

Interação entre projétil de arma de fogo e superfícies de vidro

A.B. Dal Magro^{*}, A.C. Kraemer

Instituto Geral de Perícias do Estado do Rio Grande do Sul, Caxias do Sul (RS), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: amandabdalmagro@gmail.com. Tel.: +55-54-99951-7635.

Recebido em 10/03/2017; Revisado em 11/04/2017; Aceito em 20/05/2017

Resumo

O presente trabalho visa estudar a interação entre projétil de arma de fogo e superfícies de vidro possibilitando estabelecer o sentido e a sequência dos disparos realizados, através de uma revisão bibliográfica com artigos diversos. A balística forense estuda a arma de fogo e os efeitos provocados pelos projéteis expelidos por ela. Existem métodos que podem auxiliar o perito a descobrir se determinada arma de fogo foi utilizada para efetuar um disparo. Os efeitos provocados por estes projéteis em seu alvo podem ajudar a solucionar alguns crimes, como por exemplo, afirmar que uma arma foi utilizada em determinado delito, a posição do atirador, entre outros. Entre os efeitos produzidos em alguns alvos, encontramos os efeitos provocados por projéteis em superfícies de vidro, os quais são importantes para se saber qual a trajetória realizada por este projétil e em caso de diversos disparos, qual a ordem cronológica deles. Ao final desta pesquisa, após o estudo de todas as características deixadas na cena do crime por projéteis de arma de fogo nas superfícies de vidro, mais especificamente em vidros de automóveis, percebe-se a importância de cada detalhe, pois eles nos levam a identificar a dinâmica do evento.

Palavras-Chave: Balística forense, Estrias radiais, Estrias concêntricas, Armas de fogo, Projéteis.

Abstract

This work aims to study the interaction between fire arm projectiles and glass surfaces to establish the direction and sequence of shots made, through a literature review sundries. Forensic ballistics studies the fire arm and the effects caused by projectiles expelled it. There are methods that can help the expert to find out whether a fire arm was shot. The effects caused by this fire arm projectiles its target can help solve some crimes, such as stating that a weapon was used in certain crime, the position of the shooter, among others. Among the effects on some targets, we find the effects caused by projectiles on glass surfaces, such features are important to know the trajectory performed by this projectile and in case of several shots, the chronological order of them. At the end of this research, after studying all the features left at the scene by fire arm projectiles on glass surfaces, more specifically in automotive glass, we realized the importance of every detail in the determination of the event dynamics.

Keywords: Forensic Ballistics, Radial streaks, Concentric streaks, Firearms, Projectiles.

1. INTRODUÇÃO

No estudo de armas de fogo, torna-se fundamental o estudo da balística, em especial da balística forense, pois são estas ciências que estabelecem os parâmetros e procedimentos para a identificação e classificação desses instrumentos. A pólvora, elemento sem o qual não existiria a arma de fogo, é uma invenção atribuída aos chineses; no entanto, o seu emprego como agente para impulsionar um projétil através de um cilindro oco surge muito tempo depois – a utilização e difusão desse invento são atribuídas aos árabes, os grandes comerciantes da Idade Média [6].

A justiça frequentemente recorre a estudos de balística para ajudar na elucidação de crimes. Sem ela, muitos crimes ficariam impunes. Ao se estudar esta ciência estuda-se os movimentos de corpos lançados ao ar livre, especialmente os disparos de arma de fogo. A perícia de Balística Forense serve como importante meio de prova para a condenação ou absolvição de um acusado de cometer infração penal com arma de fogo [3].

Por definição, balística é a parte da física que estuda o impulso, movimento e impacto dos projéteis, entendendo-se por projéteis qualquer sólido que se move no espaço após haver recebido um impulso [6].

A palavra “forense” advém do adjetivo latino forenses, que significa “relativo ao fórum”. O professor e perito criminal Eraldo Rabello, no livro *Balística Forense*, a define como [Ref]:

"[...] aquela parte do conhecimento criminalístico e médico-legal que tem por objeto especial o estudo das armas de fogo, das munições e dos fenômenos e efeitos próprios dos tiros dessas armas, no interesse da justiça, tanto penal como civil."

O exame de vidros fraturados em locais de crime permite conhecer detalhes importantes para a determinação da dinâmica de um evento, como por exemplo, determinar o sentido da força e a ordem cronológica dos disparos, além de possibilitar, em muitos casos, a identificação da posição dos autores. Os exames realizados nestes locais de crime podem representar os únicos vestígios materiais capazes de solucionar um caso.

2. BALÍSTICA FORENSE

O segmento dedicado a apreciação técnico-científica da criminalística em ciências forenses, que analisa vestígios e indícios relacionados direta ou indiretamente com armas de fogo é denominado balística [1].

Ocorrência de origem criminoso tendem a deixar vestígios materiais da ação no local dos fatos. A meta da perícia é interpretar corretamente os fatos, reconstruir a ação, entender o que aconteceu no evento e, se possível, determinar a autoria dos fatos. Devido à natureza frágil dos vestígios, eles podem ser perdidos facilmente, por isto é fundamental ter cuidado em cada etapa do trabalho pericial. Um grande problema em cenas de crime é determinar o vínculo entre os diversos elementos materiais presentes na cena e sua relação com os fatos [13].

O principal motivo que se busca ao investigar um local de crime é encontrar as informações que podem levar à sua solução. As informações obtidas no local, podem virar provas quando processadas de maneira correta [13].

