

## A influência da PCR na perícia criminal: revisão Sistemática de literatura

### *The influence of PCR on criminal expertise: Systematic Review of Literature*

Kassya Munyse Cardoso Alves<sup>1</sup>, Poliana Pinheiro Silva<sup>2</sup> Jéssyka Viana Valadares Franco<sup>3</sup>, João Paulo Silva Azeredo<sup>4</sup>

#### RESUMO

**Introdução:** A PCR (reação em cadeia da polimerase) é uma técnica da biologia celular, desenvolvida e conceituada pelo bioquímico Kary Banks Mullis na década de 80. A repercussão e impacto da PCR concedeu a Mullis o prêmio Nobel de química logo após este método ter sido reconhecido por proporcionar avanços nas pesquisas, especialmente nas da biologia molecular. Essa técnica trouxe vantagens que conduziram os sequenciamentos genéticos para diversos ramos, dentre eles, a área da forense. **Objetivo:** Consiste em comprovar a importância do presente método dentro das investigações forenses, mediante a materiais biológicos achados no local do crime, que concede análises genética, comparando a posteriormente com aplicações legais.

**Metodologia Proposta:** Refere-se a um estudo elucidativo e descritivo, elaborado através da revisão bibliográfica, desenvolvida por meio de bases de dados achados em plataformas digitais, por livros, artigos científicos e revistas. **Resultados:** Em todo crime cometido, em que se sucedeu de uma pessoa contra outra, ou a si mesmo, podendo até ser contra propriedades, o autor deixara evidências ainda que a um grau minúsculo a nível microscópico. **Conclusão:** o presente estudo consiste em comprovar a eficácia da técnica de PCR nas elucidações de crimes, através de amostras biológicas coletadas para análises, proporcionando facilidade e transparência para os profissionais, por meio da perícia criminal, obtendo assim, relevância nos resultados dos casos apresentados.

**Palavras-chave:** PCR. Biologia molecular. Genética forense. Investigação criminal.

#### ABSTRACT

**Introduction:** PCR (polymerase chain reaction) is a technique of cell biology, developed and conceptualized by biochemist Kary Banks Mullis in the 80's. The repercussion and impact of PCR granted Mullis the Nobel Prize in chemistry shortly after this method had recognized for providing advances in research, especially in molecular biology. This technique brought advantages that led the genetic sequencing to several branches, among them, the area of forensics. **Objective:** Consists of proving the importance of this method within forensic investigations, through biological materials found at the crime scene, which grants genetic analysis, comparing it later with legal applications. **Proposed Methodology:** It refers to an elucidative and descriptive study, elaborated through the bibliographic review, developed through databases found on digital platforms, by books, scientific articles and magazines. **Results:** In every crime committed, in which one person happened against another, or himself, and may even be against property, the author left evidence even if to a tiny degree at the microscopic level. **Conclusion:** the present study is to prove the effectiveness of the PCR technique in the elucidation of crimes, through biological samples collected for analysis, providing ease and transparency for professionals, through criminal expertise, thus obtaining relevance in the results of the cases presented. .

**Keywords:** PCR. Molecular biology. Forensic genetics. Criminal investigation. .

<sup>1</sup>Acadêmica do curso de farmácia na Universidade de Gurupi UNIRG.

E-mail: polly\_pi.02@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-0000-5974

<sup>2</sup>Acadêmica do curso de farmácia na Universidade de Gurupi UNIRG.

E-mail: kassyamunysecardoso@gmail.com

ORCID:0000-000-4679-5796

<sup>3</sup> Bacharel em Farmácia Generalista pelo Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos UNITPAC – Araguaína. Docente do curso de farmácia e fisioterapia da Universidade de Gurupi –UNIRG. Graduada em Medicina pela Universidade de Gurupi – UNIRG. Pós graduanda em Farmácia Clínica e Hospitalar; Citologia Oncótica; e Atenção primária à saúde com ênfase em saúde da família.

E-mail: jessykavviana@gmail.com

ORCID:https://orcid.org/0000-0003-2842-0878

<sup>4</sup>Farmacêutico Clínico e Industrial pela Universidade de Brasília, Pós graduação em Farmácia Clínica e Oncológica. Acadêmico de medicina na Universidade de Gurupi- UNIRG

E-mail: joaopsazeredo@unirg.edu.br

ORCID: 0000-0002-737-4906

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução da biologia molecular e instrumentos a nível forense ganhou seu lugar nos anos 80, assim, os métodos para assimilação são baseados em análises de DNA, e tem se tornado fortes instrumentos para investigações forenses através da identificação humana <sup>1</sup>. A biologia molecular em companhia da genética, contribui com a lei nas buscas criminais, através de vestígios biológicos, normalmente identificados em cenários criminalísticos. Se tratando da biologia molecular possuem incontáveis técnicas para pesquisas em fragmentos de DNA, como o Polimorfismo no Comprimento de Fragmento de Restrição (RFLP), Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), Eletroforese, e Southern Blotting <sup>2</sup>.

