

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

A MODIFICAÇÃO GENÉTICA DE MOSQUITOS COMO ESTRATÉGIA PARA O CONTROLE DA DENGUE: AVANÇOS, DESAFIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Ana Clara Penaforte¹, Ácsa Camilly Magalhães² Laís Rebouças³, Lia Terceiro⁴, Flávio Júnior Gomes de Carvalho Belém⁵, Letícia Sabino Martins⁶ Juliane Caroline Vieira⁷, Stefany Brito⁸ Wellhington da Silva Mota⁹

Resumo: A modificação genética de mosquitos é promissora para o controle do *Aedes aegypti*, destacando técnicas de supressão populacional e substituição por mosquitos resistentes a patógenos. O objetivo deste estudo consiste em investigar o que a literatura científica tem descrito sobre as modificações genéticas do *Aedes aegypti*, evidenciando avanços tecnológicos, desafios de implementação e potenciais impactos ambientais. A revisão narrativa incluiu estudos dos últimos seis anos, em português e inglês, realizados entre setembro e outubro de 2024. Foram excluídos estudos duplicados e artigos fora do escopo. A pesquisa nas bases BVS, SciELO e PubMed utilizou os descritores: "Aedes aegypti", "modificação genética" e "arboviroses", intercalados pelo operador booleano "AND". A amostra final incluiu 6 artigos. A análise crítica destacou aspectos metodológicos, resultados e implicações práticas. O CRISPR/Cas9 é uma solução eficiente, mas desafios como monitoramento e impactos ambientais limitam sua implementação ampla. Mais pesquisas são necessárias para garantir segurança e sustentabilidade.

Palavras-chave: Aedes aegypti. Dengue. Chikungunya. Arboviroses.

1. Introdução

As arboviroses, como dengue, *Zika* e *Chikungunya*, continuam sendo uma das principais ameaças à saúde pública global, com milhões de casos registrados anualmente, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. O *Aedes aegypti*, vetor dessas doenças, prolifera principalmente em áreas urbanas densamente povoadas, onde a urbanização desordenada e as mudanças climáticas favorecem a formação de criadouros (Gubler, 2011). Apesar dos esforços com métodos convencionais de controle, como o uso de inseticidas e a

¹Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: anaclarapenaforte31@gmail.com

²Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: acsacamilly@outlook.com

³Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: reboucaslais@hotmail.com

⁴Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: liaterceiro15@hotmail.com

⁵Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: flavioblem2912@gmail.com

⁶Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: leticiasvmartins@gmail.com

⁷Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: julianecvfeitosa@hotmail.com

⁸Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: stefanybrito@hotmail.com

⁹Centro Universitário Estácio do Ceará, ESTÁCIO/IDOMED. E-mail: wellhinto.mota@professores.estacio.br

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

eliminação de criadouros, a resistência do mosquito a esses métodos tem tornado essas medidas ineficazes a longo prazo (Moyes et al., 2017).

A modificação genética de mosquitos surge como uma alternativa inovadora para enfrentar esse desafio. Entre as abordagens mais promissoras estão a supressão populacional, que visa reduzir a população de mosquitos por meio da liberação de machos estéreis, e a reposição populacional, que consiste na introdução de mosquitos geneticamente modificados resistentes aos vírus, reduzindo a capacidade de transmissão das doenças (Carvalho et al., 2015; Alphey et al., 2013). Essas técnicas, ao oferecerem uma solução de controle mais sustentável, podem complementar ou substituir as práticas tradicionais.

Entre as inovações tecnológicas, o sistema CRISPR/Cas9 destaca-se como uma ferramenta de alta precisão e de custo relativamente baixo para a edição genética. Sua aplicação no controle do *Aedes aegypti* pode transformar significativamente as estratégias de controle vetorial no futuro (Hammond et al., 2016). No entanto, o avanço dessas técnicas levanta questões sobre seus impactos ecológicos e sanitários a longo prazo.

Diante do exposto, surge a seguinte questão norteadora: até que ponto as estratégias de modificação genética de mosquitos podem ser implementadas de forma segura e eficaz, sem causar desequilíbrios ecológicos?

