

UNILEÃO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOUTOR LEÃO SAMPAIO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

JOSÉ MATEUS DE JESUS CASTRO

**DETECÇÃO DO PAPILOMAVÍRUS HUMANO (HPV): PERSPECTIVAS E  
INOVAÇÕES NO DIAGNÓSTICO MOLECULAR**

JUAZEIRO DO NORTE – CE  
2025

JOSÉ MATEUS DE JESUS CASTRO

**DETECÇÃO DO PAPILOMAVÍRUS HUMANO (HPV): PERSPECTIVAS E  
INOVAÇÕES NO DIAGNÓSTICO MOLECULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

**Orientador:** Dr. Plínio Bezerra Palácio

JOSÉ MATEUS DE JESUS CASTRO

**DETECÇÃO DO PAPILOMAVÍRUS HUMANO (HPV): PERSPECTIVAS E  
INOVAÇÕES NO DIAGNÓSTICO MOLECULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

**Orientador:** Dr. Plínio Bezerra Palácio

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof(a):** \_\_\_\_\_  
**Dr. Plínio Bezerra Palácio**  
**Orientador**

---

**Prof(a):** \_\_\_\_\_  
**Me. Matheus Moura dos Santos**  
**Examinador 1**

---

**Prof(a):** \_\_\_\_\_  
**Ma. Tássia Thais Al Yafawi**  
**Examinador 2**

## DETECÇÃO DO PAPILOMAVÍRUS HUMANO (HPV): PERSPECTIVAS E INOVAÇÕES NO DIAGNÓSTICO MOLECULAR

José Mateus de Jesus Castro<sup>1</sup> Plínio Bezerra Palácio<sup>2</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as principais perspectivas e inovações no diagnóstico molecular do Papilomavírus Humano (HPV), com ênfase em PCR e Captura Híbrida, destacando como essas tecnologias têm contribuído para a detecção precoce e a melhoria do rastreamento do câncer do colo do útero. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura descritiva entre fevereiro e novembro de 2025, utilizando as bases PubMed, SciELO, BVS e Portal CAPES. Foram identificados 2.178 artigos e, após triagens sucessivas baseadas em critérios de inclusão e elegibilidade, 25 estudos foram selecionados para compor a análise. Os resultados mostram que os métodos moleculares, especialmente a PCR e suas variantes, além da captura híbrida, se destacam pela elevada sensibilidade, capacidade de genotipagem e detecção de infecções de alto risco antes mesmo de alterações citológicas. Dessa forma, fica evidente que as inovações no diagnóstico molecular representam avanços importantes para o rastreamento do HPV, confirmando sua superioridade em relação às técnicas convencionais. No entanto, desafios relacionados a custos, infraestrutura e implementação em larga escala ainda limitam sua adoção plena, especialmente em sistemas públicos de saúde. Apesar disso, as evidências reforçam que essas tecnologias tendem a redefinir o diagnóstico e contribuir para a redução da incidência e mortalidade por câncer cervical.

**Palavras Chave:** Câncer. HPV testing. Molecular diagnosis.

### ABSTRACT

This study aimed to analyze the main perspectives and innovations in the molecular diagnosis of Human Papillomavirus (HPV), highlighting how these technologies have contributed to early detection and improved screening for cervical cancer. To this end, a descriptive literature review was conducted between February and November 2025, using the PubMed, SciELO, BVS, and CAPES Portal databases. 2,178 articles were identified, and after successive screenings based on inclusion and eligibility criteria, 25 studies were selected for analysis. The results show that molecular methods, especially PCR and its variants, as well as hybrid capture, stand out for their high sensitivity, genotyping capacity, and detection of high-risk infections even before cytological changes. It is concluded that innovations in molecular diagnosis represent important advances for HPV screening, confirming their superiority over conventional techniques. However, challenges related to costs, infrastructure, and large-scale implementation still limit their full adoption, especially in public health systems. Despite this, the evidence reinforces that these technologies tend to redefine diagnosis and contribute to reducing the incidence and mortality from cervical cancer.