Conforme Fruehwirth <sup>3</sup>, as técnicas da biologia molecular tem sido ferramentas fundamentais utilizadas nas investigações criminais, por meio de explorações em análises de DNA. Existem inúmeras técnicas que são empregadas na área de perícia, como a reação em cadeia da polimerase, reação em cadeia da polimerase em Tempo Real (qPCR) e o sequenciamento de DNA.

O aspecto crucial é a capacidade que o DNA tem de determinar cada indivíduo, podendo assim comprovar a identidade de marginais, inocentar suspeitos, reconhecer composições esqueléticas, estabelecer testes de paternidade eficaz, tendo poder sobre situações biológicas <sup>4</sup>.

Em 1980, o método da reação em cadeia da polimerase foi descoberto e revolucionou a maneira do DNA, e também do RNA a serem analisados <sup>5</sup>. O método tem como função principal amplificar qualquer sequência nucleotídica de maneira exclusiva executada in vitro, e tem se tornado conveniente e rápida, por gerar bilhões de cópias de um nucleotídeo em questão de horas. Provindo de um genoma, faculta à ampliação do DNA de uma área específica designado para teste, no qual permite purificar de maneira eficaz esse DNA, com base no resto de genoma que não foi usado. Por ter capacidade de ampliar inúmeras moléculas de ácidos nucleicos, a mesma é significativamente sensível, podendo assim ser usada para revelar traços de DNA deixados em objetos e ou vestígios biológicos em uma cena de crime <sup>5</sup>.

A técnica de PCR compreende três fases consecutivas, a desnaturação, que acontece durante o aquecimento da molécula de DNA em aproximadamente 90 °C, ocasionando a divisão das cadeias por causa da ruptura das ligações de hidrogênio da

dupla hélice, o anelamento onde os fundadores irão se ligar especialmente aos seguimentos de DNA, atendendo a temperaturas que revezam de 45°C a 60°C e a polimerização em cerca de 72 °C que começa da extremidade 3', esse movimento é fruto de um misto do DNA molde com a taq polimerase (DNA polimerase termoestável) em sequência dos componentes dos nucleotídeos <sup>6</sup>.

A aplicação do método de Reação em Cadeia da Polimerase cresceu bastante, e tornou-se de grande competência para os pesquisadores que estudam o material genético. Desde sua descoberta, pelos cientistas da Cetus Corporation em 1983, o método transformou todo o cenário de investigações criminalísticas e esferas de diagnóstico da medicina forense. Visto que, a PCR é de grande eficiência em situações que a quantia de DNA é extremamente limitada. A extração de DNA nos cenários criminalísticos varia de acordo com as amostras disponíveis, como (pelos, cabelos, sangue, sêmen, urina, impressões digitais) <sup>7</sup>.

Em virtude da pesquisa aludida, o objetivo desse trabalho consiste em demonstrar a importância da técnica de PCR nas investigações forenses, através de vestígios biológicos encontrados em cenas de crimes, que permitem uma análise genética comparativa, com finalidades legais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática de literatura, executada a partir de materiais já elaborados, embasado principalmente por artigos científicos, livros e revistas. Apesar do método de PCR ser recém exposto, este, movimentou bastante o campo da medicina forense, contribuindo de forma positiva com informações de grande relevância para pesquisas, permitindo análises de estudos, observando e empregando-a na prática, visando alcançar determinados interesses lícitos, buscando possíveis elucidações para o problema apresentado, de feição no qual possa expor o fenômeno detectado, assim como, relatar e identificar o autor de uma determinada violação e ou infração, apontando-a consideravelmente importante para a solução do problema, assim sendo, utilizada com propósitos e finalidades precedentemente definidas.

A pesquisa supracitada foi pautada através do seguinte quesito: Com o método de PCR, é possível uma melhor resolução de casos criminais?

Disposto a contrariar, realizou-se estudos, efetuados digitalmente por meio de levantamentos bibliográficos, conhecida como bases referenciais, a fim de se obter informações de ampla relevância. Indexadas no portal de dados SciELO, LILACS, Google Acadêmico, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), United States National Library of Medicine (PubMed), e site Docero. No entanto, algumas palavras foram ampliadas para refinar a seleção da busca, como a PCR, biologia molecular, ciências forenses e investigações criminais.

