

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

IDENTIFICAÇÃO E OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO A
PARTIR DE MARCAS DE CONTATO HUMANO SOBRE
SUPERFÍCIES

Autor: Wedney Rodolpho de Oliveira - Bolsista CAPES

Orientadora: Prof.^a. Dra. Carina Elisei de Oliveira

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Alinne Pereira de Castro

Campo Grande
Mato Grosso do Sul
Agosto - 2024

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

**IDENTIFICAÇÃO E OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO A
PARTIR DE MARCAS DE CONTATO HUMANO SOBRE
SUPERFÍCIES**

**“Tese apresentada, como parte das exigências
para obtenção do título de DOUTOR EM
BIOTECNOLOGIA, no Programa de Pós-
Graduação em Biotecnologia da Universidade
Católica Dom Bosco - Área de concentração:
biologia molecular com ênfase em ciências
forenses”**

Campo Grande
Mato Grosso do Sul
Agosto - 2024

048i Oliveira, Wedney Rodolpho de
Identificação e obtenção de perfil genético a partir
de marcas de contato humano sobre superfícies/ Wedney
Rodolpho de Oliveira sob orientação da Profa. Dra.
Carina Elisei de Oliveira e Profa. Dra. Alinne Pereira
de Castro.-- Campo Grande, MS : 2024.
87 p.: il.

Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Católica
Dom Bosco, Campo Grande - MS, 2024
Bibliografia: p. 8-10

1. Biotecnologia. 2. Biologia forense. 3. PeríciaI.Oliveira,
Carina Elisei de. II.Castro, Alinne Pereira de. III.
Título.

CDD: 660.6

"IDENTIFICAÇÃO E OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO A PARTIR DE MARCAS DE CONTATO HUMANO SOBRE DIFERENTES SUPERFÍCIES"

Autor: WEDNEY RODOLPHO DE OLIVEIRA

Orientadora: Profa. Dra. Carina Elisei de Oliveira Coorientadora:

Dra. Alinne Pereira de Castro

TITULAÇÃO: Doutor em Biotecnologia área
de concentração: Biotecnologia.

APROVADO em 12 de agosto de 2024.

Profa Dra Carina Elisei de Oliveira (orientadora) Elisei de Oliveira

Profa Dra Alinne Pereira de Castro (coorientadora) Alinne Castro

Profa Dra Ariadne Barbosa Gonçalves (UFMS) Ariadne

Prof. Dr. Gabriel Carvalho de Macedo (UCDB) Gabriel C. M.

Prof. Dr. Ludovico Migliolo (UCDB) Ludovico Migliolo

Prof. Dr. Raphael Sérgio Rios Chaia Jacob (UCDB) Raphael Sérgio Rios Chaia Jacob

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

Martin Luther King (1929-1968).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar forças, sabedoria e paciência necessárias e, por ter me permitido concluir mais esta importante etapa da minha caminhada, superando todas as dificuldades encontradas à frente.

À minha orientadora, Professora Doutora Carina Elisei de Oliveira por sua dedicação, paciência, ideias apresentadas e atenção em todas as vezes que precisei.

À acadêmica do Mestrado em Biotecnologia Breenda Siqueira Resende, por sua dedicação e persistência nos andamentos dos trabalhos laboratoriais e que sem a qual, certamente não alcançaria este momento.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho que me apoiaram e foram meu refúgio todas as vezes que as dificuldades surgiram.

BIOGRAFIA DO AUTOR

WEDNEY RODOLPHO DE OLIVEIRA nasceu no interior de São Paulo, passando a residir no ano de 1984, no Estado de Mato Grosso do Sul.

No ano de 2001 formou-se no curso de Direito pela Universidade Católica Dom Bosco, em Campo Grande, MS.

Desde julho de 2002, é Perito Criminal Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul.

No ano de 2004, formou-se no curso de Ciências Biológicas pela Anhanguera/Uniderp, em Campo Grande, MS.

A partir de setembro de 2006, até o presente momento, é professor do Curso de Direito da Universidade Católica Dom Bosco.

Em 2007, tornou-se Especialista em Direito Criminal pelo Centro de Pós-Graduação pela Universidade Católica Dom Bosco, em Campo Grande, MS.

A partir de setembro de 2009, até o presente momento, é professor do Curso de Biologia da Universidade Católica Dom Bosco.

Em 2014 concluiu o Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, à nível de Mestrado, Biotecnologia aplicada à área da Saúde, na Universidade Católica Dom Bosco, realizando estudos na área de Biologia Molecular.

Em julho de 2020 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, à nível de Doutorado em Biotecnologia aplicada à área Saúde, na Universidade Católica Dom Bosco, realizando estudos na área de Biologia Molecular.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	
2.1 A criminalística	16
2.2 Do local de crime	16
2.3 Classificação do Local do Crime	17
2.4 A Preservação do Local do Crime.....	19
2.5 A Importância da Preservação.....	20
2.6 A Legalidade no Isolamento e a preservação do Local do Crime.	21
2.7 Principais Aspectos da Prova Pericial do Local do Crime.....	22
2.8 Os vestígios que podem ser encontrados no local do crime	24
2.9 Vestígios biológicos encontrados no local do crime.....	27
2.10 Plataforma CODIS.....	28
Referências.....	31
3 OBJETIVOS	32
2.1 Objetivo Geral.....	32
2.2 Objetivos Específicos	32
4 DETECÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO EM MICRO VESTÍGIOS BIOLÓGICOS DE MARCAS DE CONTATO HUMANO APLICADO AO ESTUDO FORENSE.....	35
4.1 Introdução	36
4.2 Metodologia.....	37
4.3 Condução do experimento	38
4.4 Extração de material genético.....	41
4.2.3 Quantificação do Material Genético.....	42
4.5 Discussão.....	4
4.6 Conclusão.....	45

4.7 Referências	47
5 EXTRAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO EM MICROVESTÍGIOS DE IMPRESSÕES LATENTES SOBRE SUPERFÍCIES PARA OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO.....	49
5.1 Introdução.....	50
5.2 Revisão de literatura.....	52
5.3 Metologia.....	57
5.4 Extração de material genético em vidro, plástico comum e plástico polido.....	58
5.5 Extração do material genético.....	60
5.6 Extração do material genético <i>in-house</i>	60
5.7 Extração de material genético humano com kit Quiagen®.....	61
5.8 Quantificação do material genético.....	61
5.9 Amplificação do material genético humano.....	61
5.10 Detecção do material genético humano <i>in-house</i>	62
5.10 Primeiro experimento: localização de marcas de contato sobre as superfícies vítreas e plásticas.....	62
5.12 Segundo experimento: Coleta de material por contato humano em superfície vítreas.....	63
5.13 Terceiro experimento: coleta de material por contato humano em superfície plástica rígida, plástica maleável e metálica com extração orgânica e com kit Quiagen®.....	65
5.14 Quarto experimento: coleta de material por contato em superfície plástica rígida e plástica maleável com extração orgânica...66	66
DOS RESULTADOS.....	66
DISCUSSÃO.....	72
CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS.....	81

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Placa de vidro contendo a marca de contado evidenciada pelo pó Vulcano.....	38
Figura 2: Materiais utilizados para coleta das marcas de contato. Placas de vidro para coleta das marcas de contato; <i>Swab</i> para coleta das células deixas no vidro. Eppendorf para armazenamento da amostra contendo o DNA.....	39
Figura 3: Amostra positiva para DNA no quantificador da NanoDrop™One. Em azul é possível ver a quantidade de DNA amostrada em vidro pela marca de contato coletada nas costas, com a extração realizada pelo kit da QIAGEN®. Fonte: O autor, a partir do equipamento NanoDrop™One.....	43
Figura 4: Ilustra o uso da luz UV para localizar impressões latentes no vidro.....	63
Figura 5: Ilustra o uso da luz UV para localizar impressões latentes no vidro.....	63
Figura 6: Resultados comparativo demonstrando a compatibilidade entre o controle positivo dos locis com os das amostras P10 e P20.....	70

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Dados da quantificação realizada pelo BioDrop™Duo, a partir da extração pelo método Orgânico Fenol Clorofórmio	42
Quadro 2 - Dados da quantificação realizada pelo BioDrop™Duo, a partir da extração pelo Kit QIAamp DNA Investigator (QIAGEN®)	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da quantificação realizada pelo NanoDrop™One, a partir da extração pelo método Orgânico Fenol Clorofórmio	44
Tabela 2 - Dados da quantificação realizada pelo NanoDrop™One, a partir da extração do Kit QIAamp DNA Investigator (QIAGEN®)	45
Tabela 3 - Dados do segundo experimento.....	68
Tabela 4 - Dados do terceiro experimento.....	69
Tabela 5 - Dados do quarto experimento.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

- AFIS: Automated fingerprint identification;
- CODIS: Combined DNA Index System;
- CPP: Código de Processo penal;
- DNA: Ácido Desoxirribonucleico;
- IALF: Instituto de Análises Laboratoriais Forenses;

RESUMO

Este trabalho se propõe a demonstrar a relevância do local do crime e da produção da prova a serem empregadas na resolução e julgamento com equidade dos criminosos em locais de crime, buscando respostas satisfatórias à sociedade que tanto carece de esclarecimento acerca dos fatos prejudiciais que a cercam, atendendo-se assim ao clamor público por uma sociedade mais justa. Para tanto faz-se necessário que o perito tenha muita objetividade nas coletas dos vestígios ainda no local do crime, pois serão estes elementos que irão produzir a prova, a certeza da autoria. Deste modo, vários passos são necessários para se conseguir chegar a este resultado de certeza, mas que quando alcançado, indica a autoria sem maneira de refutação. Ademais a coleta dos vestígios depende da habilidade do perito em vislumbrar a utilização no processo, uma vez que os vestígios de origem biológica podem ser utilizados para o nexo de causalidade onde com o emprego da biotecnologia como ferramenta aplicada à identificação genética de marcas de contato deixadas no local servirão como prova indicadora incontestável da autoria.

ABSTRACT

This paper aims to demonstrate the relevance of the crime scene and the production of evidence to be used in the resolution and fair trial of criminals at crime scenes, seeking satisfactory answers to society that so much needs clarification about the harmful facts that surround it, thus meeting the public clamor for a more just society. To this end, it is necessary for the expert to be very objective in collecting traces at the crime scene, since these elements will produce the evidence, the certainty of authorship. Thus, several steps are necessary to achieve this result of certainty, but when achieved, it indicates authorship without any way of refuting it. Furthermore, the collection of traces depends on the expert's ability to envision their use in the process, since traces of biological origin can be used for the causal link where, with the use of biotechnology as a tool applied to the genetic identification of contact marks left at the scene, they will serve as indisputable evidence indicating authorship.

INTRODUÇÃO

Ao apreciar uma obra feita pelo artista geralmente não nos admiramos apenas por sua geometria ou dimensões, o que nos chama a atenção na verdade, são os pequenos detalhes e, quanto mais delineada a obra mais valiosa esta é (GOMBRICH, 1995). Assim é o trabalho do cientista forense, que busca nos detalhes remanescentes do crime, provas robustas à sua elucidação, conhecendo as características e oportunidades que a ciência intimamente conectada à cena do crime podem apresentar como vestígios das mais diversas áreas do conhecimento biológico, o que passaria despercebido pela maioria dos observadores.

Os Peritos criminais, profissionais da segurança pública, cotidianamente se deparam com dificuldades de se determinar a autoria e materialidade imprescindíveis à aplicação da norma incriminadora e da apuração do crime, direito da vítima e da sociedade. Assim, através da prática real pode ser percebido que muitas vezes a identificação do criminoso se encontra subterfugiada nos locais de crime, mas o encontro destas marcas deixadas pelo sujeito e, sua consequente identificação trata-se de processo moroso, complicado, muitas vezes infrutífero, umavez que não há aplicação de outras tecnologias a não ser a coleta de impressões digitais.

Ocorre que, por vezes, a técnica papiloscópica de Vucetich se torna imprecisa ou impraticável, mesmo com a utilização do *Automated fingerprint identification* (AFIS) posto que o criminoso não irá sempre deixar suas impressões digitais evidenciadas e com boa qualidade (FIGINI, 2012). Normalmente, o mais comum de ocorrer são marcas borradadas das mãos do autor ou mesmo marcas de contato de outras partes da anatomia corporal e que não serão uteis para serem aplicadas no AFIS, a fim de mitigar este empecilho na busca de novas tecnologias que são fundamentais para auxiliar a identificar de criminoso através de outras impressões de contato encontradas no local do crime.

O Código de Processo Penal (BRASIL, 1941) estabelece em seu artigo 6º e incisos, os procedimentos que devem ser tomados na correta condição da colheita de provas nos locais de crime com o objetivo de prover a materialidade e autoria do fato criminoso. A descrição e importância dos procedimentos periciais presentes nesta pesquisa são contumazes na possibilidade de conferirem ao trabalho do perito, todos os subsídios necessários de formalizar uma análise completa da dinâmica criminosa,

com vistas a corroborar e contribuir com o processo penal, estabelecido por ordem deste e trabalho bem efetuado e com características resolutivas, conceituadoras e determinantes. Será objeto de estudo ainda o contexto sobre a esfera da criminalidade, a relação entre o local do crime e a criminalística, uma vez que o crime é um capítulo na vida do cidadão, com a abordagem sobre os principais aspectos no contexto da criminalística. O questionamento e a observação propostos versam sobre a eficácia de tais procedimentos e possibilitam as exatas argumentações que a inobservância a estes procedimentos periciais em muito pontua no processo penal.

Logo, sabe-se que os elementos encontrados no local do crime e a apreciação do perito na sua análise vêm surgir ao conteúdo probatório no bojo do processo penal e instrução frente a toda a persecução penal. Assim haverá toda a discussão e apresentação do local de crime, bem como os vestígios neles existentes, suas coletas e apreciações periciais, através do metodocientífico, sendo que as premissas ao tema serão abordadas por tendência de pesquisas com referências bibliográficas. Os recentes avanços da ciência, em especial da criminalística forense, e a reconhecida necessidade de incluir uma ampla gama de profissionais na busca pela justiça e pela qualidade de vida da comunidade têm exigido que o exame de crimes graves se perpetrem com uma abordagem de equipe multidisciplinar.

2. Revisão de Literatura

2.2 A Criminalística

A criminalística consiste essencialmente após o acontecimento de um crime e os elementos materiais passíveis de perícia criminal, como ainda disposto no Código de Processo penal da legislação pátria em seu artigo 158 caput: “quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado” (BRASIL, 1941). A criminalística se traduz na abordagem técnica de apuração do referido delito, conceituando-se como ciência junto ao direito criminal na busca precípua da resolução de crimes. Refutando de subterfúgios em outras ciências que de certa forma estão ligados a ela sendo como principais a química, física e biologia (ANGELESKI, 2017). Assim, a criminalística é correlacionada aos fatos, e toda a sua delimitação é conduzida por minuciosa análise dos vestígios materiais em nexo de causalidade com sujeitos ativos na cena do

crime. Tratando-se de instrumento de suma importância e necessidade para a resolução e esclarecimentos pertinentes aos delitos, tendo o papel fundamental na sociedade, surgindo como uma disciplina possui por objetivo o reconhecimento e interpretação dos indícios materiais extrínsecos relativos ao crime ou a identidade do criminoso. Os exames de vestígios intrínsecos na pessoa são da alçada da Medicina Legal. (STUMVOLL, 1999).

Afirma a Lei brasileira: "Se não há prova, não há crime". De acordo com o artigo 386 do Código de Processo Penal, "O juiz absolverá o réu (...) se, parágrafo II: "não haver prova da existência do fato". Esse costume significa que, se o corpo da vítima não for encontrado ou reconhecido, não é possível condenar ou acusar o criminoso, causando danos à sociedade como um todo (CAPEZ, 2023). Pois de acordo com o código de processo penal brasileiro, uma prova pericial é necessária quando restarem vestígios materiais de infrações penais (JESUS, 2023). O Perito ao elaborar um laudo está inferindo todos os elementos de certeza sobre o fato delituoso e todos os elementos materiais decorrem de sua interpretação que resultarão na apreciação por parte do magistrado que irá analisar o conjunto probatório carreado nos autos (CROCCE, 2012).

O próprio legislador em 1941, já anteviu a importância da prova científica, prevendo no artigo 158 do código de processo penal que "o juiz formulará sua convicção pela livre apreciação da prova". A importância pericial consiste ainda na previsão das nulidades do artigo 564, inciso III, alínea b do Código de processo penal em que: "a nulidade ocorrerá nos seguintes casos por falta das fórmulas ou dos termos seguintes... o exame de corpo de delito nos crimes que deixem vestígios" (DOREA, 1995).

2.3 O Local do Crime

O local do crime é exatamente o local ou o ambiente que comprehende um determinado espaço ou área onde possam ser localizados vestígios, que por sua vez estão ligados ou relacionados intrinsecamente ou não ao delito que supostamente ali ocorreu (WOODS, 2003). Para uma melhor compreensão é colacionado o entendimento doutrinário do ilustre forense, Rabello (1996) afimando que o local de crime é a porção do espaço compreendido num raio que, tendo por origem o ponto no qual é constatado o fato, se estenda de modo a abrangertodos os lugares em que, aparente, necessária ou presumivelmente, hajam sido praticados, pelo criminoso, ou

criminosos, os atos materiais, preliminares ou posteriores, à consumação do delito, e com estes diretamente relacionados.

Nas palavras de Albieri Espíndula (2005), o local de crime se refere: “Uma área física onde ocorreu um fato, não esclarecido até então, que apresente características e/ou configurações de um delito. Via de regra o local de crime vem a ser uma área que ainda pode ser dimensionada como externa interna e mista, dimensões estas, em decorrência das suas especificações. A limitação da identificação do criminoso exerce grande importância sobre todos os objetos aliencontrados que apresentem vestígios e que evidenciem terem sido utilizados pelos possíveis autores como instrumento do crime, elementos estes que são essenciais para a perfeita elaboração da diagnose do fato quando da construção do laudo pericial (ESPINDOLA, 2005).

O local de crime merece todo o cuidado por parte das autoridades competentes, ademais esta cautela estende ainda aos responsáveis pela preservação. Os exames de ordem periciais ali realizados são permeados por uma extrema variedade e complexidade, características estas que são exigidas do trabalho minucioso dos peritos (RABELO, 1996). A legislação brasileira colocada à disposição na área penal, estabelece e identifica o local do crime no escopo do Código de Processo Penal, mais precisamente nos artigos 6º e 169, os quais seguem respectivamente em seu artigo 6, incisos I e II: logo que tiver conhecimento da prática da infração penal, a autoridade policial deverá se dirigir ao local, providenciando para que não se alterem o estado e conservação das coisas, até a chegada dos peritos criminais.

Bem como o mesmo documento pátrio afirma que para o efeito de exame do local onde houver sido praticada a infração, a autoridade providenciará imediatamente para que não se altere o estado das coisas até a chegada dos peritos, que poderão instruir seus laudos com fotografias, desenhos ou esquemas elucidativos (BRASIL, 1941). Ressalta-se, que pelo mais comum, quando da ocorrência de um crime, a primeira instituição a chegar ao local dos fatos é a Polícia Militar, acionada por parentes da vítima ou populares que tomaram o conhecimento ou então presenciaram o fato (MIRABETE, 1999). Seguindo-se os atos da ação pública incondicionada, a polícia judiciária e a perícia examinarão os vestígios deixados na cena do delito praticado, com o objetivo de esclarecer a mecânica e o móvel do delito, contribuindo de forma clara e sem produzir controvérsia para o andamento do processo judicial, já que de certa forma são elementos constitutivos e considerados como provas não sendo

repetíveis e deléveis (RABELLO, 1996).

Dessa forma, é percebida a relevância dos procedimentos consoantes a conduta de isolamento e preservação do local do crime, para então dar prosseguimento à ocorrência de um trabalho pericial, que visa proporcionar a máxima possibilidade de exatidão no que concerne a verificação da análise dos vestígios onde tenha ocorrido um fato criminoso (MIRABETTE, 1991).

