C. A.; FURLONG, J.; VERNEQUE, R. S.; MARTINS, M. F.; PANETTO, J. C. C.; CARVALHO, W. A.; GOBO, D. O. R.; SILVA, M. V. G. B. D.; MACHADO, M. A. Genome-wide association studies for tick resistance in *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbred cattle: A deeper look into this intricate mechanism. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 12, 2018, p. 11020-11032.

PSOTA, E. T.; LUC, E. K.; PIGHETTI, G. M.; SCHNEIDER, L. G.; FRYXELL, R. T. T.; KEELE, J. W.; KUEHN, L. A. Development and validation of a neural network for the automated detection of horn flies on cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 180, n. 1, Jan 2021, p. 1.

ROSA, A. N.; MATINS, E. N.; MENEZES, G. R. O.; SILVA, L. O. C. Melhoramento genético aplicado em gado de corte. *Empraba*, v 636, n 2, 2013, p. 1-241.

SANCHEZ, M. P.; RAMAYO, C. Y.; WOLF, V.; Laithier, C.; El JABRI, M.; MICHENET, A.; BOUSSAHA, M.; TAUSSAT, S.; FRITZ, S.; DELACROIX, B. A.; BROCHAR, M.; BOICHARD, D. Sequence-based GWAS, network and pathway analyses reveal genes co-associated with milk cheese-making properties and milk composition in Montbéliarde cows. **Genetics Selection Evolution**, v. 51, n. 34, 2019, p.1-19.

SCHREIBER, E. T.; CAMPBELL, J. B.; KUNZ, S. E.; CLANTON, D. C.; HUDSON, D. B. Effects of horn fly (Diptera: *Muscidae*) control on cows and gastrointestinal worm

(Nematode: *Trichostrongylidae*) treatment for calves on cow and calf weight gains. **Jornal of Economic Entomology**, v. 80, n. 2, 1987, p. 451-454.

SHYMA, K. P.; GUPTA, J. P.; SINGH, V. Breeding strategies for tick resistance in tropical cattle: a sustainable approach for tick control. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 39, n. 1, 2013, p. 1-6.

SMYTHE, B. G.; URIAS, S.; WISE, M. E.; SCHOLLJEGERDES, E. J.; SUMMERS, A. F.; BAILEY, D. W. Comparing visual and digital counting methods to estimate horn fly (Diptera: *Muscidae*) populations on cattle. **Journal of Medical Entomology**, v. 54, n. 4, Jul 2017, p. 980–984.