

APLICAÇÃO DA LAMP NA DETECÇÃO MOLECULAR DO HPV COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR AO RASTREAMENTO DO CÂNCER CERVICAL: REVISÃO SISTEMÁTICA

Matheus Rodrigues Torres Farias¹;

¹Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4211471221712331>

Aylthon Gabriel de Lyma Albuquerque Luna²;

²Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<https://lattes.cnpq.br/2799226247831622>

Marina Guimarães Bastos Falcão³;

³Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5601348392027105>

Ana Júlia Melo de Vasconcelos Arruda⁴;

⁴Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5406648571330642>

Nicolly Magalhães de Oliveira⁵;

⁵Programa de Pós-Graduação de Biologia Celular e Molecular Aplicada (PPGBCMA), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5295305905930492>

Yasmim Fernandes Ramos⁶;

⁶Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/8755343599432821>

Maísa Santos Moraes⁷;

⁷Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2836200269622413>

Letícia Nicolle Evangelista de Brito Gonçalves⁸;

⁸Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3418656539713346>

Milena Ferreira Cruz⁹;

⁹Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4207450737094664>

Ana Julia Freitas Lima¹⁰;

¹⁰Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/8326671224576230>

Lara Maria de Souza Menezes Cabral¹¹;

¹¹Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/6617729923639123>

Ana Heloísa Moura da Silva¹²;

¹²Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2544582406623937>

Eliane Campos Coimbra¹³.

¹³Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3002913768267662>

RESUMO: O papilomavírus Humano (HPV) é a IST mais comum globalmente, com tipos de alto risco oncogênicos (como 16 e 18) fortemente associado ao câncer cervical. Diante das limitações da citologia oncológica, a técnica de amplificação isotérmica mediada por LAMP destaca-se como alternativa rápida, sensível e de baixo custo para rastreamento molecular. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar estudos que evidenciem o uso da LAMP no diagnóstico e genotipagem do HPV, e como ferramenta auxiliar na predição do câncer de colo do útero. Foi realizada revisão sistemática orientada pelo PRISMA, na qual as buscas ocorreram em agosto de 2026 nas bases PubMed, LILACS-BVS, ScienceDirect e Wiley por artigos experimentais originais dos últimos 5 anos. Os artigos comprovam a eficácia e versatilidade da técnica LAMP em diversas abordagens tecnológicas. As variações demonstraram alta sensibilidade (até 97,8%) e especificidade (até 100%), com desempenhos equivalentes à PCR e qPCR. Além de a LAMP detectar o DNA do vírus, pode ser uma ferramenta complementar na predição do câncer cervical. A LAMP é uma técnica robusta e eficiente para descentralizar e acelerar o rastreamento do HPV, necessitando de validações clínicas adicionais para sua consolidação em grande escala.

PALAVRAS-CHAVE: LAMP. Diagnóstico. Inovação tecnológica.

APPLICATION OF LAMP FOR THE MOLECULAR DETECTION OF HPV AS A COMPLEMENTARY TOOL FOR CERVICAL CANCER SCREENING: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT: Human papillomavirus (HPV) is the most common sexually transmitted infection worldwide, with high-risk oncogenic types, such as HPV-16 and HPV-18, strongly associated with cervical cancer. Given the limitations of cervical cytology, loop-mediated isothermal amplification (LAMP) has emerged as a rapid, sensitive, and low-cost alternative for molecular screening. Therefore, this study aimed to analyze studies investigating the use of LAMP for HPV diagnosis and genotyping and its potential as an auxiliary tool for predicting cervical cancer. A systematic review was conducted according to the PRISMA guidelines, with searches performed in August 2026 in PubMed, LILACS-BVS, ScienceDirect, and Wiley, including original experimental articles published within the previous five years. The studies demonstrated the efficacy and versatility of LAMP through various technological approaches. Different LAMP-based methods showed high sensitivity (up to 97.8%) and specificity (up to 100%), with performance comparable to PCR and qPCR. In addition to detecting HPV DNA, LAMP may serve as a complementary tool for cervical cancer prediction. Overall, LAMP is a robust and efficient technique with potential to decentralize and accelerate HPV screening, although further clinical validation is required for large-scale implementation.

KEYWORDS: LAMP. Diagnosis. Technological innovation.

