www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v.30, n.163, 2026 | DOI: 10.69849/phk4j029

Eficácia e mecanismos biológicos do microagulhamento no tratamento das alopecias não cicatriciais: uma revisão de literatura na biomedicina estética

Efficacy and biological mechanisms of microneedling in the treatment of non-scarring alopecias: a literature review in aesthetic biomedicine

Katlyn Aline de Souza Garcia[1]

Bianca Brandi Ferreira Ramos[2]

Resumo: As disfunções capilares representam uma queixa frequente nas clínicas de estética, podendo comprometer a autoestima e a qualidade de vida dos indivíduos. O microagulhamento, também denominado Terapia de Indução Percutânea de Colágeno (TIPC), constitui uma alternativa minimamente invasiva investigada para o tratamento das alopecias não cicatriciais, especialmente da alopecia androgenética e do eflúvio telógeno. Este estudo teve como objetivo analisar a eficácia e os mecanismos biológicos do microagulhamento no tratamento das alopecias não cicatriciais. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e natureza descritiva, realizada nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico. Foram incluídos estudos publicados em português e inglês, nos últimos dez anos, que abordassem o uso do microagulhamento no tratamento da queda capilar. Os resultados indicam que as microperfurações controladas desencadeiam uma resposta biológica relacionada à reparação tecidual e podem favorecer a permeação de ativos tópicos por meio do mecanismo de *drug delivery*. As evidências clínicas são mais consistentes para a alopecia androgenética, sobretudo quando o microagulhamento é associado ao minoxidil. Entretanto, os resultados variam conforme os protocolos utilizados, e persistem limitações quanto à eficácia da técnica isolada, à profundidade das agulhas e à segurança a longo prazo. Conclui-se que o microagulhamento apresenta potencial como recurso complementar no tratamento das alopecias não cicatriciais, sendo necessárias pesquisas adicionais para estabelecer parâmetros mais consistentes de eficácia e segurança.

Palavras-chave: Alopecia androgenética. Biomedicina estética. Eflúvio telógeno. Microagulhamento capilar. Queda capilar.

Abstract: Hair disorders are a frequent concern in aesthetic clinics and may negatively affect individuals' self-esteem and quality of life. Microneedling, also

[1] Autor para correspondência**:** katlynalinegarcia@gmail.com

known as Percutaneous Collagen Induction Therapy (PCIT), is a minimally invasive approach investigated for the treatment of non-scarring alopecias, particularly androgenetic alopecia and telogen effluvium. This study aimed to analyze the efficacy and biological mechanisms of microneedling in the treatment of non-scarring alopecias. An integrative literature review with a qualitative and descriptive approach was conducted using the PubMed, SciELO, and Google Scholar databases. Studies published in Portuguese and English over the last ten years and related to the use of microneedling in hair loss treatment were included. The literature indicates that controlled microperforations trigger a biological response associated with tissue repair and may improve the penetration of topical agents through the drug delivery mechanism. Clinical evidence is more consistent for androgenetic alopecia, particularly when microneedling is combined with minoxidil. However, results vary according to the protocols used, and limitations remain regarding the efficacy of microneedling as a standalone treatment, needle depth, and long-term safety. It is concluded that microneedling has potential as a complementary approach for non-scarring alopecias, although further research is needed to establish more consistent parameters for efficacy and safety.

Keywords: Androgenetic alopecia. Aesthetic biomedicine. Telogen effluvium. Hair microneedling. Hair loss.

INTRODUÇÃO

As alopecias não cicatriciais configuram uma das demandas mais frequentes na prática clínica contemporânea. Entre as manifestações de maior prevalência, destacam-se a alopecia androgenética (AAG), distúrbio crônico e progressivo relacionado a fatores genéticos e hormonais, e o eflúvio telógeno (ET), caracterizado pela queda difusa dos fios decorrente de diferentes fatores sistêmicos (CHEN; ZHENG; WANG, 2025; MALKUD, 2015).

