



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

AILA FIGUEIREDO DE SOUSA

A CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ÁREA DA PERÍCIA

PAU DO FERROS

2021

AILA FIGUEIREDO DE SOUSA

A CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ÁREA DA PERÍCIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Paulo Fonseca Melo.

PAU DOS FERROS

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

F FIGUEIREDO DE SOUSA, AILA.
719 c A CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ÁREA
 DA PERÍCIA / AILA FIGUEIREDO DE SOUSA. - 2021.
 57 f. : il.

 Orientador: Ricardo Paulo Fonseca Melo.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

 1. Criminalidade. 2. Ciências forenses. 3.
Hematologia forense. 4. Balística forense. 5.
Acidentes de trânsito. I. Fonseca Melo, Ricardo
Paulo, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

AILA FIGUEIREDO DE SOUSA

A CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ÁREA DA PERÍCIA

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharela
interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 19 / 11 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

RICARDO PAULO
FONSECA
MELO:05408862461

Assinado de forma digital por
RICARDO PAULO FONSECA
MELO:05408862461
Dados: 2021.11.19 17:03:00 -02'00'

Prof. Dr. Ricardo Paulo Fonseca Melo (UFERSA)
Orientador

SHIRLENE KELLY
SANTOS
CARMO:05656671496

Assinado de forma digital por
SHIRLENE KELLY SANTOS
CARMO:05656671496
Dados: 2021.11.20 12:33:35 Z

Profa. Dra. Shirlene Kelly Santos Carmo (UFERSA)
Membro Examinadora

SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387

Assinado de forma digital por
SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387
Dados: 2021.11.19 16:13:47 -03'00'

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias (UFERSA)
Membro Examinadora

“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores, para
fazer melhor ainda”

Mario Sérgio Cortella

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me feito chegar até aqui, ainda que por diversas vezes eu tenha pensado em abdicar de tudo isso.

Agradeço a minha família, sobretudo, a minha Mãe, Gelza, por sempre se fazer tão presente e acolhedora. E por nunca medir esforços quando se tratava de algo relacionado aos meus estudos. Boa parte do que eu sou e do que eu conquistei hoje, devo a senhora.

Aos meus tios e tias que sempre se fizeram presentes em todos os aspectos da minha vida, sempre buscando dar total apoio, seja com palavras ou demonstração de afeto.

Agradeço imensamente a minha irmã, Áquila, por estar comigo durante toda essa trajetória acadêmica, me mostrando sempre os motivos pelos quais eu deveria seguir em frente. E por sempre ter sido meu porto seguro durante todos os esses anos de vida acadêmica.

Agradeço aos meus amigos, Dayane, Roberta, Franklyn, Suyanne, Pablo e Henrique que, longe de casa são a minha família. E foi ao lado de pessoas como vocês que pude aprender e compartilhar conhecimento ao longo da minha graduação. Com vocês cresci de um jeito incrível.

Agradeço profundamente as minhas amigas Samona e Rayanne que, ainda que distante todos esses anos, se fizeram tão presentes. Cada palavra de carinho, cada incentivo dado foi determinante para que eu chegasse até aqui. Feliz de quem tem alguém, como eu tenho vocês.

Agradeço a todos os professores que indiretamente influenciaram na minha trajetória. Agradeço, em especial, ao Prof. Dr. Ricardo, por ter aceitado essa orientação.

Por fim, agradeço e dedico este trabalho a professora Dra. Shirlene Carmo, que sempre se mostrou presente durante boa parte do meu curso, desde o Projeto de Pesquisa às disciplinas. Sua dedicação e paciência foram cruciais para que eu me sentisse motivada durante meu trajeto e para que eu percebesse que, mesmo em meio a tantas adversidades, esse percurso valeria muito a pena. Sou grata por tudo e por todo conhecimento repassado.

RESUMO

A criminalidade é um fator que cresce exponencialmente acometendo todas as classes sociais e causando diversos impactos na sociedade. Dentro desse cenário, a criminalística surge com a finalidade de contribuir, por meio das suas diversas técnicas científicas, na elucidação de crimes. Nesse contexto, essa ciência criminal, vem ganhando destaque cada vez mais em função das suas diversas contribuições nas decisões judiciais. As ciências forenses, por sua vez, que compõem essas ciências criminais, constitui-se de diversas áreas científicas que ao se relacionarem entre si, apresentam sucesso ao final do laudo pericial. Assim, as técnicas e métodos científicos destas diversas áreas se apresentam como excelentes ferramentas para esse campo de atuação. A abordagem multidisciplinar das ciências forenses permite a interconexão de elementos comuns à todas elas que, em conjunto esclarece os fenômenos envolvidos durante um incidente criminoso, facilitando assim, as questões que permeiam o poder judiciário. Dessa forma o trabalho objetivou a realização de um estudo voltado as contribuições dos conceitos da ciência e tecnologia quanto as análises realizadas pela perícia. A metodologia da pesquisa tem caráter exploratório e uma abordagem quantitativa e qualitativa. Como resultados principais desse estudo, observa-se a presença de vários conceitos científicos em análises periciais, como por exemplo, a conceitos de física na balística forense, assim como, na perícia realizada em acidentes de trânsito. Em especial, conceitos da Mecânica Newtoniana possuem grande relevância em ambos os casos, uma vez que seu estudo está associado ao movimento, e é um dos critérios de suma importância avaliados em torno dessa matéria de investigação. Com relação a análise do padrão de manchas de sangue, o uso de relações trigonométricas proporciona a obtenção de dados fundamentais na cena do crime, como área de convergência e ponto de origem. Por meio de técnicas matemáticas é possível reconstruir eventos que culminaram na cena do crime observada. Portanto, conceitos científicos abordados de uma forma contextualizada, envolvendo temáticas como as ciências forenses, podem trazer grandes contribuições no ensino aprendizagem, pois além de permitir o desenvolvimento científico e uma maior integração entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, desenvolve o senso crítico e a elaboração de hipóteses para desvendar casos reais, conferindo assim, um caráter construtivista à temáticas das ciências forenses abordadas de maneira interdisciplinar.

Palavras-chave: Criminalidade. Ciências forenses. Hematologia forense. Balística forense. Acidentes de trânsito.

ABSTRACT

The crime is a factor that exponentially growth affecting all social classes and causing different impacts on society. Within this scenario, criminalistics emerges with the purpose to contribute through its various scientific techniques to elucidation of a crimes. In this context, this criminal science has been gaining in prominence due to its various contributions in court decisions. The forensic sciences that integrate these criminal sciences, are constituted by several scientific areas that when related to each other present success at the end of the expert report. Thus, the scientific techniques and methods of these different areas are presented as excellent tools to this expertise field. The multidisciplinary of forensic science allows the interconnection elements common to all of them, that together clarify the phenomena involved during a criminal incident, thus facilitating the issues that permeate the judiciary. Thus, the work aimed to carry out a study focused on the science and technology concepts contributions regarding the analysis carried out by expertise. The research methodology has an exploratory character and a quantitative and qualitative approach. As main study results, observed the presence of several scientific concepts in forensic analysis, for example, the physics concepts in forensic ballistics, as well as in the expertise performed in traffic accidents. In particular, Newtonian Mechanics concepts have great relevance in both cases, since their study is associated with motion and it is one criteria of the utmost importance evaluated on investigation. Regarding the pattern bloodstain analysis, the use of trigonometric relationships provides obtain of fundamental data as a convergence zone and origin point. Through mathematical techniques it is possible to reconstruct events that culminated in the crime scene observed. Therefore, the science concepts in a contextualized way involving themes such as forensic sciences, can bring great contributions to teaching and learning for besides allowing scientific development and greater integration between science, technology, society, and environment, develops critical sense and the elaboration of hypotheses to unravel real cases, thus giving a constructivist character to the themes of forensic sciences approached in an interdisciplinary way.

Keywords: Criminality. Forensic Sciences. Forensic hematology. Forensic ballistics. Traffic-accidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número e Taxa de Homicídios - Brasil. (2009 a 2019).....	22
Figura 2. Ângulo de impacto (α) com a qual a gota de sangue toca a superfície em questão.	31
Figura 3. Ângulo de direção (γ), a orientação da trajetória da gota	32
Figura 4. Marcação do ângulo de impacto (A); Colagem do fio ao chão na posição respectiva ao ângulo calculado (B); Produto final do método de stringing (C)	33
Figura 5. Vertentes da Balística Forense.....	34
Figura 6. Descrição do movimento do projétil em duas dimensões.....	37
Figura 7: Perfil de vários projéteis: a. Sólido; b. Camisa totalmente metálica; c. Semi-encamisado; d. Ponta oca semi-encamisada e. Núcleo endurecido; f. Tracejantes.	40
Figura 8: Modo de falha dos alvos.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C&T	Ciência e Tecnologia
UFs	Unidades Federativas
SUSP	Sistema Único de Segurança Pública
ONU	Organização das Nações Unidas
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
PF	Polícia Federal
PAV	Projétil de Alta Velocidade
PBV	Projétil de Baixa Velocidade
SIM	Sistema de Informação sobre Mortalidade
MS	Ministério da Saúde
CFs	Ciências Forenses
ACP	Pistola Colt Automática
LR	Rifle Longo
S&W	Smith e Wesson
MM	Milímetro
SPL	Smith & Wesson Especial

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
λ	Gama
%	Porcento
Δ	Delta
θ	Teta
$\int$	Integral
$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} x$	Limite
μ	Mi

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Influência do calibre da arma e do peso do projétil na velocidade e no alcance do disparo	41
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Métodos: área de convergência e área de origem.	47
Quadro 2: Conceitos utilizados na perícia envolvendo acidentes de trânsito.	49
Quadro 3: Principais conceitos abordados na trajetória de um projétil.	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Etapas de produção e metodologia do trabalho.....	20
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.2 Objetivo Geral	18
2.3 Objetivos específicos.....	18
3 METODOLOGIA	19
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
4.1 Criminalidade no Brasil.....	21
4.2 Criminalística	23
4.2.1 Surgimento da criminalística	24
4.3 Ciências Forenses	25
4.3.1 Sub-áreas das Ciências Forenses	26
4.3.2 Interdisciplinaridade das Ciências Forenses	27
4.4 Métodos de análise pericial	30
4.4.1 Hematologia Forense	30
4.4.1.1 Análise do padrão de manchas de sangue	31
4.4.2 Balística Forense.....	34
4.4.2.1 Balística externa	35
4.4.2.1.1 Determinação da velocidade inicial de um projétil.....	36
4.4.3 Perícia em Acidentes de trânsito.....	43
4.4.3.1 Cálculo da velocidade através das marcas de frenagem.....	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A criminalidade é uma catástrofe social que aflige a sociedade. Contudo é evidente observar que esta violência se volta, preferencialmente, as camadas mais baixas da sociedade. De acordo com relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU), a América Latina é um dos continentes onde o crime se apresenta de forma mais intensa (ONU, 2019). Em se tratando do Brasil, durante os últimos anos este fator vem crescendo exponencialmente, sobretudo nas grandes capitais, onde o crime se espalha com mais facilidade. Sobre este fato, a ONU ainda destaca que o Brasil está em segundo lugar como país com maior índice de homicídios.

Conforme ocorre o avanço da criminalidade, a sociedade adquire um sentimento generalizado de insegurança e impunidade, acometendo todas as classes sociais. Diante de tal realidade, as esferas governamentais visam cada vez mais aprimorar as Políticas de Segurança Pública, para então lidar com os diversos crimes revestidos de tecnologia.

A criminalística surge, motivada por meio de cenários como esse, com a finalidade de se inserir na sociedade por meio de suas técnicas científicas voltadas para a elucidação de crimes, o que faz com que, técnicas abusivas e sub-humanas, como a tortura, sejam deixadas para trás. Ao longo dos anos várias ciências foram surgindo dentro da área forense, permitindo a contribuição científica de vários estudiosos que com suas pesquisas originaram a ciência criminal da atualidade (CAVEDON, 2014).

Essa ciência criminal, comumente conhecida como “Ciência Forense”, é caracterizada pela sua interdisciplinaridade, na qual constitui-se por diversas áreas científicas, como a física, química, biologia, dentre outras, que se relacionam entre si com a finalidade de dar suporte ao alcance final da perícia e as conclusões atingidas nas investigações criminais (ARAGÃO, 2020). Em especial, diversos conceitos abordados dentro das ciências exatas e naturais ganham sentido nesse contexto, uma vez que, através da aplicação de cálculos, reações, características dos materiais, dentre outros, obtém-se elementos conclusivos acerca da investigação.

Com o progresso científico, o campo da ciência criminal passou a contar com excelentes ferramentas, oriundas do desenvolvimento das ciências como física, química, biologia, matemática, entre outras, corroborando no sentido de esclarecer e facilitar a conclusão de ações infratoras.

Nos dias atuais com o enorme desenvolvimento tecnológico e com a diversificação da prática criminosa, é inegável que o uso da ciência forense, por meio dos órgãos periciais, no campo judicial apresenta importante contributo, diante das suas técnicas de análises, podendo

reproduzir um determinado fato ocorrido e assim, chegar-se ao entendimento sobre o que de fato realmente ocorreu em um caso investigado. Permite a interconexão de elementos presentes em diversas ciências que, em conjunto, esclarece os fenômenos envolvidos durante o incidente criminoso e com isso, facilita as questões que permeiam o poder Judiciário.