INTRODUÇÃO

O Papilomavírus humano (HPV) é um vírus com tropismo por regiões como a pele e as mucosas, sendo este classificado como a infecção sexualmente transmissível (IST) mais comum globalmente (Ministério da Saúde, 2025). Existem mais de 200 tipos de HPV, os quais podem ser classificados em: Baixo risco oncogênico, em que pessoas acometidas podem desenvolver verrugas na região genital, e alto risco oncogênico, que está associado a tumores malignos, como câncer de colo do útero, sendo o 6º tipo de câncer mais incidente na população em geral (Ministério da Saúde, 2025; Ayres; Silva 2010).

O processo de carcinogênese se dá quando o vírus infecta os queratinócitos da camada basal do epitélio e passa a expressar oncoproteínas, denominadas E6 e E7. A E6 atua suprimindo p53, reduzindo a sua capacidade da célula de responder a danos no DNA e induzindo apoptose, enquanto a E7 interfere na proteína pRb, favorecendo a liberação de fatores E2F e a progressão do ciclo celular (Yu; Majerciak; Zheng, 2022). Dessa forma, ocorre um aumento da proliferação celular e comprometimento dos mecanismos de controle do ciclo celular e da estabilidade genômica e consequentemente, a progressão para lesões precursoras e câncer cervical (Yu; Majerciak; Zheng, 2022). A carcinogênese induzida pelo HPV ocorre principalmente por infecções persistentes dos HPV do tipo alto risco, como

por exemplo os tipos 16 e 18, que são responsáveis por 70% dos carcinomas cervicais no mundo (Stanley, 2008).

A principal forma de rastreio do câncer cervical é feita através da citologia oncológica, que identifica apenas as alterações causadas pelo HPV, mas não identifica o vírus. Entretanto essa metodologia tem apresentado falhas. Além disso, é considerado uma ferramenta diagnóstica ineficiente por apresentar falsos negativos, pior prognóstico e uma resposta terapêutica ineficaz (Costa *et al.*, 2019; Meneses; Toralles; Mendes, 2019). Nesse contexto, métodos de diagnóstico molecular capazes de identificar diretamente o material genético do HPV têm ganhado destaque, especialmente por possibilitarem maior especificidade e sensibilidade na detecção da infecção viral e de seus tipos (Meneses; Toralles; Mendes, 2019).

Entre as metodologias moleculares, pode-se citar a técnica de Loop-Mediated Isothermal Amplification (Figura 1), uma metodologia inovadora de amplificação isotérmica de DNA que apresenta uma alta sensibilidade e especificidade devido a amplificação exponencial que usa simultaneamente 6 sequências alvos diferentes por primers diferentes em uma mesma reação. Essa técnica é mais rápida e não requer reagentes caros, tornando-se uma ferramenta chave por sua eficiência e menor custo (Kashir; Yaqinuddin, 2020). Tal metodologia também se destaca por não utilizar termocicladores de alto custo, permitindo a leitura dos resultados em um curto período. Por essas razões, a LAMP é uma alternativa promissora para o diagnóstico point-of-care, democratizando o acesso ao rastreio molecular do HPV, sobretudo em regiões de baixa infraestrutura de saúde. Portanto, a implementação dessa metodologia tem potencial de superar o exame do papanicolau, favorecendo a detecção precoce de tipos oncogênicos e predição do câncer cervical.

OBJETIVO

Este trabalho tem como escopo analisar artigos que evidenciam o uso da técnica Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) como metodologia para o diagnóstico e genotipagem do HPV, além de ser utilizada como uma ferramenta auxiliar da citologia na predição do câncer cervical.

METODOLOGIA

O trabalho é uma revisão sistemática da literatura, com abordagem qualitativa e caráter exploratório-descritivo. A pesquisa foi desenvolvida em agosto de 2026, tendo como referência as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