Os parâmetros de inclusão estipulados para as seleções dos artigos deram-se através de idiomas, nos quais livros e artigos foram divulgados na completude em vernáculos portugueses, ingleses e espanhóis, com temas preposto que abordaram singularidade a temática sobre a técnica de PCR, visando resultados explícitos ao método.

Os excluídos foram, materiais que não possuíam ligações e nem sequer propósito do estudo, que não atendiam às questões da pesquisa, e artigos não expostos em periódicos científicos.

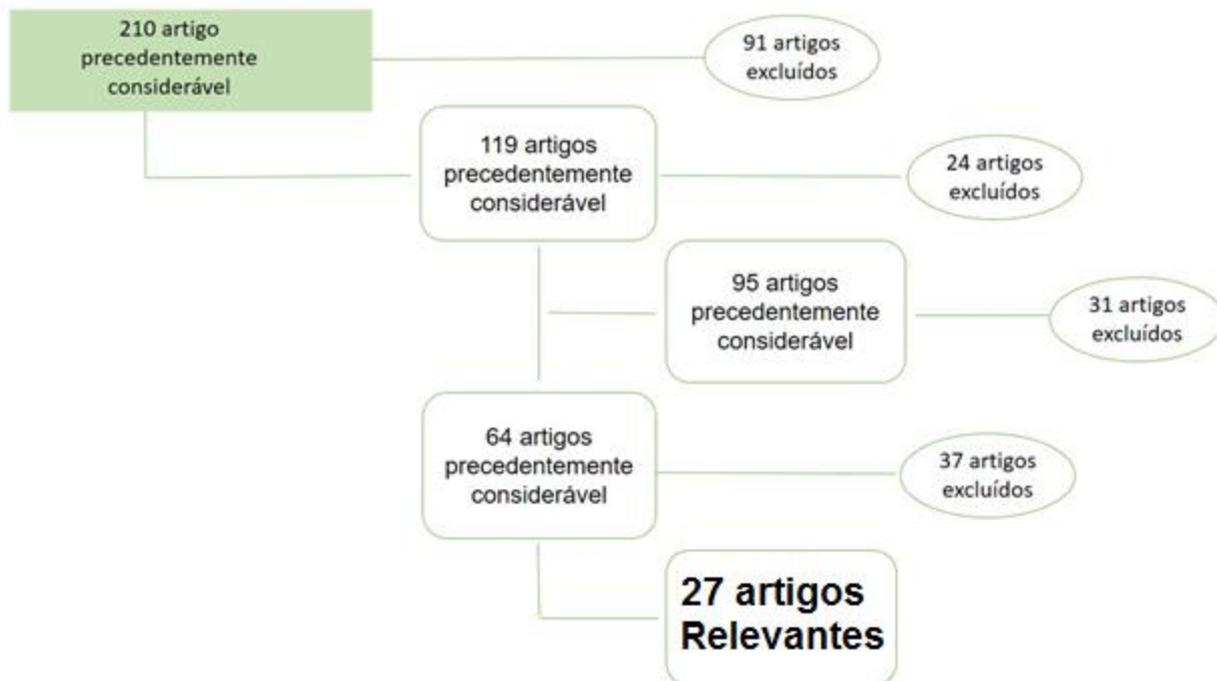
Para que os artigos pré-selecionados passasse para a próxima fase da pesquisa, todos estes artigos obtidos das bases de dados foram sujeitos a testes de alta relevância, nas quais resume-se em compreender o valor dos títulos e resumos dos artigos exibidos.

Desta maneira, foram destacados 210 artigos passíveis de serem levados em conta, dado que 91 destes foram eliminados por não estar no intervalo de ano da publicação determinada; e 24 daqueles que não estavam nos periódicos científicos, foram aplicados também o filtro de idiomas, nos quais foram suspenso 31 dos artigos restantes, do mesmo modo, removeram se também 37 pesquisas que fugiram do tema, sobrando 27 artigos, que foram usados para execução desta tese, como retratado na tabela e fluxograma a seguir.

**Tabela 01:** Artigos/Suporte aprofundados na pesquisa.

<b>Artigos/ Suporte</b>	<b>Quantidade</b>
SciELO	<b>24</b>
LILACS	<b>18</b>
Google Acadêmico	<b>86</b>
BVS	<b>27</b>
PubMed	<b>46</b>
Docero	<b>09</b>

**Figura 01:** Fluxograma dos parâmetros de exclusão e distinção de inclusão dos artigos a partir da elegibilidade.



Fonte: Autora da pesquisa (2022)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, resultados retratados sumariamente de todos os artigos escolhidos que fizeram parte do trabalho, todos descritos conforme título do artigo ou livro, autores, ano da publicação e o tipo de estudo; caso seja artigo, os objetivos expostos e por fim, argumentação do estudo.