A atuação de um perito forense (perito criminal) em uma investigação, consiste em reunir elementos através da aplicação do seu conhecimento técnico-científico de forma a observar se as evidências encontradas em uma determinada cena de crime, possam estar ou não relacionadas, e assim, obter informações relevantes que possam trazer a verdade sobre determinado caso. O exame pericial realizado por estes especialistas é demasiadamente importante, pois, colaboram com os investigadores na cena do crime realizam exames laboratoriais, elaboram relatórios e testemunhando como peritos em tribunal (DUARTE, 2009). Além disso, a recolha e preservação de todas as provas físicas encontradas na cena do crime decorre da vasta variedade da metodologia e técnicas forenses destes especialistas.

Em razão do aumento expressivo de criminalidade e dos seus diversos impactos que afligem a sociedade, é necessário aprofundar um estudo acerca da contribuição da perícia científica através de suas técnicas no combate ao crime. Diante do exposto, tem-se o seguinte questionamento: “Diante de tantas conclusões judiciais, como se dá e qual a contribuição da Ciência e Tecnologia (C&T) em uma perícia forense?”

Partindo dessa perspectiva, o presente trabalho tem por objetivo, avaliar as contribuições propiciadas pelo emprego de conceitos abordados dentro da C&T, no que tange as análises realizadas a partir de técnicas e métodos científicos nos casos periciais.

2 OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

Identificar por meio da multidisciplinaridade da Ciência Forense, conceitos e princípios da Ciência e Tecnologia relevantes no âmbito da investigação criminal.

2.3 Objetivos específicos

- Evidenciar o caráter prático da Ciência e Tecnologia, por meio de metodologias empregadas no âmbito da perícia criminal;
- Avaliar a importância da matemática nos cálculos envolvidos na análise do padrão de manchas de sangue;
- Avaliar a importância da física e matemática no estudo da trajetória dos projéteis;
- Avaliar a empregabilidade e aplicação prática dos conceitos da mecânica newtoniana em acidentes automobilísticos;
- Avaliar a contribuição dos conceitos das Ciências no ensino-aprendizagem.

3 METODOLOGIA

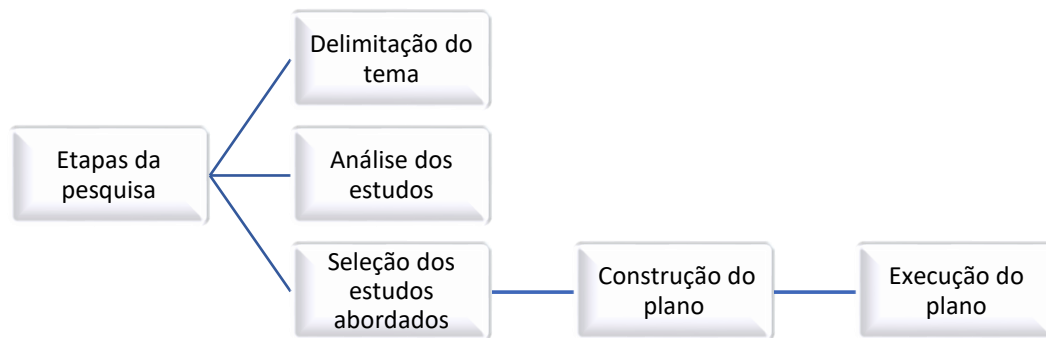
Segundo Zanella (2013) a metodologia consiste no estudo, por meio de um método, cuja função seja compreender e/ou explicar determinado tema.

A pesquisa detém preceitos de um estudo exploratório, cuja coleta de dados se deu por meio do levantamento bibliográfico. Zanella (2013) explicita que a pesquisa exploratória tem como objetivo, “ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno” além de explorar a realidade buscando maior conhecimento. De forma semelhante, Gil (2008) considera que o principal objetivo da pesquisa exploratória seria desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses para estudos posteriores. Para este trabalho foi realizada uma busca em teses, dissertações e monografias publicadas nos últimos 10 anos e posteriormente buscou-se filtrar trabalhos que trouxesse um melhor embasamento a esse estudo.

Quanto à sua natureza, a abordagem apresenta caráter quantitativo e qualitativo onde, Segundo Zanella (2013) a pesquisa quantitativa se configura por meio de amostras amplas e informações numéricas, enquanto que a pesquisa qualitativa, conforme define Gil (2008) é entendida como uma descrição narrativa de atividades que podem ser denominadas específicas.

O estudo busca compreender e explicitar a importância do emprego das ciências inseridas na Ciência e Tecnologia, e sua contribuição no campo da ciência criminal. Para isso, delimitou-se o tema em 3 seções da área de estudo da perícia criminal: Hematologia forense, com o estudo da análise do padrão de manchas de sangue, balística forense, visando o estudo dos projéteis lançados por arma de fogo e por fim, a perícia feita nos acidentes de trânsito. Este trabalho propôs exemplificar a atuação de um perito criminal diante de técnicas e conhecimentos atribuídos a C&T.

Gráfico 1: Etapas de produção e metodologia do trabalho.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Criminalidade no Brasil

De acordo com o IPEA (2020), a violência na sociedade brasileira constitui um traço estruturante da sua historiografia, sendo essa praticada através de instituições formais e simbólicas. O legado de violência remonta ao período colonial, momento em que a forma de violência intitulada foi além de exploração econômica, pois também moldaram as relações de poder, de concentração de propriedade e renda, além do desprezo relacionado a parcelas específicas da sociedade, cujos efeitos perduram até os dias atuais.

Embora a criminalidade tenha origem diversas no mundo todo, no Brasil, a violência é caracterizada como um problema estrutural fixo, onde, segundo o IPEA (2020), os efeitos desses elementos históricos institucionais, atrelados a processos de subalternização de povos e comunidades, estão enraizados em dinâmicas historicamente consolidadas em exploração econômica e social, que caracterizam o Brasil, e contribui para a explicação de conflitos e violência. Partindo da análise desse contexto, é inegável que fatores geográficos como crescimento populacional desenfreado e o processo abrupto de urbanização, iniciado em meados da década de 40, o comércio clandestino de armas de fogo e diversos outros fatores, também corroboram com a expansão desse índice de violência brasileira.

Sobre essa abordagem, no IPEA (2020), ainda é possível observar que diante de um contexto como esse, o crime se apresenta como uma atividade benéfico, pois o alto retorno das atividades ilícitas, juntamente com a baixa probabilidade de punição, atrai esses indivíduos da camada mais baixa da sociedade e caracteriza o crime como a única possibilidade de inserção desses indivíduos na sociedade e, sobretudo, de muitos jovens. Tal consequência ocorre em decorrência da falta de oportunidades laborais e educacionais, fatores esses que afetam diretamente a taxa de homicídios nos municípios brasileiros.

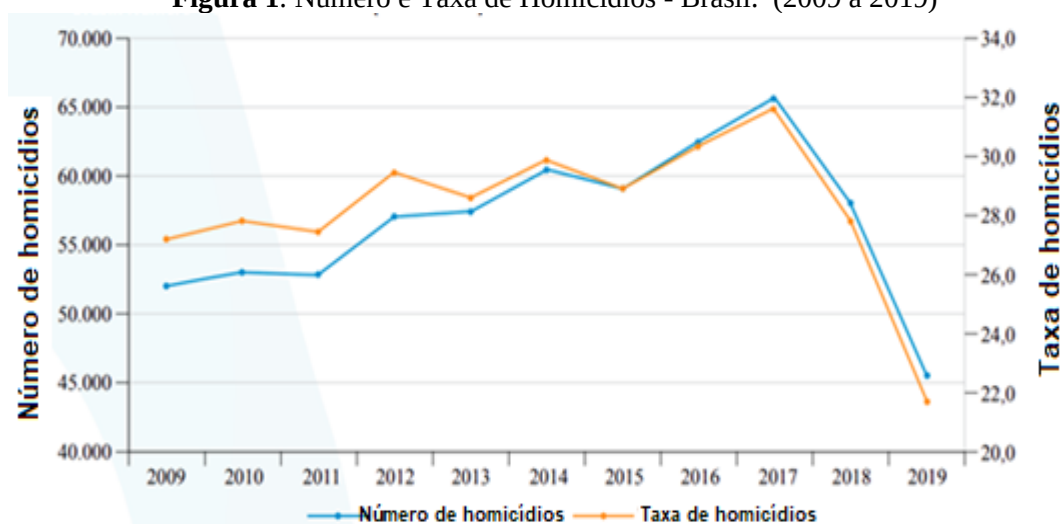
Em face a essa análise, no que se tange à distribuição etária da mortalidade por homicídios, conforme o relatório atual do IPEA (2021), os dados revelam que a violência contra a população jovem é a principal causa de mortes entre jovens brasileiros, o que concentra o maior número de mortes violentas, onde o autor destaca que em 2019, de cada 100 jovens entre 15 e 19 anos morreram no país por causa qualquer, das quais 36 foram vítimas de violência letal. E, entre aqueles que possuíam de 20 a 24 anos, 38 deles foram vítimas de homicídios a cada 100 óbitos, e, entre aqueles de 25 a 29 anos, foram 31. Ainda de acordo com os dados obtidos durante o relatório, dos 45.503 homicídios ocorridos no Brasil em 2019, cerca de 51,3%

vitimizaram jovens, sendo estas vítimas entre 15 e 29 anos, cooperando para as estatísticas de uma média de 64 jovens assassinados por dia no país.

A criminalidade que assola o Brasil é vista como uma epidemia que necessita ser combatida, tendo em vista os dados alarmantes. Além disso, deve-se levar em conta que esse processo epidêmico caracteriza na população um sentimento generalizado de impunidade e insegurança. De acordo com o IPEA (2020), em 2018, o Brasil atingiu o número de 57.956 homicídios, o que reflete em uma taxa de 27,8 mortes por 100 mil habitantes. Muito embora seja difundida em todo o território, ela tem alcançado índices bem mais alarmantes em determinados nichos sociais, como por exemplo, dos grandes centros urbanos.

Como apresentado na Figura 1, é interessante observar que embora esteja diante de dados alarmantes como os citados anteriormente, as taxas de homicídios nas Unidades Federativas (UFs) apresentaram queda. Entretanto, conforme os dados publicados pelo “Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2020” (FBSP, 2020) os boletins realizados pelas Polícias Civis indicam 47.742 mortes violentas intencionais no ano de 2019, valor superior ao que foi registrado pelo sistema do Ministério da Saúde. Diante disso, segundo a análise feita pelos registros oficiais do SIM/MS houve uma deterioração na qualidade dos registros oficiais e que, por esta razão, essa queda entre os anos de 2018 e 2019 deve ser vista com cautela (IPEA, 2021).

Figura 1: Número e Taxa de Homicídios - Brasil. (2009 a 2019)



Fonte: IPEA, 2021.

Embora não haja conformidade total entre os dados mostrados anteriormente, é inegável afirmar que tenha ocorrido uma queda no número de homicídios. Sobre tal fato, é possível verificar que há fatores que influenciaram nessa redução, ainda que mínima. Conforme

analisado no IPEA (2019) e IPEA (2020), três fatores contribuíram para essa diminuição nos índices de homicídios nas UFs durante décadas: o envelhecimento da população, como consequência da mudança do regime demográfico; o Estatuto do desarmamento; e a implementação de ações e programas qualificados de segurança pública.

Nessa perspectiva, a estrutura, os procedimentos e as rotinas das unidades investigativas influenciam fortemente na busca por solucionar os diversos casos criminosos. De acordo com o Fórum de Segurança Pública realizado em 2018, em algumas cidades brasileiras, por exemplo, homicídios qualificados como de fácil esclarecimento não chegam a ser investigados ou a investigação não é concluída. Nesse sentido, há uma relevância de se ter uma polícia criminal bem estruturada visando concluir com mais rapidez e garantir o sucesso na investigação de casos criminais.

Um dos eixos temáticos do Sistema único de Segurança Pública – SUSP é a estruturação e a modernização da perícia no Brasil. Com o desenvolvimento tecnológico dos dias atuais e a diversificação das práticas criminosas, os órgãos periciais usam de conhecimentos de diversas áreas, de técnicas emprestadas de outras ciências e disciplinas, a fim de realizar a investigação criminal por meio dos vestígios materiais.

Diante do progresso científico, o desenvolvimento de ciências como a física, química, biologia, e diversas outras áreas, passaram a contribuir efetivamente como excelentes ferramentas na produção de provas no cenário da investigação criminal, no sentido de esclarecer a dinâmica e autoria das ações delituosas e é dentro desse contexto que a justiça criminal ganha cada vez mais o seu espaço.

4.2 Criminalística

O combate ao crime demanda esforços incessantes das instituições responsáveis pela Segurança Pública, que precisam investir constantemente na criação e aperfeiçoamento de novas diretrizes capazes de lidar e reprimir os mais diversos atos delituosos com a máxima eficiência possível (VARGAS, 2012). É fato que a investigação criminal tem desempenhado duas funções críticas relacionadas à promessa estatal de segurança. A princípio, ela é a principal atividade que, de acordo com FBSP (2013) é a porta de entrada da justiça criminal e, segundo, desempenha um papel central na função de dissuadir a prática de crimes.