**Keywords:** Cancer. HPV testing. Molecular diagnosis.

---

<sup>1</sup> Discente de curso de Biomedicina, Centro Universitário Dr. Leão Sampaio - eumateus.castro@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Biomedicina, Centro Universitário Dr. Leão Sampaio - pliniobezerra@leaosampaio.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

O Papilomavírus Humano (HPV) é um dos patógenos de maior prevalência mundial, responsável por uma ampla gama de infecções que podem evoluir para doenças graves, como o câncer do colo do útero. A diversidade de tipos, associada aos diferentes mecanismos de infecção e transformação celular, torna o estudo do HPV uma área de extrema relevância para a saúde pública, destacando a necessidade de abordagens diagnósticas eficientes e acessíveis (He *et al.*, 2025).

A integração do DNA viral ao genoma da célula, assim como a capacidade de modular o ciclo celular, são fatores essenciais para a compreensão do potencial oncogênico. Esse entendimento é fundamental para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas e terapêuticas que busquem reduzir a incidência das lesões pré-cancerígenas e malignas associadas ao HPV (Wu *et al.*, 2024).

O conhecimento sobre o genoma, composto por regiões responsáveis pela replicação, regulação e codificação de proteínas estruturais e não estruturais, permite identificar os principais alvos moleculares utilizados nas técnicas de diagnóstico e terapias. As oncoproteínas E6 e E7, por exemplo, são determinantes no processo de transformação celular, pois, promovem a degradação da p53 e a inativação da pRb, interferindo diretamente nos mecanismos de defesa da célula contra o desenvolvimento de tumores (Karunaithas, S. *et al.*, 2025).

A contaminação pelo HPV ocorre, predominantemente, por meio de contato sexual, podendo resultar em quadros assintomáticos ou manifestações clínicas como verrugas genitais e lesões de potencial oncogênico. A compreensão das formas de transmissão, bem como dos fatores que influenciam a progressão da infecção, é imprescindível para a elaboração de políticas públicas de prevenção e controle da disseminação do vírus (Ma *et al.*, 2024).

Atualmente, diversos métodos são utilizados para o diagnóstico do HPV, desde técnicas convencionais, como o Papanicolau, até metodologias moleculares como a reação em cadeia da polimerase (PCR). Embora algumas dessas técnicas demandem infraestrutura sofisticada e apresentem custo elevado, a área está em constante evolução. Os esforços científicos se concentram no desenvolvimento de novas ferramentas diagnósticas que superem essas limitações e ofereçam maior sensibilidade e especificidade para uso em programas de rastreamento populacional (Brasil, 2024; Fashedemi *et al.*, 2025).

Nesse cenário, a prevenção por meio da vacinação, representa uma das estratégias mais eficazes na redução da incidência de lesões malignas associadas ao vírus. Programas de imunização têm demonstrado impactos significativos na saúde coletiva, mas ainda enfrentam desafios relacionados à cobertura vacinal e à conscientização da população sobre a importância da imunização e de medidas preventivas (Flores *et al.*, 2024).

Historicamente, o papanicolau é o método de rastreamento mais utilizado para detecção de alterações citológicas. Embora fundamental, possui limitações, o que justifica o desenvolvimento de técnicas mais precisas. O desafio principal não é apenas detectar infecções, mas identificar quais mulheres estão sob maior risco de desenvolver lesões precursoras. Diante disso, justifica-se a necessidade de mudança, onde o foco migra de alterações celulares para a identificação direta do material genético (Santos, 2024; Souza; Pinto, 2025).

Entre os métodos moleculares, além da PCR, ressaltam-se a captura híbrida e os ensaios de hibridização com sondas específicas, os quais têm sido progressivamente incorporados aos protocolos de triagem e diagnóstico, visando ampliar o acesso e otimizar a eficácia diagnóstica. Apesar dos avanços, a aplicação dessas técnicas em larga escala, especialmente em contextos de saúde pública e países com recursos limitados, é dificultada pelo alto custo dos insumos e pela necessidade de infraestrutura laboratorial sofisticada (Brasil, 2023; Silva *et al.*, 2025).