2.4 Classificação do Local do Crime

A classificação do local do crime é pertinente e verificada em conformidade com a disposição geográfica, neste aspecto se obtém as disposições nos quais são inseridos os locais de crime. Concernente ao espaço físico, o local de crime é classificado segundo Rosette (2008) em: Local interno: toda área compreendida no interior no interior das habitações de quaisquer espécies, isto é, em todo o ambiente fechado, o fato ocorrido em terreno cerrado ou murado será a área considerada como “local do crime”, por constituir recinto fechado. Local externo: é a área constituída por extensão aberta, ou seja, fora das habitações. Os locais internos e externos, são subdivididos do seguinte modo: Ambiente imediato: área onde ocorreu o fato, é nesse ambiente que se procede ao exame cuidadoso de todos os detalhes, presumindo-se que o local tenha sido convenientemente preservado desde o comparecimento do primeiro policial militar.

Nas palavras de Costa Filho (2010), o local do crime também pode ser definido quanto à natureza do fato. Tornando-se o fator principal numa investigação e no elucidar de um crime, esta observação é recorrente, pois no local do crime existe a possibilidade de conter provas do crime em si ou de sua autoria. As provas por sua vez são classificadas de duas espécies, sendo elas: provas testemunhais, consoantes com os relatos de testemunhas e as provas materiais ou técnicas verificadas a partir dos elementos materiais que estão presentes no local do crime, estas por sua vez têm sua apreciação executada pelo perito responsável (BANDEIRA, 2008).

2.5 A Preservação do Local do Crime

A preservação do local do crime é observada com extrema importância, pois, se vê correlacionada com o aspecto processual penal, em tese é preciso destacar no tocante ao procedimento da investigação criminal (VELHO,2023). Isto se deve as condições e aos elementos constitutivos da real materialidade concernente ao crime em si, nestes casos é preciso esclarecer que todos os aspectos e elementos são além de relevantes, são imprescindíveis e fundamentais a se considerar o critério de conclusão do “crime” em apuração em fatos pertinentes como autoria, autores, logo elucidando o mesmo (PINHO FILHO, 2020).

Em sua obra ROCHA (1998), define o ato de preservar o local do crime como: “preservar o local do crime significa garantir a sua integridade, para a colheita de vestígios que fornecerão os primeiros elementos à investigação”. Conforme explica Baracat (2017) no local do crime é de dever obrigacional da polícia proceder ao exame de todos os vestígios que foram deixados após à prática do crime, nesta perspectiva visa a elucidação de todo o processo desde a motivação e o discorrer do ato que consumou no crime, destarte esta contribuição é indispensável e de forma impreterável a todo o apanhado do processo judicial em si.

Deveras já aludido, entende-se que, entretanto, o local do crime guarde consigo materiais e elementos, os quais são inerentes à prática de um delito, que se apresentam como indispensáveis e posteriormente devem confrontar irrefutavelmente à prática de um delito ou infração penal. A preservação do local do crime é observada nas palavras abaixo com ampla abrangência que o assunto merece uma vez que a preservação dos vestígios deixados pelo fato, em tese delituosa, exige a conscientização dos profissionais da segurança pública e de toda a sociedade de que a alteração no estado das coisas sem, a devida autorização legal do responsável pela coordenação dos trabalhos no local pode prejudicar a investigação policial e, consequentemente, a realização da justiça, visto que os peritos criminais analisam e interpretam os indícios materiais na forma como foram encontrados no local da ocorrência BARACAT (2017).

Assim a preservação do local do crime é deveras importante e este procedimento adotado tem o objetivo de preservar os elementos ali constatados e não venham a ser colocados em condições que os façam perder suas integridades, identidade, aspectos físicos, representação frente ao delito e real importância no

desvendar e análise do referido (PINHEIRO, 2015). O local do crime que tem esta característica observada tende a proporcionar a justiça condições fundamentais, garantias de elementos para que o trabalho processual penal tenha a eficácia e a lisura a que é requisitada e esperada pela sociedade.

2.6 A Importância da Preservação

A importância da preservação do local do crime como já dito se mostra indispensável e fundamental para o procedimento de investigação criminal, pois o local do crime traz consigo a possibilidade de trazer à luz a materialidade do delito, e continuando na possibilidade de apresentar elementos e condições ali expressas para se concluir e definir a autoria de um determinado delito, por meio de minuciosa análise do local do crime, este com a devida preservação garantida (BOTELHO, 2016). Conforme legalmente instruído em consonância com o Código de Processo Penal, são dever das autoridades policiais procedimentos nos quais adotados visem à proteção e a inviolabilidade do local do crime. Considerando esta inviolabilidade, os procedimentos são conferidos conforme já elencados e exposto em consonância com o artigo 6º do Código de Processo Penal.

Rodrigues (2010), afirma que é sabido que a Polícia Militar é sempre quem chega primeiro nos locais de crime, logo como a autoridade policial a qual se refere o citado artigo, ali presente e efetiva, ela se encontra condicionada para efetuar o isolamento do local de crime, bem como sua proteção integral e preservação propriamente dita, portanto esta conduta é pertinente a não provocar por ele o policial e ou terceiros “principalmente” a alteração dos elementos ali encontrados, sendo este: o corpo da vítima “quando houver”, os instrumentos ou armas que propiciaram o crime, entre outros com a devida cautela destes, para então a apreciação da perícia.

Acertadamente é contumaz ressaltar que a possibilidade da preservação do local do crime, bem como seu isolamento, tangem no intuito de preservar até a chegada da perícia e, por vezes, não são seguidas à risca, logo como precípua ação nestes casos os profissionais que lidam com esses acontecimentos visam “*a priori*” o socorro às vítimas envolvidas (VELHO, 2023). Portanto, tais ações em muitas vezes podem comprometer a inviolabilidade do local, haja vista o perigo iminente e ou a postura imediata de salvar a vida de outrem, neste caso “envolvida diretamente” com

o ocorrido (RODRIGUES, 2010). Considerando esta perspectiva entende-se que a elucidação do mesmo é pertinente em busca da justiça, logo que este local tem fundamental importância na resolução deste crime.

Nas palavras de Hungria (1978) observa-se a especificação no tocante ao crime de homicídio, o tipo central dos crimes contra a vida e é o ponto culminante na orografia dos crimes. É o crime por excelência. É o padrão da delinquência violenta ou sanguinária, que representa como que uma reversão atávica às eras primeiras, em que a luta pela vida, presumivelmente, se operava com uso normal dos meios brutais e animalescos. É a mais chocante violação do senso moral médio da humanidade civilizada (HUNGRIA, 1978). Fazendo um paralelo ainda ao crime de homicídio Dias (2024) salienta em sua obra sobre a preservação do local de crime que o exame do local do crime, referindo-se aos crimes violentos, tais como: homicídios, latrocínios, extorsão mediante sequestro com resultado morte, ou até mesmo em casos de suicídio, deverá obedecer a uma preservação rigorosa para que sejam resguardadas suas evidências, exigindo profissionais plenamente capacitados, formando, dessa forma, um conjunto de conhecimentos e trabalhos harmoniosos, afim de assegurar o êxito nas investigações futuras, levando-se em conta que o trabalho de levantamento do local do crime, ou seja, a perinecropsia é o ponto de partida nas investigações (DIAS, 2024).

Sendo assim entende-se que o crime de homicídio é o modo mais insensato de ofender a vida humana, pois com esta proeminente afirmação é fácil ressaltar a necessidade real de elucidar o fato criminoso e aplicar via de regra a justiça contra tais ofensas.

2.7 A Legalidade sobre o Isolamento e a Preservação do Local do Crime

Concernente sobre o isolamento do crime é pertinente observar as palavras de Fábio Coelho Dias (2024) em seu artigo afirmando que o isolamento e a consequente preservação do local de crime é uma garantia que o perito terá de encontrar a cena do crime conforme fora deixada pelo infrator, assim, como pela vítima, tendo com isso, as condições técnicas de analisar todos os vestígios. É também uma garantia para a investigação como um todo, pois, haverá muito mais elementos a analisar e levar para o inquérito, e, posteriormente, para o processo criminal. Entende-se então que o critério que versa sobre o isolamento tem o início a

partir desta regulamentação, logo também vinculada à preservação do local do crime.

Assim é em suma a caracterização da legalidade regulamentada e prevista no Código de Processo Penal, sendo correto salientar que embora seja observada a disposição da legalidade no intuito de preservar o local do crime, para posteriores exames e averiguações periciais, ocorre que em detrimento de pessoas, familiares e populares “por algumas vezes” o risco de perda de detalhes que possam ser vinculados na elucidação do crime (ESPINDULA, 2005). Aqui se encontra corroborando o entendimento da perita, para tais acontecimentos a pertinência da padronização dos procedimentos a serem adotados (SILVA et al., 2019). Conforme o referido de Silva (2019), o legislador entende que a figura principal na investigação, e posteriormente na elucidação de fato delituoso é o perito, pois o mesmo tem a incumbência frente aos procedimentos que muito contribui para o esclarecimento do fato criminoso.

Corroborando com o mencionado por Dorea (1995) em sua obra que especifica: “é de tal maneira importante que o local do crime seja mantido corretamente isolado até a chegada do perito. Analisando a importância do isolamento e a preservação do local do crime, é correto afirmar que estas ações se encontram diretamente relacionadas ao fato de conter no local do crime inúmeras condições técnicas e elementos que configuram à elucidação do crime e sua autoria. Para tanto é trazido à luz que: antes o exame de corpo de delito, versava e se presumia somente ao corpo “cadavérico” da vítima, logo com a evolução das técnicas e a necessidade casuística na resolução dos crimes, atualmente o exame de corpo de delito figura em todos os elementos necessários e fundamentais, portanto indispensáveis à elucidação de fato criminoso (SILVA et al., 2019). A falta de preservação no local do crime bem como seu isolamento nas contundentes palavras de Dorea (1995) encontra uma disposição conferida à autoridade policial que deixa de observar os regulamentos dispostos na legislação afirmando que qualquer ato imprudente, descuidado ou imprevidente do policial, de que resulte alteração e consequentemente destruição de possíveis indícios, não é mero ato de negligência, constitui tecnicamente um delito de cumplicidade criminal (DOREA, 1995).

Trazendo a luz e analisando o exposto em tela, é fato que a inobservância dos procedimentos elencados no Código de Processo Penal concernentes a preservação e isolamento do local do crime conferidos a autoridade policial, pode comprometer a

investigação, ainda mais a não observação dos procedimentos pode sim resultar na indeterminação da autoria de um crime, logo o crime ficaria sem elucidação (SILVA et al., 2019). No enfoque citado por Dorea (1995), entende-se que a falta de preservação “esta por descuido ou negligência policial” resulta em vias de grande complexidade, até em caráter criminal, portanto o descaso ou descuido pela autoridade policial vem a ser um delito grave, logo a atrapalhar uma investigação criminal. Ainda atendo nas célebres palavras de Dorea (1995), o autor alenta para o descuido, e ou descaso e o possível excesso nos atos praticados pela autoridade policial que venham a ter resultados negativos em tais procedimentos que são inúmeros crimes estão hoje inscritos para sempre no rol dos insolúveis pelo simples fato de que os primeiros policiais a chegarem ao local lançaram-se numa busca desordenada e frenética de pistas. A experiência comprova que o esclarecimento de um delito está proporcionalmente relacionado ao nível de preservação a que foi submetido o local (DOREA, 1995).

2.8 Principais Aspectos da Prova Pericial do Local do Crime

O elemento prova pericial consiste basicamente no meio empregado para a obtenção de produtos relacionados a um determinado ato, precisamente à prática de um delito. A doutrina conceitua “prova pericial” aquela consistente em exame, vistoria ou avaliação, realizado por quem tenha conhecimento técnico ou científico pertinente” (MACEDO, 2017). Uma vez que o vocábulo “prova” é de origem do latim *“probatio”*, que tem emanações vinculadas ao verbo *“probare”*, que significa, exame, examinar, persuadir, em suma trata-se de todo e qualquer elemento subjetivo e objetivo que pode ser levado ao conhecimento de um determinado fato a uma determinada pessoa (MACEDO, 2017).

Tomando por base este enfoque exposto em tela, é concernente observar que a prova pericial se vê relacionada à cena e ou local do crime, portanto, neste, são encontrados ou produzidos os elementos necessários ao início da persecução penal.

Dentro desta perspectiva, neste último tópico serão abordados os procedimentos concernentes aos principais aspectos que a prova pericial apresenta, bem como o local de sua produção, que versa sobre o tema principal deste trabalho monográfico, bem como a exatidão e a necessidade de sua obtenção com a finalidade

precípua e contundente para corroborar com todo o processo penal (MARIANO, 2018). A preservação do local do crime se vê na possibilidade real de procedimentos adotados a sua execução, destarte estes procedimentos têm em seu principal intuito na conservação imediata do ambiente “local do crime” para as devidas averiguações periciais, estas que posteriormente apresentarão os elementos, sendo eles: “vestígios, evidências e indícios” (SILVEIRA, 2019).

Em conformidade com o disposto no artigo 6º do Código de Processo Penal, que regulamenta os procedimentos acerca da preservação do local do crime, condicionado as autoridades policiais, observa-se os seguintes procedimentos e condutas (ROSA, 2023). No que tange a responsabilidade policial, é previsto que o primeiro policial que chegar ao local do crime deve adotar procedimentos que em suma visam a preservar este local, com vistas a colaborar com as investigações periciais (ROSA, 2023).

Dentre os procedimentos a serem verificados pelo “policial” quando este chegar ao local do crime, o mesmo deve proceder num minucioso levantamento do local, para então serem constatados os elementos que posteriormente venha subsidiar o perito no seu trabalho, haja vista que este processo tange no âmbito de conferir e zelar também por esses elementos até a chegada do perito (SILVEIRA, 2019). Conforme salienta o Código de Processo Penal no inciso III, do artigo 6º: “colher todas as provas que servirem para o esclarecimento do fato e suas circunstâncias”, presentes neste enfoque tem-se a coleta de provas no local do crime, bem como neste contexto verifica-se o início da importância da “evidência” em si, portanto a partir desta fase todos os vestígios coletados no local do crime, estes, via de regra condicionados ao critério de preservação, conforme prevê a legislação (ROSA, 2023).

O perito após suas análises e estudos técnico-científicos, elabora o seu laudo pericial que em tese vem contribuir como instrumento a todo o processo penal e logo a caracterizar-se prova propriamente dita, destarte é conveniente ressaltar que a prova obtida passa a ter importância e relevância no processo penal, está em caráter resolutivo e capaz de formular a convicção nos fatos apresentados e sujeitos a apreciação técnica específica a todos os operantes no processo penal (SILVEIRA, 2019).

A prova aqui ressaltada, obtida por meio de análise e conceito científico vem a se instaurar como “prova técnica”, em conceito aplicado a prova técnica é obtida por meio de análise científica dos indícios presentes no local do crime, logo sendo efetuadas as perícias vem a se materializar em evidências elementares do crime (ROSSETE, 2003). Assim a prova em tese segue sua valoração nas palavras de Santos (1983), o objetivo das provas no processo penal é: “provar é demonstrar a verdade ou uma afirmação de um fato. E, o objetivo do Processo Penal é restituir o fato considerado criminoso, e não apontar o culpado, ou seja, a busca do processo Penal deve ser a busca da verdade real.

O autor em destaque afirma o elemento da prova no âmbito jurídico com clareza com o seguinte entendimento no sentido jurídico, a demonstração que se faz, pelos meios legais, da existência ou veracidade de um fato material ou de um ato jurídico, em virtude da qual se conclui por sua existência ou se afirma a certeza a respeito da existência do fato ou do ato demonstrado (CAGLIARI, 2001). Em suma as provas são subsidiárias de um contexto no processo penal, com vistas a indicar a materialidade de um fato criminoso bem como a autoria deste, neste enfoque Tourinho Filho (1999) assevera que o objetivo ou finalidade da prova é formar a convicção do Juiz sobre os elementos necessários para a decisão da causa. Para julgar o litígio, preciso Juiz ficar conhecendo a existência do fato sobre o qual versa a lide. Pois bem: a finalidade da prova é tornar aquele fato conhecido do Juiz, convencendo-o da sua existência. As partes, com as provas produzidas, procuram convencer o Juiz de que os fatos existiram, ou não, ou, então, de que ocorreram desta ou daquela forma”.

Observado o exposto, entende-se que em todo o processo que teve seu início com a averiguação e o levantamento feito pelo perito no local do crime, tem sua finalidade explícita e aqui destacada, logo é pertinente afirmar que o isolamento bem como a preservação do mesmo corrobora para este fim. Ressaltando ainda, a matéria abordada tem esta importância, haja vista que o conhecimento do magistrado em parte se vê relacionada a apreciação das provas técnicas apuradas e averiguadas pelo perito, destarte todo o processo depende do seu início previsto no bojo do artigo 6º do Código de Processo Penal, claramente com a devida observação dos critérios rigor ali especificado.

2.9 Vestígios biológicos encontrados no local do crime

Para que haja a aplicação do direito até agora descrito neste trabalho, é necessário que haja a correta produção da prova. A prova objetiva, robusta e eficaz é proveniente diretamente dos locais de crime, fonte principal que deságua na dosimetria da pena ou absolvição do criminoso. Este é a relevância das provas produzidas através dos vestígios no local de crime (CROCE, 2012). Nas diversas possibilidades amostrais de locais de crime, existem infinitas combinações de vestígios que podem ser encontrados, dependendo do tipo de ação delituosa apresentada. Deste modo, cabe ao perito criminal a tarefa de localizar, coletar e analisar os vestígios verdadeiros que realmente são importantes para a elucidação do fato, peneirando os vestígios ilusórios ou que não guardam relação com o fato em estudo. Desta árdua tarefa, alguns vestígios são comuns a todos os locais, pois há a necessidade da relação vítima/autor ou autor/objeto. Neste prisma faz-se necessário o nexo de causalidade entre o resultado e o sujeito ativo, pois um crime com toda a materialidade completa sem a indicação de autoria em nada servirá a sociedade.

São exemplos de vestígios que podem ser encontrados nos locais de crime e que são partes relacionadas à materialidade e podem levar à autoria: fotografias em câmeras de vigilância ou reconhecimento facial, impressões digitais, palmares ou plantares, saliva, sangue, manchas de decalque, fios de cabelo e outros (GOMES, 2008). Alguns destes vestígios quando achados e coletados podem com a tecnologia atual levar à identificação do criminoso, outros, ainda carecem de melhores estudos que não deixem a investigação em uma rota sem saída (FARIAS, 2008).

Deste modo, este trabalho resolver esta problemática da falta de capacidade dos processos periciais em definir a autoria criminal nos locais de crime, quando o único meio de prova restante são derivados de impressões latentes por marcas de contato em locais de crime, sendo utilizado desta maneira a técnica molecular com o uso da identificação genética a partir de marcas de impressões corporais latentes. As técnicas moleculares, como PCR, qPCR e sequenciamento de DNA, são usadas para análise desses vestígios. A genética forense desempenha um papel crucial na resolução de crimes, e a constante atualização dessas técnicas é essencial para obter melhores resultados onde os vestígios biológicos encontrados no local do crime são fundamentais para a investigação criminal. Eles podem incluir: sangue: uma das fontes mais comuns de DNA. Mesmo pequenas quantidades podem ser extraídas e analisadas forensicamente. Saliva, também contém DNA e pode ser encontrada em

objetos como copos, cigarros ou envelopes. Já os dentes cujo material genético presente na polpa dentária pode ser usado para identificação. Ossos mesmo ossos antigos ou fragmentados podem conter DNA útil. Cabelo onde as polpas de cabelo contêm material genético. Tecidos mumificados ou congelados que podem preservar DNA por longos períodos (FILHO 2020).

A coleta de vestígios biológicos em locais de crime para identificação genética é uma das mais poderosas armas da criminalística dos dias de hoje. Praticamente todos os materiais biológicos encontrados em um local de crime conterão DNA com potencial para a identificação, seja do criminoso, da vítima, do desaparecido ou de outras pessoas de interesse da investigação. Encontrar o vestígio biológico e determinar qual a sua natureza não é uma tarefa simples em muitos casos. São muitas as ferramentas que permitem ao Perito Criminal localizar e determinar, ao menos de maneira preliminar, quais os materiais biológicos presentes nos vestígios, mesmo os latentes. Entre as tecnologias empregadas estão os equipamentos de luz forense, testes químicos de cor e fluorescência, testes imunológicos e microscopia óptica.