2. Objetivo

Evidenciar na literatura científica o que é discutido sobre o uso da modificação genética de mosquitos como estratégia para o controle do *Aedes aegypti*, destacando os avanços tecnológicos, os desafios na implementação e os potenciais impactos ambientais dessa abordagem.

3. Metodologia

Trata-se de um estudo bibliográfico, tipo revisão narrativa de literatura.

O percurso metodológico constituiu-se das seguintes etapas: identificação da questão norteadora; estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; categorização (extração, organização e sumarização das informações); avaliação dos estudos incluídos; interpretação dos resultados; apresentação da revisão.

A estratégia de busca dos artigos e a questão de pesquisa foram desenvolvidas através da estratégia PVO. A *Population*, refere-se aos mosquitos *Aedes aegypti*, que são vetores da dengue (P); a *Variables*, Modificação genética de mosquitos como técnica de controle vetorial (V); e o *Outcomes*, refere-se a eficácia no controle da dengue, além de avanços tecnológicos, desafios na implementação e os impactos ambientais decorrentes dessa estratégia (O).

Na primeira etapa, formulou-se a seguinte questão norteadora: Até que ponto as estratégias de modificação genética de mosquitos podem ser implementadas de forma segura e eficaz sem causar desequilíbrios ecológicos?

A operacionalização da pesquisa iniciou-se com a definição dos critérios de inclusão: artigos de pesquisa publicados nos idiomas inglês e português. Foram excluídos: guias de apoio, manuais/cartilhas, artigos que estavam estruturados

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

no formato de editoriais, artigos de revisão, relato de experiência, teses, dissertações e estudos que não responderam à questão de estudo e não disponíveis em texto completo para download. Foi estabelecido recorte temporal dos últimos seis anos para inclusão dos artigos.

De forma pareada, a coleta de dados foi realizada entre os meses de setembro a outubro de 2024. O levantamento dos artigos científicos foi realizado nas plataformas *Scientific Electronic Library On-line* (SCIELO), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), e *National Library of Medicine - National Institutes of Health* (PUBMED), além disso, pesquisas manuais. Foi utilizando o método de busca avançada e categorização título, resumo e assunto. Esta escolha se justifica por tratar de bases confiáveis e atualizadas.

Empregou-se, para a busca, uma associação de três descritores: "Aedes aegypti", "modificação genética" e "arboviroses", com o auxílio do operador AND.

Após a identificação, os artigos foram submetidos a um processo de triagem, por meio de análise do assunto, que incluía leitura do título, resumo e análise segundo critérios de inclusão e exclusão. Nesse processo, os artigos duplicados entre bases de dados e repetidos entre os selecionados foram identificados, tendo sido realizada a seleção definitiva das referências elegíveis para leitura na íntegra.

Após procedimentos de codificação, as informações foram organizadas por semelhanças e divergências, tendo sido reduzidas e compiladas eletronicamente em planilha do programa *Microsoft Office Excel®* versão 2013 e validadas por meio de dupla digitação para eliminar possíveis erros e garantir a confiabilidade. No processo de análise, utilizou-se o método de redução de dados, que envolveu leitura minuciosa e técnicas de classificação e divisão em subgrupos das fontes primárias, conforme abordagem e aspectos metodológicos.

Esse processo permitiu organizar os dados em uma estrutura lógica, simplificar, sumarizar, abstrair e comparar sistematicamente os resultados oriundos dos estudos primários sobre a questão em estudo, facilitando o processo de análise interpretativa, apresentação da revisão sob a forma de síntese descritiva, com posterior discussão dos achados, em conformidade com a literatura científica.

Em decorrência do fato de a pesquisa utilizar apenas dados de domínio público, sem envolvimento de seres humanos, justifica-se a dispensa de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

Por fim, respeitam-se os aspectos éticos, a autoria das ideias, os conceitos e as definições presentes nos artigos.