Dada sua dimensão simbólica, a investigação deve ser retratada como a forma mais efetiva de elucidar crimes e punir os criminosos. O principal órgão, cujo treinamento é voltado para o enfrentamento da criminalidade, é a Polícia Federal (PF) que, juntamente com o auxílio

das Polícias Cíveis e Militares, devem estar preparadas para lidar de maneira condizente com as situações criminosas que assolam a sociedade. Assim, visando oferecer respostas ágeis à todas as ações criminosas, as polícias devem estar preparadas para defrontar com crimes que vão desde os mais comuns àqueles revestidos de inovações tecnológicas (VARGAS, 2012).

Por essa razão é necessário que a esfera governamental gerencie cada vez mais estas organizações policiais, tornando-as cada vez mais ágeis e eficazes, de forma que os profissionais possam vir a cumprir seus desígnios, investindo sobretudo, na infraestrutura. Partindo dessa linha de raciocínio, Vargas (2012) afirma que diante do século XXI e das tendências que estão surgindo, não há outra forma de conceber uma instituição policial eficiente, sem atrelar esse fator a uma polícia bem equipada, munida de ferramentas apropriadas e com recursos humanos qualificados, que sejam capazes de permitir não só a execução, como também o planejamento de estratégias e táticas investigativas bem sucedidas.

Dentro dessa perspectiva, que engloba a modernidade tecnológica, eficiência e eficácia policial, a Criminalística, em toda sua abrangência, tem um papel relevante, pois é por meio dela que se pontua a materialidade do crime, atuando diretamente na geração de provas, isto é, em uma das principais atividades fins dos organismos policiais (VARGAS, 2012), além de materializar a atuação do criminoso, age também na produção científica de informações que serão fundamentais para a instrução de procedimentos e tomada de decisões.

4.2.1 Surgimento da criminalística

É certo que a primeira ciência a utilizar suas técnicas a serviço da justiça foi a medicina legal, uma vez que os primeiros indícios que remontam a relação entre a Medicina e o Direito refere-se à antiguidade. De acordo com Coêlho (2010) a primeira citação documental consta que as técnicas da medicina foram utilizadas em um exame cadavérico de uma vítima de homicídio, a qual refere-se à tanatoscopia realizada no cadáver do ditador romano Caio Júlio César. O principal objetivo da medicina legal, segundo Nogueira (2013), consiste no estudo voltado a prestação de serviços para a justiça, os quais estão ligados à investigação. Durante muito tempo a medicina era a única ciência responsável por resolver demandas de cunho legais.

Num momento posterior, os médicos legistas expuseram outras técnicas, tais como balística, identificação humana, interpretação de vestígios na cena do crime, o que fez com que passasse a utilizar análises químicas, físicas e biológicas, empregando conceitos científicos a favor da aplicação da lei. Nessa perspectiva é viável afirmar que os médicos legistas foram os

verdadeiros inventores do que chamamos, hoje, de Criminalística Moderna (VELHO, GEISER, & ESPINDULA, 2013).

É notório que a Criminalística e a Medicina Legal eram, de início, consideradas ciências unitárias, no entanto, com o aperfeiçoamento das ciências acabaram se desmembrando, uma vez que, segundo Velho, Geiser e Espindula (2013) a utilização destes conhecimentos se tornou cada vez mais amplos e, portanto, nascia a necessidade de obter um conceito que abrigasse todas as técnicas científicas na prestação de serviços da lei.

Surge assim, o conceito de criminalística, onde, ao que tudo indica teria início com Hans Gross, no final do século XIX, quando propôs que os métodos científicos fossem utilizados na resolução de crimes. Seus estudos sobre métodos científicos utilizados pela polícia e pelas investigações policiais foram extremamente importantes para o estudo da Criminalística. Com tal expansão, logo em 1908 surgiu o primeiro Instituto de Polícia Científica, localizado na França e atribuído pela Universidade de Lausanne. (GARRIDO & GIOVANELLI, 2009).

Ao longo das décadas, a Criminalística foi fomentada pelo surgimento de técnicas, aparelhos e instrumentos específicos das diversas áreas das ciências forenses, ainda que a princípio não tenham sido concebidos originalmente para fins forenses. Ao passo que estes conceitos se difundem, a criminalística acaba por se nutrir de metodologias advindas dos mais diferentes setores científicos (VARGAS, 2012).

Em seus estudos, Vargas (2012) ainda destaca a criminalística como sendo um ramo das Ciências Forenses que, em seu sentido mais amplo pode ser definida como um conjunto de ciências aplicadas à sistemas judiciais. Desta forma a criminalística assume caráter multidisciplinar justamente por assumir participações marcantes das mais diversas áreas científicas.

4.3 Ciências Forenses

As Ciências Forenses (CF), por outro lado, tiveram o seu início na academia, no entanto, durante sua fase de consolidação desvia-se da Universidade e se une ao Estado (NAVES, 2016), favorecendo às forças policiais. No Brasil, a CF surgiu de investigações individuais, por meio de Médicos Legistas, ainda dentro da Universidade. Todavia, fora tutelada por instituições policiais logo em suas primeiras décadas.

As CF atuam no processo de produção de conhecimentos de cunho científico e tecnológico em cada área das ciências naturais, cuja finalidade é a aplicação de conhecimento, métodos, técnicas científicas para investigações criminais, visando solucionar questões

científicas de cunho judicial. Todos estes conhecimentos científicos e tecnológicos são agrupados no sistema Criminalístico, o qual impõe regras de como aplicar esses conhecimentos de forma precisa e segura (VELHO, GEISER, & ESPINDULA, 2013). Assim, em virtude dos argumentos supracitados, conclui-se que qualquer área científica que seja empregada para responder questionamentos jurídicos de fins legais, é relacionada como um dos ramos das ciências forenses.

Atualmente, o ramo das CF consta com diversas áreas científicas, cuja atividade responsável pela aplicação de tais técnicas é a perícia criminal, onde, dentro deste contexto, ganha importância como área responsável por uma prova pericial concreta, tendo auxílio de fontes científicas e tecnologias ao seu favor (DAI, 2019).

4.3.1 Sub-áreas das Ciências Forenses

As diversas áreas que constituem as Ciências Forenses contribuem efetivamente no campo da investigação e apresentam como principal finalidade, produzir por meio da análise das evidências, o laudo pericial que servirá como prova técnica para auxiliar o juiz, já que este não possui conhecimento técnico para julgar tais provas. O laudo pericial é baseado na ciência e utiliza-se do progresso dinâmico a partir do auxílio de fontes científicas e tecnologias ao seu favor (DAI, 2019). Atualmente, consta com vários ramos de atuação, e compete a ela, enquanto operadores da ciência forense, a realização de exames em algumas áreas (FACHONE & VELHO, 2007), conforme visto a seguir:

- Balística Forense: consiste na identificação e análise de armas de fogo, munições, reprodução simulada do crime e confronto de projétil balístico.
- Química forense: trabalha na identificação de substâncias em amostras químicas, de forma a caracterizar e desenvolver novas metodologias de exames em drogas, bebidas, combustíveis e agrotóxicos.
- Genética forense: consiste nas análises de identificação genética em humanos, animais e vegetais. Nestes exames, o papel da perícia é identificar o material biológico deixado no local do crime.
- Toxicologia forense: identificação e/ou quantificação de substâncias em amostras biológicas, tais como: drogas em geral e entorpecentes.
- Hematologia forense: consiste no estudo e identificação de manchas de sangue e os padrões por ela projetados.

- Computação forense: identificação e análise de conteúdos sobre pirataria.
- Engenharia legal: verificação de análise de causas de desabamento, análise de estruturas e diferenciação de um incêndio criminal ou acidental.
- Acidentes de trânsito: verifica a natureza e a relação causal de um determinado acidente de atropelamento, colisão e capotamento.

4.3.2 Interdisciplinaridade das Ciências Forenses

O estudo de ciências no Brasil, ao que tudo indica, não oferece suporte necessário para a inserção de um conteúdo prático em sala de aula, pois em sua grande maioria, estes estudos baseiam-se unicamente em uma metodologia do tipo tradicional, realizada por meio de uma aula expositiva. Esse método não corrobora com o aprimoramento do pensamento crítico e analítico dos alunos, isto é, os estudantes acabam não compreendendo sobre a empregabilidade dos conceitos das ciências e aplicabilidades tecnológicas que permeiam suas vidas (SOUZA, 2016).

De acordo com Galagovsky e Bizzo (2005; 2002, apud SOUZA, 2016) “esta realidade educacional não gera expectativa por partes dos estudantes” pois, muitas vezes o ensino convencional torna-se monótono e enfadonho, o que dificulta o processo de aprendizagem dos estudantes em compreender tópicos específicos (ROCHA, GARRIDO, & GARRIDO, 2014) e reflete no desinteresse pelo que aprendem.

Normalmente nota-se diversos questionamentos por partes dos alunos, tais como “em que momento irei utilizar esse conteúdo?” e “de que forma irá me servir?”, as respostas para essas indagações, segundo Rocha, Garrido e Garrido (2014), podem ser resolvidas a partir de diferentes abordagens ativas de ensino e aprendizagem, por meio do ensino de ciências mais contextualizado e interdisciplinar, fazendo com que os alunos compreendam e entendam o que estão aprendendo, e, de que forma esses aprendizados lhes serão úteis para resolver problemas do seu cotidiano (SOUZA, 2016).

Nesse sentido, Souza (2016) afirma que o desenvolvimento de temas transversais como Ciência Forense e Investigação Criminal aparece como uma possibilidade de relacionar o que se aprende na escola com o que está além dela, fazendo com que haja uma integração de diversas disciplinas. Em conformidade com essa ideia Carmo, Souto e Silva (2021) afirmam que a busca incessante pela melhoria do ensino educacional pode ter a contribuição das Ciências Forenses, pois além de permitir o aprendizado de conceitos básicos, também fornece auxílio na

aprendizagem com base na pesquisa construtivista, convergindo para o desenvolvimento do pensamento crítico.

Os conhecimentos prévios adquiridos nas ciências básicas, quando aliado aos demais segmentos científicos, trazem diversos benefícios em prol da resolução de crimes. A física, por exemplo, pode ser empregada na perícia de acidentes automobilísticos na busca por elementos que possam justificar as causas que motivaram o acontecimento. A utilização de conceitos oriundos da mecânica clássica fornece auxílio na compreensão da dinâmica do acidente em questão, ao tratar questões como força de atrito, momento linear e torque em um processo de frenagem para que o veículo não venha a colidir. Além de elencar-se conceitos das leis de Newton, o que permite compreender por meio da lei da ação e reação a posição dos indivíduos envolvidos após a colisão.

Em linhas gerais, a perícia realizada em acidentes de trânsito possui em meio as diversas justificativas, conceitos advindos da física, sendo esta, a principal ciência que visa solucionar e esclarecer os fatos do referido acidente. Por esse lado, percebe-se a sua relevância por meio do emprego não só das técnicas como também dos conceitos que embasam toda a análise pericial.

Desse modo, a física aparece com o intuito de explicar e fundamentar, perante os conceitos físicos, os acontecimentos ocorridos. Em ressonância com essa ideia, é notório que há um viés matemático, cuja interdisciplinaridade pode ser observada dentro deste contexto, pois a contribuição matemática nesse âmbito busca dar suporte a investigação ao retratar por meio das suas angulações a orientação e posição do veículo antes e após a colisão. Com isso, é possível definir qual tipo de colisão ocorreu e a que distância e ângulo, os veículos vieram a colidir. Assim, enquanto a física por meio dos seus conceitos visa fundamentar as causas, a matemática tem como objetivo principal comprovar os resultados, por meio de suas expressões, ângulos e fórmulas.

Sobre essa interdisciplinaridade, a ciência Química também se apresenta com grande contribuição em diversas áreas, em especial, no contexto da balística forense que analisa o cometimento de crimes envolvendo o uso de armas de fogo. A termodinâmica química, tem por finalidade dar a explicação de como o projétil se comporta ainda dentro do cano da arma, após o disparo os preceitos químicos deixam de serem analisados e a abordagem se volta às técnicas e análises físicas. Interessante notar que, a química referente a balística forense, tem um papel demasiadamente importante, pois a termodinâmica do estudo dos gases consegue definir o tipo de propelente que deve ser utilizado em cada arma e suas mais diversas reações

Dada a importância sobre o esclarecimento dos crimes de homicídios, a hematologia forense é a área que mais ganha destaque nos casos investigativos, haja vista que por meio de

suas vertentes, é capaz de realizar o estudo das manchas de sangue e identificar o padrão que sucederam os acontecimentos. O padrão de manchas de sangue, no que lhe toca, pode ser observado em conjunto com outras ciências, uma vez que, ao utilizar-se da trigonometria para identificar a área de convergência e divergência, abrange não só conhecimentos técnicos matemáticos, como também da computação em si, pois, segundo Dias e Carvalho (2018) a computação de imagens juntamente com conhecimentos matemáticos promove a reconstrução dos eventos físicos que culminaram na cena de crime observada.