Conhecer a natureza e as características do material biológico e os fatores que afetam a análise genética, por sua vez, são de fundamental importância para a seleção das técnicas e materiais mais adequados para a coleta, acondicionamento e preservação dos vestígios que serão encaminhados para exame. Os perfis genéticos obtidos de locais de crime poderão ser inseridos no banco de dados e comparados com outros já cadastrados, em nível estadual e nacional (ABCP, 2021).

2.10 Plataforma CODIS

A biologia molecular é a ciência que estuda a estrutura e função do material genético, tendo como foco as proteínas, que são seus produtos de expressão. Basicamente, a função da biologia molecular é investigar todas as interações que ocorrem com o DNA (Ácido Desoxirribonucléico), na formação do RNA (Ácido Ribonucléico) e as proteínas. Seu campo de estudo é muito abrangente, unindo bioquímica, biologia celular e também genética (FRUEHWIRTH, 2013). Em seres humanos, o genoma nuclear é um resultado da combinação entre o genoma paterno e materno em proporções de cada metade respectivamente. A interação resulta no genoma completo, onde apenas uma fração dele é variável dentro da espécie. As

informações genéticas individuais estão armazenadas sob a forma de ácidos nucléicos, onde o DNA contém os genes, enquanto que o RNA serve como agente intermediário na atividade do gene. Para fins forenses, o material biológico (em especial o DNA) deve ser coletado, acondicionado e manipulado com critérios rígidos e restritos para que em análises posteriores produza os resultados desejados e fidedignos. O método de coleta dependerá do estado e condição das amostras, devendo-se coletar uma quantidade significativa de material para que todos os testes sejam realizados.

O surgimento do CODIS (Combined DNA Index System) representou um marco na história da investigação criminal, transformando a forma como as evidências genéticas são analisadas e comparadas. Essa ferramenta poderosa revolucionou a área ao criar um banco de dados nacional, permitindo a criação de um banco de dados centralizado, onde os perfis de DNA de criminosos condenados e evidências de crimes não resolvidos são armazenados. Essa centralização facilitou a comparação de perfis, acelerando significativamente o processo de identificação de suspeitos, diminuindo drasticamente a margem de erro nas investigações. O CODIS possibilitou a comparação exata de perfis genéticos, eliminando a necessidade de depender de testemunhas oculares ou evidências circunstanciais, que podem ser subjetivas e menos confiáveis.

Foi possível ainda a resolução de crimes que permaneceram sem solução por muitos anos, quando ao analisar evidências genéticas coletadas em cenas de crime antigas e compará-las com o banco de dados, investigadores puderam identificar suspeitos e trazer justiça para as vítimas e suas famílias. Bem como com o uso do CODIS também foi fundamental para excluir suspeitos inocentes de investigações, ao comparar o perfil de DNA de uma evidência com o perfil de um indivíduo, sendo possível determinar com alta probabilidade se essa pessoa está envolvida no crime ou não, evitando a prisão de pessoas inocentes. Em resumo, o CODIS revolucionou a investigação criminal ao fornecer uma ferramenta poderosa e precisa para a análise de evidências genéticas. A criação de um banco de dados centralizado, a comparação exata de perfis de DNA e a capacidade de resolver crimes antigos e complexos são apenas alguns dos benefícios dessa tecnologia. No entanto, é importante ressaltar que o uso do CODIS também levanta questões éticas e legais importantes. Em resumo, o CODIS é uma ferramenta poderosa que revolucionou a investigação

criminal. Ao permitir a comparação de perfis genéticos, ele contribui para a identificação de criminosos, a exclusão de suspeitos inocentes e a resolução de crimes complexos. No entanto, é importante utilizar essa ferramenta de forma responsável e ética, respeitando os direitos individuais e garantindo a segurança dos dados genéticos.

A partir da criação da Lei 12.654 de 2012, o Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNGP) no Brasil passou a ser regulamentado que ajusta os casos de identificação criminal por meio da coleta de material genético. O Decreto no 7950/2013 criou a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG), uma cooperação entre a Secretaria Nacional de Segurança Pública e a Polícia Federal. O sistema combinado de índices de DNA (COIDS) usado nos Estados Unidos é o mesmo que o RIBPG usa. Atualmente, a RIBPG integra 22 laboratórios de genética forense no Brasil, sendo 20 estaduais, um sob a supervisão da Polícia Federal e mais outro distrital. Como resultado, comparações de perfis genéticos são realizadas interestadualmente (CORDEIRO, 2021). Os procedimentos de coleta das amostras são realizados em casos de condenados por crimes hediondos e com emprego de violência contra a pessoa. Porém, apesar da lei dispor deste método de identificação, o presente método, constitui de algumas burocracias para obtenção do perfil, portanto, em conformidade a esta questão é necessário que a extração do material genético em casos de condenados seja fundamentada por uma decisão judicial (KRUGLYA, 2001).

Há ainda uma previsão legal que aborda o fato da privacidade dos indivíduos que foram submetidos a esse tipo de identificação, possibilitando a exclusão dos perfis quando o prazo do término do crime for prescrito (BONACORSO, 2005). De acordo com Fruehwirt (2013), os condenados por crimes hediondos e violência contra a pessoa são submetidos aos procedimentos de coleta de amostras. Apesar da lei permitir esse método de identificação, o processo atual envolve alguns procedimentos burocráticos, portanto, em relação a esta questão, a extração do material genético de condenados deve ser baseada em uma decisão judicial. Além disso, há uma previsão legal que protege a privacidade das pessoas que foram identificadas com esse tipo de identificação, permitindo a exclusão dos perfis quando o prazo do crime terminar.

REFERÊNCIAS

ANGELESKI, M. Basic definitions of criminalistic **methodology and economic criminalistics**, 2017. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=779324>

BANDEIRA, José Ricardo Rocha. Perícia técnico científica. **Fórum brasileiro de segurança pública**, Rio de Janeiro, abril 2008. Disponível em: <<http://www.forumseguranca.org.br/artigos/pericia-tecnico-cientifica-csi>>

BARACAT, Claudine de Campos. **A Padronização de procedimentos em local de crime e de sinistro – sua importância e normatização**. 2017. Disponível em: <http://www.seguranca.mt.gov.br/politec/3c/artigos.htm>

BONACORSO. S, 2005: **Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes**. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2136/tde-15092010-145947/publico/DISSERTACAO_MESTRADO_NORMA_BONACCORSO.pdf

BRASIL. **Decreto-lei n.º 3.689**, de 03 de outubro de 1941. Código de Processo Penal.

BOTELHO. J. **A necessidade de se averiguar o local do crime à luz da moderna investigação e seus reflexos no CPP**. 2016. Disponível em: <http://www.jefersonbotelho.com.br/2009/01/04/a-necessidade-de-se-preservar-o-local-do-crime-a-luz-da-moderna-investigacao-e-seus-reflexos-no-cpp/>

CORDEIRO, M. L. A. L. **Identificação do perfil genético**. Virtuajus..

COSTA FILHO, E.G. **Medicina Legal e Criminalística**. Ed. Vesticon, 2010.

CAPEZ. F. **Processo penal**. Ed. 30. Saraiva. 2023. p.885.

CAGLIARI, J.F. **Prova no Processo Penal**. Ministério Público de São Paulo. 2001.

CROCE, Delton. Delton Croce Júnior. **Manual de Medicina Legal**. Ed. Saraiva. 8^a edição. 2012.

DOREA, L. E. **Local de Crime: Novos métodos para antigas práticas**. 2.ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1995.

ESPINDULA. A. **Pericia Criminal e Civil**. Campinas: Millenium editora – 2^a ed., 2005. p. 147-151.

FARIAS. Robson Fernandes. **Introdução a Química Forense**. Campinas. Átomo. 2008

FIGINI.A. **Datiloscopia e revelação de impressões digitais.** Ed. Millenium. 2012.

FILHO. C.R.D. **Introdução à Biologia Forense.** Ed. Millenium. 3^a ed. 2015.

FILHO. C.R.D.F. **Introdução à genética forense.** Ed. Juspodivm. 2020

FRUEHWIRTH, M.; GUBERT, D.W.; MEURER, F.; DELAI, R.M.; PEREIRA, F.M. **As doenças, sindromes e distúrbios associados ao braço (p) do cromossomo x podem influenciar a neutralidade dos marcadores forense?** Revista Forense. 2013.

GOMBRICH. E.H. **Arte e ilusão.** Companhia das letras. SP. 2005.

GOMES, H. **Medicina Legal.** 33 ed. rev. e atual. rio de Janeiro; Freitas Bastos, 2004. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/7829/1/Marcia%20Caceres%20Dias%20Yokoyama.pdf>).

KRUGLYA, L.; NICKERSON, D. **Variation in the spice of life.** Nature Genetics, 2001.

HUNGRIA. N. **Comentários ao código penal.** v. 5. 6 ed. Rio de Janeiro: Forense, 1978.

JESUS. D. **Direito Penal I.** Saraiva. Ed. 37. 2023

MACEDO, A. **A perícia médica como meio de prova no novo CPC – Implicações no processo judicial previdêncário.** 2017. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/a-pericia-medica-como-meio-de-prova-no-novo-cpc-implicacoes-no-processo-judicial-previdencario/419322889>. Acesso em: 01 abr. 2024.

MARIANO, C, 2018. **O método datiloscópico de Vucetich e sua importância na prática forense.** DOI: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/10219/1/cleomarmartinsmariano.pdf> em:

MIRABETE, Julio Fabbrini. **Manual de Direito Penal,** 11. Ed., Parte Geral, SP: Editora Atlas, 1999. (v. 1).

PINHEIRO. M.F. **Criminalística biológica.** 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/38492>

PINHO FILHO, O.B. **Investigação criminal tecnológica.** 2020. Disponível em: https://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://run.unl.pt/bitstream/10362/132852/1/PinhoFilho_2020.pdf

RABELLO, Eraldo. **Curso de criminalística**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto.1996.

Revista da Associação Brasiliense de peritos em criminalística. 2021. Disponível em: <https://www.abpc-df.com.br/post/coleta-de-vest%C3%ADgios-biol%C3%B3gicos-em-locais-de-crime>

ROCHA, L.C. **Investigação Policial**: teoria e prática. São Paulo: Saraiva,1998.

RODRIGUES, C.V. **Forensic science: a service approach**. Gest. Prod. v. 17, n. 4, p. 843-857, 2010. DOI: [scielo.br/j/gp/a/cdqMpjgTTNvKtqXJQ5KGJdg/?format=pdf&lang=pt](https://doi.org/10.15260/rbc.v17i4.2415)

ROSA. C.T.A. et al. **Criminalística**. Ed. Millenium 8^a ed. 2023.

ROSETTE. A.C. **Manual de Preservação do Local do Crime**. Rio de Janeiro: rio segurança, v.11, 2008. Disponível: Manual de preservação do local do crime / (ohchr.org).

SANTOS, Moacyr Amaral. **Prova Judiciária no cível e no comercial**. 5^a ed. São Paulo: Saraiva. 1983.

SILVA. T.F; BASTOS.V.P; OLIVEIRA, F.Q.M. Perícia criminal e legislação brasileira. **Revista brasileira de criminalística**. DOI [http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v11i2.415](https://doi.org/10.15260/rbc.v11i2.415)

SILVEIRA, A.M; PEREIRA, A.B. Isolamento e Preservação de Local de Crime - Procedimento Substancial à Integridade do trabalho Pericial A.M. **Revista brasileira de criminalística**. 2019. v. 9, p. 56-61, 2020 DOI [http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v9i2.355](https://doi.org/10.15260/rbc.v9i2.355).

STUMVOLL, V.P.; QUINTELA, V. **Criminalística**. Porto Alegre:Sagra Luzzatto, 1999. p. 18.

TOURINHO,F.C. **Processo Penal**. São Paulo: Ed. Saraiva, 21^a ed., 1999. 3º Vol., pág. 220.

VELHO.J.A. et al. **Locais de crimes – dos vestígios à dinâmica criminosa**. Ed. Millenium. 2^a ed. 2023.

WOODS, D.D. **Fundamentals of criminal investigation**. . 7th ed. 2003, p.35-139. DOI: <http://www.mys1cloud.com/cct/ebooks/9780398088453.pdf>

OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento e aplicação para protocolo para coleta, extração e obtenção de perfil genético a partir de marcas de contato humano em superfícies.

2.2 Objetivos específicos

- Coletar material genético em marcas de impressões digitais latentes e impressões por esfregaço em diferentes superfícies, para posterior utilização em identificação criminal.
- Analisar o material coletado em busca de extração, amplificação e quantificação do DNA.
- Genotipar o DNA coletado com base no perfil de marcadores utilizados nos laboratórios forenses Oficiais.
- Correlacionar a amostra de DNA extraída com o DNA de origem.

DETECÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO EM MICRO VESTÍGIOS BIOLÓGICOS DE MARCAS DE CONTATO HUMANO APLICADO AO ESTUDO FORENSE

RESUMO

Os vestígios encontrados nos locais de crime fornecem evidências imprescindíveis para a identificação da autoria do crime. Entretanto, o grande desafio é exatamente como localizar estes vestígios e provar serem estes provenientes do criminoso, ensejando o nexo de causalidade. Determinar quais e onde estariam estes vestígios se torna a pedra angular da definição pericial, pois de nada adianta a materialidade completa do evento, sem o apontamento da autoria. Para isso vários estudos e protocolos são empregados nos locais de crime, mas tendo em vista as peculiaridades de cada local, a grande maioria dos processos de identificação se tornam inócuos ou de pouca serventia uma vez que o criminoso toma cuidado ao cometer seus crimes ou estes vestígios são destruídos pela ação das intempéries ou ainda sequer são encontrados. Após a realização dos ensaios, foi comprovado que existe DNA suficiente, mesmo em amostras de contato simples ou esfregaço latentes, que passariam desapercebidos pelos peritos e que contém a essência genética do criminoso, sendo pouco provável que ao adentrar ao local do crime este não tenha deixado nenhuma marca de sua impressão genética.

PALAVRAS-CHAVE: Impressões digitais; DNA; Perícia. Local de crime.

ABSTRACT

Traces found at crime scenes provide essential evidence for identifying the perpetrator of the crime. However, the great challenge is exactly how to locate these traces and prove that they came from the criminal, leading to a causal link. Determining which and where these traces are is the cornerstone of the forensic definition, since the complete materiality of the event is useless without identifying the perpetrator. To this end, several studies and protocols are used at crime scenes, but given the peculiarities of each location, the vast majority of identification processes become ineffective or of little use since the criminal takes care when committing his crimes or these traces are destroyed by the action of the weather or are not even found. After carrying out the tests, it was proven that there is enough DNA, even in simple contact samples or latent smears, that would go unnoticed by experts and that it contains the genetic essence of the criminal, making it unlikely that upon entering the crime scene he did not leave any trace of his genetic fingerprint.

KEY-WORDS: Fingerprints; DNA; forensic. Crime scene.

INTRODUÇÃO

No momento do crime nasce a persecução penal (*persecution criminis*), ou seja, perseguir os rastros deixados pelo criminoso na cena do crime a fim de elucidar os meios e motivos que ensejaram sua execução. Conforme o Princípio de Locard preceitua: “todo contato deixa uma marca” (GRAHAM e WILLIAMS, 2014). É no vestígio conhecido, recuperado e analisado que está toda a base científica para resolução do crime. A recuperação de DNA (Ácido Desoxirribonucleico) em cenas de crime é um vestígio muito estudado em diversos casos, como por exemplo, o DNA extraído da pele que ficou entre os dentes da vítima (BYARD et al., 2016), o DNA de descamação de pele encontrado em roupas (HESS e HAAS, 2016), o DNA da descamação da mão do suspeito no pescoço de vítima de estrangulamento (WIEGAND e KLEIBER, 1997).

Raymond et al. (2009) já relatava sobre as dificuldades encontradas sobre os problemas que existem na recuperação de amostras de DNA em cenas de crime, pois a molécula de DNA é de fácil degradação. Os mesmos autores, apresentaram em seu trabalho que o DNA deixado em uma janela ou em uma bolsa é fragmentado totalmente em até seis semanas, com consequente perda da amostra em local onde a temperatura ambiental varia entre 24 a 18 °C. Não obstante, em locais que receberem maior incidência solar direta, esse tempo de degradação pode ser muito menor (KAISER, 2015). No trabalho de Hess e Haas (2016), os autores afirmam que as células epiteliais que contém material genético são deixadas sempre que há manipulação de objetos com as mãos, seja numa arma, roupa ou outros objetos. Os mesmos autores também relatam que mesmo com o uso de luz forense o DNA nas roupas não é facilmente localizado.

A tecnologia atual tem propiciado o surgimento de programas de computadores que automatizam as análises forenses e são utilizados na interpretação de DNA, trabalho que é realizado em parte pelo ser humano em conjunto com as máquinas. O desenvolvimento tecnológico das máquinas de hoje dificilmente eraria a ponto de confundir o DNA coletada na cena de um crime com a de um potencial suspeito. A análise de DNA pode dar precisão de até 99% em alguns casos a depender da qualidade da amostra de DNA e da quantidade e tipos de marcadores utilizados (LOGANSON et al., 2020).

No Brasil, o armazenamento dos perfis genéticos é realizado pelo Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) que até novembro de 2021 contava com 136.369 perfis cadastrados e 150 mil amostras biológicas decorrentes de crimes sexuais (SINPOF, 2016; CG-RIBPG, 2021). Na Polícia Civil do Estado de Mato Grosso do Sul, as tecnologias que envolvem a análise de DNA já são uma realidade e fazem parte da rotina policial que auxilia na resolução dos crimes, onde a Coordenadoria-Geral de Perícias do Estado é o órgão vinculado à Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos - RIBPG (SINPOF, 2016; CG-RIBPG, 2021).

Nesse sentido, o estudo de coleta e análise de amostras genéticas devem ser corretamente elaborados para evitar erros de análises, pois se forem mal executados não existirá um verdadeiro avanço no trabalho forense. As análises de vestígios por DNA são de grande utilidade no dia a dia pericial, por isso sua utilização com os devidos protocolos ensejam o crescimento e melhoramento das análises forense. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade da existência de material genético em amostras por contato em locais de crime, suficientes para apontar o perfil genético de um autor, para que seja então criado um protocolo de coleta destes micro vestígios de DNA.

METODOLOGIA

A pesquisa foi composta de duas partes distintas: iniciando-se pela deposição por contato da pele humana do doador diretamente em superfícies que poderiam ser encontradas em locais comuns, tais como vidro e plástico. Posteriormente houve a coleta de amostras de material genético destas superfícies e análise dos dados através do método *in-house* e com kit de extração de acordo com os protocolos comumente utilizados em ambiente laboratorial (SINUKABAN, 2024) afirmando em sua pesquisa que o tipo ou substrato do meio influencia a quantidade de DNA transferido, bem como os tipos de vidro, influenciando ainda a, textura superficial, nomeadamente lisa ou não porosa, havendo ainda outros tipos de variáveis contaminantes não esperadas.

Condução do experimento

Para a realização de uma coleta de material genético de impressão sobre superfície é preciso se atentar as várias etapas para coleta de uma boa amostra de material genético, independente dos meios empregados para amostragem (FILHO, 2020). Para confirmar que realmente as impressões e marcas de contato latentes permanecem impressas em vidro realizou-se um teste com o pó revelador de impressões digitais (pó vulcano) que revelou as partes do vidro onde ficaram impregnadas as marcas de contato (Figura 1).

De acordo com Ferreira (2020) as impressões digitais e outras impressões cutâneas têm sido uma das evidências mais importantes para a identificação de indivíduos durante uma investigação criminal, havendo possíveis interações destas com a coleta e/ou mesmo sendo negativas para o profissional. Portanto, apesar de serem de fácil utilização, a literatura disponível caminha no sentido de não admitir o uso de pó revelador em coletas para fins genéticos.



Figura 1: Placa de vidro contendo as marcas de contato palmares humanas evidenciadas pelo emprego de pó vulcano. **Fonte:** o Autor.

Nos experimentos que se seguem, foram testadas as habilidades de recuperação de amostras de DNA sobre as superfícies investigadas. No primeiro experimento, foram utilizadas seis placas vítreas limpas, esterilizadas com álcool 70% e devidamente identificadas para coleta dos contatos de superfícies. As marcas de contato foram impressas nas placas de vidro pelo doador na seguinte sequência: dedos, palma, dorso da mão, antebrço, barriga e costas (Figura 2).