A balística forense estuda as armas de fogo e os efeitos produzidos pelos tiros por elas disparados, visando esclarecer as infrações penais ligadas a ela direta ou indiretamente. Os exames de eficiência, segurança, comparação e metalográfico são realizados dentro do setor de balística e permitem entre outras coisas, comprovar se uma arma de fogo foi eficiente para produzir determinado disparo.

O objetivo geral de uma análise de local de crime é determinar a resposta para as perguntas Quem? O quê?, Quando?, Onde? E Por quê? A análise da balística forense porém, tem um foco mais específico nas armas de fogo, nas munições e seus efeitos. Determinar a trajetória, a estimativa da distância dos disparos, a

presença de marcas de ricochetes, a possível posição do atirador e a interpretação de vestígios em automóveis constituem-se em alguns tópicos que são abordados pela balística forense [13].

O exame de eficiência permite verificar se determinada arma de fogo é eficiente para realizar um disparo. Os procedimentos iniciam pela identificação e descrição da arma, avaliação de sua estrutura, testes de eficiência e avaliação dos resultados. O exame metalográfico permite recuperar o número de série da arma de fogo adulterado, utilizando reagentes químicos que revelarão a numeração de série. A metodologia utilizada consiste em polir a área a ser investigada e em seguida realizar a aplicação dos reagentes [11].

Outro teste importante é o de comparação que permite verificar a ligação entre a arma de fogo, o projétil e o estojo, e entre o estojo e o projétil. Esta metodologia é utilizada em todo o mundo e utiliza um microscópio comparador e um processo de captura de imagens, permitindo a análise através da imagem. É necessário também verificar se o sistema de segurança desta arma de fogo está funcionando adequadamente, descartando assim, a possibilidade de um disparo acidental [11].

A balística divide-se em interna, externa e de efeitos. A balística interna estuda a estrutura, os mecanismos, o funcionamento das armas de fogo e a técnica do tiro até que o projétil saia do cano da arma. A balística externa estuda a trajetória do projétil, as condições do movimento, velocidade inicial, sua forma, massa, superfície, ação da gravidade e seus movimentos intrínsecos. A balística dos efeitos, importante para este trabalho, estuda os efeitos produzidos pelo projétil desde que abandona a arma e atinge o alvo, incluindo os possíveis ricochetes, impactos, perfurações e lesões internas e externas nos corpos atingidos [3].

Pesquisa sobre mortes violentas realizada na década de 90 concluiu que, do total de mortes do período avaliado, no Brasil, cerca de 33% foram em decorrência de homicídios. As armas de fogo contribuíram em 50% destes casos em 1991, e em 70% no ano 2000. Este crescimento, conforme a pesquisa, aconteceu em todas as capitais do país [4].

Desde o princípio, instrumentos foram utilizados para marcar a evolução da civilização. Armas de fogo são um desses instrumentos que continuam em destaque na história da evolução humana. Arma de fogo são todo instrumento, máquina ou meio utilizado pelo homem para ofender ou defender-se [13].

Arma é todo objeto que pode aumentar a capacidade de ataque ou defesa do homem. Armas de fogo são exclusivamente aquelas armas de arremesso complexas que utilizam a força expansiva dos gases resultantes da combustão da pólvora. São na verdade máquinas térmicas, fundadas nos princípios da termoquímica e da

termodinâmica [11]. Elas receberam esse nome pelas labaredas que saíam da boca do cano no momento do disparo [6].

Para o funcionamento das armas de fogo três elementos são necessários segundo referência [1]. Aparelho arremessador, ao qual recebe a carga de projeção e o projétil, causa a inflamação da carga de projeção quando acionado pelo atirador e orienta o deslocamento do projétil, enquanto o mantém sob ação dos gases em expansão o suficiente para imprimir-lhe velocidade adequada a seus propósitos [1]. Carga de projeção, substância ou mistura explosiva; e o projétil, agente cuja energia dá causa aos efeitos vulnerantes da arma cuja capacidade depende de sua massa e da velocidade com que atinge o ponto de impacto [12].

Cartucho é a designação genérica das unidades de munição utilizadas nas armas de fogo de retrocarga. Como existem diversos tipos de arma, logicamente existem diversos tipos de cartuchos que variam no formato, na quantidade e tipo de seus componentes. Os elementos básicos de um cartucho são estojo, propelente (pólvora), espoleta e projétil [14].

O estojo é um dos componentes que integram os demais elementos do cartucho. Apesar de algumas armas de fogo praticamente obsoletas dispensarem o seu uso, trata-se de um componente indispensável às armas modernas. O estojo possibilita que todos os componentes necessários ao disparo fiquem unidos em uma peça, facilitando o manejo da arma e acelerando o intervalo em cada disparo. Atualmente, a maioria dos estojos é construída em metais não ferrosos, principalmente o latão (liga de cobre e zinco) – dada a facilidade de ser trabalhado (maleabilidade), ou seja, pelas características de se expandir, não permitir o escape de gases pelas paredes da câmara e de recuperar em parte a forma original após cessar a pressão, facilitando a extração e permitindo a recarga de munição – e estojos de alumínio [5].