É possível verificar que os conceitos empregados na resolução desses casos, em sua totalidade, levam em consideração diversas áreas do conhecimento, por abordar conceitos científicos numa proposta interdisciplinar. Fatores como esses conferem as CF o seu caráter multidisciplinar, tornando visível e comprovado essa característica.

A contextualização de temas como esse, segundo Rocha, Garrido e Garrido (2014) poderia estimular ainda mais o ensino-aprendizagem dos estudantes, porém, só seria possível se fosse considerado a implementação de aulas práticas de Física, Química e Biologia. Miranda *et al.* (2010) em concordância com essa ideia, afirma que as aulas práticas das ciências básicas estimulam a persistência e busca de informações, assim como corrobora com a fidelidade à verdade no trabalho de investigação. Além disso, o contexto amplo também tende a interligar diversas áreas do conhecimento, tais como ciências, matemática, física, medicina e engenharia, o que torna o ensino ainda mais interdisciplinar (CARMO, SOUTO, & SILVA, 2021).

Diante dessa discussão em torno da interdisciplinaridade é válido ressaltar de que maneira o estudo da ciência aliado a ferramentas tecnológicas podem contribuir ao estudo desses temas transversais. Dentro desse contexto, tem-se o desenvolvimento científico tecnológico, o qual marcou o século XX, pois fora tido como o momento em que a imagem da ciência e tecnologia passou a ser considerado ferramenta chave na transformação do dia a dia da sociedade. Naturalmente, as transformações tecnológicas e científicas incidiram positivamente nas relações sociais. Em contrapartida, estes novos conhecimentos de C&T permitiram o aumento de vários tipos e forma de crimes (FACHONE & VELHO, 2007).

Dessa forma, conforme citado por Fachone e Velho (2007), a relação de C&T com a Ciência forense apresenta como finalidade, solucionar questões relativas ao âmbito do sistema de segurança pública e justiça criminal por meio de conceitos abordados nas diversas áreas das ciências.

4.4 Métodos de análise pericial

A parte mais crítica de uma perícia é realizar a análise da cena do crime, pois é neste ambiente em que se verifica a dinâmica dos fatos, tais como: a hora que ocorreu; que tipo de armamento provocou o ferimento; de que forma a vítima estava disposta no momento em que ocorreu crime; com base na forma que as evidências foram encontradas, qual sequência de fatos foi seguida?

Bandyopadhyay (2018) elucida que o estudo das evidências na cena do crime é baseado, sobretudo, no princípio de troca de *Locard*, o qual afirma que “cada vez que um indivíduo faz contato com outra pessoa, lugar ou coisa, resulta em uma troca de materiais físicos”. Este conceito compreende que o local do crime pode ser conceituado das mais diversas formas, podendo abarcar informações valiosas concernentes ao fato ali ocorrido e que, por sua vez devem ser analisados para que possam detalhar importantes informações sobre os respectivos fatos na cena do crime. Essas informações segundo Guazzelli (2018) podem ser subjetivas ou objetivas, sendo a primeira relacionada às testemunhas, enquanto que a segunda concerne sobre os vestígios deixados na cena do crime.

4.4.1 Hematologia Forense

A hematologia forense é um ramo das ciências biológicas que estuda as manchas de sangue em uma cena de crime. Segundo Gomes (2019) a hematologia forense subdivide-se em duas grandes áreas: Hematologia Forense Reconstitutora e a Hematologia Forense Analítica. O que distingue essas duas vertentes é o objetivo final da análise, cabendo a hematologia reconstitutora inferir a dinâmica dos fatos com base nas manchas de sangue, enquanto que a outra vertente tem o objetivo de identificar e caracterizar o que e quem gerou a referida mancha (GUAZZELLI, 2018).

A hematologia reconstitutora estuda a determinação dos mecanismos de produção das manchas de sangue (GUAZZELLI, 2018). A análise dos padrões de manchas de sangue necessita de alguns cálculos minuciosos para reconstruir as ações da vítima e até mesmo as suas motivações. Dado o exposto, o estudo da hematologia forense voltado para a reconstrução da cena do crime, tem importante contributo na perícia criminal. Portanto, este estudo busca fundamentar por meio dos diversos padrões encontrados em uma cena do crime, as formas com que os conceitos de C&T auxiliam nessa área.

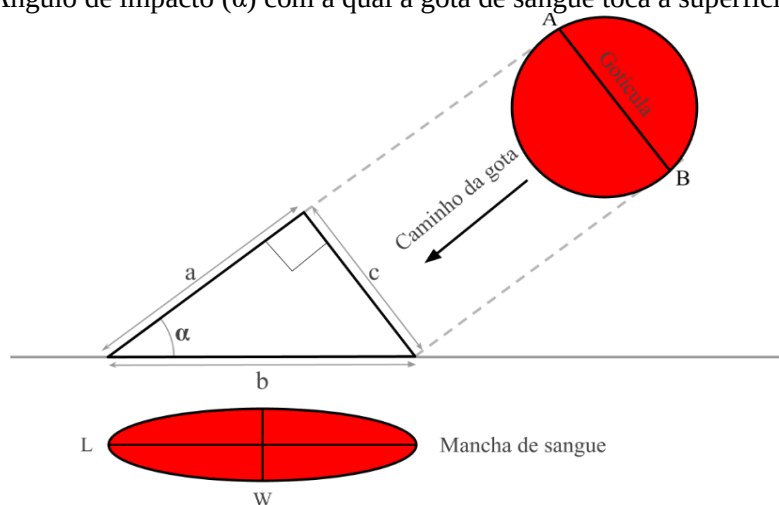
4.4.1.1 Análise do padrão de manchas de sangue

Dentre as análises que comumente podem ser realizadas acerca dessa evidência, o estudo de padrão da mancha apresenta-se como vestígios completos, sendo capazes de fornecer informações da dinâmica dos fatos e da autoria do crime, onde ainda em concordância com Guazzelli (2018) são passíveis de responder às principais perguntas: o que? quem? quando? por quê? como? onde? e com que auxílio?

Ao realizar uma análise de uma mancha de sangue, através de alguns cálculos e observações minuciosas, um perito pode obter informações precisas acerca da forma e da sucessão dos eventos que fizeram com que a mancha fosse depositada daquela forma. Ao se desprender e entrar em contato com a superfície, as manchas de sangue podem adquirir tamanhos e formatos diferentes. Assim, a partir das análises é possível prever que determinada mancha é reflexo da qualidade de uma superfície, por exemplo (GUAZZELLI, 2018).

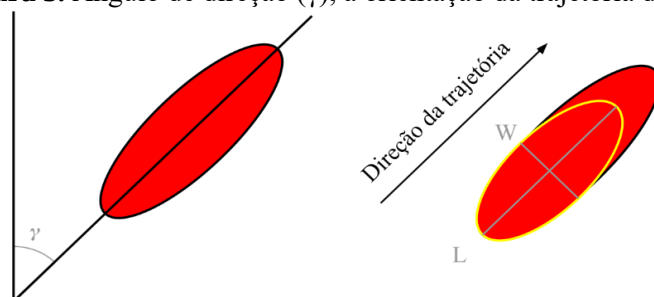
Logo, os resultados dessa análise ajudam a descrever a série de eventos sucedidos na altura do crime, como questões de que tipo de arma foi usada contra a vítima, onde a mesma estava posicionada e, se no momento do ataque alguém a movimentou. Para isso é necessário definir a origem do sangue, em que, para tal análise é importante as seguintes informações geométricas: seu ângulo de impacto (α), o ângulo em que a gota de sangue toca a superfície em questão e seu ângulo de direção (λ), a orientação da trajetória da gota (DIAS & CARVALHO, 2018), conforme apresentados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2. Ângulo de impacto (α) com a qual a gota de sangue toca a superfície em questão



Fonte: adaptada (Dias & Carvalho, 2018).

Figura 3. Ângulo de direção (γ), a orientação da trajetória da gota



Fonte: adaptada (Dias & Carvalho, 2018).

A análise geométrica da cena do crime é altamente relevante, pois o estudo dessas manchas de sangue fornece informações necessárias para a reconstrução parcial/total da cena do crime (BANDYIOPADHYAY, 2018), além de torna-se relevante na diferenciação entre um cenário de morte natural ou de morte violenta (NOGUEIRA, 2013).

De acordo com a Associação Internacional de Analistas de Padrão de Mancha de Sangue (IABPA), um padrão de mancha de sangue é definido como um agrupamento ou distribuição de manchas de sangue que indicam por meio de forma regular ou repetitiva, a ordem ou arranjo da maneira pela qual o padrão foi depositado (IABPA, 2009). Ao se tratar de uma reprodução simulada da cena do crime, o objetivo máximo da análise pericial vai além de um levantamento prévio desses padrões, pois é necessário efetuar o cálculo da área de convergência e, a partir dessa, determinar o ponto de origem. Chama-se à atenção para os padrões demasiadamente importantes, aqueles cujo ferimento foi causado por impacto, isto é, aqueles que são criados por pancadas, objetos contundentes ou perfurantes (NOGUEIRA, 2013).

A área de convergência é aquela que contém todas as interseções criadas a partir do eixo mais longo (comprimento) de todas as manchas individuais (NOGUEIRA, 2013) e conforme afirma Camana (2018), seu cálculo requer a análise de ângulos de impacto de cada gota de sangue, uma vez que a gota ao colidir em um plano gera uma mancha de sangue cuja formato remete a uma forma elíptica. Assim, para determinar a área em que as manchas convergem, é necessário o perito definir, em meio a cena do crime, quais manchas constituem um padrão, onde segundo Nogueira (2013) devem conter as seguintes características:

- Encontrarem-se em superfícies verticais;
- Não serem muito pequenas e nem grandes demais;
- Demonstrarem uma direcionalidade e proveniência da mesma direção.

Baseado nos estudos realizados por Camana (2018) a partir da proporção dos eixos da elipse, o ângulo de impacto pode ser encontrado através da fórmula trigonométrica na Equação 1.

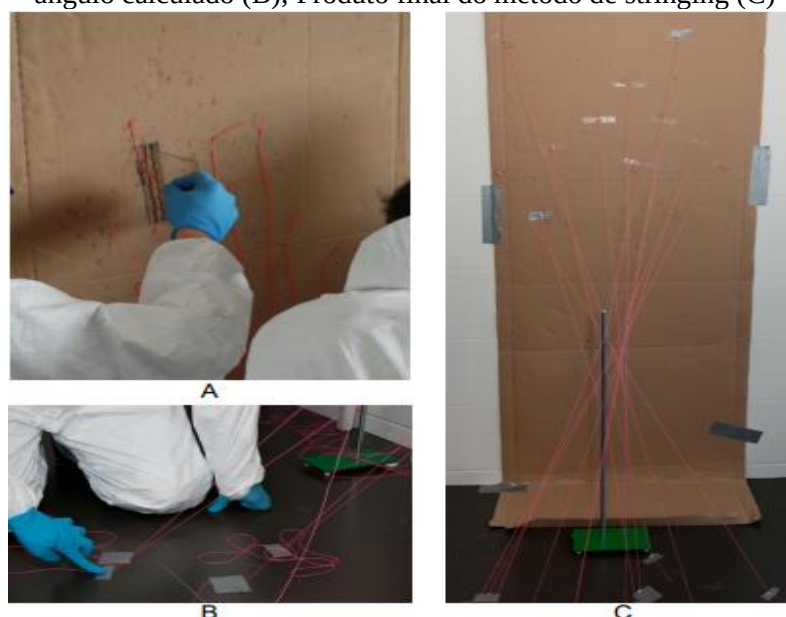
$$\sin \alpha = \frac{W}{L} \Leftrightarrow \alpha = \sin^{-1} \left(\frac{W}{L} \right) \quad (1)$$

De acordo com Dias e Carvalho (2018) o ângulo α se refere ao ângulo entre o plano de impacto e a tangente à trajetória no ponto de impacto, na qual W representa a largura máxima da mancha de sangue elíptica e L representa o seu comprimento.

O método utilizado para a resolução da área de origem é conhecido como *stringing* (Figura 4) ou método das cordas, onde é necessário: instrumento de medição, fios coloridos, fita adesiva e calculadora, para medir os ângulos de impacto. Assim, para calcular os ângulos de impacto de acordo com a Eq. 1, será necessário encontrar a largura e o comprimento das elipses que melhor se aproximam da mancha de sangue em questão, uma vez que a área de origem é determinada por meio da interseção de todos os fios, sendo a área de convergência com o acréscimo da dimensão altura.

Dessa forma, para cada padrão encontrado em cena, é analisado os seus maiores e menores eixos. O comprimento desses eixos, quando aplicados na equação genérica de uma elipse, define matematicamente qual a melhor elipse que representa o espargimento de sangue analisado, e somente a partir disso, é possível calcular o ângulo alfa da mancha de sangue encontrada (DIAS & CARVALHO, 2018).