4. Resultados

Os estudos analisados demonstraram que as estratégias de modificação genética do *Aedes aegypti* apresentam resultados promissores no controle das arboviroses. A abordagem de supressão populacional, baseada na liberação de machos estéreis geneticamente modificados, mostrou uma redução significativa nas populações de mosquitos em áreas experimentais. Carvalho et al. (2015) relataram que, em uma experiência no Brasil, houve uma redução de até 95%

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

na população de *Aedes aegypti* após repetidas liberações de machos estéreis. Essa diminuição populacional reduz drasticamente o risco de transmissão de doenças como a dengue, mas enfrenta desafios quanto à necessidade de liberações contínuas e em larga escala, o que pode aumentar os custos operacionais a longo prazo.

A utilização do CRISPR/Cas9 tem sido um dos principais avanços tecnológicos no campo da modificação genética. Hammond et al. (2016) relataram que o uso dessa técnica permitiu a modificação eficiente de genes associados à reprodução e à resistência a patógenos, resultando em uma esterilidade induzida de até 90% nos mosquitos-alvo. As vantagens dessa técnica incluem sua alta precisão e o custo relativamente baixo em comparação com outros métodos. No entanto, Burt (2014) ressalta que ainda existem preocupações sobre os impactos a longo prazo no ecossistema, como a disseminação de genes modificados em populações naturais de mosquitos, o que pode alterar o equilíbrio ecológico ou favorecer o surgimento de novos vetores.

Esses resultados indicam que a modificação genética dos mosquitos apresenta vantagens claras, como a redução efetiva das populações vetoriais e a diminuição da transmissão de doenças. Contudo, sua implementação enfrenta limitações, como altos custos, desafios logísticos e incertezas quanto aos impactos ambientais a longo prazo. A relevância dessas estratégias, amparada pela literatura, reforça a necessidade de mais estudos sobre os efeitos ambientais e de biossegurança, além da formulação de políticas públicas que regulem sua aplicação em larga escala.

5. Conclusão

A modificação genética de mosquitos, especialmente do *Aedes aegypti*, mostra-se como uma estratégia eficaz para o controle das arboviroses. A utilização do CRISPR/Cas9 reforça a viabilidade dessas abordagens, devido à sua precisão e baixo custo. No entanto, desafios como o monitoramento contínuo, os custos operacionais e os possíveis impactos ambientais ainda precisam ser superados. Assim, conclui-se que, embora promissoras, essas estratégias requerem mais estudos para garantir sua aplicação segura e sustentável em larga escala.

6. Referências

1. ALPHEY, Luke et al. Sterile-insect methods for control of mosquito-borne diseases: an analysis. **Vector-borne and zoonotic diseases**, v. 10, n. 3, p. 295-311, 2010.
2. BURT, Austin. Heritable strategies for controlling insect vectors of disease. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 369, n. 1645, p. 20130432, 2014.
3. CABRAL, Bernardo Pereira; FONSECA, Maria da Graça Derengowski; MOTA, Fabio Batista. Long term prevention and vector control of

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

- arboviral diseases: What does the future hold? **International Journal of Infectious Diseases**, v. 89, p. 169-174, 2019.
4. CARVALHO, Danilo O. et al. Suppression of a field population of *Aedes aegypti* in Brazil by sustained release of transgenic male mosquitoes. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 9, n. 7, p. e0003864, 2015.
 5. FERGUSON, Neil M. Challenges and opportunities in controlling mosquito-borne infections. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 490-497, 2018.
 6. HAMMOND, Andrew et al. A CRISPR-Cas9 gene drive system targeting female reproduction in the malaria mosquito vector *Anopheles gambiae*. **Nature biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 78-83, 2016.
 7. MORDECAI, Erin A. et al. Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa. **The Lancet Planetary Health**, v. 4, n. 9, p. e416-e423, 2020.
 8. ROBERT, Michael A.; STEWART-IBARRA, Anna M.; ESTALLO, Elizabet L. Climate change and viral emergence: evidence from *Aedes*-borne arboviruses. **Current opinion in virology**, v. 40, p. 41-47, 2020.
 9. THOMAS, Matthew B. Biological control of human disease vectors: a perspective on challenges and opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 61-69, 2018.
 10. WEERATUNGA, Praveen et al. Control methods for *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. **The Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 2017, n. 8, 2017.