As espoletas têm por função iniciar a queima da pólvora (propelente). Trata-se basicamente de um explosivo e outros componentes depositados no fundo de um pequeno receptáculo metálico de latão (liga de cobre “Cu” e zinco “Zn”), cuja iniciação se dá por percussão (choque violento), o qual gera a detonação desse explosivo. Na detonação, ocorre a transformação abrupta do explosivo em gases, com extraordinária rapidez, geração de calor, chama e elevadas pressões, o que irá agir sobre os grãos do propelente causando agitação aquecimento e ignição. A mistura iniciadora de uma espoleta para cartucho é composta de materiais diversos, com as funções específicas. Propelentes são substâncias que queimam de forma progressiva. As pólvoras são misturas ou compostos químicos que, quando queimam, geram em velocidade muito alta uma grande quantidade de gases. No estudo da balística e das

munições, como a pólvora está acondicionada dentro de um cartucho, esse aumento de pressão pode até acarretar a explosão da arma. A queima da pólvora não é instantânea. A pressão é exercida em todas as direções e, à medida que a pressão aumenta, ela suplanta a força de engastamento do projétil ao estojo, o que propicia o deslocamento do projétil através do cano. Com o aumento gradual do volume de confinamento do propelente em combustão, a pressão gerada diminui e mantém-se dentro dos limites para os quais a arma foi projetada. A pressão atinge um valor máximo, chamado de pico de pressão, a partir do qual começa a decair até a pressão atmosférica local, após a saída do projétil pelo cano [7].

Projétil de arma de fogo é um objeto sólido, feito em geral de liga de chumbo, que é arremessado a frente quando da detonação. É a única parte do cartucho que passa pelo cano da arma e atinge o alvo. As formas mais comuns de projéteis são côncava-ogival, com base côncava e plana, semicanto vivo, com base côncava e plana, canto vivo, com base côncava, ponta oca, com base côncava e pontiagudos, com base plana.

Os projéteis podem ser divididos, tais como: projéteis de liga de chumbo, projéteis encamisados e, projéteis em ligas de cobre (99,95% de Cu). Os mais comuns são feitos de ligas de chumbo, prioritariamente com estanho, antimônio ou arsênio, porém, existem projéteis de diversos materiais [10].

Os projéteis possuem uma base plana, onde é aplicada a pressão dos gases, um corpo cilíndrico contendo sulcos para engraxamento, que fica embutido no estojo e uma ponta. Existem também projéteis comuns, semi-encamisados e encamisados. Camisa do projétil é um envoltório de liga de cobre ou outro material que cobre o núcleo de chumbo, e que dá uma rigidez externa maior para o projétil [2].

No momento de impacto no alvo, o projétil pode, ou não, deformar-se ou fragmentar-se. Os projéteis encamisados são geralmente mais resistentes à deformação que os não encamisados [14].

Em todo o disparo, o trabalho realizado pela munição, (entendendo-se por trabalho a diferença de energia cinética transmitida) que resulta em destruição ou dano tecidual, é devido à ação do projétil sobre o suporte do disparo [7].

Na maioria das vezes, as armas utilizadas para cometer crimes são encontradas durante investigações policiais, em locais de difícil acesso ou em outros locais de crime. Nestes casos, a correta identificação da arma utilizada no crime é possível por meio da comparação de detalhes microscópicos entre o projétil encontrado na cena, com os projéteis padrão [2]. Um padrão é autêntico, quando tiver a origem inquestionável, isto é, quando for obtido de uma determinada arma, a qual se atribui sua origem [11].

Para sabermos se um disparo foi realizado por uma determinada arma de fogo é necessária a realização do estudo microbalístico onde é feita a comparação das marcas e microestriamentos deixados pelos canos, percutores e culatras nos projéteis e nas cápsulas visando identificar a arma de fogo que os tenha deflagrado [4].

Não é tarefa fácil a obtenção de padrões adequados, tanto de projéteis quanto de estojos, para realização de confronto microscópico com projéteis e estojos questionados. Os exames microcomparativos são, os mais importantes e demorados e os mais difíceis em uma perícia de balística forense. Os elementos indiciários num projétil questionado, em especial sua massa, comprimento, diâmetro, número, inclinação e largura dos ressaltos e cavos, oferecem muitos subsídios para a identificação genérica e específica de uma arma questionada. Após a apreensão desta arma de fogo suspeita, serão realizados disparos com ela para se obter os projéteis padrões e assim realizar os estudos comparativos com o projétil ou estojo questionado [11].

O número de série é o elemento mais importante na identificação individual de uma arma de fogo. Sua gravação é prevista no inciso IV, do artigo 5º, da Portaria nº 07- DLOG, de 28.04.06 [11].

O número de série é gravado em posições diversas, dependendo do tipo de arma. Nos revólveres da marca Taurus e Rossi fabricados atualmente, por exemplo, o número de série está gravado na região anterior lateral direita da armação e também no cano. Nas pistolas Taurus PT 800 o número de série é gravado em uma chapa de aço a qual é inserida no punho do de polímero, na parte inferior, perto do cano [11].

Distinguem-se no estudo do tiro, efeitos primários e secundários, efeitos que resultam da ação do projétil e são característicos dos pontos de impacto, independente da distância. Dentre os efeitos primários, estão os produzidos em alvos animados ou inanimados. Um projétil quando sai da boca do cano de uma arma, inicia sua trajetória dotado de dois movimentos, o de translação e o de rotação. Interferem na trajetória, além de fatores extrínsecos (densidade do ar e ação da gravidade) a velocidade inicial, sua estabilidade em relação ao eixo da trajetória e, fatores intrínsecos (forma, massa e densidade) [10].