Assim, esta pesquisa se propõe a analisar a literatura para estruturar e discutir as inovações e perspectivas no diagnóstico molecular do HPV, de modo a contribuir com a redução da prevalência do câncer de colo do útero, ajudando na diminuição de incidência, complicações e mortalidade causada por essa patologia.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura descritiva. A coleta de dados foi realizada entre os meses de fevereiro e novembro de 2025. As buscas bibliográficas foram conduzidas nas seguintes bases de dados científicas: PubMed (*United States National Library of Medicine*), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), BVS (Biblioteca Virtual em Saúde) e o Portal de Periódicos da CAPES.

A estratégia de busca foi elaborada com base em palavras-chave associadas ao HPV, *cervical cytology; HPV testing; cervical cancer screening; molecular diagnostics; innovations in HPV diagnostics*. Os termos de busca foram inseridos sozinhos ou combinados de maneira adequada utilizando operadores booleanos (AND e OR).

As expressões foram combinadas das seguintes formas:

*cervical cancer screening (AND) cervical cytology (AND) HPV testing*

*cervical cancer screening (AND) cervical cytology (OR) HPV testing*

*cervical cancer screening (AND) cervical cytology*

*cervical cancer screening (AND) hpv testing*

*hpv testing (AND) molecular diagnostics*

*hpv testing (OR) molecular diagnostics*

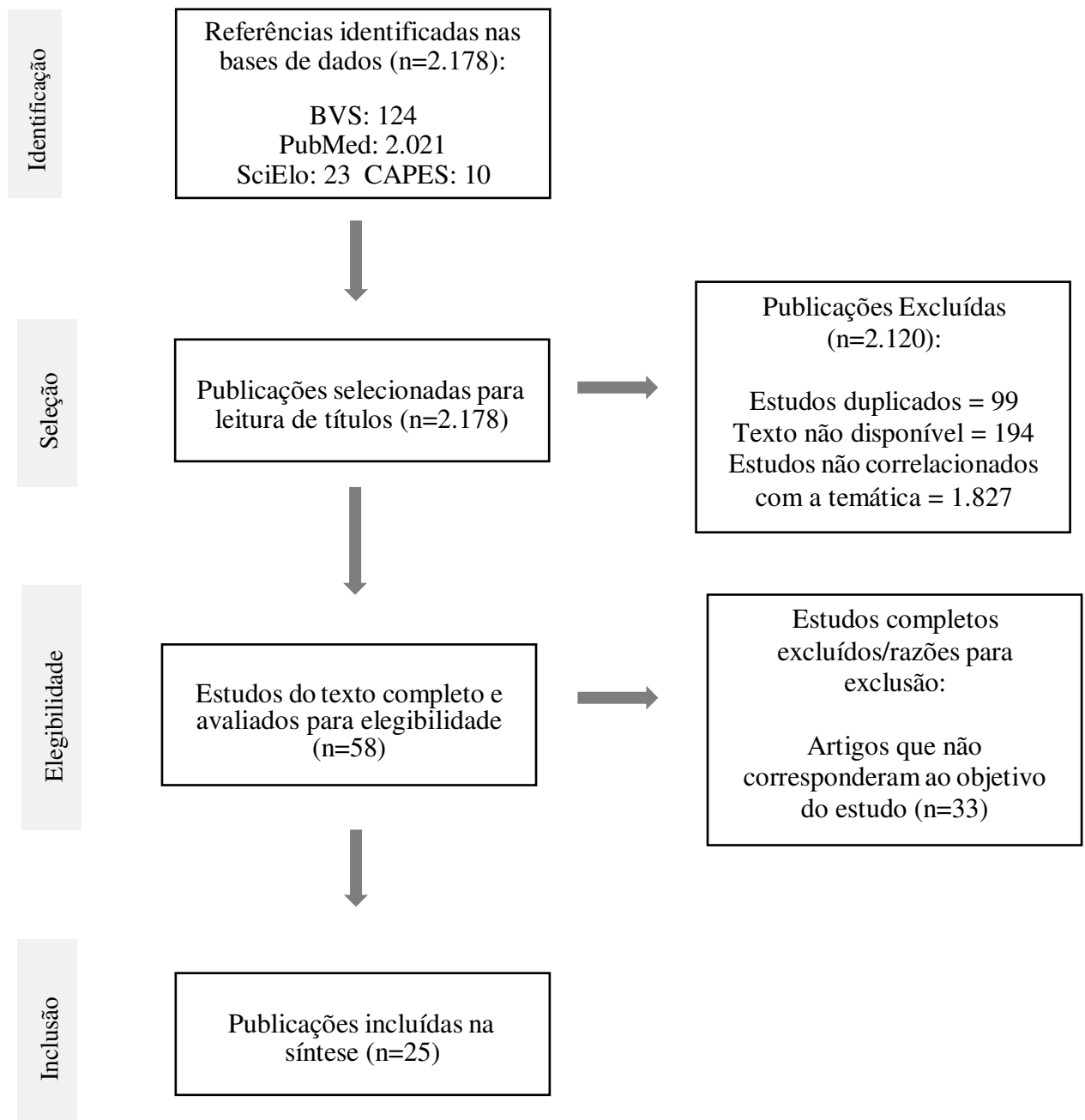
*hpv testing (AND) innovations in HPV diagnostics*