Independentemente da etiologia, a perda capilar pode impactar significativamente a autoestima, a imagem corporal e a qualidade de vida dos indivíduos acometidos. Huang, Fu e Chi (2021) verificaram que a alopecia androgenética está associada a comprometimento moderado da qualidade de vida relacionada à saúde e da dimensão emocional, o que reforça a importância do acolhimento e do acompanhamento adequado desses pacientes. Nesse contexto, a atuação do biomédico esteta torna-se relevante na área da tricologia, especialmente no desenvolvimento de protocolos terapêuticos minimamente invasivos voltados à fisiologia do folículo piloso.

A fisiopatologia da alopecia androgenética envolve a ação da enzima 5-alfa-redutase, responsável pela conversão da testosterona em di-hidrotestosterona (DHT). Em indivíduos geneticamente predispostos, o aumento da atividade da 5-alfa-redutase e dos receptores androgênicos nos folículos pilosos favorece a miniaturização folicular progressiva, o encurtamento da fase anágena e a produção de fios mais finos e curtos (CHEN; ZHENG; WANG, 2025).

O eflúvio telógeno, por sua vez, caracteriza-se pela transição precoce de uma quantidade aumentada de folículos da fase anágena para a fase telógena. Entre os fatores desencadeantes estão febre, estresse físico ou psicológico, infecções, alterações hormonais, período pós-parto, uso de medicamentos e deficiências nutricionais (ASGHAR et al., 2020; MALKUD, 2015).

O microagulhamento, também denominado Terapia de Indução Percutânea de Colágeno (TIPC), surge como uma alternativa terapêutica investigada para o manejo das alterações capilares. A técnica baseia-se na realização de microperfurações controladas no couro cabeludo, desencadeando uma resposta biológica que envolve processos inflamatórios, proliferativos e de remodelação tecidual. De acordo com English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022), o microagulhamento tem sido investigado tanto de forma isolada quanto em associação com outras terapias, embora a qualidade das evidências clínicas ainda apresente limitações.

Além da resposta decorrente da injúria mecânica, os microcanais produzidos pelo procedimento podem favorecer a permeação de substâncias aplicadas topicamente, caracterizando o fenômeno de *drug delivery*. Dessa forma, o microagulhamento pode ser associado a diferentes ativos utilizados na abordagem das alterações capilares. Entre essas associações, destaca-se o minoxidil, cuja combinação com a técnica apresentou resultados favoráveis em parâmetros capilares em estudos reunidos por Ahmed et al. (2025).

Diante da crescente utilização do microagulhamento, torna-se relevante analisar as evidências científicas acerca de sua eficácia e dos mecanismos biológicos envolvidos no tratamento das alopecias não cicatriciais. Também é necessário considerar as diferenças entre os resultados obtidos com a técnica

isolada e aqueles observados quando ela é associada a medicamentos, bem como os parâmetros de aplicação e os possíveis riscos teciduais.

Assim, este estudo teve como objetivo analisar a eficácia e os mecanismos biológicos do microagulhamento no tratamento das alopecias não cicatriciais, destacando sua aplicação na Biomedicina Estética, sua associação com ativos utilizados no manejo da queda capilar e os aspectos relacionados à segurança do procedimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de natureza descritiva e abordagem qualitativa. A revisão integrativa permite a busca, a avaliação e a síntese das evidências disponíveis sobre determinado tema, possibilitando uma compreensão abrangente do fenômeno estudado.

A coleta de dados foi realizada por meio de consultas às bases de dados eletrônicas PubMed, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Google Acadêmico. Para a busca dos estudos, foram utilizados os descritores “microagulhamento capilar”, “alopecia”, “eflúvio telógeno” e “Biomedicina Estética”.

Foram incluídos artigos originais, estudos clínicos, revisões sistemáticas e ensaios clínicos publicados em português e inglês, entre 2013 e 2026, que abordassem diretamente os efeitos do microagulhamento no tratamento da queda capilar. Foram excluídos estudos duplicados nas bases de dados, publicações sem relação direta com o tema proposto e artigos sem fundamentação metodológica clara.