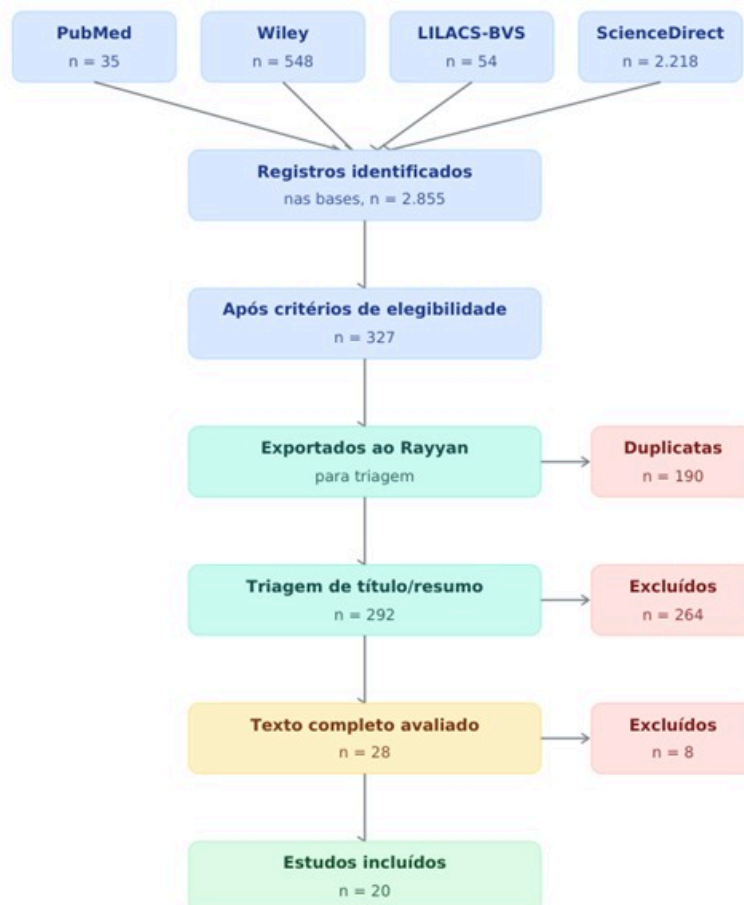
O levantamento dos estudos foi realizado através dos bancos de dados do PubMed, LILACS-BVS, ScienceDirect e Willey. Foram utilizados apenas descritores em inglês e combinados entre si por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, com string utilizada da seguinte forma para a pesquisa: (“Loop-Mediated Isothermal Amplification” OR LAMP OR “isothermal amplification”) AND (“Human Papillomavirus” OR HPV OR “HPV infection”) AND (“molecular detection” OR “molecular diagnosis” OR diagnosis OR detection) AND (screening OR “cervical cancer screening” OR “cervical screening”) AND (“cervical cancer” OR “cervical carcinoma” OR “cervical neoplasia” OR “cervical lesions”).

Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão: apenas artigos originais e experimentais em inglês, publicados nos últimos cinco anos e disponibilizados gratuitamente na íntegra. Foram excluídas revisões de literatura, publicações que não apresentassem relação direta com o uso da técnica de LAMP para o diagnóstico molecular de HPV e artigos duplicados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A investigação inicial recuperou 35 publicações na PubMed, 548 na Wiley, 54 na LILACS-BVS e 2.218 na ScienceDirect. Posterior à aplicação dos critérios previamente estabelecidos, permaneceram 30 estudos na PubMed, 56 da Wiley, 34 da LILACS-BVS e 207 da ScienceDirect. Os estudos identificados nas bases de dados foram exportados para a plataforma Rayyan, na qual foram realizados a triagem e a seleção. Inicialmente, procedeu-se à identificação e exclusão de trabalhos duplicados. Após isso, foi realizada a leitura dos títulos e resumos de acordo com os critérios de elegibilidade definidos anteriormente. Os artigos relevantes foram encaminhados para a etapa da leitura do texto íntegro, sendo posteriormente incluídos ou excluídos conforme sua adequação aos critérios estabelecidos (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma da metodologia seguindo o protocolo do PRISMA



Fonte: Imagem gerada a partir da utilização de Inteligência Artificial Claude (Anthropic) seguindo o modelo descrito na metodologia com o seguinte prompt: crie um um fluxograma ilustrativo e didático sobre a temática de acordo com a metodologia descrita.