Os critérios de inclusão foram estabelecidos com o objetivo de selecionar estudos relevantes relacionados ao tema. Foram considerados artigos originais publicados entre 2015 e 2025, garantindo a incorporação das evidências científicas mais atualizadas. Também foram incluídas publicações redigidas em português, inglês e chinês, de modo a ampliar a diversidade de fontes e proporcionar uma análise mais abrangente.

A seleção inicial dos estudos foi realizada a partir da leitura de títulos e resumos, priorizando aqueles com relação direta ao assunto investigado, assegurando a inclusão apenas de pesquisas pertinentes aos objetivos propostos. Quando disponíveis, os textos completos foram acessados para permitir uma avaliação detalhada e aprofundada do conteúdo.

Inicialmente foram encontrados 2.178 artigos, sendo 2.021 artigos no banco de dados do PubMed, 124 no BVS, 23 no SciELO e 10 no Portal de Periódicos da CAPES. A priori foi realizada uma primeira triagem utilizando o resumo, e o título como seleção inicial, posteriormente foram excluídos ao todo 2.120 artigos que não possuíam o tema como central, dentre este total, 99 artigos eram duplicados e 194 que não estavam disponível o texto na íntegra. Posteriormente, 58 artigos seguiram para uma segunda triagem com a leitura total. A partir dessa consulta, dos 58 artigos 33 foram excluídos por não possuírem como foco central a ideia deste presente artigo, após finalização foram considerados 25 artigos de um total de 2.178 inicialmente levantados, o que representa 1,15% do que foi recolhido de acordo com os descritores nas plataformas citadas acima.

**Figura 1:** Fluxograma do processo de busca dos artigos, elaborado com base nas recomendações PRISMA.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2025).

## 2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.2.1 Papilomavírus humano e sua relevância clínica

O HPV é um vírus de DNA que infecta células epiteliais e está fortemente associado a lesões neoplásicas do colo do útero, assim como de outras regiões anogenitais e orofaríngeas (Wai, 2020). De acordo com Williams (2022), a persistência de infecção por tipos de alto risco

é um dos principais fatores para a progressão da neoplasia intraepitelial, o que torna crucial um diagnóstico sensível e uma vigilância rigorosa. Estudos indicam que a prevalência do HPV varia significativamente entre os países, sendo mais alta em áreas de baixa e média renda, onde fatores como falta de acesso a programas de prevenção, educação sexual limitada e práticas culturais podem contribuir para a disseminação do vírus (Kombe *et al.*, 2021).