O movimento de rotação é determinado pela forma de hélice do passo das raia da arma e, ao se deslocar longitudinalmente no interior do cano, é forçado a acompanhar a hélice do passo das raia, resultando, portanto, esse movimento ao sair do cano. Além disso, são observados mais dois movimentos secundários denominados de precessão, em virtude do projétil produzir um cone de revolução e, de mutação que se trata de um movimento vibratório de menor amplitude [10].

As energias mais comuns para imprimir movimento a um corpo ou mais precisamente a um projétil são a mecânica, representada por força muscular e ar comprimido e a química, representada pela combustão de determinadas misturas de substâncias explosivas [14].

“Vestígios físicos podem ser os suportes de vestígios biológicos, projéteis de arma de fogo que geram marcas de impacto, fragmentos de vidro entre outros” [13].

São muitos os efeitos provocados pelos projéteis de arma de fogo. Os tipos de lesões provocadas por eles dependem de inúmeros fatores, como por exemplo, a superfície que irão atingir. Vidros são formados por uma mistura de substâncias inorgânicas transformadas em pó e levadas ao forno onde sua temperatura é controlada para evitar a cristalização, ficando então em um estado viscoelástico, permitindo que o vidro responda elasticamente ao ter uma força aplicada sobre ele.

Vidros são cada vez mais abundantes e persistentes no ambiente e têm muitas propriedades distintivas que podem coloca-los como importantes fontes de vestígios materiais em local de crime [13].

O vidro é um material perfeitamente elástico, não apresentando deformação permanente, porém é frágil, ou seja, quando submetido a uma flexão crescente quebra-se. O para-brisas dos veículos são constituídos de duas lâminas de vidro e entre elas é utilizado uma lâmina de material plástico que comportam-se como se fossem uma única lâmina, fazendo com que mesmo após quebrado, resista, uma vez que pode distender-se por mais de cinco vezes de sua medida inicial [1].

As placas de vidro que racham ou quebram após serem expostas ao calor ou a uma brusca variação de temperatura apresentam fraturas onduladas características. Observados os seus cortes transversais, geralmente se pode perceber pequenas figuras curvas, como ondas [7].

Fragmentos de para-brisas ou retrovisores, em muitos casos, permitem identificar a marca e o modelo do veículo envolvido em determinada ocorrência, a justaposição destes fragmentos, previamente coletados no local do fato, também possibilitará várias informações, principalmente, quando da justaposição, confirmando então que aquele veículo em particular foi o veículo envolvido na ocorrência apurada [7].

3. INTERAÇÃO ENTRE DISPARO DE ARMA DE FOGO E SUPERFÍCIES DE VIDRO: COMO IDENTIFICAR A ORDEM CRONOLÓGICA DOS DISPAROS

O exame de vidros fraturados em locais de crime permite conhecer detalhes importantes para a determinação da dinâmica de um evento. A interação entre projéteis de armas de fogo e superfícies de vidro

apresenta características de grande interesse para os peritos em locais de crime, pois permitem que o mesmo possa identificar qual o sentido do disparo e a ordem destes disparos.

São inúmeros os casos em que a análise pericial sobre a dinâmica de quebra de vidro serviu para desfazer versões inverídicas de depoentes. A ação de quebramento de vidro deixa várias informações técnicas capazes de indicar, por exemplo, a posição do atirador, determinar qual disparo foi realizado antes em caso de mais de uma perfuração no vidro. O mecanismo de rompimento do vidro após um impacto é dependente do tipo de vidro [13].

O vidro comum constitui-se pela mistura de areia, potássio, alumínio, barrilha (sódio), magnésio e cálcio. Estes componentes são fundidos em temperaturas próximas aos mil graus. Este tipo de vidro não recebe nenhum tipo de tratamento e pode ser utilizado nas mais diversas aplicações. Matéria-prima para os demais tipos de vidro como os laminados e temperados. Possui resistência mecânica em comparação com outros tipos de vidro e quando quebrados produzem estilhaços cortantes e pontiagudos [13].

Os vidros temperados são vidros comuns que passaram por tratamento térmico ou químico para modificar suas características como dureza e resistência de até cinco vezes mais que um vidro comum. Este vidro é considerado como vidro de segurança, pois em caso de quebra ele se fragmenta em pedaços pequenos com arestas menos cortantes, pode ser utilizado em diversos ramos como a indústria automotiva, por exemplo [13].

O Vidro laminado é composto por duas ou mais lâminas de vidro unidas por uma ou mais camadas intermediárias de polivinil butiral (PVB) ou resina. Em caso de quebra os estilhaços ficam presos nesta camada intermediária. É bastante utilizado em para-brisas de automóveis, janelas, vitrines entre outros [13].

Vidros blindados são projetados para resistir a impactos de projéteis oriundos de disparos de armas de fogo ou objetos lançados contra eles. Logicamente, essa resistência varia em função da espessura do vidro e do calibre da arma usada nos disparos. Vale à pena ressaltar que estes vidros na realidade são mais resistentes aos impactos de projéteis de armas de fogo, porém, uma série de disparos pode ocasionar sua ruptura e, por conseguinte, a passagem do projétil. Para a análise desses vidros é necessário seguir padrões normativos, como, por exemplo, os que são adotados pelo National Institute of Justice (NIJ) – EUA [7].