LAMP para detecção e genotipagem do HPV

A amplificação isotérmica mediada por loop (Loop-Mediated Isothermal Amplification – LAMP) tem sido investigada como uma alternativa aos métodos convencionais para detecção e genotipagem do papilomavírus humano (HPV), principalmente em razão da rapidez, simplicidade operacional, especificidade e possibilidade de redução da infraestrutura laboratorial necessária. Vo e Story (2021) destacaram o potencial da LAMP para a detecção molecular do HPV, ressaltando vantagens relacionadas ao custo, tempo de processamento e simplicidade do ensaio. Os autores também demonstraram a possibilidade de reduzir etapas de extração e purificação do DNA, característica que amplia o potencial de aplicação da técnica em diferentes tipos de amostras clínicas e em testes de ponto de atendimento (*point-of-care*).

Diferentes estratégias de LAMP têm sido desenvolvidas para ampliar a capacidade de detecção e genotipagem do HPV. Wang *et al.* (2021) avaliaram a amplificação isotérmica mediada por loop digital (*digital Loop-Mediated Isothermal Amplification* – dLAMP)

para detecção e quantificação do DNA desse vírus. A metodologia utilizou múltiplos compartimentos presentes em um chip, permitindo a realização de reações individuais de amplificação e a identificação dos compartimentos nos quais ocorreu a amplificação. O método apresentou desempenho analítico comparável ao da PCR digital em gotas (*droplet digital PCR* – ddPCR), demonstrando potencial para detecção e quantificação do DNA viral.

Jiao *et al.* (2024) desenvolveram uma LAMP colorimétrica baseada em papel de filtro modificado para detecção de HPV16/18 em amostras clínicas. A integração das etapas de preparo e amplificação possibilitou uma detecção rápida e visual, com elevada concordância com o diagnóstico clínico, indicando potencial para aplicações de triagem. De forma semelhante, Barra *et al.* (2024) desenvolveram um ensaio multiplex capaz de detectar simultaneamente HPV-16, HPV-18 e HPV-45 em um único tubo. O método apresentou 92% de concordância com a qPCR, sensibilidade de 89% e especificidade de 95%, demonstrando a possibilidade de utilização da LAMP para identificação simultânea de diferentes genótipos relacionados ao câncer cervical.

A utilização de amostras alternativas também tem sido explorada. Thai *et al.* (2025) avaliaram a detecção de HPV16/18 em amostras de urina utilizando LAMP associada a diferentes modalidades de leitura, incluindo métodos colorimétricos, fluorométricos e eletroquímicos. O sistema permitiu a obtenção dos resultados em aproximadamente 45 minutos, evidenciando o potencial da técnica para estratégias não invasivas e aplicáveis em pontos de atendimento. Mais recentemente, Aldana *et al.* (2026) avaliaram a utilização da LAMP para diagnóstico e genotipagem de HPV em verrugas plantares, incluindo testes em ambientes clínicos de rotina, análise de raspados de pele sem purificação do DNA e identificação de infecções por múltiplos genótipos. O método apresentou limite de detecção de $2,46 \times 10^3$ cópias/ μ L em comparação com a PCR, solucionou quatro amostras inconclusivas pela PCR, identificadas como HPV-1, e detectou coinfeção por HPV-1 e HPV-4 não identificada pela PCR. Entretanto, a sensibilidade foi reduzida para amostras de tecido não purificado, nas quais a taxa de detecção de casos positivos foi de 50%.

Yoon *et al.* (2026) avaliaram uma plataforma LAMP colorimétrica, utilizando o kit MmaxSure HPV HR14, para rastreamento descentralizado do câncer cervical. O sistema permitiu a detecção de 14 tipos de HPV de alto risco em amostras cervicais por meio da mudança de cor do indicador azul de hidroxinaftol (HNB). Em 933 amostras cervicais, foram observadas precisões diagnósticas de 99,5% a 99,6%, com sensibilidade de 97,8% para HPV16/18, 100,0% para os demais 12 tipos de alto risco e especificidade de 100,0% em comparação com a PCR convencional. Apesar do desempenho elevado, foram observados quatro resultados falso-negativos, ressaltando a necessidade de avaliação cuidadosa do desempenho clínico antes da implementação em larga escala.