De acordo com o *Centers for Disease Control and Prevention* - CDC (2018) estima-se que nos Estados Unidos, ocorram mais de 19,7 milhões de novas infecções sexualmente transmissíveis e o número de infecções ocasionadas pelo HPV, entre jovens de 15 a 24 anos, atingiu 14,1 milhões. Comumente, menciona-se que o HPV seja a infecção sexualmente transmissível mais comum no mundo sendo associada a diferentes tipos de câncer, sendo responsável pelos casos de cânceres cervicais e anais com uma porcentagem maior de 90%, seguido dos cânceres vaginais e vulvares (70%) e com uma porcentagem maior que 60% nos casos de câncer peniano (CDC, 2018; IARC, 2022).

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA), foram esperados 16.710 casos novos de câncer de colo de útero, com um risco estimado de 15,38 casos a cada 100 mil mulheres em 2022. Além disso, estima-se que essa neoplasia se manteria no Brasil, como o terceiro tipo de câncer com maior incidência entre o público feminino (INCA, 2023).

### **2.2.2 Características estruturais do HPV**

O genoma do HPV é constituído por três regiões que agregam funções distintas, região precoce que são constituídas pelos genes de E1, E2, E4, E5, E6 a E7, o que lhes confere a habilidade de transformar e imortalizar as células hospedeiras. A região tardia formada pelos genes L1 e L2, onde nos estágios finais da replicação viral ocorre a codificação das proteínas virais, e a longa região de controle que atua na regulação da transcrição viral, podendo promovê-la ou inibi-la de acordo com o estímulo (Zardo *et al.*, 2014).

Como destaque, as proteínas E6 e E7 do HPV de alto risco conseguem originar uma instabilidade genômica, aumentando a taxa de proliferação celular. Como resultado, o acúmulo de danos irreparáveis no DNA da célula hospedeira compromete os mecanismos de reparo celular, favorecendo sua transformação em uma célula neoplásica (Zheng *et al.*, 2016).

Sendo os tipos de HPV classificados em alto ou baixo potencial oncogênico, verifica-se que algumas variantes possuem uma maior prevalência. Observa-se claramente que dentro do grupo de alto risco, há genótipos mais associados a casos de câncer, destacando-se o HPV 16 e 18. Tal fato é corroborado por Costa *et al.* (2019), os quais encontraram uma forte ligação

entre a combinação desses tipos virais e a ocorrência de neoplasias. Ao avaliarem os genótipos 16, 18, 31, 33, 6 e 11 em 64 mulheres com adenocarcinoma cervical e 219 controles no estado de Pernambuco, observaram que a combinação entre dois ou mais tipos de alto potencial oncogênico se revelou significativamente associada a esse tipo de câncer.

### 2.2.3 Testes moleculares para detecção do HPV

Os métodos moleculares representam atualmente a principal estratégia para detecção sensível e precoce do HPV sobretudo dos tipos de alto risco oncogênico. Diferentemente da citologia, que depende de alterações morfológicas já instaladas, as técnicas moleculares identificam diretamente o material genético viral, permitindo diagnosticar infecções antes da manifestação clínica. Poljak (2024) destaca que a alta sensibilidade dos testes baseados em amplificação de ácidos nucleicos revolucionou o rastreamento do câncer do colo do útero, tornando possível detectar cargas virais baixas e infecções iniciais.

A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e suas variações permanecem entre os métodos mais empregados na prática clínica. De acordo com Bell *et al.* (2023), plataformas comerciais baseadas em PCR em tempo real, como *Abbott RealTime e BD Onclarity*, permitem a detecção simultânea de múltiplos genótipos, incluindo HPV-16 e HPV-18. Esses autores reforçam que a capacidade de genotipagem é essencial para estratificar o risco das pacientes, uma vez que os diferentes tipos virais possuem potenciais oncogênicos distintos. Além disso, o uso de PCR possibilita o monitoramento da carga viral e a identificação de coinfeções, elementos importantes no acompanhamento clínico e em pesquisas epidemiológicas.