**Tabela 02:** Resultados alcançados, após revisão sistemática de literatura.

Título	Autores	Ano	Tipo de Estudo	Objetivo
Princípios e aplicações da reação em cadeia da polimerase na medicina campos de diagnostico: uma revisão.	AGNE, M. et al. <sup>15</sup>	(2009)	Revisão de literatura	Delinear os princípios e aplicações das técnicas de PCR convencional e PCR em tempo real em algumas ciências médicas. Também busca avaliar e discutir as indicações, usos e vantagens dessas técnicas, bem como seus avanços nas diversas áreas médicas.

Biologia molecular da célula.	ALBERTS; et al. <sup>5</sup>	(2017)	Livro	O capítulo utilizado traz como objetivo a apresentação de alguns dos principais métodos utilizados para estudar as células e seus componentes moleculares. Também apresenta as técnicas utilizadas para determinar a estrutura, a função e as interações das proteínas e discute as descobertas marcantes na tecnologia do DNA que continuam a revolucionar nossa compreensão sobre a função das células.
História e importância da genética na área forense.	BARBOSA, R. P.; ROMANO, L. H. <sup>8</sup>	(2018)	Revisão bibliográfica	Demonstrar a importância do DNA como prova criminal, e a forma correta de coleta e transporte dos materiais.
Tipagem de DNA em medicina forense e em investigações criminais: um levantamento atual.	BENECKE, Mark. <sup>1</sup>	(1997)	Estudo de caso	Demonstrar o valor da tipagem de DNA de materiais biológico, para identificação pessoal em medicina legal e em investigações criminais.
Aplicação do Exame de DNA na elucidação de crimes.	BONACCORSO, N. S. <sup>24</sup>	(2005)	Estudo de caso	Contribuir, ainda que parcialmente, para que os aplicadores do Direito, em especial, do Direito Penal, tenham um referencial para responsabilização objetiva dos autores de crimes.
Investigação criminal.	BRAZ. <sup>23</sup>	(2013)	Livro	O ponto do livro utilizado traz o objetivo de apresentar a investigação criminal, onde aborda no plano normativo e no plano técnico, algumas matérias e conteúdos mais relevantes com temas relacionados ao método de raciocínio.
Princípios da genética forense.	CORTE REAL E VIEIRA. <sup>10</sup>	(2015)	Livro	A parte aplicada, do livro de Corte-Real e Silva, tem por objetivo demonstrar os diferentes tipos de amostras problemas estudadas.
Introdução a biologia forense.	DIAS FILHO; FRANCEZ. <sup>25</sup>	(2016)	Livro	O capítulo relata a utilização do DNA nas buscas criminais por materiais biológicos encontrados em mínimas quantidades.
Precisão de replicação na reação em cadeia da polimerase. Comparação entre Thermotoga maritima DNA polimerase e	DIAZ e SABINO. <sup>18</sup>	(1998)	Estudo de campo	Comparar a fidelidade da Taq polimerase, Thermotoga maritima e Thermus aquaticus.

Thermus aquaticus DNA polimerase.				
Fidelidade da DNA Polimerase e a Reação em Cadeia da Polimerase.	ECKERT K, A; KUNKEL T, A. <sup>19</sup>	(1991)	Estudo de caso	Desenvolver várias abordagens experimentais para controlar a fidelidade da amplificação de DNA enzimático.
Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética.	FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. <sup>13</sup>	(1998)	Livro	A finalidade desse capítulo é apresentar toda a técnica de PCR, o ciclo envolvendo as etapas principais e os materiais utilizados.
Técnicas de biologia molecular aplicadas a perícia e ciências forense.	FRUEHWIRTH; et al. <sup>3</sup>	(2015)	Revisão bibliográfica	Elucidar dúvidas sobre o DNA, suas características em relação às técnicas moleculares utilizadas nas elucidações forense e sua descrição.
Princípios de criminologia.	GARRIDO, V.; et al. <sup>21</sup>	(2006)	Livro	O capítulo utilizado, traz como objetivo principal compreender a investigação criminal através de um método de reconstrução de fatos.
Direito processual penal.	GOMES DIAS; et al. <sup>22</sup>	(1992)	Livro	Capítulo demonstrar a importância da coleta e utilização adequada dos métodos nas investigações criminais.
A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense.	KOCH, A. e ANDRADE F. M. <sup>7</sup>	(2008)	Revisão de literatura	Descrever estas e outras técnicas relacionadas à investigação forense, ao mesmo tempo em que uma revisão de suas aplicações em diferentes situações será realizada.
A Investigação Criminal Defensiva.	MACHADO A. A. M. <sup>20</sup>	(2009)	Revisão de literatura	Demonstrar que a investigação criminal defensiva (ou simplesmente investigação defensiva), apartada daquelas dirigidas por órgãos estatais, é essencial ao processo penal acusatório, por estar intimamente relacionada com os princípios da igualdade e da ampla defesa.
Diagnóstico Molecular de Doenças Infecciosas.	MILLER, M. B. <sup>11</sup>	(2007)	Revisão bibliográfica	Demonstrar as aplicações da tecnologia molecular na microbiologia clínica.
Aplicação de técnicas de engenharia genética relacionados a biociência forense.	NÓBREGA G. M. E SILVA I. C. R. <sup>14</sup>	(2010)	Revisão bibliográfica	Mostrar, por meio de revisão de literatura, a utilização das técnicas relacionadas às Ciências Forenses aplicadas à identificação humana, assim como a determinação dos procedimentos legais da cadeia de custódia no levantamento dos vestígios biológicos de um crime.