Os vidros blindados em geral são constituídos por duas ou mais lâminas de vidro intercaladas por polivinil butiral (PVB) ou resina, poliuretano e lâminas de policarbonato em um processo que utiliza calor e pressão. As camadas plásticas entre as lâminas de vidro

são responsáveis por amortecer o impacto e aumentar a resistência do material. Quando um projétil atinge este vidro a sua energia inicial é absorvida e dissipada pelas camadas sucessivas que compõe o vidro blindado [13].

Geralmente, um projétil, ao atravessar uma placa de vidro em alta velocidade, produzirá uma perfuração de bordas regulares, com formato que irá variar conforme o ângulo do disparo, apresentando linhas de fraturas radiais e concêntricas. No caso de um projétil que esteja no final de sua trajetória quando atinge a placa de vidro, com baixa velocidade, em função do maior tempo de contato com o vidro, comporta-se como a maioria dos objetos de massa considerável e pequena quantidade de movimento, resultando, no estilhaço da placa de vidro. Nos disparos efetuados com a boca do cano da arma relativamente próxima da placa de vidro pode, também, verificar-se a ruptura estilhaçada, em função da súbita liberação dos gases oriundos da queima de propelentes, exercendo uma pressão distribuída, devido à expansividade dos gases [7].

Nos casos em que se verifica a transfixação da lâmina de vidro por projéteis com baixa velocidade, o cone de fratura é menos acentuado, logo, encontram-se menos fraturas radiais e concêntricas, conceitos os quais serão informados ao longo deste trabalho). Ao se examinar uma perfuração em vidro para sabermos sua direção e sentido, alguns fenômenos são observados, como as rupturas radiais, rupturas concêntricas, cone de transfixação e riscos de despedaçamento. A partir destes fenômenos é possível identificarmos o ponto de impacto (local, no vidro, onde o objeto teve contato), direção do impacto (direção da força empregada para atingir o vidro), direção do curso (sentido de produção da ruptura), natureza do impacto (tipo de fenômeno que causou a ruptura) estilhaços [13].

Determinar o sentido de aplicação da força que resultou na ruptura da placa de vidro, durante o levantamento de um local de crime e a ordem cronológica de um disparo, é de extrema importância para estabelecer a dinâmica do ocorrido [7].

3.1. Linhas Radiais

Linhas radiais são linhas que partem de um ponto central, no caso de uma ruptura de um vidro por um projétil de arma de fogo, estas linhas são verificadas a partir desta ruptura. Podemos dizer que as rupturas radiais são formadas em consequência da ação e da força exercida pelo projétil. São linhas que se irradiam do ponto de impacto (Figs. 1-3).

Como consequência da aplicação de força resultante da ação de um projétil de arma de fogo, surgem no vidro linhas de fraturas, que podem se estender até pontos relativamente distantes do ponto de impacto. As linhas de fraturas radiais são fendas que partem do ponto de

aplicação da força em todas as direções, originam-se da força e da ação do projétil [7].

O impacto de um projétil contra o vidro levará à produção de rachaduras constituídas por linhas retas ou sinuosas iniciadas de um ponto central, estendendo-se por toda a superfície de vidro [13].

Quando a placa de vidro recebe o impacto em uma das suas superfícies, a força aplicada faz com que essa placa se flexione, deformando-a. Devido à sua baixa flexibilidade, ela se estilhaçará ao longo das linhas de fraturas radiais, começando pelo ponto onde fora aplicada a força (orifício de passagem do projétil de arma de fogo). Estas rupturas radiais se originam na superfície oposta do ponto de aplicação da força no vidro, porque é nesta superfície que surge o esforço de tração, causando um progressivo afastamento das moléculas até ultrapassar a coesão molecular, quando então ocorre a fratura [7].



Figura 1. As setas demonstram presença de linhas radiais pós disparo de projétil de arma de fogo em vidro de automóvel.

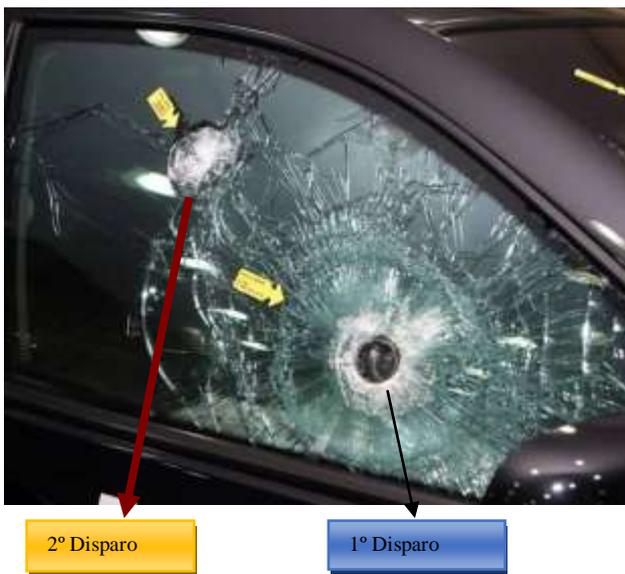


Figura 2. Através das linhas radiais podemos definir qual disparo foi efetuado antes. As linhas radiais do Segundo disparo (demonstrada pela seta vermelha) são delimitadas pelas linhas radiais do primeiro.

A formação das fendas radiais tem início no lado oposto ao do lado em que foi o impacto porque a superfície oposta ao choque é submetida a maior tensão e devido a elasticidade imperfeita do vidro, com isto o movimento provocado pelo impacto faz com que as moléculas fiquem mais agrupadas no lado que sofreu o impacto e mais afastadas no lado oposto [13].