Integração da LAMP a dispositivos portáteis e plataformas *point-of-care*

A incorporação da LAMP a dispositivos portáteis e sistemas miniaturizados ampliou suas possibilidades de aplicação no diagnóstico descentralizado. Wormald et al. (2022) demonstraram a integração da técnica a um dispositivo Lab-on-a-Chip para detecção simultânea de HPV e hTERT. Gao et al. (2025) desenvolveram uma plataforma microfluídica portátil baseada em RT-LAMP e fluxo lateral, capaz de detectar os transcritos E6/E7 de HPV16/18 em aproximadamente 45 minutos, com sensibilidade de 94,74% e especificidade de 100% para carcinoma invasivo.

Outras abordagens combinaram a LAMP a hidrogéis, biossensores eletroquímicos e chips digitais. Azizi et al. (2025) desenvolveram uma plataforma baseada em hidrogel para detecção de HPV16/18, enquanto Sebuyoya et al. (2022) obtiveram limites de detecção de 100 pg para HPV16 e 50 pg para HPV18 em um biossensor eletroquímico. Em conjunto, esses estudos demonstram a versatilidade da LAMP para integração com diferentes tecnologias de leitura e plataformas *point-of-care*.

Simplificação do preparo de amostras e redução da infraestrutura laboratorial

A possibilidade de simplificar o preparo das amostras constitui uma das características de maior interesse da LAMP para aplicações em cenários com infraestrutura laboratorial limitada. Vo e Story (2021) destacaram o potencial de redução das etapas de extração e purificação do DNA, enquanto Barra *et al.* (2025) avaliaram especificamente um protocolo de preparo de amostras sem extração de DNA para ampliar o acesso ao diagnóstico molecular do HPV.

O método descrito por Barra *et al.* (2025) apresentou elevada concordância com o GeneXpert HPV e tempo de processamento inferior a uma hora. A ausência da etapa convencional de extração de DNA simplificou o fluxo analítico e reduziu a necessidade de equipamentos e reagentes especializados. Entretanto, essa estratégia também pode preservar substâncias potencialmente interferentes presentes nas amostras, incluindo sangue, debris celulares e muco. As divergências observadas entre amostras provenientes de diferentes locais reforçaram ainda a influência das condições de coleta, concentração e armazenamento sobre a qualidade do material e, consequentemente, sobre a detecção do DNA viral.

Resultados semelhantes foram observados por Aldana *et al.* (2026), que avaliaram a utilização da LAMP em raspados de pele sem purificação do DNA. Embora o método tenha demonstrado capacidade de identificar amostras não resolvidas pela PCR e coinfeções por diferentes genótipos, a sensibilidade foi menor quando utilizado material não purificado. Esses achados indicam que a simplificação do preparo de amostras pode contribuir para a descentralização do diagnóstico, mas também evidencia a necessidade de otimização dos protocolos para minimizar os efeitos de inibidores e variações na qualidade do material clínico.

Assim, embora a redução ou eliminação da extração de DNA represente uma estratégia relevante para tornar a LAMP mais simples, rápida e acessível, seu desempenho depende da matriz clínica analisada e das condições de coleta e armazenamento. A padronização do preparo das amostras permanece, portanto, um componente importante para a implementação de testes moleculares simplificados.

LAMP/RT-LAMP para avaliação de marcadores associados à oncogênese

Estudos recentes têm explorado a utilização da LAMP para identificar marcadores moleculares relacionados à atividade oncogênica do HPV. Essa abordagem é particularmente relevante porque a simples detecção do HPV indica a presença da infecção, mas não necessariamente permite distinguir infecções transitórias daquelas associadas a alterações celulares clinicamente relevantes.

Wormald *et al.* (2021) avaliaram amostras citológicas de pacientes com diagnóstico recente e controles saudáveis utilizando LAMP multiplex para detecção de DNA e RNA dos HPV16 e HPV18, associada à análise dos marcadores tumorais hTERT, TERC e MYC, com o objetivo de contribuir para a detecção precoce do câncer cervical. Embora a abordagem tenha apresentado elevada especificidade para a detecção do câncer, sua sensibilidade foi relativamente baixa, enquanto o desempenho foi inverso para a detecção do HPV. Entre pacientes com tumores cervicais pequenos, potencialmente candidatos à cirurgia conservadora da fertilidade, a aplicação da LAMP com multiplexação espacial apresentou maior especificidade para identificação do câncer quando associada à citologia endovaginal.