#### 2.2.3.1 Reação em cadeia da polimerase (PCR)

A PCR é uma técnica altamente sensível amplamente utilizada em pesquisas para confirmar a presença ou ausência do DNA do HPV. Durante a PCR, o DNA viral do HPV é amplificado utilizando primers específicos. Quando o DNA do HPV é detectado nas amostras, a PCR permite a identificação do genótipo do HPV por meio da amplificação de regiões específicas associadas a cada subtipo viral, geralmente envolvendo sequências dos genes E6 e E7. Esta análise genotípica é crucial para distinguir entre os diferentes tipos de HPV, sejam de alto ou baixo risco, facilitando um diagnóstico mais preciso e direcionado (Mudhigeti *et al.*, 2022).

Uma variante avançada da PCR é a técnica de PCR em tempo real (q-PCR), que permite diferenciar as sequências de bases amplificadas de DNA de maneira mais precisa. As reações

ocorrem em capilares fechados, o que facilita a transferência eficiente de calor, aumentando a eficácia da amplificação e minimizando as contaminações. A PCR em tempo real detecta sinais fluorescentes resultantes das reações, o que permite análises tanto qualitativas quanto quantitativas, posteriormente os sinais fluorescentes são convertidos em números. Essa capacidade de quantificação dos sinais oferece uma vantagem significativa, permitindo uma análise mais detalhada da presença e da quantidade de DNA amplificado durante o processo (Barra *et al.*, 2015).

Além disso, estudos recentes têm avançado para tornar a técnica ainda mais abrangente e prática. Mohammadi *et al.* (2025), por exemplo, desenvolveram e validaram um método de q-PCR multiplex capaz de identificar simultaneamente 15 genótipos de HPV de alto risco em uma única reação. Os autores relataram sensibilidade clínica de 98% e especificidade de 100% ao comparar com um ensaio comercial padrão, demonstrando que essa abordagem multiplex pode oferecer uma alternativa eficiente e econômica para rastreamento de múltiplos tipos virais.

#### 2.2.3.2 Captura Híbrida (CH)

A técnica de captura híbrida combina métodos de hibridização molecular e o uso de anticorpos monoclonais. Para a realização do ensaio são coletadas células esfoliadas obtidas do epitélio do trato genital masculino e feminino ou a partir de material de biópsia. Este exame, que apresenta alta sensibilidade e especificidade para a detecção do DNA do vírus, tanto do grupo de baixo quanto do alto risco, está cada vez mais sendo substituída exclusivamente pela PCR em conjunto com a citologia (Bringhenti *et al.*, 2010).

Em ensaios típicos de captura híbrida, sondas específicas (ou "pools" de sondas) direcionadas a diversos tipos de HPV se ligam ao DNA viral presente na amostra, formando híbridos RNA-DNA, que são posteriormente capturados por anticorpos fixados em microplacas. Essas moléculas híbridas são então detectadas por quimioluminescência, permitindo tanto uma leitura qualitativa quanto semi-quantitativa (Brasil, 2023).

No Brasil, estudos mostram que a captura híbrida tem desempenho importante na detecção de HPV de alto risco. Por exemplo, Réus *et al.* (2017), em estudo realizado em laboratório de patologia em Criciúma (SC), observaram que, embora a maioria (96 %) das pacientes com captura híbrida positiva apresentasse citologia normal, 66,6% dessas infecções foram atribuídas a tipos de alto risco, demonstrando que a técnica consegue detectar infecções que a citologia convencional sairia sem perceber.