Para se determinar a ordem dos disparos é necessário avaliar a distribuição das linhas radiais nas superfícies do vidro. O primeiro projétil a causar o choque formará rupturas radiais e quando o segundo disparo atingir o vidro (Fig. 2), haverá formação de novas fraturas radiais que serão interrompidas pelas rupturas já existentes [13].



Figura 3. Rupturas radiais originadas a partir do ponto de impacto. (Seta preta nos aponta o local de impacto e as setas vermelhas nos mostram rupturas radiais).

3.2. Linhas Concêntricas

As Linhas concêntricas são originadas a partir das linhas radiais e são delimitadas por estas (Figs. 4-6). São ocasionadas pela força e pela pequena elasticidade do vidro em face da pressão e das deformações definidas pelas fraturas radiais. Originam-se no lado da superfície que sofreu o impacto. As linhas de fraturas concêntricas são rupturas de formato circular ou elíptico, conforme o ângulo de incidência [8].

Imediatamente após o impacto do projétil, o vidro ressurta e a compressão na superfície do impacto transforma-se em tensão que faz com que o vidro estale em forma de espiral. Estas linhas espirais ou concêntricas são interrompidas pelas linhas radiais [13].

Durante a formação das linhas de fraturas radiais, originam-se segmentos entre estas linhas, com formato semelhante a triângulos. Estes triângulos formados entre as linhas radiais se curvam (isso dá origem a um esforço de tração) na face frontal do vidro que, ao atingir o limite de flexibilidade, causa a formação das linhas de fraturas concêntricas [7].



Figura 4. Seta vermelha indica a linha concêntrica pós impacto de projétil de arma de fogo.



Figura 5. Linhas concêntricas indicadas pelas setas vermelhas



Figura 6. Linhas concêntricas formadas a partir das linhas radiais

A ruptura espiral se forma mais rapidamente na superfície do impacto do que no lado oposto. O rachamento em linhas radiais divide o vidro em áreas triangulares. Estes triângulos são empurrados no mesmo sentido do deslocamento do projétil e consequentemente haverá uma resistência da superfície do vidro,

produzindo então uma força de torção que ao exceder a elasticidade do vidro, começará a quebrar no mesmo lado que sofreu o impacto produzindo rupturas semicirculares em relação ao ponto do choque. O número de rupturas concêntricas produzidas depende da força do impacto, ou seja, uma força rápida produzirá mais destas rupturas do que uma força lenta. Este detalhe é de grande importância para a perícia pois permite aos peritos saber se o impacto foi ocasionado por um objeto arremessado manualmente ou por um projétil de arma de fogo [13].

Como as fraturas concêntricas são formadas a partir das fraturas radiais, elas são limitadas por essas. Da mesma forma, na hipótese de uma placa de vidro ser atingida por mais de um disparo, as linhas de fraturas radiais do segundo disparo ficarão limitadas pelas linhas de fratura do primeiro disparo, no ponto de encontro dessas linhas. Este fato permite estabelecer uma cronologia dos disparos efetuados contra uma mesma lâmina de vidro, independente do sentido desses disparos, ou seja, mesmo que em sentidos opostos [7].

4. INTERAÇÃO ENTRE DISPARO DE ARMA DE FOGO E SUPERFÍCIES DE VIDRO: COMO ESTABELECE O SENTIDO DOS DISPAROS

Quando do impacto de projéteis contra lâminas de vidro, como para-brisas de veículos ou vidraças de janelas, observa-se como resultado dessa transfixação uma figura espacial semelhante a um tronco de cone na superfície onde ocorreu o impacto (Fig. 7), produzindo um orifício cujo diâmetro é menor do que o orifício verificado na saída da placa de vidro [5].



Figura 7. O cone formado pós disparo de arma de fogo em superfície de vidro permite definir o sentido da trajetória do disparo. O orifício de saída (lado oposto ao atirador) é maior do que o orifício de entrada.

Ao se aplicar uma força concentrada em um ponto, gera-se na superfície ao redor do ponto de aplicação, um esforço de compressão que resulta em compelir e direcionar as estruturas moleculares para o ponto de aplicação da força [7].

Quando se arremessa um objeto contundente contra uma vidraça, um cone será produzido, cuja base encontra-se na superfície oposta àquela do impacto contra o vidro.

No caso de um projétil de arma de fogo (Figs. 8-11), o cone formado dará informações adicionais em relação à direção do impacto, através da distribuição dos estilhaços em volta do cone. Em caso de um disparo perpendicular em uma vidraça, resultará em um cone com estilhaços uniformemente distribuídos. Se o disparo ocorrer formando um ângulo à esquerda, o lado direito do vidro terá mais estilhaços que o esquerdo, o que nos indicará que o disparo foi realizado da esquerda [13].



Figura 8. Cone de transfixação formado em vidro. O disparo partiu da esquerda para direita e as setas nos mostram o orifício de saída do projétil de arma de fogo.



Figura 9. Cone de transfixação formado após disparo de projétil de arma de fogo. Seta aponta orifício de saída (cone). A força partiu do lado oposto ao cone



Figura 10. Sentido do projétil de arma de fogo da esquerda para direita. Seta mostra o ponto inicial do impacto do projétil (cauda de entrada). Trajetória (na foto): Esquerda para direita.



Figura 11. Seta demonstrando trajetória de um projétil de arma de fogo. Cauda de entrada se forma no ponto de impacto do projétil com o vidro Trajetória (na foto): Esquerda para direita.