Após a seleção, os dados foram analisados qualitativamente e organizados conforme os principais aspectos relacionados à fisiopatologia das alopecias não cicatriciais, aos mecanismos de ação do microagulhamento, às evidências clínicas e às condutas de segurança na prática biomédica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O folículo piloso apresenta um ciclo biológico contínuo dividido em três fases principais: anágena, caracterizada pelo crescimento ativo; catágena, correspondente à involução folicular; e telógena, relacionada ao repouso e ao desprendimento do fio. Alterações na duração ou na sincronização dessas fases podem resultar em diferentes quadros de perda capilar, especialmente nas alopecias não cicatriciais (MALKUD, 2015; ASGHAR et al., 2020).

A alopecia androgenética representa uma das principais causas de perda capilar crônica. Sua fisiopatologia está relacionada à ação da enzima 5-alfa-redutase, responsável pela conversão da testosterona em di-hidrotestosterona (DHT). Em indivíduos geneticamente predispostos, a DHT liga-se aos receptores androgênicos presentes nos folículos pilosos, promovendo a miniaturização folicular progressiva. Como consequência, ocorre redução da duração da fase anágena e produção de fios progressivamente mais finos, curtos e menos pigmentados (CHEN; ZHENG; WANG, 2025). Chen, Zheng e Wang (2025) destacam que a alopecia androgenética não deve ser compreendida apenas como um distúrbio exclusivamente androgênico, uma vez que fatores genéticos, inflamatórios, microvasculares e relacionados ao microambiente folicular também podem participar da progressão da doença.

O eflúvio telógeno caracteriza-se pela transição precoce de uma quantidade aumentada de folículos da fase anágena para a fase telógena. Diferentemente da alopecia androgenética, essa condição não é marcada pela miniaturização progressiva do folículo, mas pelo aumento da queda difusa dos fios. Entre os fatores associados estão o estresse físico ou psicológico, febre, infecções, alterações hormonais, período pós-parto, uso de medicamentos e deficiências nutricionais (MALKUD, 2015; ASGHAR et al., 2020). Malkud (2015) enfatiza que o eflúvio telógeno frequentemente ocorre de forma tardia em relação ao fator desencadeante, com o aumento da queda capilar surgindo aproximadamente dois a três meses após o evento desencadeador. Asghar et al. (2020) complementam que a identificação da causa é fundamental para o manejo clínico, pois a correção do fator desencadeante pode promover a recuperação espontânea da densidade capilar em muitos casos.

A distinção entre essas condições é essencial para a análise da eficácia do microagulhamento. Enquanto a alopecia androgenética envolve miniaturização folicular progressiva e tendência crônica, o eflúvio telógeno pode ser reversível quando o fator desencadeante é identificado e controlado. English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022) observaram que a maior parte dos estudos clínicos sobre microagulhamento foi realizada em indivíduos com alopecia androgenética. Portanto, embora a técnica seja investigada para diferentes alterações capilares, os resultados obtidos nessa condição não devem ser automaticamente generalizados para o eflúvio telógeno.

O microagulhamento atua por meio de uma injúria mecânica controlada. Durante o procedimento, o dispositivo contendo microagulhas produz pequenas perfurações no couro cabeludo, desencadeando uma resposta biológica composta pelas fases inflamatória, proliferativa e de remodelação tecidual. Essa sequência é semelhante à observada em outros processos de cicatrização cutânea, embora as microlesões sejam intencionalmente controladas e de pequena extensão (ENGLISH JR.; RUIZ; DO AMARAL, 2022). Durante a resposta inflamatória, ocorre a participação de mediadores envolvidos na reparação tecidual, como o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), relacionado à angiogênese e à formação de novos vasos sanguíneos. A vascularização adequada contribui para o fornecimento de oxigênio e nutrientes aos tecidos; contudo, sua participação na melhora clínica do crescimento capilar deve ser interpretada com cautela, pois a presença de um mediador biológico não comprova, isoladamente, benefício terapêutico.