Nesse contexto, a captura híbrida e os ensaios de hibridização com sondas específicas

continuam ocupando papel relevante dentro das perspectivas e inovações no diagnóstico molecular do HPV, não apenas como métodos consolidados, mas também como plataformas em evolução. Estudos nacionais reforçam esse potencial de modernização, Adorno *et al.* (2020) evidenciam que modificações no design das sondas podem elevar a sensibilidade para lesões de alto grau. Assim, observa-se que, embora métodos emergentes venham ganhando destaque, as tecnologias baseadas em hibridização seguem se adaptando às demandas contemporâneas, confirmando seu papel estratégico na expansão e na qualificação do diagnóstico molecular do HPV.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A infecção pelo Papilomavírus Humano continua sendo uma das infecções sexualmente transmissíveis mais prevalentes no mundo, com forte impacto na saúde pública devido à sua associação com diversos tipos de câncer, como o de colo do útero, pênis, orofaringe e ânus. A presente revisão de literatura evidenciou que as técnicas moleculares, em especial a PCR e suas variantes (qPCR e multiplex) bem como a captura híbrida, oferecem sensibilidade e capacidade de genotipagem superiores à citologia tradicional, colocando-se como a principal perspectiva para melhorar o rastreamento e a detecção precoce do HPV. A literatura reunida mostra também avanços promissores em tecnologias, os quais podem ampliar acessibilidade e rapidez diagnóstica no futuro.

Contudo, as inovações no diagnóstico molecular realmente representam um avanço significativo e podem transformar a forma como o HPV é rastreado. Porém, ainda existem desafios práticos, como custos dos testes, necessidade de infraestrutura adequada e diferenças regionais que dificultam a implementação dessas tecnologias de forma ampla. Ou seja, os métodos moleculares são superiores, mas sua adoção depende de condições que nem sempre estão presentes em todos os serviços de saúde. No geral, fica claro que o diagnóstico molecular não só melhora a detecção do HPV como também contribui para um rastreamento mais eficaz, principalmente quando se pensa em prevenção e redução de casos graves. Ao mesmo tempo, reforça-se a importância de integrar essas inovações a outras estratégias de saúde, como vacinação e educação em saúde, garantindo que os avanços realmente cheguem à população.

### REFERÊNCIAS

ADORNO, F. A. *et al.* A utilidade da captura híbrida para o HPV de alto risco em pacientes com atipia de células escamosas na colpocitologia. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 56, 16 mar. 2020.

BARRA, G. B. *et al.*. Diagnóstico molecular – passado, presente e futuro. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**. v 43, n. 3, 2015.

BRINGHENTI, M. E. *et al.* Prevenção do Câncer Cervical: Associação da Citologia Oncótica a Novas Técnicas de Biologia Molecular na Detecção do Papilomavírus Humano (HPV). **Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis**, v. 22, n. 3, 2010.

BELL, M. *et al.* Comparison between the Roche Cobas 4800 human Papillomavirus (HPV), Abbott RealTime high-risk HPV, Seegene Anyplex II HPV28, and novel Seegene Allplex HPV28 assays for high-risk HPV detection and genotyping in mocked self-samples. **Microbiology spectrum**, v. 11, n. 4, 7 jun. 2023.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Incidence, prevalence, and cost of sexually transmitted infections in the United States**. United States, 2018.

COMISSÃO NACIONAL DE INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIAS NO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – CONITEC. **Dossiê da Empresa - Genotipagem de DNA-HPV por PCR em tempo real para Rastreamento Primário do Câncer do Colo de Útero**. Brasília, 2023.

COSTA, T. M. L. *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. 2019.

FASHEDEMI, O. *et al.* Avanços na detecção do papilomavírus humano para rastreamento e diagnóstico do câncer cervical: desafios dos métodos convencionais e oportunidades para ferramentas emergentes. **Métodos analíticos: avanços em métodos e aplicações**, v. 17, n. 7, 13 fev. 2025.

FLORES-CONTRERAS, E. A. *et al.* Isothermal Technologies for HPV Detection: Current Trends and Future Perspectives. **Pathogens**, v. 13, n. 8, 2 ago. 2024.

HE, Z. *et al.* Recent Advances in HPV Detection: From Traditional Methods to Nanotechnology and the Application of Quantum Dots. **International Journal of Nanomedicine**, v. 20, 1 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). **HPV**. Brasil, 2023.