Wormald *et al.* (2022) posteriormente demonstraram a integração da LAMP a um dispositivo LoC para detecção simultânea do DNA do HPV e do mRNA de hTERT, ampliando a possibilidade de associar a identificação da infecção viral à avaliação de alterações moleculares relacionadas à oncogênese.

Outra estratégia foi descrita por Izadi *et al.* (2024), que desenvolveram uma plataforma baseada em amplificação isotérmica mediada por loop com transcrição reversa (eRT-LAMP) associada à análise eletroquímica para monitorar a integração do HPV16. A estratégia avaliou a expressão dos mRNAs virais E2 e E7, buscando diferenciar formas predominantemente episomais das formas integradas do vírus. A integração do DNA viral pode interromper o gene E2, comprometendo sua função regulatória e favorecendo a expressão desregulada de E7. Em linhagens celulares, a linhagem CaSki apresentou elevada expressão de E7 e sinal aparente de E2, enquanto SiHa apresentou elevada expressão de E7 e ausência de sinal de E2. A eRT-LAMP foi capaz de detectar o mRNA de E7 utilizando apenas 6 ng de RNA total, com duração aproximada de 120 minutos. Apesar desses resultados, o estudo utilizou apenas 18 amostras, sendo necessária a avaliação em maior número de amostras clínicas e em outros genótipos de alto risco.

De forma complementar, Gao *et al.* (2025) demonstraram a aplicação da RT-LAMP para detecção dos transcritos oncogênicos E6/E7 de HPV16 e HPV18 em uma plataforma microfluídica portátil. Esses estudos apontam para uma possível evolução da aplicação da LAMP, passando da simples identificação da presença do HPV para a investigação de marcadores relacionados à atividade viral e à oncogênese. Entretanto, a capacidade desses marcadores de discriminar infecção transitória, persistência viral e lesões clinicamente relevantes ainda requer validação clínica mais ampla.

Limitações e perspectivas para aplicação no rastreamento cervical

De modo geral, os estudos demonstraram elevada versatilidade da LAMP para detecção e genotipagem do HPV, especialmente quando associada a dispositivos portáteis, sistemas microfluídicos, biossensores e métodos de leitura visual. Entretanto, limitações relacionadas ao tamanho amostral, diversidade de genótipos, matriz clínica e preparo das amostras ainda dificultam sua implementação em larga escala.

Além disso, a detecção do HPV não necessariamente indica progressão para câncer cervical. Assim, estratégias que incorporam marcadores de atividade viral e oncogênese podem ampliar a informação obtida, mas ainda necessitam de validação clínica. Estudos prospectivos, com maior número de participantes e comparação com métodos de referência, são necessários para estabelecer a sensibilidade, especificidade, reprodutibilidade e aplicabilidade da LAMP no rastreamento cervical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, os resultados desta revisão indicam que a LAMP possui potencial como ferramenta complementar no rastreamento do HPV e na identificação de genótipos de alto risco. Sua associação com a citologia pode fornecer informações complementares, combinando a identificação molecular do agente viral com a avaliação das alterações celulares. Contudo, são necessários estudos clínicos mais amplos para estabelecer seu papel definitivo nos protocolos de rastreamento e acompanhamento das lesões cervicais.

REFERÊNCIAS

- ALDANA-CABALLERO, Alberto *et al.* A LAMP-Assay for the Detection and Genotyping of HPV Causing Plantar Warts From Skin Scrapes Samples. **Journal of Medical Virology**, v. 98, n. 5, p. e70975, 2026.
- ANTHROPIC. **Claude** [ferramenta de inteligência artificial]. Versão Claude Sonnet 4.6. San Francisco: Anthropic, 2026. Disponível em: <https://claude.ai>. Acesso em: 21 agos. 2026.
- AYRES, Andréia Rodrigues Gonçalves; SILVA, Gulnar Azevedo e. Prevalência de infecção do colo do útero pelo HPV no Brasil: revisão sistemática. **Revista de Saúde Pública**, v. 44,

n. 5, p. 963-974, 2010.

AZIZI, Morteza *et al.* Hydrogel-based multiplexed high-risk human papillomavirus DNA/RNA detection for cervical cancer screening. **Biosensors and Bioelectronics: X**, v. 26, p. 100664, 1 out. 2025.