O material latente, aquele que não é visualizado a olho nu, foi coletado das placas por meio da técnica de esfregaço utilizando um *swab* estéril. Os *swabs* foram embebidos em água ultrapura (50 μ L) e esfregados por toda a região das placas em movimentos de vai e vem. Este procedimento foi repetido em triplicata em cada esfregaço. Posteriormente os *swabs* foram armazenados por um dia em Eppendorf de 2 ml contendo 200 μ L de PBS ou Tampão Fosfato Salino 1x.



Figura 2: Materiais utilizados para coleta das marcas de contato. Placas de vidro para coleta das marcas de contato; *Swab* para coleta das células deixas no vidro. Eppendorf para armazenamento da amostra contendo o DNA.

No segundo experimento, o procedimento de coleta e armazenamento foram os mesmos utilizados no primeiro experimento. Nesta etapa foi realizada a coleta do controle positivo para fins de comparação posterior, cuja amostra do material genético foi returada diretamente a superfície epidérmica da testa do doador, utilizando-se um *swab* levemente umedecido sobre a pele da testa do doador, por se tratar de uma área de fácil acesso e coleta simplificada, sem elementos vexatórios.

Extração de Material Genético

O primeiro método de extração de DNA utilizado foi um método *in-house* método orgânico de Fenol-Clorofórmio por meio do seguinte protocolo: 1) as amostras foram passadas no vórtex para decantação do material genético; 2) o material foi coletado com pipeta e transferido para novo tubo devidamente identificado; 3) adicionou-se 28 µL de Proteinase K, que foi homogeneizado e incubado em banho-maria por 15 minutos; 4) adicionou-se 250 µL de SDS 20%, por mais 6 minutos em banho maria; 5) adição de 800 µL de clorofórmio com mistura no vortex; 6) 400 µL da solução de precipitação proteíca foi adicionada e miturada em vortex; 7) centrifugação dos tubos por 10 min.

Com este procedimento o DNA permanece flutuando na lâmina aguosa do tubo. Esse material foi coletado com pipeta e transferido para tubos respectivamente identificados. Adicionou-se 1 ml de Etanol absoluto, com descanso de 24h em geladeira para formação do precipitado. Posteriormente, o material foi centrifugado em velocidade máxima por 5 minutos e seu sobrenadante foi descartado. Adicionou-se 1 ml de etanol 70% gelado e os tubos foram levados para nova centrifugação máxima por 2 minutos. O material teve seu sobrenadante descartado e centrifugado mais uma vez por 1 minuto. Os tubos foram desidratados no banho seco a 37°C e a amostra foi ressuspendida em 100 µL de água ultrapura e incubada novamente em banho-maria por 5 minutos. Por fim, as amostras foram congeladas.

O segundo método de extração de material genético foi realizado com o QIAamp DNA Investigator Kit (QIAGEN®) conforme protocolo disponibilizado pela fabricante para amostras extraídas de superfícies. A única alteração realizada no início do protocolo foi que nos tubos contendo as amostras de material genético adicionou-se 20 µL de Proteinase K e 200 µL de tampão de ressuspensão ATL, que foram levados ao vórtex por 10 segundos. Tal adaptação foi necessária para desprendimento do DNA das fibras de algodão do *swab*. Ao final do protocolo da fabricante, todas as amostras foram congeladas.

Quantificação do Material Genético

O primeiro método de quantificação foi realizado pelo BioDrop™ DUO. O fabricante informa que o volume mínimo de pipetagem para a detecção de material biológico em amostras é de 0,5 μ L, podendo quantificar uma concentração máxima detectável de 2.500 ng/ μ L. Deste modo, foram realizadas as quantificações das amostras coletadas ao longo do experimento seguindo o protocolo próprio, que consiste em inserir 1 μ L do tampão ATE ou água ultrapura (dependendo do reagente responsável pela ressuspensão). As amostras foram homogeneizadas e adicionado 1 μ L de cada uma no BioDrop™ DUO que detecta a concentração de material existente, além de ser um procedimento simples e rápido, sem a necessidade de calibração do equipamento ou diluição das amostras.

A segunda análise foi feita no NanoDrop™ One. Não foi necessária calibração prévia no equipamento para seu uso. Do mesmo modo, não foi necessário a diluição de amostras concentradas, pois de acordo com a marca Thermo Fisher Scientific™, as amostras podem ser quantificadas em até 27.500 ng/ μ L. Seguindo o protocolo, o sensor foi limpo com 2 μ L de água ultrapura, e em seguida 1 μ L do tampão ATE ou água ultrapura foi inserido completando a função Auto-Blank. Utilizou-se 1 μ L das amostras para quantificação de material genético. Para análise dos experimentos foram utilizadas as médias, desvio padrão e também o rendimento das amostras, a partir dos dados obtidos nas quantificações.

Extração de Material Genético

Por meio das técnicas de extração de DNA testadas, pode-se observar que extração de DNA realizada pelo método Fenol Clorofórmio foi satisfatória pois, foi encontrada quantidade de material biológico. Um contra ponto a este método é o de possuir reagentes nocivos à saúde humana. A extração de DNA realizada com o kit QIAamp DNA Investigator da marca QIAGEN®, que possui protocolo é específico para amostras de superfície, também presentou resultados eficaz na coleta de material genético. Cabe ressaltar que oeste kit já é específico para a extração de DNA de amostras vestigiais de uma cena de crime. A particularidade do kit da QIAGEN consiste na utilização do RNA transportador que vem incluso nos reagentes que possibilita o aumento da ligação da molécula de DNA à membrana da coluna que vem acoplada aos microtubos do kit. Esta característica é importante pois, quando não se

tem tanto material genético ele evita a degradação das amostras, bem como aumenta a chance de se obter um resultado positivo mesmo com pouco material disponível na amostra. A vantagem do QIAamp DNA Investigator Kit (QIAGEN®) é que possui etapas a serem seguidas de forma mais cautelosa que podem ser finalizadas no mesmo dia. Já o método fenol clorofórmio por mais que suas etapas sejam mais simples, as amostras precisam descansar em etanol absoluto por 24h com o intuito de formar o precipitado, demonstrando a morosidade desse método frente ao kit da QIAGEN®. O método de fenol clorofórmio pode contaminar as amostras com mais facilidade, até mesmo com seus próprios reagentes, interferindo dessa forma na qualidade do material.

Quantificação de DNA

Os dois métodos de quantificação de DNA possibilitou a mensuração da maioria das amostras selecionadas. O BioDrop™DUO apresentou rapidez na quantificação das amostras. Ele possui um protocolo mais simples de ser trabalhado, porém não tão sensível, principalmente quando se trata de demonstrar quais os possíveis contaminantes que estão presentes nas amostras (tabela 1).

Quadro 1 - Dados da quantificação realizada pelo BioDrop™Duo, a partir da extração pelo método Orgânico Fenol Clorofórmio, demonstrando a amostra analisada, sua concentração, razão e quantidade de rendimento.

Amostra	Concentração (ng/μl)	Razão	45μl
	260/280		
Dedo	39.09	1.344	86,86
Palma	10.07	0.910	22,37
Dorso da mão	10.74	1.000	23,86
Antebraço	28.13	1.271	62,51
Costas	15.57	1.147	34,60
Barriga	34.01	1.301	75,57
swab pele	32.62	1.442	72,48

O equipamento, pode de maneira equivocada, englobar certos contaminantes numa mesma concentração, visto que algumas substâncias podem absorver luz no mesmo comprimento de onda que o material genético.

Quadro 2 - Dados da quantificação realizada pelo BioDrop™Duo, a partir da extração pelo Kit QIAamp DNA Investigator (QIAGEN®), demonstrando cada amostra, sua concentração, razão e rendimento.

Amostra	Concentração (ng/μL)	Razão 260/280	Rendimento (100μL)
Dedo	8.8	2.285	3.96
Palma	4.6	7.542	2,07
Dorso da mão	1.8	1.546	0.81
Antebraço	12.96	2.173	5,83
Costas	15.24	2.441	6,858
Barriga	15.96	2.005	7,182
Swab na pele	8.6	2.004	3,87

De acordo com os estudo de Lee (2014), o NanoDrop™One, possui alta sensibilidade tanto para quantificar as amostras, quanto para identificar os possíveis contaminantes de forma mais direta, como o caso do próprio Fenol utilizado no primeiro método de extração de DNA .

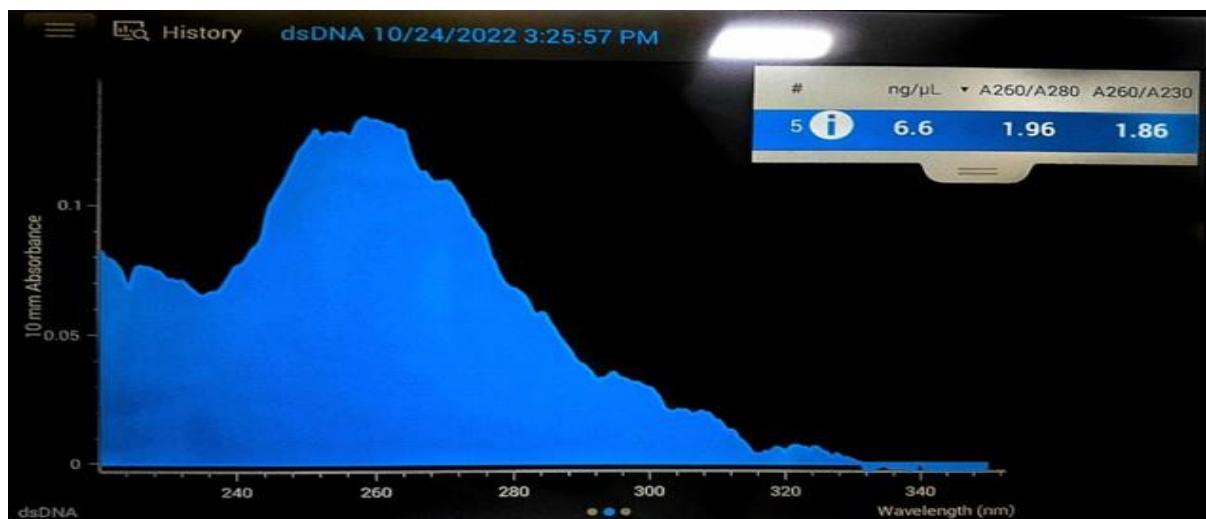


Figura 3: Amostra positiva para DNA no quantificador da NanoDrop™One. Em azul é possível observar a quantidade de DNA amostrada em vidro pela marca de contato coletada nas costas, com a extração realizada pelo kit da QIAGEN®. Fonte: O autor.

Pode-se observar na figura 4 que, provavelmente pelas características do equipamento utilizado, a percepção da contaminação por fenol, o que causou a hipérbole no referido gráfico.

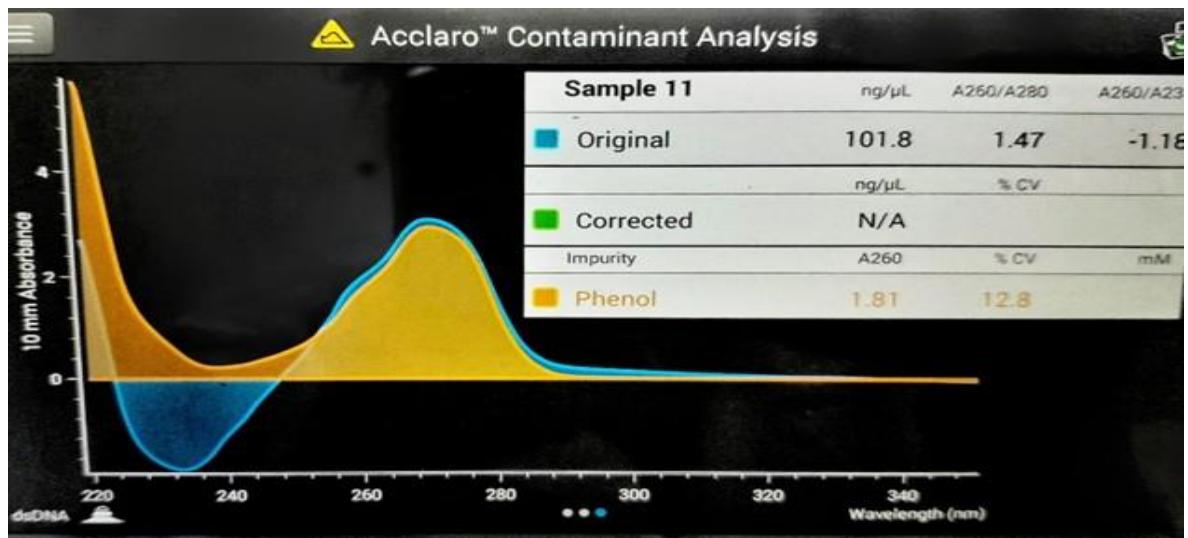


Figura 4: Demonstração da análise quantitativa de DNA realizada no NanoDrop™One. Onde se observa a amostra positiva para o contaminante de fenol (curva amarela). Fonte:O autor..

Os dados permitiram observar que, a partir das médias das concentrações de DNA obtidas pelo método fenol clorofórmio, considerando o rendimento e a quantificação pelo NanoDrop™One (GARCIA, 2020), observa-se que as amostras que passaram pela extração com o kit comercial, tiveram a concentração de DNA aproximadamente treze vezes menor que o método orgânico (MI, 2013).

Tabela 1 - Dados da quantificação realizada pelo NanoDrop™One, a partir da extração pelo método Orgânico Fenol Clorofórmio, onde se observa cada amostra realizada, sua concentração, razão e rendimentos expressos.

Amostra	Concentração (ng/µl)	Razão	Rendimento
	(ng/µl)	260/280	(45 µl)
Dedo	42.0	1.39	93,33
Palma	18.2	1.20	40,44
Dorso da mão	23.9	1.28	53,11
Antebraço	42.3	1.40	94,00
Costas	29.5	1.27	65,55
Barriga	42.2	1.39	93,77
Swab pele	40.0	1.37	88,88

Tabela 2 - Dados da quantificação realizada pelo NanoDrop™One, a partir da extração do Kit QIAamp DNA Investigator (QIAGEN®), onde cada amostra foi expressa sua concentração, razão e rendimento.

Amostra	Concentração (ng/µl)	Razão 260/280	Rendimento 100 µl
Dedo	4.4	1.53	1,98
Palma	3.5	1.45	1,575
Dorso	6.4	1.57	2,88
Antebraço	8.0	1.41	3,60
Costas	6.6	1.96	2,97
Barriga	4.9	1.99	2,205
Testa	5.8	1.79	2,610

DISCUSSÃO

Assim como por Gomes (2024) em seu estudo com impressões digitais, o método orgânico apresentou melhor aproveitamento em relação a extração automatizada com o kit DNA IQ™ (cerca de 9 vezes maior), levando-se em consideração a metodologia empregada, porém, para a avaliação da qualidade do DNA recuperado, é necessário considerar também os resultados de amplificação e genotipagem. Na pesquisa realizado por Gomes (2024) os autores utilizaram o equipamento NanoDrop 2000 para quantificar as amostras de DNA de impressões digitais que foram coletadas em diferentes superfícies, realizando a extração comum kit comercial, e assim a concentração das amostras variou de 1,3 a 20,6 ng/µl na superfície de vidro.

Enquanto que, os resultados obtidos neste atual trabalho, utilizando um equipamento muito similar, NanoDrop™One, para quantificar as amostras, dentre elas as que passaram pelo processo de extração com o kit comercial QIAamp DNA Investigator (QIAGEN®), as concentrações variaram de 3,5 à 8,0 ng/µl englobando todas as áreas de contato na superfície de vidro. Bellefouille (2003) afirma que, em muitos casos, a maioria do DNA depositado em itens e superfícies não se origina das próprias mãos, mas pode ter sido transferido para as mãos ao tocar, esfregar ou

arranhar outras partes do corpo ou manusear objetos pessoais.

Propomos que a quantidade de auto-DNA depositado das mãos é altamente influenciada pelos níveis individuais de DNA acumulado na superfície da pele, e que as células/DNA são frequentemente transferidas para as mãos tocando ou esfregando o rosto (GINO, 2011). No entanto, como observado neste atual estudo, foi possível extrair DNA advindo de impressões latentes mesmo de outras áreas corporais, como o antebraço, barriga e costas, o que pode reforçar a ocorrência do DNA livre de células nessas amostras. Ademais, a quantidade de DNA recuperado de acordo com cada área corporal responsável pela deposição das impressões latentes não foi comparada visando estabelecer possíveis diferenças entre cada região, uma vez que a aderência à superfície, juntamente ao tamanho da área corporal em relação a placa de vidro é diferente.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na matriz de coleta indicam que é possível a obtenção de material genético numericamente suficiente, confirmando assim a presença de material genético ainda que em pequena quantidade, sendo possível a confirmação da presença de DNA e, posteriormente provável obtenção de perfil genético a partir destas bases.

REFERÊNCIAS

ANZAI-KANTO. E. et al. DNA extraction from human saliva deposited on skin and its use in forensic identification procedures. **Revista Scielo Brasil.** 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-83242005000300011>

BELLEFEUILLE, J. et al. Crime scene DNA collection: Research and practical considerations. **Journal of Forensic Identification; Alameda** Vol. 53, Ed. 6, (Nov/Dec 2003): 729-734.

BYARD, R.W.; JAMES, H; BERKETA, J.; HEATH, K. Locard's Principle of Exchange, Dental Examination and Fragments of Skin, **Journal of Forensic Science**. v. 61, n. 2, p. 545-547, 2016.

GARCIA A.A.M. Quantification of DNA through the Nanodrop spectrophotometer: Methodological validation using standard reference material and sprague dawley rat and human DNA. **International Journal of Analytical Chemistry.** 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8896738>

Gomes Ferreira, R., Akemi Okuma, A. e Machado Costa, L. (2023) “Evaluation of alternative powders for Forensic Papilloscopy”, *Revista Brasileira de Criminalística*, 12(5), p. 129–136. doi: 10.15260/rbc.v12i5.497.

GOMES, F.M. **Estudo de impressões digitais latentes e novos reveladores por paper spray mass spectrometry.** Scielo Brasil. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230085>

HESS, C.; HAAS, S. Recovery of Trace DNA on Clothing: A Comparison of Mini-tape Lifting and Three Other Forensic Evidence Collection Techniques. **Forensic Sciences**, p 1-5, 2016.

GRAHAM, G.; WILLIAMS, M. **A Dictionary of Law Enforcement.** Oxford University, 2014.

GINO. S. Effects of the most common methods for the enhancement of latent fingerprints on DNA extraction from forensic samples. **Revista Elsevier.** 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2011.08.133>

KAISER, M. Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. **Revista Elsevier.** 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.02.003>

LEE. S.B. Advances in forensic DNA quantification: A review. **Journals Wiley analytical Science.** 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/elps.201400187>

MI. Y. Comparison of different DNA extraction methods for forensic samples. **Journal of natural sciences research.** 2013. DOI: ISSN 2225-0921

O'NEILL, M.; MCPARTLIN, J.; ARTHURE, K.; RIEDEL, S.; MCMILLAN, N.D. Comparison of the TLDA with the Nanodrop and the reference Qubit system. **Journal of Physics**, v. 307, p. 1-6, 2011.

SINPOF. **Perícia de MS tem laboratório de identificação de DNA com reconhecimento internacional.** 2016. Disponível online em: <<http://www.sinpofms.org.br/noticia/percia-de-ms-tem-laboratrio-de-identificao-d-e-dna-com-reconhecimento-internacional/34>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

STONEY, D.; STONEY, P. Critical review of forensic trace evidence analysis and the need for a new approach. **Forensic Sciences International**, p.159-170, 2015. file:///C:/Users/Ram%C3%A3o/Downloads/stoney2015%20(1).pdf.

STUMVOLL, V.P.; QUINTELA, V.; DOREA, L.E. **Criminalística.** Porto Alegre:Sagra Luzzatto, 1999. p. 18.

RAYMOND, J.; OORSCHOTC, R.; GUNNB, P.; WALSHD, S; ROUX, C. Trace evidence characteristics of DNA: A preliminary investigation of the persistence of DNA at crime scenes. **Forensic Sciences InternationalGenetics.** p.26-33, 2009.