Uso de diferentes Taq DNA polimerases para detecção de Chlamydia trachomatis em amostras cervicais.	OLIVEIRA; et al. <sup>17</sup>	(2015)	Estudo de campo	Comparar o desempenho de três Taq DNA polimerases com propriedades diferentes para a detecção de C. trachomatis: uma polimerase Taq comum (recombinante), Platinum® Taq DNA polimerase e Platinum® Taq DNA polimerase HiFi (Invitrogen, Brasil).
Técnicas de biologia molecular utilizadas para desvendar crimes.	OLIVEIRA, T. S; FILHO, A. V. <sup>2</sup>	(2018)	Revisão de literatura	Relatar sobre a biologia molecular e a genética forense, abordando sobre os marcadores moleculares e as principais técnicas para desvendar crimes.
Segurança Pública: determinação de identidade genética pelo DNA.	PENA, S. D. J. <sup>4</sup>	(2005)	Revisão de literatura	Revisar de maneira breve a evolução da determinação de identidade genética até se tornar hoje, dentro do complexo ambiente do sistema criminal da justiça, um procedimento robusto, sensível, muito informativo e altamente objetivo.
Genética e biologia forense e criminalística.	PINHEIRO, M. <sup>6</sup>	(2004)	Revisão de literatura	Apresentar um levantamento e descrição das principais áreas da biologia utilizadas na investigação forense, considerando os benefícios dessas técnicas, assim como, entender a importância forense na resolução de crimes.
Influência da temperatura ambiente na análise do termociclador.	SANTOS E. A; et al. <sup>16</sup>	(2014)	Estudo de campo	Avaliar a interferência da temperatura ambiente no processo de verificação da exatidão e uniformidade (linearidade) das temperaturas do termociclador.
A perícia forense e a análise de vestígios em locais de crime.	SILVA; et, al. <sup>9</sup>	(2018)	Pesquisa bibliográfica	Estabelecer o papel, da Perícia Forense na análise de vestígios em locais de crime, pontuando a relevância que os vestígios têm na apuração e elucidação das práticas delituosas, além de destacar a responsabilidade e as atribuições que cabem aos profissionais responsáveis pela construção do laudo técnico-pericial.
Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA.	SOUZA J. M e QUEIROZ P. R. M. <sup>27</sup>	(2012)	Revisão bibliográfica	Apresentar os principais métodos para a coleta, preservação e análise de vestígios de natureza biológica.
Técnicas de PCR: Aplicações e Padronização de Reações.	VIEIRA, D. P. <sup>12</sup>	(2011)	Revisão bibliográfica	Determinar as técnicas de PCR, suas aplicações, fundamentos, objetivos e reagentes necessários.

---

Biologia Molecular Básica.	ZAHA, A.; et al. <sup>26</sup>	(2003)	Livro	O capítulo abordado tem por propósito exibir o sequenciamento de DNA, através da técnica de PCR.
----------------------------	--------------------------------	--------	-------	--

Conforme Barbosa <sup>8</sup>, o biólogo e também botânico Gregor Mendel, ficou conhecido como o pai do entendimento hereditário logo após ter iniciado estudos e desenvolver pesquisas como também teorias, conceitos e princípios a respeito da genética. Uma das pesquisas realizadas foi com vegetações e notou se características semelhantes entre elas, considerou então que toda vegetação era formada mediante a um componente hereditário, o famoso gene. A partir daí, a genética ficou absurdamente reconhecida e tornou se essencial em várias áreas, assim como na forense, tendo grande impacto no ramo criminal, devido ser extremamente importante para resolver crimes por meio da identificação através do DNA.