Outros fatores investigados são o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1), envolvido em processos de proliferação e sobrevivência celular, e o fator de crescimento de fibroblastos (bFGF), associado aos mecanismos de reparação tecidual. English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022) relatam que esses mediadores podem participar da modulação do microambiente folicular, mas ressaltam que as evidências ainda não permitem afirmar que cada um deles seja responsável, de maneira isolada, pelo aumento clinicamente significativo da densidade capilar. Os autores também discutem a possível atuação do microagulhamento sobre vias de sinalização relacionadas ao ciclo capilar, como a via Wnt/β-catenina, e sobre células associadas aos folículos pilosos. Entretanto,

reconhecem que muitos desses mecanismos permanecem propostos e que são necessários estudos experimentais e clínicos de melhor qualidade para confirmar sua relevância no tratamento da queda capilar.

Outro mecanismo relevante é o *drug delivery*. Os microcanais produzidos pelas agulhas podem alterar temporariamente a barreira cutânea, favorecendo a permeação de substâncias aplicadas topicamente. Estudos sobre administração transdérmica demonstram que a formação de microcanais pode aumentar o fluxo de fármacos através do estrato córneo, especialmente quando são consideradas as características do fármaco, o comprimento das agulhas e a sequência de aplicação (KAM et al., 2026). É importante diferenciar a estimulação mecânica da permeação de substâncias: a primeira corresponde à resposta biológica desencadeada pelas microlesões, enquanto a segunda relaciona-se à possibilidade de aumentar a passagem de substâncias pela barreira cutânea. Esses mecanismos podem atuar de forma complementar, mas não são equivalentes. Assim, quando um estudo identifica melhora com a associação de microagulhamento e minoxidil, não é possível atribuir todo o resultado exclusivamente à estimulação mecânica ou ao aumento da permeação do medicamento.

As evidências clínicas indicam resultados favoráveis do microagulhamento, especialmente quando a técnica é associada a outras estratégias terapêuticas. Na revisão sistemática de English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022), foram incluídos 22 estudos clínicos, com 1.127 participantes. Os autores identificaram resultados favoráveis em parâmetros capilares em diferentes protocolos, sobretudo nos estudos que avaliaram o microagulhamento como terapia complementar. Entre os tratamentos associados estavam o minoxidil tópico, soluções contendo fatores de crescimento e plasma rico em plaquetas. Apesar dos resultados positivos, os estudos apresentaram diferenças importantes nos métodos, nos dispositivos, nas profundidades das agulhas e na frequência das sessões, além de limitações na qualidade metodológica.

Em relação ao microagulhamento isolado, a literatura apresenta resultados menos consistentes. Embora alguns estudos tenham identificado melhora em parâmetros capilares, os dados disponíveis não permitem afirmar que a técnica isolada seja eficaz para todas as formas de alopecia não cicatricial. English Jr., Ruiz

e Do Amaral (2022) observam que a maior parte dos benefícios descritos foi verificada quando o microagulhamento foi utilizado como coadjuvante de outras intervenções, e não como monoterapia. Esse achado reforça a necessidade de interpretar os resultados conforme a condição tratada e a existência ou não de terapias associadas.

A associação com minoxidil apresenta evidências clínicas mais consistentes para a alopecia androgenética. Dhurat et al. (2013) realizaram um ensaio clínico randomizado, cegado pelo avaliador, com 100 homens com alopecia androgenética leve a moderada. Os participantes foram divididos em dois grupos: um recebeu minoxidil tópico 5% isolado e o outro recebeu minoxidil associado ao microagulhamento semanal. Após 12 semanas, o grupo submetido à associação apresentou aumento médio de 91,4 fios, enquanto o grupo tratado apenas com minoxidil apresentou aumento médio de 22,2 fios. Os autores concluíram que a combinação foi superior ao minoxidil isolado nos desfechos avaliados.

Esses resultados foram posteriormente corroborados por Ahmed et al. (2025), que realizaram uma revisão sistemática com metanálise de 12 ensaios clínicos randomizados, envolvendo 631 participantes. A análise identificou melhora significativa na contagem dos fios nos grupos submetidos à combinação de microagulhamento e minoxidil, em comparação aos grupos que utilizaram apenas minoxidil. Os autores também observaram melhora na espessura dos fios. Ao comparar Dhurat et al. (2013) e Ahmed et al. (2025), observa-se que ambos os estudos indicam vantagem da associação entre microagulhamento e minoxidil em relação ao minoxidil isolado. Contudo, há diferenças metodológicas relevantes: Dhurat et al. (2013) analisaram uma amostra menor, composta exclusivamente por homens e com acompanhamento de 12 semanas, enquanto Ahmed et al. (2025) reuniram um número maior de ensaios e participantes, ampliando a força da evidência. Por outro lado, a metanálise de Ahmed et al. (2025) identificou elevada heterogeneidade entre os estudos, o que limita a definição de um protocolo único e ideal.