SANTOS. E, 2022. **Quantificação de DNA de impressões digitais latentes em diferentes superfícies.** Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11267>

SINUKABAN, N.K, 2024. **Quantification of touch DNA on glass, plastic and ceramic Glasses.** DOI: <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i1.365>

VENUS.k *et al.* Sampling touch DNA from human skin following skin-to-skin contact mock assault scenarios – A comparison of nine collection methods. **Journal of forensic sciences.** 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14733>

WIEGAND, P.; KLEIBER, M. DNA typing of epithelial cells after strangulation. **International Journal of Legal Medicine.** v. 110, p. 181-183, 1997.

EXTRAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO EM MICROVESTÍGIOS DE IMPRESSÕES LATENTES POR CONTATO SOBRE SUPERFÍCIES PARA OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO

RESUMO

O exame pericial para extração de DNA humano em superfícies de locais de crime representa uma inovação técnico/pericial de grande relevância na investigação criminal. A capacidade de se obter perfis genéticos de amostras encontradas em cenas de crime precede o estabelecimento da presença de suspeitos no local do crime e contribui para a resolução de casos forenses com a identificação da autoria. Neste artigo buscou-se revisar os métodos mais comumente utilizados para a extração de DNA humano de superfícies em locais de crime, incluindo técnicas de coleta de amostras padrão com uso de swab cujos protocolos de extração e análises subsequentes que já se encontram sedimentados na perícia. Foi possível obter perfis genéticos de amostras mínimas de DNA presentes em diferentes tipos de superfícies que podem ser encontrados nos locais de crime. Essa informação genética poderá ser comparada futuramente com bancos de dados de DNA para identificar possíveis suspeitos ou fornecer informações adicionais para a investigação criminal.

PALAVRAS-CHAVE: DNA; forense; local de crime. Biotecnologia.

ABSTRACT

Forensic examination to extract human DNA from crime scene surfaces represents a technical/forensic innovation of great relevance in criminal investigation. The ability to obtain genetic profiles from samples found at crime scenes precedes the establishment of the presence of suspects at the crime scene and contributes to the resolution of forensic cases by identifying the perpetrator. This article seeks to review the most commonly used methods for extracting human DNA from crime scene surfaces, including standard sample collection techniques using swabs, whose extraction protocols and subsequent analyses are already established in forensic science. It was possible to obtain genetic profiles from minimal DNA samples present on different types of surfaces that can be found at crime scenes. This genetic information can be compared in the future with DNA databases to identify possible suspects or provide additional information for criminal investigation..

KEY WORDS: DNA; forensic; crime scene. Biotechnology.

INTRODUÇÃO

A extração de DNA no local do crime refere-se ao processo de coleta e isolamento do material genético a partir de evidências biológicas encontradas em cenas de crime. Esta técnica permite que os investigadores obtenham amostras de DNA diretamente no local. O grande gargalo desta técnica é que não há a presença de grande quantidade de material em superfícies, diferentemente de uma mancha de sangue, saliva ou sêmen, o que torna um grande desafio isolar material genético latente para que seja utilizado na persecução penal (BELLEFEUILLE, 2003).

Os resultados das chamadas “testemunhas biológicas” da fenotipagem forense de DNA podem fornecer pistas investigativas para rastrear pessoas desconhecidas, que não são identificáveis por outros meios no local do crime. Esta aplicação de inteligência do DNA marca um uso forense substancialmente diferente do material genético de base sanguínea (KAISER, 2015). Nos últimos anos, avanços significativos têm sido alcançados na extração de DNA no local do crime, impulsionados pelo desenvolvimento de novas metodologias e tecnologias. Técnicas aprimoradas de coleta de evidências, como o uso de swabs estéreis e materiais de embalagem adequados, têm contribuído para a preservação do DNA em condições adversas (VELLELA 2023).

Além disso, métodos de extração mais eficientes e sensíveis têm sido desenvolvidos, permitindo a obtenção de perfis genéticos de alta qualidade a partir de amostras de DNA de baixa quantidade e qualidade (DAWNAY 2023). Antes impossível de se imaginar tamanho refino na busca de elementos de convicção de foro biológico, hoje a utilização do DNA se torna comum no universo pericial, ainda que hajam barreiras entre o meio acadêmico e profissional de aplicabilidade das técnicas laboratoriais na rotina forense. É sabido que a extração de DNA também apresenta desafios significativos devido a fatores mesológicos acidentais e mesmo eventuais. A contaminação cruzada de amostras, a degradação do DNA devido a fatores ambientais e mesológicos acidentais e eventuais, bem como a presença de inibidores de PCR são apenas alguns dos obstáculos enfrentados pelos investigadores. Além disso, questões éticas e legais relacionadas à coleta de evidências biológicas em cenas de crime devem ser consideradas, garantindo o cumprimento de diretrizes e regulamentos aplicáveis (VELHO, 2023). A coleta de um

vestígio em local de crime depende da habilidade do coletor em vislumbrar sua utilização na investigação. Existem centenas de variedades de vestígios que podem ser colhidos e submetidos a análises nos laboratórios forenses. No entanto, os vestígios que podem ser submetidos à análise de DNA são apenas aqueles de natureza biológica *in natura* em manchas ou crostas, podendo ser realizados exames posteriores em tecidos, células, ossos, dentes e órgãos; pêlos e cabelos; urina, saliva e outros fluidos corpóreos (BYARD, 2016). Hodiernamente, a utilização de material genético nos locais crime ainda se limita a estas amostras biológicas de exsudato geralmente humanos, cujos exames já se encontram sedimentados na prática laboratorial forense. Todos estes exames hoje são corriqueiros e consistem na análise direta de perfis de DNA a partir de uma base de material biológica encontrados na cena do crime ou presente em objetos relacionados ao crime. Fato que o uso do DNA no local do crime é amplamente utilizado em diversas amostras biológicas no local dos fatos possibilitam reconstituir, com bastante exatidão e segurança, a dinâmica do evento criminal derivada da atividade pericial forense, no que se refere, nas seguintes áreas: identificação de suspeitos em casos de crimes sexuais como estupro, atentado violento ao pudor e congêneres; investigação de paternidade nos casos de gravidez resultante de estupro; identificação de partes e órgãos de cadáveres mutilados, de cadáveres carbonizados e em decomposição ou já esqueletizados (BONACORSO, 2005).

O desafio deste trabalho é apresentar uma nova fonte para a identificação da autoria criminal, distinta daquelas comumente utilizadas, consistindo na coleta de material genético não mais sobre plataformas de origem orgânica exsudada (sangue, saliva, sêmen), mas, a partir de simples de marcas de contato de partes da pele humana por decalque e pressão sobre superfícies comuns em ambientes mobiliários. A obtenção de perfil genético a partir de superfícies em locais de crime apresenta vários desafios significativos, muitos deles ainda não descritos ou mesmo acidentais, e que podem afetar a qualidade e a quantidade do DNA recuperado. Alguns dos principais desafios enfrentados são: baixa quantidade de DNA, pois as amostras encontradas em locais de crime geralmente contêm quantidades muito pequenas de DNA (VENUS, 2021). O material biológico pode estar presente em quantidades insuficientes para uma extração eficiente, o que torna necessário o uso de técnicas

sensíveis de amplificação para obter resultados conclusivos (VENUS, 2021). A degradação do DNA encontrado em superfícies expostas que pode estar degradado devido a fatores ambientais, tais como calor, umidade e radiação ultravioleta, ou ainda das características pessoais de cada indivíduo, pois existem pessoas que exsudam e/ou tem maior ou menor capacidade de perda de células. Assim, a degradação do DNA pode levar a poucos fragmentos as vezes, mais curtos e danificados, o que dificulta a amplificação e análise subsequente (BALOGH *et al*,2011). Pode ainda ocorrer a presença de inibidores de PCR, posto que superfícies nos locais de crime podem conter substâncias químicas, como detergentes, produtos de limpeza, sangue, suor e outros fluidos corporais, que podem inibir a reação de amplificação por PCR (SANTOS, 2022). A presença desses inibidores pode reduzir a eficiência da amplificação do DNA e afetar a qualidade dos resultados (SANTOS, 2022).

Em grande parte dos casos a contaminação cruzada é um problema comum na extração de DNA de superfícies em locais de crime. Amostras de DNA de diferentes indivíduos podem ser transferidas accidentalmente durante a coleta, manipulação ou análise das amostras, levando a resultados imprecisos ou enganosos (LEITZKE, *et al*, 2021). Em outras situações, as amostras coletadas podem conter DNA de múltiplos indivíduos, como em casos de agressões ou concurso de pessoas onde o DNA do agressor pode estar misturado ao da vítima, de moradores ou transeuntes (SANTOS, 2022). A identificação e interpretação correta dos perfis genéticos nessas situações complexas podem ser desafiadoras. Algumas superfícies, como plástico, metal ou tecidos tratados com substâncias hidrofóbicas, podem dificultar a extração eficiente do DNA. Esses materiais podem impedir a penetração de reagentes de extração e reduzir a recuperação do DNA.

A questão que demanda um protocolo mais acurado acerca da coleta de material genético nos locais de crime é que este procedimento não é utilizado no Brasil como metodologia padrão e não foi localizado nos estudos realizados nenhum laboratório brasileiro ou no Estado de Nebraska, Estados Unidos, parceiro de estudos do Estado de Mato Grosso do Sul estudos forenses que comprovassem a aplicação desta técnica. Para superar esses desafios, os cientistas forenses e pesquisadores estão constantemente desenvolvendo e aprimorando técnicas de extração de DNA. Isso inclui o uso de métodos mais sensíveis de amplificação, a otimização de protocolos

de extração para lidar com inibidores e a implementação de procedimentos rigorosos de controle de contaminação. Além disso, a pesquisa em novas tecnologias, como o sequenciamento de próxima geração, pode ajudar a superar esses desafios, permitindo uma análise mais precisa e detalhada do DNA recuperado. Espera-se que este artigo contribua para o avanço contínuo nessa área crucial da investigação criminal, incentivando a colaboração entre cientistas forenses, pesquisadores acadêmicos e profissionais da área de justiça, e fornecendo informações relevantes para o aprimoramento das práticas forenses e a busca pela verdade em casos criminais.

Este artigo científico tem como objetivo fornecer uma visão inovadora dos avanços recentes na extração de DNA no local do crime para identificação humana. Desta forma, serão abordados e utilizados os principais métodos e técnicas utilizadas, bem como os desafios associados a essa abordagem.

REVISÃO DE LITERATURA

Para a correta aplicação da justiça e da garantia social dois fatores são fundamentais na *persecutio criminis*, a materialidade e a determinação da autoria. O trabalho pericial nos locais de crime se substancia em duas etapas críticas que buscam a aplicação da lei penal. A primeira, parte da materialidade do crime, ou seja, a comprovação de que o crime realmente ocorreu, matéria intimamente conectada às ciências jurídicas (ROSA, 2023). A segunda etapa se refere à identificação da autoria e da vítima, e é nesta etapa, que se debruça o presente trabalho através da busca da inovação científica do isolamento de DNA em superfícies, para fins de identificação forense. Ressalta-se que a tipagem molecular de material genético foi utilizada oficialmente pela primeira vez em 1985, para a resolução de um problema de imigração (JEFFREYS *et al*, 1985). Um ano após, Jeffreys (1985) também utilizou esta técnica para identificar o verdadeiro estuprador e assassino de duas vítimas. A partir deste caso, que ficou conhecido como “Enderby”, a criminalística e a medicina forense têm empregado a técnica de tipagem molecular de DNA como potente ferramenta na elucidação de crimes (BONACORSO, 2005). Neste prisma, o labor pericial se consubstancia nos locais de crimes na caracterização da materialidade, determinação da dinâmica, classificação do crime e identificação do autor e da eventual vítima e/ou

objeto da *res furtiva*. Para tanto, o perito se utilizada de várias técnicas forenses já sedimentadas e normatizadas através da criminalística e das ciências forenses, que são matérias autônomas e independentes (RABELO, 1996). A criminalística trata-se de ciência autônoma, incumbida de estudar os vestígios e indícios deixados no local do crime pelo fato delituoso, preocupando-se com a identificação do delinquente e com a produção de provas, bem como na interpretação dos elementos encontrados no local dos fatos a fim de comprovar, ou não, a versão da dinâmica apresentada em juízo (DEL-CAMPO, 2009). Como anteriormente exposto, a materialidade se substancia através da aplicação das técnicas forenses da criminalística. Já a identificação no Brasil de indivíduos em locais de crime se utilizada das técnicas papiloscópicas de Vucetich (MARIANO, 2018).

Entretanto, esta técnica apesar de extremamente eficiente, possui limitações posto que se restringe apenas aos desenhos das cristas digitais das pontas de dedos em superfícies. Cada etapa do trabalho pericial nos locais de crime antecede uma necessidade da comprovação técnico-científica, cuja aplicação desta autonomia somente pode ser realizada com a utilização de métodos científicos já comprovados pelos meios acadêmicos, onde o perito possui quatro pilares de sua independência ideológica (ESPÍNDOLA, 2005). Desde modo, a aplicação das técnicas de biologia molecular no que tange à coleta de material genético diverso em cenas de crime desempenham um papel inovador e promissor na investigação criminal e no sistema de justiça. Este artigo científico apresenta uma revisão dos avanços recentes na extração de DNA no local do crime e discute os desafios associados a essa abordagem. Pois a identificação humana é uma questão fundamental no contexto da investigação de crimes.

A capacidade de vincular evidências biológicas encontradas em uma cena de crime à indivíduos específicos podem fornecer informações cruciais para a resolução de casos e a busca pela justiça. Nesse contexto, a extração de DNA no local do crime tem se mostrado uma ferramenta valiosa para a obtenção de material genético que possa ser utilizado na identificação de suspeitos e vítimas (GOMES, 2024). Serão ainda discutidas as perspectivas futuras e as áreas que requerem mais pesquisas, a fim de aprimorar ainda mais a eficácia e confiabilidade da extração de DNA no local do crime como uma ferramenta forense. Do mesmo modo, a apresentação da presente

técnica é se utilizar de uma base de coleta que não se enquadra na categoria de base biológica sanguínea, utilizando-se neste trabalho de uma base indireta deixada por marcas de contato tão somente da pele do suspeito o que excede em muito a limitação tecnológica dos Institutos de criminalística que não dispõe de protocolo específico para este fim. Existem ainda grandes problemas ainda não esclarecidos pela ciência na recuperação de amostras de DNA por contato nos objetos de locais de crime (Raymond et al. 2009), pois não há estudos suficientes na perícia do Brasil que apontem ou limitem a capacidade de transmissibilidade do material genético para as diferentes superfícies, característica da pele de cada indivíduo, ação e exposição às intempéries e outros fatores mesológicos accidentais e eventuais que atualmente não existem protocolos informativos na perícia forense. Como já citado no trabalho de Hess e Hass (2016) toda vez que um ser humano manuseia um objeto ou nele se apoia com firmeza, há a deposição de células epiteliais, (conforme comprovação neste trabalho) que podem conter material genético ainda que em pequenas quantidades.

Consoante a técnica papiloscópica apesar de sedimentada e amplamente utilizada, possuindo banco de dados de desenhos digitais na plataforma AFIS. Esta carece de limitações em caso de marcas de contato em que o autor do fato criminoso não apoiou as pontas dos dedos sobre as superfícies e sim qualquer outra parte do corpo: braço, antebraço, costas, barriga e outras partes lisas. Então quando o suspeito deixa a palma de sua mão, ou antebraço forçado no rompimento de obstáculo ou mesmo o ombro e barriga para produzir uma passagem irregular ou utilizar-se de alguma de outra parte do corpo humano que não seja possível a coleta de desenhos digitais, a técnica da papiloscopia forense se torna ineficiente, pois não existe no momento nos Institutos de Criminalística do Brasil nenhum outro procedimento de busca de identificação que possa substituir hoje esta imperfeição da técnica papiloscópica. Neste mote o presente trabalho busca a produção de uma nova forma de identificação criminal do autor nos casos em que a técnica papiloscópica se torna insipiente e não é de possível aplicação. Dentre todas as hipóteses testadas em campo pelos peritos criminais, a única solução para este imbróglio foi a aplicação da técnica da engenharia forense através da coleta de material genético destas marcas de contato latentes disformes deixadas nos locais de crime, na esperança de ser esta a única forma pioneira de identificar o autor do fato criminoso. Vale destacar que existe

um banco de dados mundiais que compreendem a assinatura genética dos criminosos que podem auxiliar na elucidação de crimes. Esta plataforma denominada CODIS (GARRIDO 2015), encontra-se em operação em nosso Estado sendo constantemente abastecida de novos perfis, e regularmente indica a autoria de indivíduos cujo material biológico sanguíneo ou gametofítico foi encontrado nos locais de crime. Entretanto, apesar de um sistema extremamente robusto o CODIS apenas faz a comparação dos perfis já alimentados com aqueles suspeitos inseridos, a coleta do material genético é um assunto à parte que extrapola o equipamento (HARES, 2015). Estes vestígios biológicos podem ser usados para ligar uma pessoa a outro indivíduo, a um objeto ou a um lugar. Podem também ser utilizados para desvincular um indivíduo de um crime. De acordo com Espíndola (2005), os vestígios biológicos geralmente são transferidos de duas maneiras: por deposição direta ou por transferência secundária.

Sabe-se que por deposição direta, sangue, sêmen, tecido corpóreo, osso, dente, pêlo, cabelo urina e saliva podem ser transferidos para o corpo de um indivíduo ou para roupas, ou para um objeto ou diretamente para o local do crime. Depois que os líquidos biológicos são depositados, eles se transformam em manchas e aderem a uma superfície ou a um substrato. Vestígios biológicos não fluidos, tais como tecidos, ossos, dentes, pêlos ou cabelos, podem também ser transferidos pelo contato direto ou depositados (BONACORSO, 2005). O depósito direto ou transferência pode resultar de qualquer uma das seguintes situações: material biológico do suspeito depositado no corpo ou na roupa da vítima, em um objeto ou em um local; material biológico da vítima depositado no corpo ou na roupa do suspeito, em um objeto ou em um local; ou material de uma testemunha, depositado no suspeito ou na vítima ou em objeto ou local (RAYMOND, 2009). Por transferência secundária, sangue, sêmen, tecido corpóreo, pêlo, cabelo, urina e saliva podem ser transferidos para a vítima, suspeito, testemunha, objeto ou local, através de um meio intermediário. Na transferência secundária existe a fonte original (doadora do vestígio biológico) e a superfície alvo. Um transferidor intermediário pode ser uma pessoa, um objeto ou mesmo um local. Vestígios oriundos de transferência indireta não fornecem necessariamente prova positiva de vínculo direto de um indivíduo com um crime específico (D'ARC, 2009). A obtenção de sucesso na análise do DNA retirado de um vestígio oriundo de um local de crime em muito depende do tipo das amostras

colhidas e de como elas foram preservadas. Assim, a técnica utilizada para coletar e documentar o vestígio, a quantidade e o tipo de vestígio a ser colhido, o modo que o vestígio deve ser manuseado e embalado, e como o vestígio deve ser preservado são alguns pontos críticos para o exame de DNA (BONACORSO, 2005). Existem duas técnicas periciais mais comumente utilizadas e que foram estudadas durante esta pesquisa que se subsidiaram a coleta. A primeira foi através da aplicação de pó vulcano da papiloscopia e outra que utiliza a luz forense, ambas as técnicas são capazes de identificar e demonstrar a posição das marcas de contato humano em superfícies diversas. Estudos iniciais indicam que não houve aparente interação da qualidade do material genético encontrado e coletado, principalmente aqueles que foram localizados pelo uso da luz forense.