Figura 4. Marcação do ângulo de impacto (A); Colagem do fio ao chão na posição respectiva ao ângulo calculado (B); Produto final do método de stringing (C)



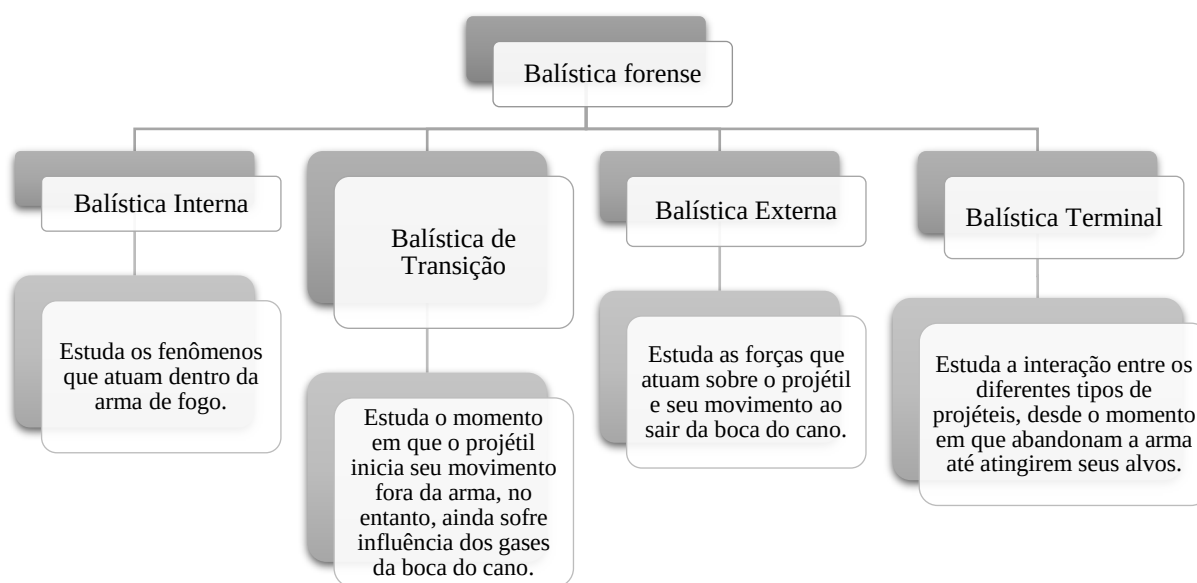
Fonte: (Nogueira, 2013)

4.4.2 Balística Forense

A Balística Forense, como subárea das Ciências Forense, tem o seu estudo voltado para as armas de fogo, os projéteis e seus movimentos. Martins (2010) a define como sendo “a ciência que estuda o deslocamento dos projéteis desde a arma até o alvo”. De acordo com Silva (2013), a mecânica é área responsável pelo estudo do movimento dos projéteis, as forças envolvidas, trajetória e efeitos finais. Isto é, é a disciplina que se dedica ao estudo das armas de fogo, suas diferentes munições e efeitos produzidos. Muito embora seja um conteúdo técnico, os conceitos dessa disciplina têm finalidade jurídica, podendo causar a condenação ou absolvição do réu (SILVA, 2013).

Em seus estudos, Fernandes (2019) elucida a balística como uma área científica que se divide em quatro grandes ramos, conforme pode visto na Figura 5.

Figura 5. Vertentes da Balística Forense.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A balística de transição, de acordo com Carlucci e Jacobson (2008) diz respeito ao estudo que engloba o período em que inicia o movimento do projétil fora da arma de fogo, entretanto, ainda sofre influência dos gases que saem da boca do cano. O autor ainda explicita que a balística externa, por sua vez, refere-se ao período em que o projétil deixa de estar sob influência dos gases da boca do cano e passa a se movimentar no ar até o momento em que atinge o alvo. Este ramo da balística se dedica ao estudo da velocidade do projétil, as propriedades físicas, as dinâmicas, o tempo de voo do projétil, a trajetória esperada do projétil e o ângulo (Carlucci e Jacobson, 2008).

De acordo com Fernandes (2019), a balística terminal busca estudar esta interação entre o projétil e o alvo, nesse estudo é possível determinar a velocidade do projétil e a falha do material no momento em que tem o impacto. Nas palavras de Carlucci e Jacobson (2008) o estudo da balística terminal abrange a mecânica da penetração por trás dos efeitos da armadura, padrões de pulverização de fragmentos e letalidade associada, assim, ele define que os efeitos terminais provocados pelos projéteis, quando estes atingem o alvo, diz respeito ao estudo da balística terminal, sendo que estes dependem do formato e do desígnio do projétil.

Munido desses conceitos, é possível identificar qual tipo de armamento foi utilizado durante a cena do crime, pois conforme destaca Silva (2013), os detalhes que possuem maior relevância é a velocidade e o peso do projétil. Sobre a penetração Fernandes (2019) explica que projéteis cujas velocidades sejam iguais, não terá o mesmo efeito no momento de impacto, uma vez que irá depender de outros fatores, inclusive da massa do projétil. Segundo afirma Coupland *et al.* (2011) a profundidade da penetração não depende unicamente do calibre, mas sim da sua densidade transversal.

Os mesmos autores explicam ainda que outro fator importante nesse contexto é o estudo da velocidade limite que, segundo aponta Carlucci e Jacobson (2008), diz respeito a velocidade mínima necessária para que o projétil derrote seu alvo; ou seja, ainda que o projétil viaje a uma velocidade limite inferior, este, não será capaz de derrotar o alvo, pois há diversos fatores que influenciam nessa velocidade limite, tais como: a dureza do material, a densidade do projétil e o formato da ponta do projétil.

A balística experimental é o nome dado ao estudo dos métodos de mensuração das quantidades e constantes numéricas que norteiam os cálculos balísticos teóricos, ou seja, é dentro da balística experimental que está incluído o estudo da determinação das velocidades iniciais e dos alcances dos projéteis (ALMEIDA JUNIOR, 2017).

4.4.2.1 Balística externa

A Balística Externa embora seja uma área antiga em atuação, anteriormente era vista como uma arte, já que o primeiro exemplo da balística externa foi o lançamento de uma pedra. Em seguida, veio o arco, que a partir da extensão da sua palavra (*baw*), originou-se o termo “balista” e mais tarde passou a ser reconhecida como “*ballistics*” (LOURENÇO, 2019). Por esta razão a balística externa ainda não havia sido formulada como uma ciência, seu desenvolvimento iniciou-se com o trabalho de Leonardo da Vinci, onde houve o desenvolvimento inicial da engenharia aplicada aos diferentes mecanismos lançadores. Dentre

alguns conceitos inerentes a esse estudo, a Mecânica Clássica apresenta-se com grande destaque pela sua importância.

Ao que tudo indica, Isaac Newton foi um dos fundadores da balística externa como ciência, com a contribuição do postulado das leis de Newton, a qual refere-se ao estudo associado ao movimento. Basicamente essa ciência se detém ao estudo do projétil quando este sai da boca do cano e deixa de ser influenciado pelos gases advindos da boca do cano (LOURENÇO, 2019). Nesta fase, conforme esclarece Lourenço (2019) os fatores que atuam em primeiro instante são a resistência do ar e a gravidade, por conseguinte, os fatores secundários que incidem seriam as propriedades intrínsecas ao próprio projétil, são elas: a massa, o calibre e a geometria; e além destes fatores, há também a interferência da densidade do ar, a velocidade do vento e a temperatura (LOURENÇO, 2019).

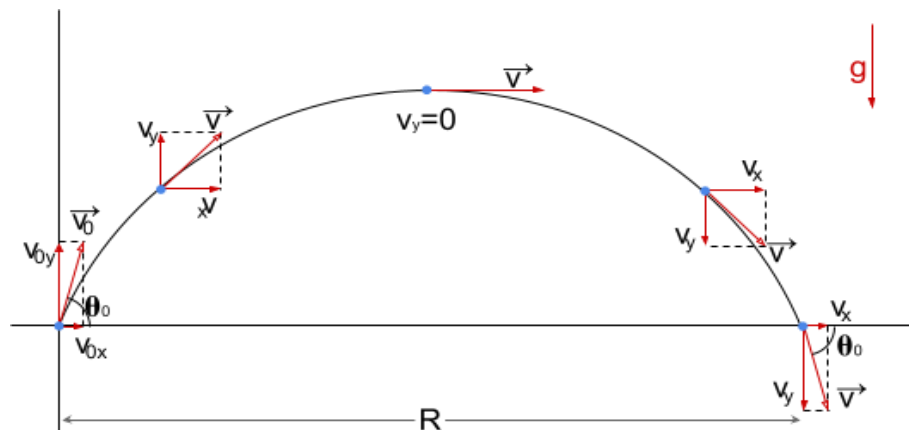
4.4.2.1.1 Determinação da velocidade inicial de um projétil

Ao sair pela boca do cano da arma de fogo, o projétil é animado com uma certa velocidade, que por simplificação, é definida como a velocidade inicial (origem), muito embora isso não seja exato devido a atuação dos gases que geram um certo impulso nos primeiros instantes. Hoje, a mensuração da velocidade inicial é feita por aparelhos cronógrafos, os quais são utilizados por garantir maior precisão na determinação dessas velocidades em pequenos intervalos de tempo (ALMEIDA JUNIOR, 2017). O comportamento dos projéteis, em termos de velocidade, alcance, trajetória e precisão, dependem não só das características da arma, como também da munição utilizada (SANTOS, 2011).

O comportamento do projétil até o momento em que atinge o alvo, se dá por uma razão física, onde a partir do estudo da movimentação do projétil é possível extrair informações sobre toda a trajetória, desde sua direção vertical à horizontal, como também sua velocidade. O movimento dos projéteis em função das coordenadas x e y , isto é, horizontal e vertical, podem ser analisados de maneira independente. Assim, o movimento balístico pode ser estudado como uma combinação de ambos os movimentos.

O lançamento de um projétil é entendido por meio do movimento em duas dimensões, onde, em cada parte do movimento tratará de duas maneiras distintas de avaliar a dinâmica do movimento dos projéteis, conforme demonstrado no Figura 6.

Figura 6. Descrição do movimento do projétil em duas dimensões.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando o Figura 6 e realizando um comparativo com um projétil que sai do cano da arma, consegue-se inferir que o mesmo sai com uma velocidade inicial estimada como V_0 e que à medida que sofre elevação, decorrente da angulação projetada pela próxima arma de fogo no momento do disparo, o projétil desacelera por conta da gravidade e tem sua aceleração crescente até atingir o solo.

O comportamento do projétil é dividido em movimento uniforme, em relação ao eixo x , e o movimento uniformemente variado, em relação ao eixo y . Temos, nesse caso, duas componentes do movimento que ocorrem simultaneamente. O lançamento, como pode ser visto na Figura 5, descreverá uma trajetória parabólica no plano como resultante da composição dos dois movimentos.

O lançamento do projétil quando lançado na direção do movimento vertical, assume uma aceleração constante, dirigida para baixo. Essa componente compreende a definição do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), pelo fato de que o projétil está sujeito à aceleração gravitacional. Então, a formulação para este tipo de movimento pode ser visualizada na Equação 2.

$$v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0) \quad (2)$$

Onde, V_y = Velocidade final;

V_0 = Velocidade inicial;

$\text{Sen} \theta$ = Ângulo realizado com a componente vertical y ;

$y - y_0$ = A variação ocorrida na altura, isto é, no eixo y ;

g = Aceleração da gravidade.

Na componente horizontal, a equação que descreve seu movimento é a Equação 3. Nesse tipo de movimento, a componente horizontal é associada à mudança de posição do projétil. As características desse movimento são condicionadas pelo Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), onde a velocidade é constante e a aceleração é zero.

$$x - x_0 = (v_0 \cos \theta_0) t \quad (3)$$

Onde, $x - x_0$ = A variação da distância no eixo x;

v_0 = A velocidade inicial no eixo x;

$\cos \theta_0$ = Ângulo da trajetória x.

Para encontrar a velocidade inicial do projétil é necessário realizar o somatório das componentes de velocidades de ambos os movimentos, assim demonstrado na Equação 4

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j} \quad (4)$$

Onde, $\vec{v}_0$ = Vetor velocidade inicial;

$v_{0x}\hat{i}$ = Velocidade em função do vetor unitário direcionado para a coordenada x;

$v_{0y}\hat{j}$ = Velocidade em função do vetor unitário direcionado para a coordenada y.

Para encontrar a equação da trajetória do movimento do projétil, tal qual descrita pela Equação 5, basta substituir uma equação na outra, assim eliminando a variável do tempo.

$$y = (\tan \theta_0) x - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2} \quad (5)$$

Onde, y = A trajetória;

$\tan \theta_0$ = Ângulo tangente à trajetória;

x = A distância compreendida no eixo x;

$\cos \theta_0$ = Ângulo da trajetória y

O alcance horizontal máximo ocorre quando o projétil é lançado a 45°, ou seja, quando 2θ é máximo, conforme demonstrado na Equação 6. Esse alcance máximo é a distância percorrida pelo projétil até voltar à altura de onde foi lançado. No lançamento desses projéteis, fatores externos como resistência do ar incide fortemente no movimento, pois os efeitos do ar

são capazes de reduzir o alcance máximo, a altura máxima e o tempo de voo do projétil. Contudo, importante salientar que as equações aqui demonstradas, levam em consideração os efeitos do ar como sendo desprezíveis.

$$R = \frac{v_0^2}{g} \text{sen}2\theta_0 \quad (6)$$

Onde, R = Alcance horizontal;

V_0 = Velocidade inicial;

$\text{Sen}2\theta_0$ = Ângulo máximo alcançado.