Outro aspecto relevante é a profundidade das agulhas. English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022) identificaram estudos que utilizaram profundidades entre 0,50 mm e 2,50 mm, demonstrando a ausência de padronização entre os protocolos. Ahmed et

al. (2025), por sua vez, não encontraram diferença estatisticamente significativa na contagem dos fios entre os subgrupos que utilizaram profundidades de até 1 mm e aqueles que utilizaram profundidades superiores a 1 mm. Esse resultado não significa que todas as profundidades sejam equivalentes em segurança, mas indica que os dados disponíveis não demonstram superioridade universal de uma profundidade específica. A escolha da profundidade deve considerar as características do couro cabeludo, o dispositivo utilizado, a indicação clínica e a avaliação individual. O uso de agulhas mais longas não deve ser interpretado automaticamente como uma forma de obter melhores resultados, pois a intensidade das lesões e o risco de danos aos tecidos também podem aumentar.

Entre os efeitos adversos possíveis estão dor, vermelhidão, irritação e pequenos sangramentos. Em situações de aplicação inadequada, também podem ocorrer infecção, inflamação excessiva, alterações pigmentares e cicatrização indesejada. English Jr., Ruiz e Do Amaral (2022) não identificaram eventos adversos graves entre os participantes com informações de segurança relatadas nos estudos analisados. Ahmed et al. (2025) observaram maior número de eventos adversos nos grupos submetidos à combinação de microagulhamento e minoxidil, em comparação aos grupos que utilizaram apenas minoxidil, embora os eventos tenham sido geralmente leves ou autolimitados. Esses achados reforçam que a segurança não deve ser avaliada apenas pela ausência de eventos graves em estudos de curta duração, mas também pela padronização dos procedimentos, pela seleção adequada dos pacientes e pelo acompanhamento prolongado.

Na prática biomédica, a segurança deve ser prioridade. O profissional deve realizar avaliação clínica e anamnese detalhada, identificando possíveis contraindicações e condições do couro cabeludo que possam aumentar o risco de complicações. O material perfurocortante deve ser descartado adequadamente após o uso, evitando-se a reutilização e reduzindo-se o risco de contaminação e infecção. A escolha da profundidade das agulhas e dos ativos associados também deve ser realizada conforme a avaliação individual do paciente e protocolos tecnicamente fundamentados. Além disso, a formação de microcanais não significa que qualquer substância possa ser aplicada com segurança após o procedimento, pois a alteração

temporária da barreira cutânea pode modificar a absorção dos produtos e aumentar o risco de irritação ou de efeitos indesejados.

Dessa forma, as evidências disponíveis sustentam principalmente o uso do microagulhamento como estratégia complementar na alopecia androgenética, especialmente em associação ao minoxidil. Ainda são necessários estudos clínicos com protocolos padronizados, amostras adequadas e acompanhamento prolongado para esclarecer a eficácia da técnica isolada, determinar parâmetros de aplicação mais seguros e avaliar sua utilização em outras formas de alopecia não cicatricial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O microagulhamento apresenta-se como um recurso terapêutico investigado na Biomedicina Estética para o manejo das alopecias não cicatriciais. Seus efeitos estão relacionados tanto à injúria mecânica controlada quanto à possível facilitação da permeação de substâncias tópicas. A resposta de reparação tecidual envolve mediadores biológicos que podem contribuir para explicar os mecanismos propostos, embora a participação individual desses fatores no crescimento capilar ainda necessite de maior esclarecimento.