Após o encontro das marcas latentes de contato, a metodologia padrão para coleta de material genético em superfícies é através do uso de cotonetes (swabs), que deve se embasar e se adaptar às características específicas de cada cena de crime. Após a coleta das amostras, passa-se à escolha do protocolo a ser utilizado, necessário realizar a extração do DNA para isolá-lo de outros componentes celulares. Existem diversas técnicas disponíveis para a extração de DNA humano, incluindo métodos químicos, físicos e automatizados. A escolha do protocolo de extração depende da quantidade e qualidade da amostra, bem como dos recursos disponíveis no laboratório forense. É importante seguir protocolos padronizados e validar os procedimentos e cadeia de custódia para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos. A escolha do método a ser aplicado depende ainda do tipo de evidência biológica presente na cena do crime, bem como das condições em que o DNA está presente. A coleta com uso de swab é o método mais comum para coleta de amostras de DNA em locais de crime. Consiste no uso de swabs de algodão ou nylon estéreis que são esfregados, secos ou úmidos, suavemente na área da evidência biológica, como manchas de sangue, saliva ou sêmen (VENUS 2021). O DNA presente na evidência adere ao cotonete, que é então armazenado para posterior extração. O segundo método de extração utilizado pela perícia, é em solução: nesse método, a evidência biológica é coletada e transferida para um tubo de microcentrífuga contendo uma solução de extração. A solução de extração geralmente contém detergentes e enzimas que ajudam a romper as células e liberar o DNA. Após a incubação, o DNA

é precipitado e pode ser isolado por centrifugação. Método de extração sólida: Esse método envolve a utilização de materiais sólidos, como sílica ou resinas magnéticas, para a extração do DNA. A evidência biológica é coletada e misturada com partículas sólidas que se ligam ao DNA. Em seguida, ocorre a lavagem para remover impurezas e o DNA é eluído a partir das partículas sólidas, resultando em uma solução contendo o DNA extraído (BUENO, 2004).

Por fim, o método de extração automatizada que, com o avanço da tecnologia, foram desenvolvidos sistemas automatizados para a extração de DNA no local do crime. Esses sistemas empregam instrumentos especializados que realizam os passos de extração de forma automatizada, aumentando a eficiência e reduzindo o risco de contaminação (FREIRE, 2020). É importante ressaltar que esses métodos podem variar dependendo da evidência biológica e das condições específicas do local do crime. Além disso, protocolos adicionais, como quantificação e amplificação do DNA extraído, também são realizados para obter perfis genéticos utilizáveis em análises forenses, como a técnica de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) e sequenciamento de DNA. É fundamental que os profissionais forenses sigam protocolos estritos de coleta e extração de DNA no local do crime para garantir a integridade e confiabilidade dos resultados obtidos. Para fins deste trabalho foi elegida a técnica da coleta com emprego de swab umedecido, por se tratar do protocolo pericial adotado como referência em nosso país, também devido ao fato da limitação técnica da utilização dos demais métodos de extração.

DA METODOLOGIA

Os experimentos de coleta, extração e amplificação seguiram os protocolos já comumente utilizados no ambiente forense e cotidiano laboratorial, seguindo-se a metodologia aplicada e explicada como segue.

Extração de material genético em vidro, plástico comum e plástico polido

Para a escolha das superfícies a serem analisadas foi realizada análise bibliográfica e entrevista com os peritos criminais profissionais da área que, com sua expertise, de coleta em locais de crime, elegeram três superfícies mais comumente

encontradas nos locais de crimes, quais sejam: vidro, plástico comum (neste trabalho utilizado a tampa da caixa dos eppendorf) e plástico polido (cartão de crédito). Superada a eleição das superfícies, passou-se à busca do material genético por contato nestas superfícies, caracterizando-se na localização de marcas latentes de contato nos objetos, primeiramente à vista desarmada, o que foi possível em todas as superfícies em ambiente laboratorial, mas que, certamente no cotidiano pericial da cena do crime poderia ter passado desapercebido nesta metodologia. Para fins deste trabalho foi utilizada a metodologia de coleta padrão da perícia de MS, que consiste no esfregaço da superfície com swab embebido em água pura deixando secar ainda no local em overnight.

A escolha do swab comum estéril foi feita pela própria padronização preexistente dos laboratórios e com base em estudos como os de Baechler (2016), afirmado que os resultados do estudo auxiliam na previsão com confiança da chance de que um swab coletado em uma determinada situação forneça um resultado positivo. Para a realização do experimento, em cada superfície foram coletadas amostras em triplicata, deixadas secar em overnight em local protegido para evitar possíveis contaminações.

Foi estabelecido um protocolo de coleta estabelecendo tanto as áreas corporais elegidas por serem o mais comum e habitual e que seriam utilizadas para a realização das impressões latentes, quanto ao tipo da superfície.

Como parâmetro foi elegido o POP (Procedimento Operacional Padrão) da polícia científica de Mato Grosso do Sul, onde as amostras de DNA passaram pelo método de extração orgânica com uso de fenol clorofórmio. No entanto, esclarece-se que há atualmente no mercado métodos específicos para determinadas amostras como o kit DNA Investigator da QIAGEN®. voltado para amostras de superfícies. Desse modo, a coleta também visou dividir para que passassem pelos dois métodos diferentes. Além das amostras de superfície, um controle positivo da mucosa oral também foi coletado.

Seguindo-se a metodologia padrão, foram utilizados swabs de algodão estéril que foram umedecidos em água ultrapura pelo método de imersão, e que após esse processo foram passados na diagonal em toda superfície que foi marcada por uma impressão latente (impressão das costas ou barriga). Após esfregar os swabs por toda placa de vidro a embalagem com cada swab foi identificada e o material acondicionado em uma estante para secagem por 24 horas. Após 24 horas, os swabs identificados

tiveram suas hastes removidas com auxílio de uma tesoura, e a parte contendo o material genético foi inserida em microtubos de 2ml (Figura 9) e encaminhados para a extração de DNA.

Extração de material genético

Foram utilizados dois métodos de extração. Metade das amostras foram encaminhadas para o método de extração orgânica com fenol clorofórmio que foi realizada pelos peritos dentro do laboratório da polícia científica seguindo o protocolo padrão, enquanto o restante para a extração com o kit DNA Investigator da QIAGEN® nos domínios da Universidade Católica Dom Bosco. Após as extrações de DNA que ocorreram no dia seguinte à coleta as amostras foram armazenadas a -20°C.

Passados 30 dias, todos os microtubos foram encaminhados para o laboratório do IALF onde passariam pela PCR em tempo real (qPCR), amplificando e quantificando as amostras para determinar o perfil genético. Salienta-se que a identificação humana através do estudo dos polimorfismos do DNA empregando a PCR necessita que o DNA extraído das amostras em estudo esteja livre de contaminantes e interferentes que possam prejudicar a reação. Isto, muitas vezes, poderá implicar, além de procedimentos de extração propriamente ditos, os procedimentos de purificação do DNA extraído.

Extração de material genético humano in-house (método orgânico)

O primeiro método de extração de DNA utilizado foi um método *in-house* método orgânico de Fenol-Clorofórmio por meio do seguinte protocolo: 1) as amostras foram passadas no vórtex para decantação do material genético; 2) o material foi coletado com pipeta e transferido para novo tubo devidamente identificado; 3) adicionou-se 28 µL de Proteinase K, que foi homogeneizado e incubado em banho maria por 15 minutos; 4) adicionou-se 250 µL de SDS 20%, por mais 6 minutos em banho maria; 5) adição de 800 µL de clorofórmio com mistura no vortex; 6) 400 µL da solução de precipitação proteíca foi adicionada e miturada em vortex; 7) centrifugação dos tubos por 10 minutos. Com este procedimento o DNA é permanece flutuando na lâmina aquosa do tubo. Este material foi coletado com pipeta e transferido para tubos

respectivamente identificados. Adicionou-se 1 ml de Etanol absoluto, com descanso de 24 em geladeira para formação do precipitado. Posteriormente, o material foi centrifugado em velocidade máxima por 5 minutos e seu sobrenadante foi descartado. Adicionou-se 1 ml de etanol 70% gelado e os tubos foram levados para nova centrifugação máxima por 2 minutos. O material teve seu sobrenadante descartado e centrifugado mais uma vez por 1 minuto. Os tubos foram desidratados no banho seco a 37°C e a amostra foi ressuspendida em 100 µL de água ultrapura e incubada novamente em banho maria por 5 minutos. Por fim, as amostras foram congeladas.

Extração de material genético humano com kit DNA Investigator da QIAGEN®

O segundo método de extração de material genético foi realizado com o QIAamp DNA Investigator Kit (QIAGEN®) conforme protocolo disponibilizado pela fabricante para amostras extraídas de superfícies. A única alteração realizada no início do protocolo foi que nos tubos contendo as amostras de material genético adicionou-se 20 µL de Proteinase K e 200 µL de tampão de ressuspensão ATL, que foram levados ao vórtex por 10 segundos. Tal adaptação foi necessária para desprendimento do DNA das fibras de algodão do *swab*. Ao final do protocolo da fabricante, todas as amostras foram congeladas.

Quantificação do Material Genético Humano

As quantificações foram realizadas através da técnica da PCR em tempo real, no equipamento *Quantstudio™ 5*, fabricado por *Applied Biosystems*, com a utilização do kit *Investigator Quantiplex PRO*, fabricado pela QIAGEN®. O limiar de análise utilizado no Instituto de Análises Laboratoriais Forenses (IALF) é de 0,01ug/uL, ou seja, amostras que apresentarem concentrações acima de 0,01ug/uL são amplificadas e submetidas à eletroforese. Já as amostras que apresentarem concentrações inferiores a 0,01ug/uL são consideradas “sem DNA”.

Amplificação do Material Genético Humano

As amplificações foram realizadas pelo método da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), com emprego do sistema *PowerPlex® Fusion 6C*, contendo 26

(vinte e seis) *loci* STRs (*Short Tandem Repeats*) e Amelogenina, fabricado pela *Promega Corporation*. Para tal propósito, foi utilizado o termociclador *Veriti® 96-Well Thermal Cycler*, fabricado por *Applied Biosystems*, programado de forma específica, segundo protocolo recomendado pelo fabricante do sistema utilizado.

Detecção do Material Genético Humano

Os produtos de amplificação foram submetidos à eletroforese capilar no analisador de DNA *ABI 3500 Genetic Analyzer*, fabricado por *Applied Biosystems*, seguindo-se o protocolo já adotado. Foram realizados cinco experimentos com coletas de material seguindo-se a mesma metodologia para uma melhor padronização do espaço amostral.

PRIMEIRO EXPERIMENTO: LOCALIZAÇÃO DE MARCAS DE CONTATO SOBRE AS SUPERFÍCIES VITREA E PLÁSTICA

O primeiro experimento consistiu na localização das marcas de contato humano sobre as superfícies vitreas e plásticas com a utilização da luz forense, para fins de determinação do espaço a sofrer esfregaço, para que este não fosse realizado de forma aleatória em regiões em que não houvesse material a ser extraído. A maneira mais eficiente de se localizar manchas orgânicas no local foi através da utilização da luz forense, em que através de espectros de luz a mancha orgânica pode ser localizada, com emprego do método de luminescência Forense. A Espectroscopia é a designação para toda a técnica de levantamento de dados e análises físico-químicos através da absorção ou reflexão da energia radiante ou luz incidente numa amostra. Fontes de luz especiais são usadas na área forense - luz forense, com a intenção de revelar indícios que não são visíveis a olho nu sob a luz ambiente. Essas luzes podem ser para indicar a localização física de um determinado vestígio, permitindo assim, a sua colheita (BATISTA, 2020). Para a utilização da luz forense, foi utilizado o equipamento SPEX, modelo HSX-5000-7F Xenon.

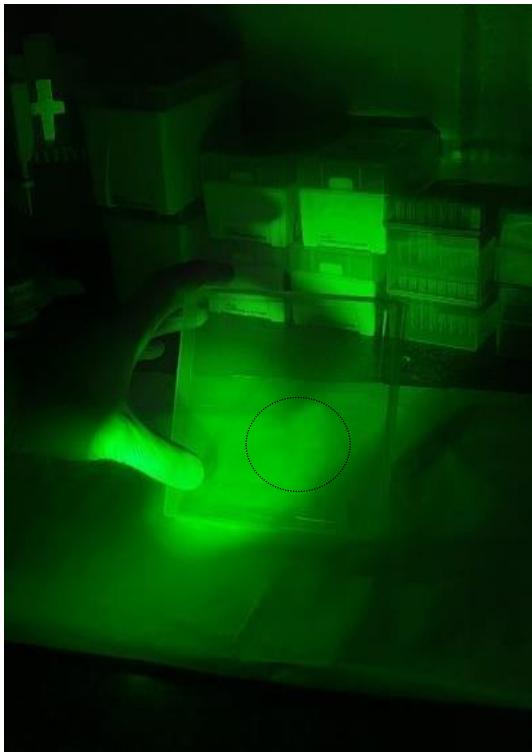


Figura 4: Ilustra o uso da luz UV para localizar impressões latentes no vidro. O círculo indica as marcas visíveis após a aplicação do espectro luminoso.



Figura 5: Ilustra o uso da luz UV para localizar impressões latentes no plástico. O círculo indica as marcas visíveis após a aplicação do espectro luminoso.

Uma vez encontradas as manchas de contato, o segundo desafio se traduz pela coleta deste material que, geralmente, encontra-se com pouca qualidade e quantidade, muitas vezes expostos às intempéries, não existindo parâmetros que regulem a degradação do DNA em diferentes superfícies em cada tipo de exposição aos elementos e em cada estação do ano no Estado de Mato Grosso do Sul.

SEGUNDO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE VÍTREA COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA E COM KIT QIAGEN®

Esta coleta foi realizada em setembro de 2023, nas dependências do laboratório da Polícia Científica de Mato Grosso do Sul, no Instituto de Análises Laboratoriais Forense (IALF) com o acompanhamento dos peritos criminais daquele Instituto. Para fins de padronização, foram observadas em todos os experimentos, com temperatura média de 35°C, umidade média de 50% a 60%, horário do período vespertino. O doador se absteve de banhar-se naquele dia e de usar desodorante com o objetivo de

evitar algum elemento que pudesse inferir na qualidade das coletas. É relevante ressaltar que, a cada coleta numa superfície outra deposição era realizada posteriormente para que não ocorresse a perda de material entre uma coleta de swab e outra. As amostras foram colhidas todas sobre a superfície vítreo, previamente esterilizados. Após a impressão dos vidros no corpo do voluntário, as amostras foram colhidas do vidro com emprego de swab umedecido em água Milli-Q®. As amostras foram coletadas em duplicata de cada parte do corpo: pescoço, barriga e costas, pressionando o artefato vítreo contra a superfície corporal do doador.

As coletas foram especificadas pela letra corresponde a esta parte coleta e método de extração. Houve ainda a coleta da amostra referência com swab na cavidade oral do doador, denominada “C+”. As extrações das amostras foram feitas pelo método orgânico e com uso do Kit QIAGEN® todas nas dependências do nos laboratórios da UCDB. Após a aplicação do protocolo orgânico previamente determinado, as amostras extraídas foram submetidas à quantificação de DNA pelo método da PCR em tempo real. As quantificações foram realizadas através da técnica da PCR em tempo real, no equipamento *Quantstudio™ 5*, fabricado por *Applied Biosystems*, com a utilização do kit *Investigator Quantiplex PRO*, fabricado pela QIAGEN. O limiar de análise utilizado no IALF é de 0,01, ou seja, amostras que apresentarem concentrações acima de 0,01ug/uL são amplificadas e submetidas à eletroforese. Já as amostras que apresentarem concentrações inferiores a 0,01ug/uL são consideradas “sem DNA”.

As amplificações foram realizadas pelo método da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), com emprego do sistema *PowerPlex® Fusion 6C*, contendo 26 (vinte e seis) *loci* STRs (*Short Tandem Repeats*) e Amelogenina, fabricado pela *Promega Corporation*. Para tal propósito, foi utilizado o termociclador *Veriti® 96-Well Thermal Cycler*, fabricado por *Applied Biosystems*, programado de forma específica, segundo protocolo recomendado pelo fabricante do sistema utilizado. Os produtos de amplificação foram submetidos à eletroforese capilar no analisador de DNA *ABI 3500 Genetic Analyzer*, fabricado por *Applied Biosystems*.

TERCEIRO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE PLÁSTICA RÍGIDA, PLÁSTICA MALEÁVEL E METÁLICA COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA E COM KIT QIAGEN®

As coletas seguiram o mesmo padrão da primeira com relação ao doador e condições climáticas, realizadas em novembro 2023 nas dependências da Universidade Católica Dom Bosco. Cada amostra foi coletada em triplicata desta vez de um plástico rígido (cartão de crédito), copo metálico e um plástico maleável (tampa eppendorf), seguindo-se o mesmo protocolo previamente estabelecido. A extração foi feita pelo método orgânico nas dependências do IALF e com uso do Kit QIAGEN® nos laboratórios da UCDB. Após a aplicação do protocolo orgânico previamente determinado, as amostras extraídas foram submetidas à quantificação de DNA pelo método da PCR em tempo real. As quantificações foram realizadas através da técnica da PCR em tempo real, no equipamento *Quantstudio™ 5*, fabricado por *Applied Biosystems*, com a utilização do kit *Investigator Quantiplex PRO*, fabricado pela *QIAGEN*.

O limiar de análise utilizado no IALF é de 0,01, ou seja, amostras que apresentarem concentrações acima de 0,01ug/uL são amplificadas e submetidas à eletroforese. Já as amostras que apresentarem concentrações inferiores a 0,01ug/uL são consideradas “sem DNA”. As amplificações foram realizadas pelo método da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), com emprego do sistema *PowerPlex® Fusion 6C*, contendo 26 (vinte e seis) *loci* STRs (*Short Tandem Repeats*) e Amelogenina, fabricado pela *Promega Corporation*. Foi utilizado o termociclador *Veriti® 96-Well Thermal Cycler*, fabricado por *Applied Biosystems*, programado de forma específica, segundo protocolo recomendado pelo fabricante do sistema utilizado. Os produtos de amplificação foram submetidos à eletroforese capilar no analisador de DNA *ABI 3500 Genetic Analyzer*, fabricado por *Applied Biosystems*.

QUARTO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE PLÁSTICA RÍGIDA E PLÁSTICA MALEÁVEL COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA

As coletas deste experimento foram realizadas em fevereiro de 2024 e conduzidas nas dependências da UCDB utilizando-se o mesmo doador do sexo masculino, adicionando-se outras duas doadoras do sexo feminino fornecendo marcas de contato sobre a superfície de plástico flexível (tampa da caixa de eppendorf) e plástico mole (cartão de crédito), anteriormente elegidas. As amostras foram todas extraídas com protocolo orgânico, seguindo-se a mesma metodologia já adotada e posteriormente submetidas à quantificação de DNA pelo método da PCR em tempo real. As quantificações foram realizadas através da técnica da PCR em tempo real, no equipamento *Quantstudio™ 5*, fabricado por *Applied Biosystems*, com a utilização do kit *Investigator Quantiplex PRO*, fabricado pela *QIAGEN*.

O limiar de análise utilizado no IALF é de 0,01, ou seja, amostras que apresentarem concentrações acima de 0,01ug/uL são amplificadas e submetidas à eletroforese. Já as amostras que apresentarem concentrações inferiores a 0,01ug/uL são consideradas “sem DNA”. As amplificações foram realizadas pelo método da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), com emprego do sistema *PowerPlex® Fusion 6C*, contendo 26 (vinte e seis) loci STRs (*Short Tandem Repeats*) e Amelogenina, fabricado pela *Promega Corporation*. Foi utilizado o termociclador *Veriti® 96-Well Thermal Cycler*, fabricado por *Applied Biosystems*, programado de forma específica, segundo protocolo recomendado pelo fabricante do sistema utilizado. Os produtos de amplificação foram submetidos à eletroforese capilar no analisador de DNA *ABI 3500 Genetic Analyzer*, fabricado por *Applied Biosystems*.

Passado este período, estes papéis foram utilizados secos diretamente sobre as superfícies que tiveram contato com o doador o que fez com as manchas de contato fossem praticamente limpas das superfícies, o que se esperava de um papel com maior poder de absorção e porosidade como este utilizado.

DOS RESULTADOS

Após as realizações dos experimentos e seus consequentes protocolos, foram observados os seguintes resultados expostos graficamente e, quando acertados os perfis genéticos expostos na tela do equipamento *DNA ABI 3500 Genetic Analyzer*, fabricado por *Applied Biosystems*.