KOMBE KOMBE, A. J. *et al.* Epidemiology and Burden of Human Papillomavirus and Related Diseases, Molecular Pathogenesis, and Vaccine Evaluation. **Frontiers in Public Health**, v. 8. 20 jan. 2021.

MA, C. *et al.* Portable, and ultrasensitive HR-HPV tests based on nucleic acid biosensors. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, v. 14, 28 fev. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no Sistema Único de Saúde (CONITEC). **Testagem molecular para detecção de HPV e rastreamento do câncer do colo do útero : relatório de recomendação**. Brasília: MS, Dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/conitec/pt->

br/midias/consultas/relatorios/2023/relatorio\_cp\_testagem-molecular-deteccao-hpv\_65\_2023.pdf. Acesso em: 01 out. 2025.

MOHAMMADI, A. *et al.* Development and validation of a multiplex qPCR method for identification of high-risk genotypes of human papillomavirus. **Infectious Agents and Cancer**, v. 20, n. 1, 7 mar. 2025.

MUDHIGETI, N. *et al.* E6-E7 based nested multiplex PCR assay for genital HPV detection and simultaneous typing of 15 high and low-risk HPV types. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 40, n. 1, jan. 2022.

POLJAK, M. *et al.* 2023 global inventory of commercial molecular tests for human papillomaviruses (HPV). **Journal of clinical virology**, v. 172, 1 jun. 2024.

RÉUS, B. DA S. *et al.* Achados citológicos em pacientes com captura híbrida positiva para papilomavírus humano em um laboratório de patologia de criciúma. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 46, n. 4, 1 dez. 2017.

SANTOS, L. G. **Viabilidade da implementação de testes de HPV como método de rastreamento no sistema único de saúde**. 2024. Monografia - (Habilitação em Citopatologia) – Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2024.

SILVA, D. O. *et al.* Desafios na Implementação do Teste de DNA do HPV no Brasil: Análise em Municípios de Diferentes Regiões. **Jornal de Pesquisa Médica e Biociências**. v. 4. 2025. Disponível em: <https://journalmbr.com.br/index.php/jmbr/article/view/763>. Acesso em: 2 set. 2025.

KARUNAITHAS, S. *et al.* Electrochemical Duplex Detection of E2 and E6 Genes of Human Papillomavirus Type 16 and Determination of Physical Status in High-Risk Cervical Carcinoma. **Journal of Medical Virology**, v. 97, n. 3. 1 mar. 2025.

SOUZA K. L.; PINTO A. P. O. Atualizações nos métodos de rastreio do câncer do colo de útero, citologia oncológica e teste de DNA-HPV. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, n. 8. 7 ago. 2025.

THE INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **Global Cancer Observatory**. United States, 2022.

WAI, K. C. *et al.* Molecular Diagnostics in Human Papillomavirus-Related Head and Neck Squamous Cell Carcinoma. **Cells**, v. 9, n. 2, 22 fev. 2020.

WU, M. *et al.* Unveiling the multifaceted realm of human papillomavirus: a comprehensive exploration of biology, interactions, and advances in cancer management. **Frontiers in Immunology**, v. 15, 8 ago. 2024.

WILLIAMS, J.; KOSTIUK, M.; BIRON, V. L. Molecular Detection Methods in HPV-Related Cancers. **Frontiers in Oncology**, v. 12, 27 abr. 2022.

ZARDO, G. P. *et al.* Vacina como agente de imunização contra o HPV. **Ciência & Saúde**

**Coletiva**, v. 19. 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/csc/a/vhx9ghBGgKKWCL6CXJ69X7N/> . Acesso em: 31 out. 2025.

ZHENG, Z. M.; BAKER, CC. Papillomavirus genome structure, expression, and post-transcriptional regulation. **Frontiers in bioscience**. v. 11, n. 1. 2016. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1472295/> . Acesso em: 31 out. 2025.