Nos impactos com uma trajetória em ângulo reto com a placa de vidro, tanto o orifício de entrada quanto o orifício de saída apresentam um formato circular. Quando a trajetória do disparo for oblíqua à placa de vidro, os orifícios verificados na entrada e saída dessa placa apresentarão formato elíptico. A maior perda de material constituinte, na superfície contrária ao impacto (saída) se dará no vértice oposto à posição do atirador. Como regra, é possível determinar a direção de onde partiu o disparo que transfixou uma placa de vidro, considerando que o orifício produzido pela passagem de projétil de arma de fogo será maior no lado onde ocorreu a saída. Independente do ângulo do disparo, a consideração a respeito do maior diâmetro observado na saída do que na entrada, permanece válida, variando apenas o formato da figura quando vista no plano. Outra marca superficial de significativo interesse são

pequenos filetes retilíneos, com origem na superfície que sofreu o impacto [7].

No lado oposto à superfície na qual se aplica a força, o esforço resultante é de tração, tendendo a afastar a estrutura molecular do ponto onde é aplicada a força. A dinâmica de esforços relatada é a que ocorre quando do impacto de um projétil de arma de fogo sobre uma placa de vidro. No ponto de impacto têm-se a aplicação da força na superfície que se verificou a entrada, nesse caso, o esforço é o de compressão; no lado da saída, o esforço verificado é o de tração. Como resultado, observa-se uma ruptura de formato cônico, com maior perda de material no lado que se verifica o esforço de tração provocando o corte irregular do vidro neste ponto. Somente pode ser observado nas placas de vidro que permanecem nos seus suportes ou apoiadas, sem se estilhaçar, apesar de perfuradas [7].

No exame da seção transversal de um fragmento de lâmina de vidro partido por força mecânica, verifica-se a presença de riscos, os quais começam perpendiculares em relação à superfície submetida a esforços de tração, e se curvam em relação à outra superfície; tais riscos são a propagação em escamas [7].

Uma marca de significativo interesse são os pequenos filetes retilíneos, com origem na superfície que sofreu o impacto, que se desenvolvem perpendicularmente a essa superfície, no mesmo sentido ao da aplicação da força. A análise dessas marcas permite determinar o sentido da trajetória mesmo a partir de fragmentos [9].

Em casos de vidros partidos por projéteis de armas de fogo, muitas vezes só restam os fragmentos do vidro. Contudo, na maioria dos casos, é possível determinar qual a superfície voltada para o lado exterior através da análise dos desgastes produzidos por intempéries, pela aderência de sujidades e pelo sol, que acabam tornando a superfície mais áspera. A análise das marcas e filetes presentes na seção transversal permite determinar o sentido dos disparos [7].

Quando o projétil não consegue transfixar a lâmina de vidro devido à baixa velocidade, pode ocorrer o desprendimento de um pequeno fragmento, de formato circular ou semicircular, do lado oposto à região impactada. Isso pode induzir a um erro na interpretação do sentido da trajetória do disparo, uma vez que o orifício de maior diâmetro encontra-se do lado de onde provém o disparo. Isto pode ocorrer com projéteis desferidos por carabinas de ar comprimido, conhecidos como “chumbinhos”. Analisando o cone de fratura, fraturas radiais e concêntricas e a quantidade de fragmentos existentes em cada lado da lâmina de vidro, podemos definir o sentido da trajetória [7].

Normalmente os vidros de veículos são constituídos por duas lâminas de vidro utilizando-se, entre elas, uma lâmina de material plástico (manta butílica), de igual

transparência, que faz com que o conjunto das três lâminas comporte-se como uma placa única. As características de ruptura desses vidros são as mesmas em relação ao cone de ruptura, às linhas de fraturas radiais e concêntricas. Contudo, a lâmina interna, por ser constituída de material plástico, apresentará, no caso de uma transfixação, o orifício menor do que qualquer uma das placas de vidro, dada a grande deformação admitida por esses materiais. Isso requer uma observação detalhada na determinação do sentido da força que produziu a transfixação [8].

Através das Figs. 8-11 é possível observar o orifício de saída do projétil de arma de fogo. Este orifício só é percebido devido à formação do cone de transfixação. Este cone é formado no lado oposto ao da aplicação da força, desta forma podemos definir o sentido do disparo.

A seta presente na Fig. 10, nos mostra a cauda de entrada provocada pelo projétil de arma de fogo quando em contato com o vidro do automóvel. Essa cauda permite distinguir o sentido de aplicação da força, uma vez que um decalque é formado no vidro assim que o projétil entra em contato com o mesmo.

A análise dos locais de crime sob a ótica da balística forense visa compreender a dinâmica dos fatos a partir dos vestígios deixados pelos disparos de arma de fogo, além da própria arma e munições. Desta forma a determinação da trajetória do projétil, a estimativa da distância do disparo, o sentido do disparo entre outros vestígios constituem alguns tópicos específicos abordados por essa área. A análise de orifícios de impacto de projeteis fornece por meio de técnicas, o provável sentido percorrido pelo projétil e, em conjunto com outros vestígios encontrado no local, pode auxiliar a determinação da posição do atirador [13].

O estabelecimento de uma trajetória raramente estabelece de imediato, a posição relativa do atirador, pois a observação do impacto de um projétil em uma superfície de vidro, por exemplo, tem como objetivo estabelecer o caminho pelo qual o projétil passou [13].