RESULTADOS DA LOCALIZAÇÃO DE MARCAS DE CONTATO SOBRE AS SUPERFÍCIES VITREA E PLÁSTICA

Com o emprego da luz forense no espectro adequado foi possível observar a vista desarmada as manchas das marcas de contato sobre as superfícies. Na superfície de vidro, foram determinadas faixas de comprimentos de onda, onde o que mais destacou a impressão latente nas placas de vidro foi o de 560 nm com a utilização dos óculos laranja. Na superfície plástica, foi utilizada a mesma faixa de luz, porém a visualização não foi tão clara quanto na superfície de vidro, da mesma forma, na superfície metálica foram observadas marcas pouco aparentes de contato.

Deste modo foi possível observar marcas latentes nas três superfícies que foram eleitas para efeito de comparação em consonância ao estudo de Seniuk (2023), em que o mesmo afirma o uso da luz forense permite uma melhor visualização e registro da impressão propriamente dita, e não de pó ou reagente revelador aderido a ela, possibilitando visualizar até mesmo marcas deixadas por poros presentes nas cristas papilares. Percebe-se, portanto, que o uso de luz forense para a revelação de impressões digitais tem grande potencial para maximizar os resultados da papiloscopia forense e resolução de crimes, haja vista suas vantagens em relação ao uso de outros métodos de revelação e registro. Não foi objeto de estudo deste trabalho a eventual interferência deste espectro luminoso na qualidade das amostras.

Portanto, estas amostras submetidas à luz forense não foram utilizadas na extração, sendo apenas referenciadas como forma possível de encontro das impressões latentes o que se mostrou eficiente.

RESULTADOS DO SEGUNDO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE VÍTREA COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA E COM KIT QIAGEN®

Observamos que apenas uma amostra (CO1) apresentou concentração de DNA humano em quantidade para a amplificação por PCR, mas não foi possível a amplificação, não tendo uma resposta para esta ocorrência, conforme tabela 05.

O mais provável é que o material estaria degradado ou o equipamento não possui sensibilidade suficiente para analisar as amostras.

Tabela 3: Dados da concentração de DNA a partir de cada método de extração, demonstrando a amostra nominada, sua especificação e concentração de DNA em destaque o controle positivo obtido.

Amostra	Especificações	Concentração de DNA
1PQ	Coletado Pescoço com kit QIAGEN®	0,0004
2PQ	Coletado Pescoço com kit QIAGEN®	0,0006
3BQ	Coletado Barriga com kit QIAGEN®	0,0006
4BQ	Coletado Barriga com kit QIAGEN®	0,0006
5CQ	Coletado Costas com kit QIAGEN®	0,0009
6CQ	Coletado Costas com kit QIAGEN®	0,0013
PO1	Coletado Pescoço extração Orgânica	0,0043
PO2	Coletado Pescoço extração Orgânica	0,0055
CO1	Coletado Costas extração Orgânica	0,0037
CO2	Coletado Costas extração Orgânica	0,0212
BO1	Coletado Barriga extração Orgânica	0,0050
BO2	Coletado Barriga extração Orgânica	0,0032
C+	Controle positivo	221,6006

Todas as demais amostras apresentaram quantidades insuficientes de DNA para uma PCR eficiente, para os parâmetros do IALF/MS. Contudo, todas as amostras quantificadas foram submetidas à amplificação. Uma vez que a quantidade mínima de corte de amostras padronizado pelo IALF é de amostras com valoração acima de 0,01ug/uL. Após a eletroforese, constatamos que não foi obtido perfil genético em nenhuma das amostras testadas, com exceção do controle positivo (mucosa oral), do qual foi obtido um perfil genético masculino, que será utilizado para fins de comparação com os demais levantamentos.

RESULTADOS DO TERCEIRO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE PLÁSTICA RÍGIDA, PLÁSTICA MALEÁVEL E METÁLICA COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA E COM KIT QIAGEN®

Os resultados deste experimento se encontram expressos na tabela 6. Onde C1O, C2O, P1O e P2O foram as que apresentaram concentrações de DNA acima de 0,01ug/uL. Todas as demais amostras apresentaram quantidades insuficientes de DNA para uma PCR eficiente. Contudo, todas as amostras foram amplificadas e seus produtos de amplificação submetidos à eletroforese.

Tabela 4: Dados da concentração de DNA a partir de cada método de extração, indicando a amostra, suas especificações e concentração de DNA obtido. Em destaque as amostras positivas com obtenção de perfil genético.

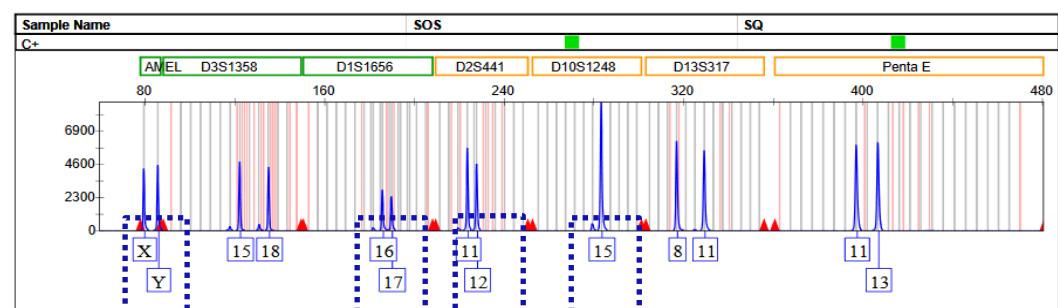
Amostra	Especificações	Concentração DNA
C1O	Coletado Cartão extração Orgânica	0,0193
C2O	Coletado Cartão extração Orgânica	0,0122
C3O	Coletado Cartão extração Orgânica	0,0084
P1O	Coletado Plástico extração Orgânica	0,0318
P2O	Coletado Plástico extração Orgânica	0,0232
P3O	Coletado Plástico extração Orgânica	0,0026
M1O	Coletado Metal extração Orgânica	0,0071
M2O	Coletado Metal extração Orgânica	0,0137
M3O	Coletado Metal extração Orgânica	0,0084
C1	Coletado Cartão com kit QIAGEN®	0,0053
C2	Coletado Cartão com kit QIAGEN®	0,0093
C3	Coletado Cartão com kit QIAGEN®	0,0049
P1	Coletado Plástico com kit QIAGEN®	0,0046
P2	Coletado Plástico com kit QIAGEN®	0,0019
P3	Coletado Plástico com kit QIAGEN®	0,0062
M1	Coletado Metal com kit QIAGEN®	0,0007
M2	Coletado Metal com kit QIAGEN®	0,0007
M3	Coletado Metal com kit QIAGEN®	0,0026

Após a eletroforese, constatamos que as amostras P1O e P2O apresentaram perfis genéticos parciais. Na amostra P1O houve a amplificação de 16 *loci* STR autossônicos, dos 23 presentes no kit *PowerPlex® Fusion 6C* (Figura tal), incluindo a Amelogenina (determinação de gênero). Na amostra P2O houve a amplificação de 10 *loci* STR autossônicos, dos 23 presentes no kit utilizado. Todos os *loci* obtidos nas amostras P1O e P2O foram compatíveis com o perfil genético do doador da amostra controle (C+).

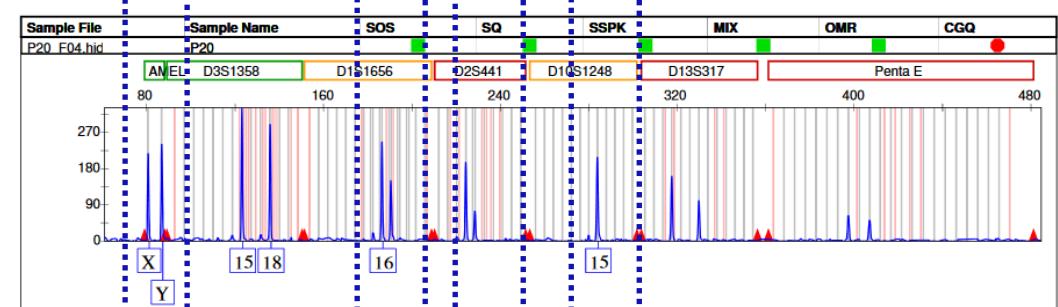
Nas outras amostras (C1O, C2O, C3O, P3O, M1O, M2O, M3O, C1, C2, C3, P1, P2, P3, M1, M2 e M3) não foi observada a amplificação de perfil genético.

Figura 6: Resultados comparativo demonstrando a compatibilidade entre o controle positivo dos locis com os das amostras P10 e P20:

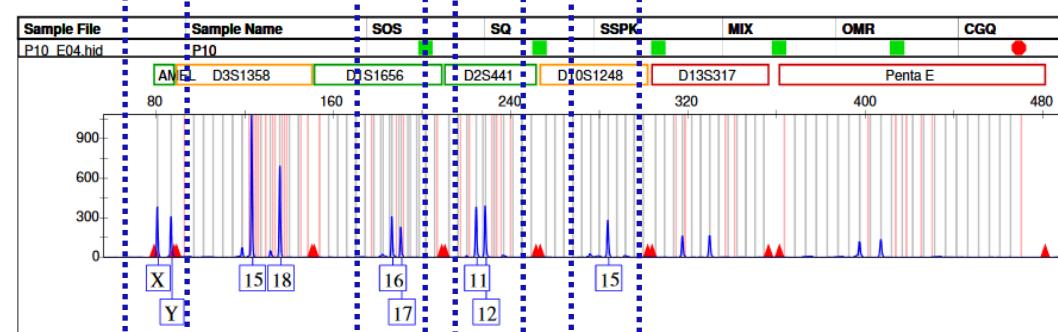
GeneMapper™ ID-X 1.6



GeneMapper™ ID-X 1.6



GeneMapper™ ID-X 1.6



QUARTO EXPERIMENTO: COLETA DE MATERIAL POR CONTATO HUMANO EM SUPERFÍCIE PLÁSTICA RÍGIDA E PLÁSTICA MALEÁVEL COM EXTRAÇÃO ORGÂNICA

Observamos que todas as amostras apresentaram quantidades insuficientes de DNA para uma PCR eficiente, com exceção dos controles colhidos de mucosa oral (A+ e B+).

Contudo, todas as amostras quantificadas foram submetidas à amplificação. Após a eletroforese, constatamos que não foi obtido perfil genético em nenhuma das amostras testadas, com exceção dos controles positivos (mucosa oral), dos quais foram obtidos perfis genéticos femininos distintos.

Tabela 4: Dados da concentração de DNA a partir de cada método de extração, em destaque as amostras positivas dos perfis do gênero feminino

Amostra	Especificações	Concentração de DNA
W1	plástico mole extração orgânica	0,0009
W2	plástico mole extração orgânica	0,0012
W3	plástico rígido extração orgânica	0,0005
W4	plástico rígido extração orgânica	0,0008
A1	plástico mole extração orgânica	0,0001
A2	plástico mole extração orgânica	undetermined
A3	plástico rígido extração orgânica	undetermined
A4	plástico rígido extração orgânica	undetermined
B1	plástico mole extração orgânica	0,0002
B2	plástico mole extração orgânica	0,0002
B3	plástico rígido extração orgânica	0,0003
B4	plástico rígido extração orgânica	undetermined
A+	Controle positivo doador feminino A	1,6301
B+	Controle positivo doador feminino B	0,1944

DISCUSSÃO

A utilização do perfil genético coletado a partir de marcas de contato coletadas nos locais do crime possui prerrogativas para se consolidar como uma ferramenta essencial e cada vez mais indispensável para o processo de investigação criminal. Stoney e Stoney (2015) também relatam que mesmo em laboratórios forenses especializados o estudo de mirovestígios enfrentam problemas em sua análise. Os mesmos autores sugerem que para a análise dos microvestígios é necessária a formulação de protocolos amplos, dentre eles o desenvolvimento de métodos direitos com uso de tecnologias apropriadas (Stoney e Stoney, 2015).

Nesse sentido, os procedimentos rigorosos de coleta, preservação e análise do material genético são essenciais para garantir a integridade e a confiabilidade das evidências. É imprescindível que os profissionais envolvidos estejam devidamente treinados e que sigam protocolos estabelecidos, a fim de evitar contaminações e garantir a admissibilidade das provas em tribunal, além de utilizar as tecnologias disponíveis a fim de melhorar a análise das amostras. Apesar de o material genético ser frequentemente encontrado na cena de crime, existe a dificuldade de extração de DNA em objetos, é o que Hess e Haas (2016) relatam sobre a tentativa de extração de DNA em tecidos. Durante a execução deste experimento ficou comprovado e, corroborado pela literatura disponível que, a extração de DNA humano nas superfícies em locais de crime enfrenta diversos desafios, como a baixa quantidade e qualidade do DNA presente nas amostras, a presença de inibidores de PCR e a possibilidade de contaminação (SINUKABAN *et al*, 2024) fato que restou verificado neste experimento.

Segundo ainda Sinukaban (2024) o tipo ou substrato do meio influencia a quantidade de DNA transferido. Nesta pesquisa houve variações nos tipos de vidro, nomeadamente vidro, plástico e cerâmica. No entanto, estes três tipos de vidro apresentam o mesmo tipo de textura superficial, nomeadamente lisa ou não porosa, pelo que os resultados do teste estatístico Univariado em amostras de impressões digitais e os resultados do teste estatístico One-way ANOVA mostram que as variáveis neste estudo, nomeadamente o material do vidro e o tipo de toque, ambos

não têm influência significativamente diferente da concentração média de DNA ($P>0,05$). Além disso, não houve interação entre o tipo de vidro e o toque manual, concentração média de DNA. Entretanto, após o espaço amostral realizado, houve resultados positivos provenientes das coletas, resultando no primeiro experimento a amostra CO1 (plataforma plástica com extração orgânica) que apresentou concentração de DNA humano em quantidade para a amplificação por PCR, mas não foi possível a amplificação.

Já no segundo experimento houve sucesso em duas amostras nas amostras P10 e P20 (coletado Plástico extração Orgânica) todos os *loci* foram compatíveis com o perfil genético do doador da amostra controle C+. No terceiro experimento, por motivos não esclarecidos, nenhuma amostra prosperou, até mesmo os controles padrões apresentaram resultados pouco expressivos, sendo possível determinar o sexo doadoras derivado do raspado bucal. Foi constatado que todas as amostras em vidro não se mostraram eficientes como plataforma de coleta de material genético, assentindo os trabalhos de Santos (2022) e Sinukaban (2024), no mesmo sentido o plástico foi o material mais promissor entre todos os eleitos.

Deste modo, pesquisas e desenvolvimentos contínuos deverão sendo realizados para superar esses desafios e melhorar a sensibilidade e especificidade das técnicas de extração de DNA. Novas abordagens, como o uso de tecnologias de sequenciamento de próxima geração e a análise de marcadores genéticos adicionais, também podem fornecer no futuro, informações mais detalhadas e relevantes para a investigação criminal. Somente assim será possível superar os desafios atuais, alcançar maiores índices de resolução de crimes e, consequentemente, promover uma sociedade mais segura, justa e pacificada (TREJOS, 2020).

CONCLUSÃO

Da mesma forma que a tecnologia avança, os criminosos encontram novas maneiras de se desvencilhar de sua captura, especializando-se cada vez na lide criminosa. A presença de DNA humano por contato latente em superfícies dos locais de crime desempenham um papel inovador na investigação criminal e na

identificação de suspeitos. No mesmo prisma, é certo que novas tecnologias periciais devem ir ao estanque destas inovações para que a *persecuti criminis* seja realizada de maneira efetiva. Neste trabalho ficou demonstrado a viabilidade de um novo ramo da tecnologia no sentido de dirimir lacunas da identificação criminal que até então não eram aplicadas no cotidiano pericial do Estado de Mato Grosso do Sul. Restou comprovado desde o início dos experimentos a viabilidade promissora desta tecnologia genética com o fito de mitigar possíveis lacunas da investigação nos casos em que a Papiloscopia se torna inaplicável.

Com base nas médias das quantidades de DNA encontradas utilizando o procedimento de separação fenol-clorofórmio e a avaliação com o NanoDrop™One, notou-se que as amostras submetidas à extração utilizando o kit disponível comercialmente apresentaram uma concentração de DNA cerca de treze vezes inferior em comparação com o método orgânico (SVIDZINSKI, 2014). Também de acordo com Assis (2021) e Saeed (2023) em suas pesquisas sobre impressões digitais, o método orgânico obteve melhores resultados em comparação com a extração automatizada utilizando o kit QIAGEN®. Foi possível a comprovação de que o metal é um péssimo suporte para coleta de material genético. É importante analisar os resultados de amplificação e genotipagem para avaliar a qualidade do DNA recuperado, levando-se em conta a metodologia utilizada.

Posteriormente, com o avanço da pesquisa em parceria com o Laboratório Forense de Mato Grosso do Sul (IALF), estes exames se aprofundaram ao ponto em que foi possível em algumas amostras coletadas de superfícies plásticas resultassem em material de comparação com o material genético controle do doador e, em outras perfis parciais e outros amplificados mas que não puderam ser realizados perfis por motivos não estudados, mas que no cômputo geral comprovam a previsibilidade da aplicação da técnica. Pode-se concluir ainda que o vidro, conforme suporte da literatura (SANTOS, 2022), é uma plataforma de difícil obtenção de material genético devido as características moleculares do vidro que interferem na deposição de coleta de material. Foi ainda realizado um projeto pioneiro de coleta através do uso de papel toalha comum que tem potencial para se tornar no futuro uma nova pesquisa para ser utilizada em locais de crime, derivando em novos estudos a serem demandados por outros estudiosos. Mesmo diante de tamanho

desafio foi possível a comprovação de é possível a determinação de perfis genéticos a partir de marcas de contato em especial, superfícies plásticas que foram comparadas ao perfil genético do doador sendo compatíveis entre si, comprovando a possibilidade da aplicação da técnica.

Manifestamente mais estudos serão necessários para a completa tradução da técnica de coleta de amostras em superfícies dos locais de crime para que os eventuais desvios da aplicação sejam mitigados. Sendo certo que com o avanço da tecnologia a coleta e análise de material genético no local de crime desempenhará um papel fundamental na identificação e condenação de criminosos. Onde, através das técnicas modernas de análise de DNA, é possível estabelecer de forma inequívoca a ligação entre um suspeito e a cena do crime, fornecendo provas cruciais para o processo judicial. A contínua pesquisa e desenvolvimento nessa área são essenciais para melhorar a sensibilidade e especificidade das técnicas de extração de DNA.

REFERÊNCIAS.

- BALOGH *et al*, 2011. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade de fotoproteção. **Revista Scielo Brasil**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0365-05962011000400016>
- BATISTA, 2020. A luz forense como ferramenta eficaz e prática na resolução de crimes. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/b1c9afb9-b967-4d56-a027-8bf3620cee2c/content>
- BAECHLER.S. Study of criteria influencing the success rate of DNA swabs in operational conditions: A contribution to an evidence based approach to crime scene investigation and triage. **Revista Elsevier**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.10.009>
- BELLEFEUILLE, J. *et al*. Crime scene DNA collection: Research and practical considerations. **Journal of Forensic Identification; Alameda** Vol. 53, Ed. 6, (Nov/Dec 2003): 729-734.
- BONACORSO. S, 2005: Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2136/tde-15092010-145947/publico/DISSERTACAO_MESTRADO_NORMA_BONACCORSO.pdf
- BUENO. V. DNA and improvement of extraction techniques. **Revista brasileira de hematologia**. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-84842004000400001>
- BYARD, R.W.; JAMES, H; BERKETA, J.; HEATH, K. Locard's Principle of Exchange, Dental Examination and Fragments of Skin, **Journal of Forensic Science**. v. 61, n. 2, p. 545-547, 2016.
- D'ARC. J, 2009. O DNA como ferramenta na investigação criminal. Disponível em: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/pmrn_de/DOC/DOC000000000180589.PDF
- DAWNAY. N. From crime scene to courtroom: A review of the current bioanalytical evidence workflows used in rape and sexual assault investigations in the United Kingdom. **Revista Elsevier**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.12.006>
- DEL-CAMPO. E, 2009. **Medicina Legal II**, ed. Saraiva. Brasil.
- DOUGLAS. H. Selection and implementation of expanded CODIS core loci in the United States. 2015. **Forensic Science international**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.03.006>

ESPINDULA. Albieri. **Perícia Criminal e Civil**. Campinas: Millenium editora – 2^a ed., 2005.