Em todo crime cometido, em que se sucedeu de uma pessoa contra outra, ou a si mesmo, podendo até ser contra propriedades, o autor deixara evidencias ainda que a um grau minúsculo a nível microscópico. Desta maneira, é de extrema necessidade que seja realizado todo o procedimento baseado nos princípios da competência e sabedoria para efetuar e conseguir desvendar toda a infração cometida. Seguidamente à um ato delituoso, a perícia forense é encarregada e responsável para coletar corretamente os vestígios largados no local em que ocorreu o incidente, e logo após analisar detalhadamente aquele material <sup>9</sup>.

Para os especialistas criminais, a genética forense trouxe muita competência e efetividade nas buscas e estudos para conclusões dos incidentes apresentados em cada ocorrência. O material genético faz se presente em qualquer célula nucleada, no entanto, existe métodos que as deixa muito frágil, por isso é aconselhado ter o máximo de cuidado ao manusear e manipular, para que nos exames realizados não se perca o material desejado, para qual o resultado são excepcionalmente uteis nas resoluções judiciais. Os traços coletados com finalidades forenses possuem diversas aplicações, tais como comparações de parentescos, reconhecimento de cadáveres e os rastros ali analisados, podem relacionar ou eliminar um sujeito daquela execução ilegal <sup>10</sup>.

Segundo Vieira <sup>12</sup>, mencionou em seu referencial que Saiki, et al. descreveu e criou a metodologia da PCR, no entanto, Kary Mullis foi quem constatou a relevância dos instrumentos expostos e procurou inovar esta técnica, alcançando especificidade na

---

transição de partes específicas do DNA, inserindo a ideia do primer no processo de PCR e a aplicação de uma DNA polimerase termoestável complementando assim essa técnica.

A repercussão e impacto da técnica de PCR e todos os procedimentos envolvidos trouxeram o prêmio Nobel de química para Kary Mullis no início da década de 90 <sup>13</sup>.

O preceito de PCR é de extrema eficiência para provar a singularidade humana <sup>14</sup>.

O andamento deste sistema é vinculado à alguns equipamentos, como exemplo um termociclador, como também determinados reagentes tais como, Taq polimerase, MgCl<sub>2</sub>, tampão da PCR, amostra, primers, dNTP's <sup>15,16</sup>.

Diante disso, esse meio permanece sendo largamente posta em distintas esferas, como exemplo análises de DNA na ciências forenses, detecção de microrganismos, identificação de polimorfismo, doenças genéticas, diagnóstico de doenças infecciosas, genotipagem e tantas outras <sup>15,11</sup>.

Para realizar todo o processo de PCR, é preciso ter uma enzima termoestável, permitindo assim que a técnica aconteça de forma exata. É de extrema importância definir qual DNA polimerase será utilizada no procedimento, para que adiante se obtenha uma ótima conduta na técnica realizada. O objetivo da DNA polimerase é sintetizar moléculas de DNA perante à um primer e dNTPS. No passado, antes de descobrirem a existência termoestáveis, eram utilizadas enzimas termolábeis, estas, requeriam enormes quantidades durante todo o processo de PCR. Então desde a descoberta das termoestáveis, esse sistema vem se modernizando, e descobrindo novas enzimas. Estudando e investigando as fontes termais, foram encontradas bactérias *Thermus aquaticus*, onde foi constatado a presença de enzimas que se mantiveram constantes em meio a elevadas temperaturas, as enzimas dessas bactérias avançaram o processo de PCR, e obtiveram o nome de Taq DNA polimerase, tornando se essencial para a técnica de PCR <sup>17</sup>.

Na reação em cadeia da polimerase possui uma etapa com elevadas temperaturas para que a dupla fita do DNA se separe e forme uma nova fita simples, que será molde para a sequência de replicação. A taq DNA polimerase é quem permite essa etapa acontecer, pois sobrevive as altas temperaturas primordiais a ponto de desnaturar o DNA. Com a evolução da técnica, na qual a taq polimerase revolucionou, a aplicação das enzimas taq DNA polimerase estão crescendo e ganhando espaço no mercado, já que tem grande vantagem em relação as outras DNA polimerase <sup>18</sup>.

---

Durante o procedimento da reação da PCR, depois do passo da desnaturação, a taq polimerase tem como função também, de se ligar ao primer e estender os nucleotídeos no DNA molde para formar uma nova dupla fita. A taq polimerase usada na reação precisa ter fidelidade para incorporar nucleotídeos de forma correta e especificidade para gerar somente os fragmentos alvos, pois é essencial que não ocorra erros das enzimas ao se ligarem nas moléculas molde. Para se ter uma boa PCR e uma grande fidelidade da taq polimerase com a fita molde, precisa ter uma concentração adequada do PH e da solução de MgCl<sub>2</sub>, na qual se unirá com os demais reagentes e dará sequência ao ciclo tendo reprodutibilidade da amostra ali estudada <sup>19</sup>.