As evidências analisadas indicam resultados mais consistentes para a alopecia androgenética, especialmente quando o microagulhamento é associado ao minoxidil. Entretanto, a heterogeneidade dos estudos limita a definição de um protocolo ideal e impede a generalização dos resultados para todas as formas de alopecia não cicatricial.

A profundidade das agulhas constitui outro aspecto relevante para a eficácia e a segurança. Os estudos utilizam diferentes parâmetros, e as evidências disponíveis não demonstram superioridade universal de profundidades maiores. Assim, a aplicação deve considerar a avaliação individual e os riscos de lesão tecidual.

Conclui-se que o microagulhamento apresenta potencial como estratégia complementar, mas sua utilização deve estar associada à avaliação adequada da causa da queda capilar, à individualização do tratamento e ao cumprimento das medidas de biossegurança. Novos estudos clínicos randomizados, com protocolos padronizados e acompanhamento a longo prazo, são necessários para estabelecer

de maneira mais consistente a eficácia isolada da técnica, os parâmetros de aplicação e sua segurança nas diferentes alopecias não cicatriciais.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A autora declara que utilizou a ferramenta de inteligência artificial generativa **Perplexity** *exclusivamente como ferramenta de apoio à revisão linguística e organização inicial do texto. Todo o conteúdo foi revisado criticamente, validado pela autora e esta assume total responsabilidade pelas informações apresentadas.*

REFERÊNCIAS

AHMED, K. M. A. et al. Evaluating the efficacy and safety of combined microneedling therapy versus topical minoxidil in androgenetic alopecia: a systematic review and meta-analysis. **Archives of Dermatological Research**, v. 317, art. 528, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s00403-025-04032-1.

ASGHAR, F. et al. Telogen effluvium: a review of the literature. **Cureus**, v. 12, n. 5, e8320, 2020. DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.8320.

CAETANO, A. V.; ANDRADE, A. C. D.; MENDONÇA, E. G. Uso do microagulhamento na alopecia não cicatricial. In: **Anais do 24º Simpósio de TCC do Centro Universitário ICESP**, n. 24, p. 54-60, 2022.

CHEN, S.; ZHENG, D.; WANG, H. Research progress on the pathogenesis of androgenetic alopecia. **European Journal of Dermatology**, v. 35, n. 1, p. 3-8, 2025. DOI: https://doi.org/10.1684/ejd.2025.4815.

DHURAT, R. et al. A randomized evaluator blinded study of effect of microneedling in androgenetic alopecia: a pilot study. **International Journal of Trichology**, v. 5, n. 1, p. 6-11, 2013. DOI: https://doi.org/10.4103/0974-7753.114700.

ENGLISH JR., R. S.; RUIZ, S.; DO AMARAL, P. Microneedling and its use in hair loss disorders: a systematic review. **Dermatology and Therapy**, v. 12, n. 1, p. 41-60, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s13555-021-00653-2.

FERREIRA, A. S.; AITA, D. L.; MUNERATTO, M. A. Microagulhamento: uma revisão. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 35, n. 2, p. 228-234, 2020. DOI: https://doi.org/10.5935/2177-1235.2020RBCP0037.

HUANG, C.; FU, Y.; CHI, C. Health-related quality of life, depression, and self-esteem in patients with androgenetic alopecia: a systematic review and meta-analysis. **JAMA Dermatology**, v. 157, n. 8, p. 963-970, 2021. DOI: https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2021.2196.

KAM, S.; KHANG, J.; KIM, D. H.; CHUNG, H. J. Microneedling-assisted drug delivery: a systematic review and meta-analysis with biochemical, histologic, and ultrastructure imaging correlation. **Dermatologic Surgery**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000005315.

MALKUD, S. Telogen effluvium: a review. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 9, p. WE01-WE03, 2015. DOI: https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/15219.6492.

SILVA, M. C. L.; CAETANO, R. C. P. S. O microagulhamento com fatores de crescimento é uma alternativa eficaz para a regeneração folicular e o aumento da densidade capilar na alopecia androgenética. **Aurum Revista Multidisciplinar**, v. 1, n. 9, p. 66-74, 2025. DOI: https://doi.org/10.63330/armv1n9-005.