Um dos objetivos da balística forense visa descobrir a posição do atirador, porém muitos vestígios devem ser analisados juntos, como presença de pegadas, presença de munição, manchas de sangue, orifícios provocados por projeteis de arma de fogo etc. A análise das superfícies por si só visa estabelecer o sentido do disparo. Uma técnica muito utilizada para isso é a técnica do bastão, que tem como metodologia a inserção do bastão na perfuração ocasionada pelo projétil auxiliando na determinação de pontos de transfixação e impacto [13].

O sentido do disparo de arma de fogo no veículo daa Figs. 12-13 ocorreu de fora para dentro, ou seja, o atirador estava no lado externo do veículo quando efetuou o disparo. O orifício demonstrado pela seta é o orifício de entrada do projétil, por este motivo não se

observa nesta imagem o cone de transfixação, que está no lado oposto do vidro (lado interno).



Figura 12. Veículo alvejado por disparos de arma de fogo. Seta mostra orifício de entrada de projétil de arma de fogo no vidro dianteiro esquerdo (cone de transfixação do lado interno do veículo). Trajetória: esquerda para direita (fora para dentro).



Figura 13. Saída de projétil de arma de fogo em vidro dianteiro direito do veículo (cone de transfixação demonstrado pela seta) Trajetória: da esquerda para direita.

O sentido do disparo demonstrado é da esquerda (lado interno) para direita (lado externo), seta aponta o cone de transfixação formado no vidro do automóvel. O orifício de saída é sempre maior que o orifício de entrada. Embora estudos confirmem que o cone de transfixação será formado no lado oposto ao da aplicação da força, nem sempre é possível identificá-lo facilmente. Muitas vezes o uso de películas automotivas pode confundir o perito, pois elas tornam o vidro mais resistente a impactos e evitam que o vidro estilhaçe o que pode prejudicar a formação do cone de transfixação. Por este motivo é necessária a retirada desta película antes da análise.

4. CONCLUSÃO

Vimos que a balística forense é a ciência que estuda as armas de fogo, e através dela, podemos estudar os

efeitos causados pelos projéteis expelidos por estas armas. Através da interação entre estes projéteis e as superfícies de vidro dos veículos, podemos identificar e estabelecer a dinâmica da cena do crime. Os efeitos produzidos por armas de fogo e pelos projéteis disparados por elas produzem características capazes de contextualizar a dinâmica do evento. Analisando cada detalhe com muita atenção é possível descrever o que ocorreu momentos antes naquele local. É possível determinar o sentido dos disparos e a ordem cronológica em que aconteceram. O sentido dos disparos é estabelecido após a observação da cena do crime e dos vestígios deixados nela. O cone de transfixação e os filetes retilíneos são fundamentais para isto. É possível perceber através das linhas de ruptura radiais e concêntricas qual dos disparos foi realizado por primeiro. Juntando a análise destas características com outras encontradas no local, pode o perito desvendar o que aconteceu em uma cena de crime.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Baruch; J.P. Moracci; J.A. Velho; G.C. Geiser; A. Espíndula. *Balística Forense: Uma Introdução às Principais Áreas da Criminalística Moderna*. 2ed. Campinas, SP: Millennium Editora, 2013.
- [2] A.B. Cabral; B.P. Silva Jr. *Curso de Manuseio e Utilização de Armas de Fogo*. Receita Federal, Belo Horizonte, MG e Piracicaba-SP, Agosto de 2007. Acesso em: 05 maio 2016. Disponível em: https://beniciocabral.files.wordpress.com/2015/01/curso_de_manuseio_de_arma.pdf.
- [3] B.J. Cavalcante. Balística Forense e Lesões por Projéteis. *Revista Jus Navigandi*, Teresina, ano 20, n. 4233, 2 fev. 2015. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/31596>.
- [4] E. Chemello. *Ciência Forense: Balística*. Química Virtual. 2007.
- [5] E. Cunico. *Perícias em Locais de Morte Violenta: Investigação da Cena do Crime*. 1ª ed. Curitiba, 2013.
- [6] SENASP. *Curso de Balística* [Apostila de sala de aula]. Módulo 1. Ministério da Justiça.
- [7] SENASP. *Curso de Balística* [Apostila de sala de aula]. Módulo 4. Ministério da Justiça.
- [8] SENASP. *Curso de Balística* [Apostila de sala de aula]. Módulo 5. Ministério da Justiça.
- [9] E. Rabello. *Balística Forense*. Porto Alegre, 1982.
- [10] D. Tocchetto. *Balística Forense: Aspectos Técnicos e Jurídicos*. 4ª Ed. Campinas, SP, Millennium, 2005.
- [11] D. Tocchetto. *Balística Forense: Aspectos Técnicos e Jurídicos*. 6ª Ed, Campinas, SP, Millennium, 2011.
- [12] M.A.S. Torres; A.A.P. Gonzales; E.M.F. Jannuzzelli; G.S. Lima; P.P.L. Júnior. *Armas de Fogo*. UNESP, 2010.

[13] J.A. Velho; K.A. Costa; C.T.M. Damasceno. *Locais de Crime - dos vestígios à dinâmica criminosa*. Ed. Millennium. 2ª Tiragem, Campinas, 2013.

[14] J.L. Zorzuela. *Instrumentos de Crime: Aspecto Jurídicos e Médico Legais*. Revista da Faculdade de Direito de São Paulo. FDUSP, 1994.