De acordo com Machado <sup>20</sup>, juridicamente, a investigação é um procedimento formado por um conjunto de atos interligados que visam a elucidar um fato obscuro. Quando a circunstância a ser aclarada é uma possível prática delituosa, qualifica-se a investigação de criminal.

A investigação criminal, em conformidade com uma definição precedente e sucinta, consegue ser compreendida como “método para a reconstrução de fatos passados que pretende responder a quatro perguntas básicas: onde, quando e como ocorreu o fato, e quem o praticou” <sup>21</sup>.

O n.º 1 do art. 262.º do CPP, referente ao procedimento administrativo informativo, determina que o próprio “Compreende o conjunto de diligências que visam investigar a existência de um crime, determinar os seus agentes e a responsabilidade deles e descobrir e recolher as provas, em ordem à decisão sobre a acusação.”

Conforme Gomes Dias <sup>22</sup>, de forma explícita e clara, a “investigação criminal descobre, recolhe, conserva, examina e interpreta as provas reais. Localiza, contacta e apresenta as provas pessoais.”

Neste episódio, é determinado que a “investigação criminal utiliza métodos adequados (tática de investigação) e processos apropriados de actuação técnica (técnica de investigação) cada vez mais especializados” <sup>22</sup>.

O examinador delituoso aborda operações no meio judicial que atua unicamente no âmbito da lei, visando de modo concreto a instauração. Sendo assim, o posto criminal envolve princípios e conceitos do regime de direito em que estabelece limite de sua execução. A investigação criminal institui uma parte do entendimento, capacitado com objetivos de examinar a violação e também o infrator, reestabelecendo e evidenciando a veracidade dos fatos <sup>23</sup>.

A perícia criminal tem como especialidade, a genética forense, que é aplicada nas investigações criminais, já que auxilia nas resoluções do campo jurídico, contribuindo com as normas dos sistemas judicial e demandas civis. Desta forma, este setor possui uma ampla dimensão envolvendo informações entre várias áreas como, biologia, química, balística, impressões digitais e outras <sup>8,24</sup>.

Os métodos que a biologia molecular proporciona ao campo da forense é de extrema relevância, porque são capazes de serem aplicados praticamente em qualquer modelo de investigação, em específico a criminal, podendo ser empregados em casos de violências sexuais, cadáveres em decomposição, mutilados, carbonizados, ato de suicídio, homicídio e diversos outros. As técnicas executadas nos processos de coleta e análise, ira determinar confiança e segurança nos dados apresentados, viabilizando o consentimento de aceitação em sessões de julgamentos <sup>3</sup>.

A abundante utilização do DNA nas procuras criminais dá-se porque é identificado em qualquer fluido biológico, tem força e persiste ao passar pelos trilhos de degradação, agressões ambientais e outros. Embora o mesmo esteja em pequenas quantidades, este pode ser analisado e posteriormente amplificado, possuindo assim uma melhor qualidade do mesmo. Além do mais, o DNA dispõe uma região específica que varia em cada indivíduo, podendo contribuir no âmbito das investigações por meio da genética <sup>25</sup>.

A reação em cadeia da polimerase é uma das técnicas mais empregadas nas diversas formas que pode ser usadas, por sua fácil execução, custo acessível e ter um alto grau de sensibilidade. Além de possibilitar um grande número de cópias de uma região molde de DNA <sup>2</sup>.

Este método é de técnica bastante simples, de maneira que as moléculas são amplificadas milhares de vezes realizada de modo altamente rápido, técnica bastante qualitativa, concebendo quantias aceitável para análises ulteriores. De uma mínima quantidade de amostra, é possível amplificara-la facultando procedimentos posteriores <sup>26</sup>.

Com a imensa potencialidade da PCR na forense, é permissível e usado amostras muito pequenas, em pouquíssimas quantidades, rastros minúsculos de sangue, ou qualquer vestígio que contem células para análise e obtenção de resultados, que serão avaliados e comparados comprovando assim, o caso exposto <sup>27</sup>.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em termos gerais, o presente estudo consiste em comprovar a eficácia da técnica de PCR nas elucidações de crimes, através de amostras biológicas coletadas para análises, proporcionando facilidade e transparência para os profissionais, por meio da perícia criminal, obtendo assim, relevância nos resultados dos casos apresentados.

É nítida a necessidade de estudos científicos abordando o contexto analítico em questão visto que é uma lacuna necessária de preenchimento, atuando em prol do conhecimento dos profissionais e estudantes do segmento da perícia criminal.