Fernandes (2019) afirma que os projéteis não dependem unicamente da munição utilizada, como também de características da arma. O autor ainda expõe que os projéteis são subdivididos em categorias, as quais definem a dinâmica do projétil quando em contato com o material. Os projéteis subdividem nas seguintes categorias de penetração:

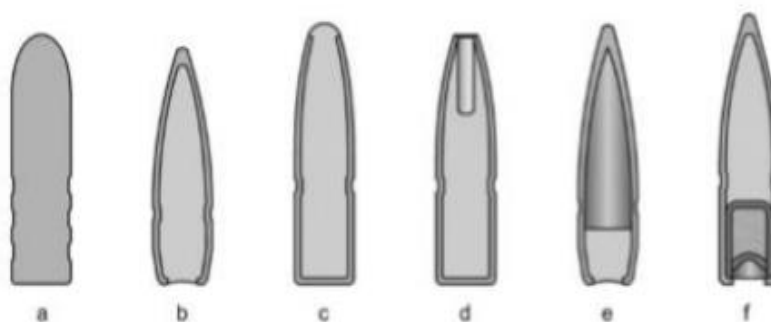
- Shape stable bullets (balas estáveis): projéteis que mantêm a sua forma no alvo, perdendo pouca massa;
- Deforming bullets (balas deformadoras): projéteis que se deformam quando atingem o alvo, perdendo uma pequena porcentagem de sua massa;
- Fragmenting bullets (balas fragmentáveis): projéteis que se fragmentam à medida que atravessam o alvo.

E quanto ao tipo de projétil, se subdividem da seguinte forma:

- Projéteis sólidos: são projéteis constituídos apenas por um tipo de material;
- Projéteis encamisados: são projéteis com núcleo, que geralmente é coberto por outro material, chamado de camisa. Dentro dessa categoria estão os projéteis do tipo full-metal jacketed (camisa totalmente metálica) que são envoltos por um núcleo completo. Projétil semi-jacketed (semi-encamisado) tipo de projétil que deixa a ponta descoberta. Semi-jacketed hollow point (ponta oca semi-encamisada) tipo de projétil em que a ponta é oca;
- Projéteis de núcleo endurecido: são projéteis com núcleo mais duro, que são utilizados para penetrar materiais mais duros;
- Projéteis tracejantes: são o tipo de projéteis que possuem uma carga pirotécnica durante o voo, o que torna visível o seu trajeto.

Para Coupland et al. (2011) nem sempre estes projéteis se encaixam em alguma dessas definições, uma vez que o comportamento diante do impacto depende não só do seu formato, Figura 7, como também da velocidade e do alvo em si. Evidentemente que a velocidade de penetração é uma variável extremamente importante nesse estudo, e por essa razão é importante salientar o momento em que as velocidades são classificadas como altas ou baixas. Um projétil tem sua velocidade baixa, quando for inferior a 500 metros por segundo (m/s), por outro lado, obtém sua velocidade média quando o projétil atingir velocidade médias entre os 500 e 2000 m/s; e velocidades altas quando estes apresentarem acima de 2000m/s.

Figura 7: Perfil de vários projéteis: a. Sólido; b. Camisa totalmente metálica; c. Semi- encamisado; d. Ponta oca semi-encamisada e. Núcleo endurecido; f. Tracejantes.



Fonte: (Coupland et al., 2011)

Em relação à forma, os projéteis bi ogivais (parte anterior em ogiva, a posterior de forma troncocônica ou ogival e a parte média cilíndrica) tem vantagens em detrimento dos demais formatos, por permitir uma melhor conservação da velocidade inicial, uma diminuição da resistência e um maior poder derrubante (SANTOS, 2011). Comparando os projéteis de alta e de baixa velocidade, Martins (2010) explica que os projéteis são divididos em dois grupos: Projéteis de alta velocidade (PAV) e projéteis de baixa velocidade (PBV). Os projéteis são nomeados com alta velocidade quando produzem uma onda de choque com pressão de até sessenta atmosferas, o que implica em uma viagem mais rápida e precede sua ação de perfuração, abrindo caminho através dos tecidos e podendo provocar lesões adjacentes à trajetória do projétil. Enquanto que um projétil de baixa velocidade é característico pelo seu dano de perfuração que é produzido pelo contato direto do projétil.

Quanto à massa, conforme afirma Santos (2011) recomenda-se projéteis leves para uso em pequenas distâncias – sendo este com maior velocidade inicial, porém sofrendo grande retardamento e projéteis mais pesados para distâncias longas. Na Tabela 1 é possível observar a relação do calibre de diferentes armas de fogo e o peso do projétil com as suas respectivas velocidades iniciais.

Tabela 1. Influência do calibre da arma e do peso do projétil na velocidade e no alcance do disparo

CALIBRE	PESO DO PROJÉTIL (GRAINS)	VELOCIDADE INICIAL(M/S)
.22 LR	40	348
.32 S&W	98	237
.380 ACP	95	295
.38SPL	158	260
9mmP	124	347
.357 <i>Magnum</i>	158	435
.45 ACP	230	249
.30-06 <i>Springfl</i>	152	853
7,62 x 51mm	147	853

Fonte: adaptada (Martins, 2010).

Acerca do peso do projétil, importante salientar o que significa *grains*. Na visão de Sousa (2015) ela esclarece que *grains* seria a antiga medida de massa, onde 1 grão seria aproximadamente 64,8 mg e, portanto, 1g seria aproximadamente 15,4 grãos. Assim, um projétil cuja massa seja 900 grãos tem aproximadamente uma massa de 58 g. Santos (2011) explica que houve uma necessidade de diminuir o calibre e aumentar a velocidade inicial dos projéteis e que para isso foi necessário a criação de um novo tipo de propelente, para que permitisse velocidades constantes e pressão regulares. Segundo Coupland et al. (2011) o propelente é a fonte de energia de uma arma, o que a permite acelerar a munição através da pressão produzida na sua base. O projétil desloca-se da arma em função da combustão proporcionada pela queima da pólvora.

Com relação a análise do ferimento causado na vítima, vai depender não só do instrumento que o provocou e da velocidade com que atinge o alvo, mas também do projétil em si, sobre isso Sousa (2015) expõe, “o formato da lesão varia de acordo com o projétil em si, se

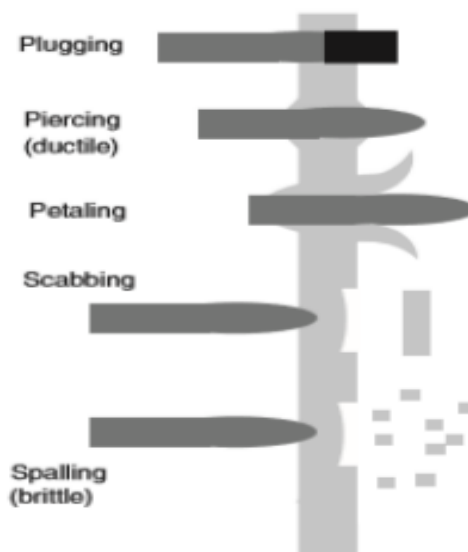
foi de grosso calibre ou não, a distância com relação ao corpo da vítima e o ângulo em que foi disparado”.

Os potenciais alvos com os quais os projéteis colidem são constituídos de diversos materiais, referindo-se a uma parte importante quando se trata do impacto causado por diferentes tipos de projéteis (FERNANDES, 2019). Por esse âmbito, importa compreender de que forma os projéteis se comportam ao atingir materiais distintos.

De acordo com a classificação de Fernandes (2019) sobre a penetrabilidade, os materiais constituídos de solos são pouco resistentes, os materiais constituídos de alvenaria, betão e ligas de metal possuem também baixa resistência, e a classe dos metais e das cerâmicas são altamente resistentes. O autor ainda considera que os alvos podem ser definidos entre semi-infinitos e os intermediários e grossos. Para ele os alvos grossos são aqueles em que sua superfície influencia no processo de penetração, logo após o projétil atravessar a parte do alvo. No que concerne os alvos finos, o autor esclarece que nesse tipo de material os gradientes de deformação são tão pequenos que se tornam insignificantes em toda a sua grossura; por fim, os alvos de grossura intermediária são aqueles cuja superfície influencia durante todo o processo do impacto do projétil.

Em seu estudo Fernandes (2019) afirma que há três tipos de respostas de um material, sendo do tipo: elástica, quebradiço ou dúctil. Carlucci e Jacobson (2008) embasa essa ideia ao se referir ao modo de falha desses materiais, afirmando que há cinco tipos de falhas presentes (Figura 8): *Spalling* (esboroamento) tipo de falha bastante comum em materiais em que a compressão é mais forte que a tensão; *Brittle fracture* (fratura por fragilização) falha que ocorre em materiais de baixa densidade e fracos; *Radial cracking* (quebra radial) modo de falha geralmente encontrado em materiais cerâmicos, onde a compressão é mais forte do que a tensão; *Plugging* (sem tradução) tipo de falha que está presente normalmente em materiais dúcteis; *Petaling* (sem tradução) ocorre quando as tensões radiais são altas.

Figura 8: Modo de falha dos alvos.



Fonte: (Carlucci e Jacobson, 2008)

4.4.3 Perícia em Acidentes de trânsito

A perícia realizada em acidentes de trânsito é um segmento da física que tem por objetivo interpretar e reconstruir, se necessário, fenômenos físicos que envolvem as causas de um acidente. Os mínimos detalhes são de extrema relevância na maioria dos casos. É possível mencionar, por exemplo, que o perito diante de casos como esses pode realizar uma análise da posição de imobilização dos veículos envolvidos numa colisão, com a finalidade determinar a trajetória de ambos antes do choque.

Outro ponto importante são as condições dos pneus e das vias, identificando se a via estava seca ou molhada, pois sua condição no exato momento do tráfego vai implicar diretamente nas condições de frenagem que o motorista pode vir a aplicar, além de correlacionar as características dos pneus com o atrito que ele tem com o tipo de via (seca ou molhada). As investigações conduzidas por parte da perícia podem ainda, identificar por meio das marcas de frenagem a distância em que o veículo percorreu até parar, assim como os permite afirmar se o veículo trafegava na contramão ou não (SOUZA, 2019).

Dentre as ciências inerentes ao estudo de casos envolvendo acidentes de trânsito, a física, a partir de seus conceitos básicos, permite que haja um melhor entendimento sobre a dinâmica e as causas ocorrida em um acidente. Nesse sentido, Almeida Junior (2017) tem aplicado conceitos da Mecânica Clássica à certas situações de acidentes de trânsito, obtendo soluções para o cálculo da velocidade de veículos.

O problema central da perícia segundo Gurgel *et al.* (2015) consiste em determinar as velocidades de veículos envolvidos em colisões, já que elas surgem como causa dos acidentes. Nesse âmbito, a física básica assume seu papel ao tratar de conceitos oriundos da Mecânica Clássica aplicados à certas situações de acidentes de trânsito. Para Souza et al. (2015) é tarefa de um físico forense fazer a análise de acidentes de trânsito, determinar o tipo de veículo, determinar a trajetória dos projéteis, assim como a posição da vítima no momento em que ocorreu o crime.

Souza (2019) complementa esta ideia afirmando que os conceitos da mecânica newtoniana evidenciam o caráter prático da ciência, em que por fazerem parte do currículo escolar, são mobilizados para elucidar as causas do acidente.

O entendimento dos fatores que motivaram o evento, depende dos conceitos físicos utilizados e ditados pelas leis da mecânica clássica que compreendem a cinemática, a estática e a dinâmica (SILVA, 2014). Os principais conceitos da mecânica que se fazem presentes na base curricular das escolas e que, tendem a ser utilizados por peritos para analisar as situações reais, são: atrito, leis de Newton e conservação do momento linear. A partir do estudo destes temas é possível compreender a dinâmica do acidente de trânsito (Souza, 2019). Nesse momento julga-se necessário analisar e fundamentar cientificamente a explicação do acidente de trânsito por meio de conceitos da Mecânica Clássica.

4.4.3.1 Cálculo da velocidade através das marcas de frenagem

Na discussão das causas de acidentes de trânsito é de fundamental importância descrever o movimento dos veículos participantes, bem como conhecer os processos físicos que estão envolvidos. Nesse caso, a frenagem é caracterizada como marcas pneumáticas impressos com uma camada fina de borracha e sua extensão é proporcional a velocidade. Na busca da descrição da frenagem é necessário ter conhecimento de conceitos físicos que englobam a mecânica como um todo (SILVA, 2014).