FREIRE, 2020. Desenvolvimento de kit e protocolo alternativos para coleta e extração de DNA de amostras forenses e restos mortais degradados. **Revista RIUFAL, repositório Institucional da UFAL**. 2020. DOI: <http://www.repository.ufal.br/jspui/handle/riufal/3819>

GARRIDO. R.G. O Banco de perfis genéticos brasileiro três anos após a Lei 12.654. 2015. **Rev. De Bioética y Derecho**. DOI: <https://dx.doi.org/10.1344/rbd2015.35.14284>

GOMES, F.M. Estudo de impressões digitais latentes e novos reveladores por paper spray mass spectrometry. **Scielo Brasil**. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230085>

GRAHAM, G. WILLIAMS **Dictionary of Law Enforcement**. Oxford University, §Disponível em: <https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191758256.001.0001/acref-9780191758256>

HARTLESS, S. Critical evaluation of touch DNA recovery methods for forensic purposes. **Revista Elsevier**. 2019 DOI link: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.10.020>

HESS, C.; HAAS, S. Recovery of Trace DNA on Clothing: A Comparison of Mini-tape Lifting and Three Other Forensic Evidence Collection Techniques. **Forensic Sciences**, p 1-5, 2016.

JEFFREYS. AJ *et al*, Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. **PubMed**, 1985 DOI: 10.1038/317818a0

KAISER, M. Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. **Revista Elsevier**. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.02.003>

LEITZKE, et al, 2021: A química de produtos naturais aplicados a reveladores de impressões digitais latentes. **Revista Quim. Nova**, 2022. DOI <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170843>

MARIANO, C, 2018. **O método datiloscópico de Vucetich e sua importância na prática forense**. Disponível em: <https://repository.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/10219/1/cleomarmartinsmariano.pdf>

RABELLO, Eraldo, 1996. **Curso de criminalística**. Porto Alegre: Sagra Luzzato.

RAYMOND, J.; OORSCHOTC, R.; GUNNB, P.; WALSHD, S; ROUX, C. Trace evidence characteristics of DNA: A preliminary investigation of the persistence of DNA at crime scenes. **Forensic Sciences InternationalGenetics**. p.26-33, 2009.

ROSA. C.T.A. et al. **Criminalística**. Ed. Millenium 8^a ed. 2023.

SAEED, A. 2023. **Short tandem repeat (STR) DNA analysis for using coffee cups as forensic medicine evidence**. Disponível em: Saeed A, AlShafea A, AlFaya F A, et al. (October 24, 2023) Short Tandem Repeat (STR) DNA Analysis for Using Coffee Cups As Forensic Medicine Evidence. Cureus 15(10): e47592. DOI 10.7759/cureus.47592

SANTOS. E, 2022. **Quantificação de DNA de impressões digitais latentes em diferentes superfícies**. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11267>

SENIUK, J.G.T. **As vantagens do uso da luz forense no levantamento de impressões papilares em locais de crime**. Revista Criminalística e medicina legal, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51147/rcml082.2023>

SINUKABAN, N.K, 2024. **Quantification of touch DNA on glass, plastic and ceramic Glasses**. DOI: <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i2>

SVIDZINSKI, A. E. (2014). **Estudo de perfis genéticos obtidos a partir de amostras De DNA produzidas por contato**. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNB_1b1aecbedb7f0e8bf3c5dc7313074bc2

TREJOS, T, 2020. **Scientific foundations and current state of trace evidence – a review**. Disponível em: <https://www.elsevier.com/locate/forc>

VELLELA, S. et al. A New Computer-Based Brain Fingerprinting Technology. **International Journal Of Progressive Research In Engineering Management And Science**, Vol. 03, 2023, pp : 247-252 DOI: <https://ssrn.com/abstract=4483497>

VELHO.J.A. et al. **Locais de crimes – dos vestígios à dinâmica criminosa**. Ed. Millenium. 2^a ed. 2023.

VENUS.k et al. **Sampling touch DNA from human skin following skin-to-skin contact mock assault scenarios – A comparison of nine collection methods**. **Journal of forensic sciences**. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14733>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os avanços tecnológicos, os métodos de coleta e extração de DNA têm se tornado mais sensíveis e eficientes. No entanto, ainda existem desafios a serem superados, principalmente a baixa quantidade e qualidade do DNA presente nas amostras de estudo forense. Além disso, novas tecnologias, como o sequenciamento de próxima geração, têm o potencial de fornecer informações mais detalhadas e relevantes para a investigação criminal. Essas abordagens podem ampliar a capacidade de análise de DNA em locais de crime, permitindo a identificação de suspeitos com maior precisão e a resolução de casos anteriormente insolúveis.

Uma vez que a coleta e análise de material genético no local de crime desempenha um papel fundamental na identificação e condenação de criminosos. Através das técnicas modernas de análise de DNA, é possível estabelecer de forma inequívoca a ligação entre um suspeito e a cena do crime, fornecendo provas cruciais para o processo judicial. A presença de DNA humano por contato latente em superfícies dos locais de crime desempenham um papel crucial na investigação criminal e na identificação de suspeitos.

A contínua pesquisa e desenvolvimento nessa área são essenciais para melhorar a sensibilidade e especificidade das técnicas de extração de DNA, onde no futuro, é esperado que os avanços na extração de DNA humano de superfícies em locais de crime continuem a serem aprimorados, tornando-se mais sensíveis, rápidos e acessíveis. Isso terá um impacto significativo nas investigações criminais, auxiliando na busca pela justiça e na proteção da sociedade.

Em suma, a extração de DNA humano de superfícies em locais de crime se apresenta como promissora e desde já desempenha um papel fundamental na identificação de suspeitos e na resolução de casos. Os métodos de coleta e extração de DNA estão evoluindo continuamente, e os avanços tecnológicos têm o potencial de aprimorar ainda mais essa área. Com pesquisas contínuas e desenvolvimentos futuros, espera-se que a extração de DNA de superfícies em locais de crime se torne uma ferramenta ainda mais poderosa na investigação criminal. De toda a pesquisa realizada neste trabalho, houve a comprovação da técnica, que é possível a determinação de perfis e *locus* parciais comparados às amostras padrão conforme

demonstrado. Entretanto, mais estudos se fazem necessários para que a técnica seja plenamente confiável e as variáveis que estão prejudicando a correta obtenção de perfil genético sejam postas à prova.

REFERÊNCIAS

ANGELESKI, M. Basic definitions of criminalistic methodology and economic criminalistics. **Меѓународен Годишник на Факултетот за безбедност – Скопје**. p. 1-4, 2017. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=779324>.

ANZAI-KANTO, E. *et al.* DNA extraction from human saliva deposited on skin and its use in forensic identification procedures. **Revista Scielo Brasil**. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-83242005000300011>

BAECHLER.S. Study of criteria influencing the success rate od DNA swabs in operational conditions: A contribution to na evidence based approach to crime scene investigation and triage. **Revista Elsevier**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsgen.2015.10.009>

BALOGH *et al*, 2011. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade de fotoproteção. **Revista Scielo Brasil**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0365-05962011000400016>

BANDEIRA, José Ricardo Rocha. Perícia técnico científica. **Fórum brasileiro dessegurança pública**, Rio de Janeiro, abril 2008. Disponível em: <http://www.forumseguranca.org.br/artigos/pericia-tecnico-cientifica-csi>

BARACAT, Claudine de Campos. **A Padronização de procedimentos em local de crime e de sinistro – sua importância e normatização**. 2017. Disponível em: <http://www.seguranca.mt.gov.br/politec/3c/artigos.htm>

BATISTA, 2020. A luz forense como ferramenta eficaz e prática na resolução de crimes. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/b1c9afb9-b967-4d56-a027-8bf3620cee2c/content>

BELLEFEUILLE, J. *et al.* Crime scene DNA collection: Research and practical considerations. **Journal of Forensic Identification; Alameda** Vol. 53, Ed. 6, (Nov/Dec 2003): 729-734.

BONACORSO. S, 2005: Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2136/tde-15092010-145947/publico/DISSERTACAO_MESTRADO_NORMA_BONACCORSO.pdf

BOTELHO. J. A necessidade de se averiguar o local do crime à luz da moderna investigação e seus reflexos no CPP. 2016. Disponível em: <http://www.jefersonbotelho.com.br/2009/01/04/a-necessidade-de-se-preservar-o-local-do-crime-a-luz-da-moderna-investigacao-e-seus-reflexos-no-cpp/>

BRASIL. Decreto-lei n.º 3.689, de 03 de outubro de 1941. Código de Processo Penal.

BUENO. V. DNA and improvement of extraction techniques. **Revista brasileira de hematologia**. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-84842004000400001>

BYARD, R.W.; JAMES, H; BERKETA, J.; HEATH, K. Locard's Principle of Exchange, Dental Examination and Fragments of Skin, **Journal of Forensic Science**. v. 61, n. 2, p. 545-547, 2016.

BYARD, R.W.; JAMES, H; BERKETA, J.; HEATH, K. Locard's Principle of Exchange, Dental Examination and Fragments of Skin, **Journal of Forensic Science**. v. 61, n. 2, p. 545-547, 2016.

CAGLIARI, J.F. **Prova no Processo Penal**. Ministério Público de São Paulo. 2001. 63p.

CAPEZ. F. **Processo penal**. Ed. 30. Saraiva. 2023. p.885.

COSTA FILHO, E.G. **Medicina Legal e Criminalística**. Ed. Vesticon, 2010.

CROCE, Delton. Delton Croce Júnior. **Manual de Medicina Legal**. Ed. Saraiva. 8^a edição. 2012.

D'ARC. J, 2009. O DNA como ferramenta na investigação criminal. Disponível em: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/pmrn_de/DOC/DOC000000000180589.PDF

DAWNAY. N. From crime scene to courtroom: A review of the current bioanalytical evidence workflows used in rape and sexual assault investigations in the United Kingdom. **Revista Elsevier**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.12.006>

DEL-CAMPO. E, 2009. **Medicina Legal II**, ed. Saraiva. Brasil.

DOREA, L. E. **Local de Crime: Novos métodos para antigas práticas**. 2.ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1995.

DOUGLAS. H. Selection and implementation of expanded CODIS core loci em the United States. 2015. **Forensic Science international**. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.03.006>

ESPINDULA. Albieri. **Perícia Criminal e Civil**. Campinas: Millenium editora – 2^a ed., 2005.

FARIAS. Robson Fernandes. **Introdução a Química Forense**. Campinas. Átomo. 2008

FIGINI.A. **Datiloscopia e revelação de impressões digitais**. Ed. Millenium. 2012.

FILHO. C.R.D. **Introdução à Biologia Forense**. Ed. Millenium. 3^a ed. 2015.

FILHO. C.R.D.F. **Introdução à genética forense**. Ed. Juspodivm. 2020

FREIRE, 2020. Desenvolvimento de kit e protocolo alternativos para coleta e extração de DNA de amostras forenses e restos mortais degradados. **Revista RIUFAL, repositório Institucional da UFAL**. 2020. DOI: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/3819>

GARCIA A.A.M. Quantification of DNA through the Nanodrop spectrophotometer: Methodological validation using standard reference material and sprague dawley rat and human DNA. **International Journal of Analytical Chemistry**. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8896738>

GINO. S. Effects of the most common methods for the enhancement of latent fingerprints on DNA extraction from forensic samples. **Revista Elsevier**. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2011.08.133>

GOMBRICH. E.H. **Arte e ilusão**. Companhia das letras. SP. 2005.

GOMES Ferreira, R., Akemi Okuma, A. e Machado Costa, L. (2023) “Evaluation of alternative powders for Forensic Papilloscopy”, *Revista Brasileira de Criminalística*, 12(5), p. 129–136. doi: 10.15260/rbc.v12i5.497.

GOMES, F.M. Estudo de impressões digitais latentes e novos reveladores por paper spray mass spectrometry. **Scielo Brasil**. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230085>

GOMES, F.M. Estudo de impressões digitais latentes e novos reveladores por paper spray mass spectrometry. Scielo Brasil. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230085>

GOMES, H. **Medicina Legal**. 33 ed. rev. e atual. rio de Janeiro; Freitas Bastos, 2004. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/7829/1/Marcia%20Caceres%20Dias%20Yokoyama.pdf>).

GRAHAM, G.; WILLIAMS, M. **A Dictionary of Law Enforcement**. Oxford University, 2014.

HARTLESS, S. Critical evaluation of touch DNA recovery methods for forensic purposes. **Elsevier**. 2019 DOI link: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.10.020>

HESS, C.; HAAS, S. Recovery of Trace DNA on Clothing: A Comparison of Mini-tape Lifting and Three Other Forensic Evidence Collection Techniques. **Forensic Sciences**, p 1-5, 2016.

HUNGRIA. N. **Comentários ao código penal**. v. 5. 6 ed. Rio de Janeiro: Forense, 1978.

JEFFREYS. AJ *et al*, Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. **PubMed**, 1985 DOI: 10.1038/317818a0

JESUS. D. **Direito Penal I**. Saraiva. Ed. 37. 2023

KAISER, M. Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. **Revista Elsevier**. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.02.003>

KAISER, M. Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. **Revista Elsevier**. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.02.003>

LEE. S.B. Advances in forensic DNA quantification: A review. **Journals Wiley analytical Science**. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/elps.201400187>

LEITZKE, et al, 2021: A química de produtos naturais aplicados a reveladores de impressões digitais latentes. **Revista Quim. Nova**, 2022. DOI <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170843>

MACEDO, A. **A perícia médica como meio de prova no novo CPC – Implicações no processo judicial previdênciário**. 2017. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/a-pericia-medica-como-meio-de-prova-no-novo-cpc-implicacoes-no-processo-judicial-previdenciario/419322889>. Acesso em: 01 abr. 2024.

MARIANO, C, 2018. O método datiloscópico de Vucetich e sua importância na prática forense. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/10219/1/cleomarmartinsmariano.pdf>

MARIANO, C, 2018. **O método datiloscópico de Vucetich e sua importância na prática forense**. DOI: em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/10219/1/cleomarmartinsmariano.pdf>

MI. Y. Comparison of different DNA extraction methods for forensic samples.

Journal of natural sciences research. 2013. DOI: ISSN 2225-0921

MIRABETE, Julio Fabbrini. **Manual de Direito Penal**, 11. Ed., Parte Geral, SP: Editora Atlas, 1999. (v. 1).

O'NEILL, M.; MCPARTLIN, J.; ARTHURE, K.; RIEDEL, S.; MCMILLAN, N.D. Comparison of the TLDA with the Nanodrop and the reference Qubit system. **Journal of Physics**, v. 307, p. 1-6, 2011.

PINHEIRO. M.F. **Criminalística biológica.** 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/38492>

PINHO FILHO, O.B. **Investigação criminal tecnológica.** 2020. Disponível em: [//efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://run.unl.pt/bitstream/10362/132852/1/PinhoFilho_2020.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/132852/1/PinhoFilho_2020.pdf)

RABELLO, Eraldo. **Curso de criminalística.** Porto Alegre: Sagra Luzzatto.1996.

RAYMOND, J.; OORSCHOTC, R.; GUNNB, P.; WALSHD, S; ROUX, C. Trace evidence characteristics of DNA: A preliminary investigation of the persistence of DNA at crime scenes. **Forensic Sciences InternationalGenetics.** p.26-33, 2009.

Revista da Associação Brasiliense de peritos em criminalística. 2021. Disponível em: <https://www.abpc-df.com.br/post/coleta-de-vest%C3%ADgios-biol%C3%B3gicos-em-locais-de-crime>

ROCHA, L.C. **Investigação Policial:** teoria e prática. São Paulo: Saraiva,1998.

RODRIGUES, C.V. Forensic science: a service approach. **Gest. Prod.** v. 17, n. 4, p. 843-857, 2010. DOI: [scielo.br/j/gp/a/cdqMpjgTTNvKtqXJQ5KGJdg/?format=pdf&lang=pt](https://doi.org/10.1590/0104-5669.17.4.843)

ROSA. C.T.A. *et al.* **Criminalística.** Ed. Millenium 8^a ed. 2023.

ROSA. C.T.A. *et al.* **Criminalística.** Ed. Millenium 8^a ed. 2023.

ROSETTE. A.C. **Manual de Preservação do Local do Crime.** Rio de Janeiro: rio segurança, v.11, 2008. Disponível: [Manual de preservação do local do crime / \(ohchr.org\).](http://www.ohchr.org)

SAEED, A. 2023. Short tandem repeat (STR) DNA analysis for using coffee cups as forensic medicine evidence. Disponível em: Saeed A, AlShafea A, AlFaya F A, et al. (October 24, 2023) Short Tandem Repeat (STR) DNA Analysis for Using Coffee Cups As Forensic Medicine Evidence. Cureus 15(10): e47592. DOI 10.7759/cureus.47592

SANTOS, Moacyr Amaral. **Prova Judiciária no cível e no comercial.** 5^a ed. São Paulo: Saraiva. 1983.

SANTOS. E, 2022. Quantificação de DNA de impressões digitais latentes em diferentes superfícies. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11267>

SENIUK, J.G.T. As vantagens do uso da luz forense no levantamento de impressões papilares em locais de crime. *Revista Criminalística e medicina legal*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51147/rcml082.2023>

SILVA. T.F; BASTOS.V.P; OLIVEIRA, F.Q.M. Perícia criminal e legislação brasileira. **Revista brasileira de criminalística.** DOI <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v11i2.415>

SILVEIRA, A.M; PEREIRA, A.B. Isolamento e Preservação de Local de Crime - Procedimento Substancial à Integridade do trabalho Pericial A.M. **Revista brasileira de criminalística.** 2019. v. 9, p. 56-61, 2020 DOI <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v9i2.355>.

SINPOF. **Perícia de MS tem laboratório de identificação de DNA com reconhecimento internacional.** 2016. Disponível online em: < <http://www.sinpofms.org.br/noticia/percia-de-ms-tem-laboratrio-de-identificao-d-e-dna-com-reconhecimento-internacional/34>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SINUKABAN, N.K, 2024. Quantification of touch DNA on glass, plastic and ceramic Glasses. DOI: <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i2>

SINUKABAN, N.K, 2024. Quantification of touch DNA on glass, plastic and ceramic Glasses. DOI: <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i1.365>

STONEY, D.; STONEY, P. Critical review of forensic trace evidence analysis and the need for a new approach. **Forensic Sciences International**, p.159-170, 2015. file:///C:/Users/Ram%C3%A3o/Downloads/stoney2015%20(1).pdf.

STUMVOLL, V.P.; QUINTELA, V. **Criminalística.** Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999. p. 18.

STUMVOLL, V.P.; QUINTELA, V.; DOREA, L.E. **Criminalística.** Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999. p. 18.

SVIDZINSKI, A. E. (2014). *Estudo de perfis genéticos obtidos a partir de amostras De DNA produzidas por contato.* Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNB_1b1aecbedb7f0e8bf3c5dc7313074bc2
TOURINHO,F.C. **Processo Penal.** São Paulo: Ed. Saraiva, 21^a ed., 1999. 3º Vol., pág. 220.

TREJOS, T, 2020. Scientific foundations and current state of trace evidence – a review. Disponível em: <https://www.elsevier.com/locate/forc>

VELHO.J.A. et al. **Locais de crimes – dos vestígios à dinâmica criminosa.** Ed. Millenium. 2^a ed. 2023.

VELHO.J.A. et al. **Locais de crimes – dos vestígios à dinâmica criminosa.** Ed. Millenium. 2^a ed. 2023.

VELLELA, S. et al. A New Computer-Based Brain Fingerprinting Technology. **International Journal Of Progressive Research In Engineering Management And Science**, Vol. 03, 2023, pp : 247-252 DOI: <https://ssrn.com/abstract=4483497>

VENUS.k et al. Sampling touch DNA from human skin following skin-to-skin contact mock assault scenarios – A comparison of nine collection methods. **Journal of forensic sciences**. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14733>

VENUS.k et al. Sampling touch DNA from human skin following skin-to-skin contact mock assault scenarios – A comparison of nine collection methods. **Journal of forensic sciences**. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14733>

WIEGAND, P.; KLEIBER, M. DNA typing of epithelial cells after strangulation. **International Journal of Legal Medicine**. v. 110, p. 181-183, 1997.

WOODS, D.D. Fundamentals of criminal investigation / Charles E. O'Hara and Gregory L. O'Hara. 7th ed. 2003, p.35-139. Disponível em <http://www.mys1cloud.com/cct/ebooks/9780398088453.pdf>