Atentou-se, também, neste trabalho, a concordância dos autores, artigos selecionados, atuação e a importância do surgimento do método dentro do contexto forense, gerando desta forma, condições positivas que agregam no manejo das amostras para conclusões concretas.

Levando em consideração a importância dos estudos em aspectos que vinculem a ciência a contextos civis e penais a reação em cadeia de polimerase se mostra apta a contribuir com o cenário da perícia criminal.

#### REFERÊNCIAS

1. Benecke M. DNA typing in forensic medicine and in criminal investigations: a survey. *Naturwissenschaften*, v. 84, p. 181 - 188, 1997.
2. Oliveira TS, Filho, AV. Técnicas de biologia molecular utilizadas para desvendar crimes. *SAÚDE & CIÊNCIA EM AÇÃO – Revista Acadêmica do Instituto de Ciências da Saúde*. v.4, n.01: Jan-Julho, 2018.
3. Fruehwirth; et al. Técnicas de biologia molecular aplicadas a perícia e ciências forense. *Derecho y Cambio Social*, 2015.
4. Pena SDJ. Segurança Pública: determinação de identidade genética pelo DNA. In: *Seminários Temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C, T & I. Parcerias Estratégicas*, v. 20, p. 447 - 460, 2005.
5. Alberts, Bruce et al. *Biologia molecular da célula*. Tradução: Ardala Elisa Breda Andrade ... et al.; Revisão técnica: Ardala Elisa Breda Andrade, Cristiano Valim Bizarro, Gaby Renard. – 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.
6. Pinheiro MF. Genética e biologia forense, e criminalística. In: *Faculdade de Medicina da Universidade do Porto*. In: *Noções Gerais sobre outras ciências forenses*. *MEDICINA LEGAL*, 57p. 2004.
7. Koch A; Andrade, F.M. A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense: uma revisão. *RBAC*, vol. 40(1): 17-23, 2008.

8. Barbosa RP; Romano LH. História e importância da Genética na área forense. Revista Saúde em Foco. Edição nº 10. Ano: 2018.
9. Silva; et, al. A perícia forense e a análise de vestígios em locais de crime. Colloquium Socialis, Presidente Prudente, v. 02, n. Especial 2, Jul/Dez, 2018, p.93-99
10. Corte-Real F, Vieira DN. Princípios da Genética Forense. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015.
11. Miller MB. Diagnóstico Molecular de Doenças Infecciosas. NC MED J, v. 68, n. 2, p. 115–118, 2007.
12. Vieira, Daniel P. Técnicas de PCR: Aplicações e Padronização de Reações. 2011.
13. Ferreira ME. Grattapaglia D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3º ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998.
14. Nóbrega G M, Silva I CR. Aplicação das técnicas de engenharia genética relacionadas a biociência forense. Faculdade da Terra de Brasília: FTB, 2010.
15. Agne M. et al. Princípios e aplicações da reação em cadeia da polimerase na medicina campos de diagnóstico: uma revisão. Brazilian Journal of Microbiology, v. 40, p. 1–11, 2009.
16. Santos E A; et al. Influência da temperatura ambiente na análise do termociclador. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014, p. 1522 - 1525.
17. Oliveira et al. Uso de diferentes Taq DNA polimerases para detecção de Chlamydia trachomatis em amostras cervicais. Rev Pan-Amaz Saude 2015; 6(4):19-24.
18. Diaz RS, Sabino EC. Precisão de replicação na reação em cadeia da polimerase. Comparação entre Thermotoga maritima DNA polimerase e Thermus aquaticus DNA polimerase. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 1998, v. 31, n. 10, pp. 1239-1242.
19. Eckert KA, Kunkel TA. Fidelidade da DNA Polimerase e a Reação em Cadeia da Polimerase. Cold Spring Harbor laboratory Press, v. 1, p. 17-24, 1991.
20. Machado A A M. A Investigação Criminal Defensiva. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo. 212p. São Paulo, 2009.
21. Garrido V, et al. Princípios de criminologia. 1º ed. Editora :Tirant Lo Blanch, 2006.
22. Gomes Dias; et al. Direito processual penal. Imprensa: Rio de Janeiro, Forense, 1992.
23. Braz J. Investigação Criminal. A organização, o método e a prova: os desafios da nova criminalidade. 3º ed. Editora: Almedina, 2013.
24. Bonaccorso NS. Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Medicina Forense. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo. 156p. São Paulo, 2005.
25. Dias Filho CR, Francez PAC. Introdução a biologia forense. 1º edição. Editora: Millennium, 2016.

26. Zaha A. *Biologia Molecular Básica*. 3 ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2003.
27. Souza JM e Queiroz PRM. Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*. Vol. 16. nº 3., 2012.