Utilizando a definição da segunda lei de Newton, tem-se que a força é diretamente proporcional ao produto da massa e de aceleração (Equação 7). A segunda lei mostra a força de impacto que atua sobre o veículo durante uma colisão, onde essa força quando aplicada no corpo pode produzir uma variação em sua velocidade, fazendo com que ela aumente, dada por:

$$F = ma \quad (7)$$

Sabendo que a força interfere também na velocidade, é importante salientar que quanto maior a colisão de um veículo com outro, maior será a energia gerada durante o impacto. Sobre isso, o conceito físico que aborda essas questões envolve a energia cinética (Equação 8) e o momento linear. No que se refere a energia cinética Toniazzi *et al.* (2014) expõe que toda a energia cinética do veículo é convertida em trabalho (Equação 9) e que durante um acidente toda a energia é transferida para os passageiros, de modo que, os projeta para cima e para frente. Durante o processo de frenagem a intenção do motorista é fazer com o que veículo reduza sua velocidade, sendo assim, a tendência é que a sua velocidade final seja nula, dado o momento em que o automóvel para.

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2}mv_0^2 \quad (8)$$

Onde, m é a massa do corpo e v_0 a velocidade inicial.

$$W_{\text{(força resultante)}} = m \int_{v_0}^v \bar{v} d\bar{v} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (9)$$

De acordo com o que foi dito anteriormente, ao observar a equação 8 percebe-se que v_0 é a velocidade imposta pelo veículo no momento em que os freios são acionados. No momento em que o veículo dá início ao processo de frenagem (considerando a frenagem unidimensional), o trabalho realizado por ele pode ser expresso de acordo com a Equação 10. Nela o trabalho de uma força é dado em função da variação de posição inicial e final do veículo no momento da frenagem.

$$W = F \cdot x \quad (10)$$

Em que W expressa o trabalho realizado em função da força compreendida por F e a distância expressa em termos de X . Dessa forma, enquanto o veículo estiver em processo de frenagem, a força que atua sobre ele é denominada força de atrito (Equação 11). A força de atrito, no ponto de vista físico, atua como um fator explicativo no que discerne sobre o processo de frenagem, uma vez que através dela é possível identificar a distância percorrida pelo motorista, desde o momento que o condutor viu o obstáculo, acionou os freios e parou.

$$F_{at} = \mu N \quad (11)$$

Onde, μ seria o coeficiente de atrito dos pneus em função da força normal representada por N.

No que tange aos conceitos físicos envolvendo a força de atrito, é válido salientar que se o pavimento for plano, a força peso será igual à reação normal. Isso implica dizer que, por simplicidade, o peso do veículo está distribuído igualmente entre as quatro rodas (ABEID & TORT, 2014), portanto, sendo a força normal compreendida pelo peso, pode então ser expressa na força de atrito da seguinte forma (Equação 12).

$$F_{at} = \mu.mg \quad (12)$$

Tendo em vista todos os conceitos até então abordados, é possível concluir que utilizando-se das Equações 10 e 12, no momento que iguala ambas, obtém-se a equação que expressa e determina a função da velocidade em termos da distância da frenagem e do coeficiente de atrito entre os pneus, a qual está exposta na Equação 13.

$$v_0 = \sqrt{2\mu g(x x_0)} \quad (13)$$

Onde, v_0 = Velocidade minutos antes da colisão;

$x x_0$ = Variação das marcas de frenagem;

μ = Coeficiente de atrito entre os pneus e a via.

De acordo com Viana (2009) há como equacionar a velocidade do veículo após demarcar uma distância x de frenagem e colide com outro veículo. Essa velocidade é chamada de velocidade de impacto (v_i) e pode ser calculada pela Equação 14 demonstrada abaixo:

$$v_0 = \sqrt{v_i^2 + 2\mu g x} \quad (14)$$

Onde, v_0 = Velocidade inicial;

v_i = Velocidade de impacto;

x = Distância das marcas de frenagem até a colisão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Além das obras de ficção, a perícia criminal está diariamente presente nas manchetes de jornais e revistas. De um modo geral, os casos midiáticos conferem grande visibilidade na resolução de crimes e despertam interesse sobre os temas explorados, especialmente, os programas televisivos ao retratarem de forma minuciosa a atuação desses profissionais em busca da conclusão de um caso.

O estudo de casos periciais, reais ou ficcionais, fornece uma grandiosa oportunidade de explorar o ensino interdisciplinar das ciências. Este trabalho, em sua totalidade, leva em consideração diversas áreas do conhecimento na análise pericial, quando secciona e realiza o estudo por meio das técnicas utilizadas por peritos em cenas de um crime. A contextualização desse tema, congrega grandes áreas da ciência, de forma que pode ser claramente percebido ao explorar o caráter vetorial da conservação da quantidade de movimento para determinar a trajetória dos veículos envolvidos em acidentes, assim como utilizar este conceito para o emprego da balística para a reconstrução da dinâmica de crimes envolvendo disparos de armas de fogo.

A análise do padrão de manchas de sangue demanda de conhecimentos inerentes à ciência matemática. Para identificar os dois pontos cruciais dessa análise, é necessário se deter ao uso de equações e relações trigonométricas. Sobre isso, é possível ver as principais equações (Quadro 1) utilizadas para determinar a área de convergência e seu respectivo ponto de origem.

Quadro 1: Métodos: área de convergência e área de origem.

Métodos	Equação
Tangente	$\tan(\alpha) = \frac{\overline{CO}}{\overline{CG}}$
Relações trigonométricas	$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{W}{L}\right)$

Fonte: adaptada (Dias e Carvalho, 2019)

Diante desta análise é possível observar que a investigação é feita em torno de métodos matemáticos. Dias e Carvalho (2019) por meio do método das relações trigonométricas analisaram um padrão de manchas de sangue, cujo formato característico dos espargimentos foi identificado como formato elíptico, após gotejá-las sobre uma superfície. Em ressonância com esse resultado Guazzelli (2018) relata que manchas as quais são possíveis de extrair

informações por meio do cálculo de angulações, são denominadas como manchas regulares. O que de fato caracteriza o padrão encontrado nos estudos de Dias e Carvalho.

O padrão encontrado no referente estudo mencionado, também obteve semelhança no tipo de angulação identificada, sendo todas próximas a angulação utilizada como base. Os autores, por realizar o experimento com 7 tipos de ângulos distintos, obtiveram resultados satisfatórios, haja vista que embora a angulação seja diferente, todas as manchas convergiram para o mesmo padrão. Guazzelli (2018) observou que quando uma gota é submetida à ação da gravidade durante um voo livre, ela assume um formato circular e, à medida que este ângulo vai se alterando, a gota tende a adquirir um formato elíptico, quando se trata de uma superfície lisa.

As manchas de sangue originadas no experimento também adquiriram um formato específico em suas bordas, onde, dentre as três imagens mostradas pelos autores, uma delas obteve formato de espinhos/coroas em suas terminações. Essa informação tem caráter relevante na investigação pois refere-se a uma característica típica do material no qual a gota foi depositada. Guazzelli (2018) fundamenta essa ideia afirmando que além de demonstrar essa relação com a fonte originária, estas características fornecem informações valiosas quanto ao sentido do movimento da fonte quando esta se desloca e vem a provocar um lançamento sequencial de gotas.

A formação das coroas e espinhos se dá em razão da inércia e informa para qual sentido a fonte se deslocou, assim quanto maior for o impacto pelo movimento, consequentemente maior energia cinética, maior será a produção de espinhos e coroas em suas bordas, por esse lado, o perito consegue encontrar o indicativo de sentido quando o movimento está com velocidade mais elevada de deslocamento (GUAZZELLI, 2018). Com base no exposto, como pode-se observar com o uso da equação demonstrada, é possível demonstrar a inserção de técnicas constituídas por conceitos matemáticos, no que concerne a sua importância no auxílio de questões periciais em favor da justiça. Como também é notório que a análise pericial reúne conceitos de outras ciências com a finalidade de dar um maior suporte no entendimento das investigações.

A perícia em acidentes físicos consta com a contribuição de diversos conceitos das leis da conservação de movimento. Ao se tratar de um acidente, os principais conceitos utilizados para elucidar e identificar as causas são descritos abaixo (Quadro 2).

Quadro 2: Conceitos utilizados na perícia envolvendo acidentes de trânsito.

Conceitos	Equação
Momento linear	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_1 u_2$
Força de atrito	$F_{at} = \mu \cdot mg$
Velocidade	$v_0 = \sqrt{vi + 2\mu g x}$

Fonte: adaptada (Viana, 2009).

O estudo destes conceitos consegue facilitar o entendimento sobre a trajetória dos veículos envolvidos na colisão. Ao realizar a análise do referido local do acidente, é possível observar as posições de imobilização após o choque, com isso, percebe-se que a partir de uma análise vetorial da conservação da quantidade de movimento dos veículos, é possível inferir informações de grande relevância.

A análise vetorial permite informar sobre a condição dos veículos envolvidos no acidente, esclarecendo se os caminhos estavam sendo realizados na mesma trajetória, se algum veículo estava parado, e até mesmo identificar em qual rua cada veículo trafegava. Viana (2009) ainda contempla esta ideia trazendo a informação de que em um acidente de trânsito a interação entre os corpos faz com que suas velocidades antes e após a colisão sejam distintas. O autor explica que existe uma perda de energia durante o acidente e que esta perda é transformada em trabalho das forças de deformação dos corpos colidentes, considerando-se que a colisão seja totalmente inelástica.

Com relação a esta perícia, segundo os resultados obtidos por Viana (2009) em seu estudo envolvendo a simulação de uma caminhonete e uma moto, ele evidenciou que as marcas de frenagem dependem dos diferentes tipos de veículos e que por essa razão é “fácil” compreender qual veículo produziu determinada frenagem minutos antes da colisão. Entendendo essa etapa, o perito consegue através das marcas de frenagem analisar a distância percorrida pelo veículo em questão, assim como, identificar em que sentido da via o mesmo estava trafegando.

Nesse aspecto, os estudos de Viana (2009) conduziram-se na investigação em torno de uma colisão, onde busca-se entender o caráter dessa ocorrência. Para isso, utilizou-se o conhecimento do momento linear, onde através dele é possível obter variáveis sobre o momento antes da colisão e após a colisão.

Na visão de Souza (2019) uma velocidade diferente de zero no momento de frenagem permite que o veículo permaneça em movimento mesmo após o travamento de rodas. Isso se justifica devido ao fato de que, a única força externa que atua sobre o veículo é a força de atrito,

cuja função é produzir uma desaceleração do corpo, no entanto, fatores relacionados ao meio também podem corroborar para o acontecimento do acidente, pois conforme defende Viana (2009) as irregularidades da via modificam o atrito, o que irá influenciar diretamente nos cálculos físicos.

Quanto a essa abordagem feita anteriormente sobre marcas de frenagem, Viana (2009) demonstrou que seria necessário obter o cálculo da distância em metros que o veículo teria que ter disponível para que os corpos não viessem a colidir, assim, foi necessário calcular a distância total. A distância total é obtida por meio da distância desde o tempo de reação do condutor somada a distância de frenagem.

O estudo, realizado e fundamentado por meio de equações e conceitos físicos, conseguiu demonstrar o caráter prático da ciência, bem como, comprovar os seus resultados, ao tratar de uma simulação real. O referente conteúdo abordado reforça a importância de propor um ensino interdisciplinar que promova a interação entre os alunos com conceitos voltados para situações reais.

Ainda no que se refere a aplicação física na resolução de casos criminais, tem-se o estudo da balística forense, que também esclarece e fundamenta o lançamento de projéteis, bem como o estudo da sua velocidade. Em se tratando da balística, os estudos feitos por Almeida Junior (2017) e Fernandes (2019) buscaram esclarecer como se dá a velocidade dos diferentes projéteis, conforme demonstrado no Quadro 3, e de que forma essa velocidade é capaz de separar os projéteis com maior eficiência, além de demonstrar qual efeito terminal cada projétil pode provocar no alvo.

Quadro 3: Principais conceitos abordados na trajetória de um projétil.

Conceitos	Equação
Velocidade inicial (saída da boca do cano)	$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$
Alcance máximo	$y = \tan\alpha x - \frac{g}{2} \frac{x^2}{((v_0 - rx) \cos\alpha)^2}$
Velocidade instantânea em qualquer ponto da trajetória	$v_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$
Energia cinética no momento do impacto	$E_c = \int_0^{v_i} (mv_i) dv_i = \frac{1}{2} mv_i^2$

Fonte: adaptada (Almeida Junior, 2017).

O quadro 3 demonstra os principais conceitos abordados na perspectiva da trajetória dos projéteis. Em primeiro lugar é relevante encontrar a velocidade de saída da boca do cano do projétil, ou seja, a velocidade inicial do disparo. Por conseguinte, o estudo se volta em busca do alcance máximo que esse disparo teve. O alcance máximo atingindo pelo projétil é a distância obtida ao longo do eixo horizontal, compreendida entre a boca do cano e o ponto de queda. A representação numérica desse alcance é expressiva nesse tipo de estudo, pois ele descreve como se dá o alcance de armas distintas, assim, os resultados irão depender de todos os fatores inerentes ao tipo de arma, comprimento do cano, munição utilizada e ângulo de disparo (ALMEIDA JUNIOR, 2017). Sendo estas informações altamente relevantes na conclusão dos resultados periciais.