BARRA, Maria *et al.* Single-tube four-target lateral flow assay detects human papillomavirus types associated with majority of cervical cancers. **Analytical biochemistry**, v. 688, p. 115480, 2024.

BARRA, Maria J. *et al.* One-hour extraction-free loop-mediated isothermal amplification HPV DNA assay for point-of-care testing in Maputo, Mozambique. **Nature communications**, v. 16, n. 1, p. 7295, 2025.

CARDEAL, Mendes Carlos Maurício. Evolução da técnica de PCR: sua contribuição no diagnóstico da infecção por HPV. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, 2019.

COSTA, Telma Maria Lubambo *et al.* Human papillomavirus and risk factors for cervical adenocarcinoma in the state of Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 19, n. 3, p. 641-649, 2019.

GAO, Yuan *et al.* A Field-Deployable RotEx-LAMP-LFA Platform for Molecular Triage of HPV-Driven Oncogenesis. **Advanced Science**, v. 12, n. 47, p. e09468, 2025.

IZADI, Nasim *et al.* LAMP-based electrochemical platform for monitoring HPV genome integration at the mRNA level associated with higher risk of cervical cancer progression. **Journal of Medical Virology**, v. 96, n. 10, p. e70008, 2024.

JIAO, Tingting *et al.* In situ colorimetric LAMP based on one-step modified filter paper to screen human papillomavirus (HPV) 16/18 from clinical samples. **Langmuir**, v. 40, n. 32, p. 16722, 2024.

KASHIR, Junaid; YAQINUDDIN, Ahmed. Ensaios de amplificação isotérmica mediada por loop (LAMP) como diagnóstico rápido para COVID-19. **Hipóteses médicas**, v. 141, p. 109786, 2020.

KUMAR, Natish *et al.* Dispositivo microfluídico integrado para detecção rápida e precisa de HPV16 e HPV18 de alto risco em locais de atendimento. **Analyst**, v. 151, n. 5, p. 1371-1386, 2026.

LIU, Li *et al.* Cleavable energy transfer labeled oligonucleotide probe for enhanced isothermal amplification detection and nano digital chip-based readout. **Nanoscale**, v. 17, n. 3, p. 1381-1391, 2025.

SEBUYOYA, Ravery *et al.* Electrochemical DNA biosensor coupled to LAMP reaction for early diagnostics of cervical precancerous lesions. **Biosensors and Bioelectronics: X**, v. 12, p. 100224, 2022.

STANLEY, Margaret. Immunobiology of HPV and HPV vaccines. **Gynecologic oncology**,

v. 109, n. 2, p. S15-S21, 2008.

THAI, Duc Anh *et al.* Diagnóstico de ponto de atendimento de modo triplo para papilomavírus humano de alto risco na urina. **Biosensors and Bioelectronics: X** , v. 26, p. 100658, 2025.

VO, Dat T.; STORY, Michael D. Facile and direct detection of human papillomavirus (HPV) DNA in cells using loop-mediated isothermal amplification (LAMP). **Molecular and cellular probes**, v. 59, p. 101760, 2021.

WANG, Jiasi *et al.* Detection of 14 high-risk human papillomaviruses using digital LAMP assays on a self-digitization chip. **Analytical chemistry**, v. 93, n. 6, p. 3266, 2021.

WORMALD, Benjamin *et al.* Ensaio de amplificação isotérmica mediada por loop para detecção de marcadores tumorais e papilomavírus humano: precisão e valor diagnóstico suplementar à ressonância magnética endovaginal no câncer cervical. **Frontiers in Oncology** , v. 11, p. 747614, 2021.

WORMALD, Benjamin W. *et al.* Ensaio em chip de marcadores tumorais e vírus do papiloma humano para detecção de câncer cervical no local de atendimento. **Scientific Reports** , v. 12, n. 1, p. 8750, 2022.

YOON, Hee Yeun *et al.* Comparison of colorimetric LAMP and PCR for high-risk HPV detection: Implications for cervical cancer screening. **Journal of Lower Genital Tract Disease**, 2026.

YU, Lulu; MAJERCIK, Vladimir; ZHENG, Zhi-Ming. Estrutura genômica, expressão e regulação pós-transcricional do HPV16 e HPV18. **Revista Internacional de Ciências Moleculares** , v. 23, n. 9, p. 4943, 2022.