Devido a resistência do ar, a velocidade muda ao decorrer da trajetória, em um curto intervalo de tempo. Assim, a velocidade instantânea permite calcular a velocidade no exato momento em que o projétil sofre retardação. A energia cinética é parte do processo que expressa informações sobre a velocidade do projétil. Nesse estudo é viável realizar considerações para que se possa identificar se a energia cinética aumenta ou diminui. Neste caso, se o projétil realizar o movimento de subida, a sua energia cinética diminui, visto que, a velocidade do projétil sofre uma desaceleração devido a força atuante da gravidade. Portanto, por meio do conjunto de equações demonstradas no quadro 3 é possível estudar a relação do projétil como um todo em toda sua trajetória.

O trabalho em si, mostrou que o conceito de ciências no que tange o ensino escolar se caracteriza como uma proposta viável e que pode ser elencada a outros conceitos das ciências. Nota-se, então, a necessidade em se ter atividades práticas de cunho investigativo, já que apresentam grande possibilidade de promover aprendizagem, especialmente quando forem problematizadoras. As atividades práticas promovem aos estudantes uma interação com o fenômeno e por vezes, os leva a aprender ou rever conceitos vistos em sala de aula, que visam dar sentido ao que acabaram de observar.

Nesse aspecto, a aprendizagem do aluno volta-se para o entendimento não só da abordagem feita, como também estimula o senso crítico, raciocínio lógico e a elaboração de hipóteses para desvendar casos reais. Portanto, o caráter-investigativo introduz no estudante o entusiasmo e os leva a se perguntarem o “por quê” daquele fenômeno, estimulando a compreensão dos conteúdos abordados. Além disso, tem caráter construtivista ao conduzir os alunos a buscar e confrontar informações, reconstruindo, desta forma, as ideias e maneiras de explicar os fenômenos observados, por meio da interconexão entre as ciências e o cotidiano.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além do seu contexto amplo, diversificado e integrador, a ciência forense permite que vários campos do conhecimento e ciência sejam interligados, como a matemática, biologia, física e química, o que a torna assim, uma ciência interdisciplinar. Os conceitos de ciências abordados de uma forma contextualizada envolvendo temáticas misteriosas, instigantes ou até mesmo desafiadoras como as ciências forenses, empregadas no campo da perícia, podem trazer grandes contribuições não apenas na promoção de uma aprendizagem mais significativa, mas também para além disso, estimulando o estudante na busca pelas carreiras científicas e tecnológicas. A aprendizagem das ciências baseada em investigação, contribui efetivamente para o desenvolvimento da literacia científica, desenvolvendo a partir de uma abordagem construtivista, uma maior integração entre a ciência-tecnologia-sociedade-ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABEID, L.; TORT, A.C. As forças de atrito e os freios ABS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 1-7, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172014000200006>>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- ALMEIDA JUNIOR, O. de. **Um estudo sobre o movimento dos projéteis balísticos e sua trajetória** [livro eletrônico] / Otaviano de Almeida Júnior. – São Paulo: Blucher, 2017. 70 p.
- ARAGÃO, R. F. O incêndio e a explosão no âmbito da Engenharia Forense e da Criminalística Estática, dinâmica e pós-moderna. In: ARAGÃO, R. F. **Incêndios e Explosivos – Uma introdução à Engenharia Forense**. 2. ed. [s.l.]: Millennium, 2020. p. 1 – 13.
- BANDYOPADHYAY, S. K. The Study of Bloodstain Patterns Release from Blood Drops in a Crime Scene. **Forensic Science & Addiction Research**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1-3, 8 jan. 2018. Anual. Crimson Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.31031/fsar.2018.02.000526>>. Acesso em: 15 set. 2021.
- CAVEDON, N. R. A. As representações sociais circulantes no período de margem do ritual de passagem: o caso dos peritos criminais em estágio probatório. **Revista administração Mackenzie**. v. 15, n. 4, p. 66-96, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ram/a/Nk498NKGn7BznwHxwFmWHHq/?lang=pt>>. Acesso em: 05 set. 2021.
- CAMANA, F. Determining the area of convergence in bloodstain pattern analysis: a probabilistic approach, **Forensic Sci. Int.** 231 (2018) 1–16. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23890627/>>. Acesso em 02 set. 2021
- CARLUCCI, D., JACOBSON, S. **Ballistics: Theory and design of guns and ammunition**. 3a ed. CRC Press, 2008, 642 p.
- CARMO, S.; SOUTO, L.; SILVA, C. The interdisciplinarity of forensic sciences in the education sphere: na analysis of this contexto in secondary school. In: Education and New Developments 2021, Lisboa. **Anais...**Lisboa, Portugal, 2021. p. 217-221.
- COÊLHO, B. F. A importância da perícia médico-legal para o processo penal na persecução d verdade real. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 15, n; 2720, 12 dez. 2010. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/18022>>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- COUPLAND, R., ROTHCHILD, M., THALI, M. (2011). **Wound ballistics: basics and applications**. (Beat Kneubuehl, Ed.). Springer Science & Business Media.
- DAI, A. E. **A perícia e sua relação com o processo penal brasileiro: uma revisão**. Projeto de pesquisa – (Pós-graduação em Perícia Forense) – Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, p. 1-10, 2019. Disponível em: <<http://tcconline.fag.edu.br:8080/app/webroot/files/trabalhos/20190816-180445.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2021

DIAS, V. H. C.; CARVALHO, J. L. A. Determinação do ângulo de impacto de espargimentos de sangue: proposta de abordagem via processamento digital de imagens. In: X SEMINÁRIO NACIONAL PERÍCIA DE CRIME CONTRA A VIDA, 10., 2018, Goiás. **Anais [...]**. Goiás: Aspec, 2018. p. 1-7. Disponível em:

<http://www2.ene.unb.br/joaoluiz/pdf/victor_criminalistica2018_paper.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2021

DUARTE, G. de L. **O Papel da Ciência Forense na Investigação dos Crimes de Homicídio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses) – Faculdade de Medicina de Coimbra, Coimbra. Disponível em:

<<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/18172>>. Acesso em: 16 jul. 2021

FACHONE, P.; VELHO, L. Ciência forense: interseção justiça, ciência e tecnologia. **Revista Tecnologia e Sociedade**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 139-161, 13 jun. 2007. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/2498>>. Acesso em: 01 de mar. de 2021.

FBSP – Fórum Brasileiro de Segurança Pública. **A investigação de homicídios no Brasil. 2013**. São Paulo: FBSP, 2013. Disponível em:

<https://forumseguranca.org.br/storage/publicacoes/FBSP_Investigacao_homicidios_Brasil_2013.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

FBSP – Fórum Brasileiro de Segurança Pública. **Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2020**. São Paulo: FBSP, 2020. Disponível em: <<https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2020/10/anuario-14-2020- v1-interativo.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2021.

FERNANDES, J. P. F. **Balística Terminal: estudo do comportamento de projéteis na estrutura de viaturas**. 2019. 98 f. Dissertação (Doutorado em Ciências Policiais), Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, Lisboa, 2019. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/30333/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20Jo%C3%A3o%20Fernandes.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

GARRIDO, R. G.; GIOVANELLI, A. **Criminalística: origens, evolução e descaminhos**. Cadernos de ciências sociais aplicadas, p. 43–60, 2009. Disponível em: <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/1921>>. Acesso em: 02 mai. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008

GOMES, M. R. **Da breve análise criminológica do transgressor à classificação das manchas de sangue por meio da hematologia forense reconstrutora**. 2019. 74 f. Monografia (Doutorado em Ciências Forenses), Unilavras, Lavras, 2019. Disponível em: <<http://dspace.unilavras.edu.br/handle/123456789/300>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

GUAZZELLI, L. N. de M. Análise pericial de manchas de sangue para elucidação da dinâmica de crimes violentos. **Revista Especialize On-Line IPOG**, Goiânia, v. 01, p. 1-18, dez. 2018. Disponível em: <<https://ipog.edu.br/wp-content/uploads/2020/11/lia-nara-de-moraes-guazzelli-41161713.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

GURGEL, W. P. et al. Cálculo de velocidades em acidentes de trânsito: um software para investigação em física forense. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 4305-1, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11173741966>>. Acesso em 04 jul. 2021.

IPEA (Orgs.). **Atlas da violência 2019**. Brasília; Rio de Janeiro; São Paulo: IPEA; FBSP, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatorio_institucional/190605_atlas_da_violencia_2019.pdf>. Acesso em: 08 set. 2021.

IPEA (Orgs.). **Atlas da violência 2020**. Brasília; Rio de Janeiro; São Paulo: IPEA; FBSP, 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/publicacoes>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

IPEA (Orgs.). **Atlas da violência 2021**. Brasília; Rio de Janeiro; São Paulo: IPEA; FBSP, 2021. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/1375-atlasdaviolencia2021completo.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2021.

LOURENÇO, M. A. C. **Balística externa naval: uma proposta de formulação geral**. 2019. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares Navais), Escola Naval, Alfeite, 2019. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/30271>>. Acesso em: 04 nov. 2021.

MARTINS, C. L. **Medicina Legal**. 4ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIRANDA, M.B.; COSTA, E.O.M.S.; VIEIRA, M.D.S.; VIEIRA, J.S.C. **A importância de atividades laboratoriais na construção da unidade teoria/prática em química**. V CONNEPI 2010. Disponível em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1614/875>>. Acesso em 18 jun. de 2021.

NAVES, M. C. X. **Uma nova óptica das perícias criminais em acidentes envolvendo energia elétrica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica área de concentração informática forense e segurança da informação) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/22951>>. Acesso em: 23 ago. 2021

NOGUEIRA, T. M. B. **Análise de Padrões de Manchas de Sangue: a importância médico-legal**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Biomedicina), Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/70783/2/30856.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Brasil tem a segunda maior taxa de homicídios da América do Sul**. 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/>>. Acesso em: 16 de mar. de 2021.

ROCHA, G.X.; GARRIDO, F.S.R.G.; GARRIDO, R.G. Forensic Approach Improving Science Teaching in High School. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**. 2014.

SANTOS, R. (2011). M211 - Elementos de Armamento - Manual do Aluno. Lisboa: Academia Militar. Disponível em:

<https://www.academia.edu/6492530/M211_Elementos_de_Armamento_Manual_do_Aluno. Acesso em 06 abr. 2021.

SILVA, U. A. da. Balística forense: uma revisão. **Seara Jurídica**, [s. l.], v. 9, p. 1-9, jan. 2013.

SILVA, L. C. A mecânica Newtoniana aplicada na dinâmica dos acidentes de trânsito rodoviários – **Um suporte para decisões forenses**. 2014. 67 f. TCC (Graduação em Licenciatura em Física), Instituto de Física – Infis, Uberlândia, 2014. Disponível em: <<https://1library.org/document/y43vdk9z-mecanica-newtoniana-dinamica-acidentes-transito-rodoviario-decisoes-forenses.html>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

IABPA, International Association of Bloodstain Pattern Analysts. 2009. FBI — Standards and Guidelines - Scientific Working Group on Bloodstain Pattern Analysis: Recommended Terminology - April 2009.

SOUSA, T. M. M. de. **O laudo pericial no processo penal: análise de ferimentos por projétil de arma de fogo no crime de homicídio doloso**. 2015. 123 f. TCC (Graduação em Direito), Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Sousa, 2015. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/16482/TANMIRE%20MARIA%20MORAIS%20DE%20SOUSA%20-%20TCC%20DIREITO%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 04 mai. 2021.

SOUZA, É. J. de. **Física forense na educação básica: uma proposta baseada na alfabetização científica**. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal de São Paulo – Unifesp, Diadema, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/54624>>. Acesso em: 22 jul. 2021

SOUZA, T. A. D. **Ciência Forense como Lugar Interdisciplinar no Ensino Médio: uma experiência docente**. 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Unifei, Itajubá – Mg, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/469>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

TONIAZZO, N. A. et al. **A física na educação para o trânsito**. Santa Rosa: Editora Realize, 2014. 4 p. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID10407_17092018234929.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2021.

VARGAS, R. M. **A criminalística do século XXI e análise de drogas e inteligência**. 2012. Monografia para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Política de Segurança Pública - Academia Nacional de Polícia, Brasília. Disponível em: <<https://periodicos.pf.gov.br/index.php/CadANP/article/view/13/25>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

VELHO, A. J; GEISER, G. C.; ESPENDULA, A. Introdução às ciências forenses. In: ESPINDULA, A; GEISER, G. C.; VELHO, A. J. **Ciências Forenses – Uma introdução às principais áreas da criminalística moderna**. 2.ed. [s.l.]: Millennium, 2013. p. 2- 17.

VIANA, R. M. **A perícia física de acidente de trânsito**. 2009. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Física), Unir, Paraná, 2009. Disponível em: <<https://fdocumentos.tips/reader/full/tccrubens-pericia-fisica-acidente-de-transito>>. Acesso em: 05 set. 2021.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/ UFSC, 2013. 134 p. Disponível em: <
http://arquivos.eadadm.ufsc.br/EaDADM/UAB_2014_2/Modulo_1/Metodologia/material_didatico/Livro%20texto%20Metodologia%20da%20Pesquisa.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.