

## **RECONSTRUÇÃO DE CENA DE CRIME A PARTIR DE MANCHAS DE SANGUE**

**ARTHUR MADEIRA CARDOSO**<sup>1</sup>, **RAFAEL CAVAGNOLI**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [madeiraarthur450@gmail.com](mailto:madeiraarthur450@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [rafael.cavagnoli@ufpel.edu.br](mailto:rafael.cavagnoli@ufpel.edu.br)

### **1. INTRODUÇÃO**

Na gestão de dados coletados em cenas de crime, os padrões de sangue são essenciais para a coleta de evidências, especialmente para reconstruir a cena e determinar a origem das manchas. No entanto, o desvio é alto quando utilizamos retas, que é o método mais comum para uma reconstrução de trajetórias. Por conseguinte, seria interessante encontrar uma solução que aproxime os resultados dos valores reais, reduzindo os desvios na determinação da área de origem das manchas, principalmente para manchas de origem parabólica, as quais têm uma particularidade.

Em uma cena de crime, podemos nem ter o corpo da vítima no local a fim de identificar o formato do golpe e os golpes recebidos pela vítima antes de seu desaparecimento. Podemos estimar com velocidades altíssimas (BUCK *et al.* 2011), como em um disparo à queima-roupa, por exemplo, e definir a origem de uma mancha que pode auxiliar a reconstruir uma cena de crime, identificar a altura do golpe e formato a partir da reconstrução da cena, principalmente para ataques de origem não balística, como explorado por KABALIUK *et al.* (2014).

### **2. METODOLOGIA**

Segundo KUNDU (2010), LAAN *et al.* (2021) e GOEDE *et al.* (2017) a viscosidade do sangue pode variar significativamente com a taxa de cisalhamento, e a tensão superficial também desempenha um papel importante na formação e dispersão das gotas de sangue, principalmente para velocidades menores e resfriamento de sangue maior.

Os ângulos de uma mancha são importantes para a decomposição da velocidade de impacto, a partir disso poderemos saber a velocidade em cada eixo do projétil de fluido ao longo do tempo, visto que teremos de transformá-la em uma função. Como ilustrado nas equações (1) e (2), o ângulo  $\alpha$  será obtido aplicando a equação do arco seno em razão de  $L$  e  $c$ . Para determinar o ângulo  $\theta$ , um plano de referência é estabelecido, através de uma mancha, e traçada uma reta direcional, medindo sua projeção no plano horizontal, como estudado por LAAN *et al.* (2015). Neste caso,  $h$  é a altura estabelecida e  $w$  é a largura projetada, portanto, os ângulos serão separados em diferentes formatos, conforme ilustrado na figura 1.

$$\alpha = \arcsen\left(\frac{L}{c}\right) \quad , \quad (1)$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{h}{w}\right) \quad , \quad (2)$$

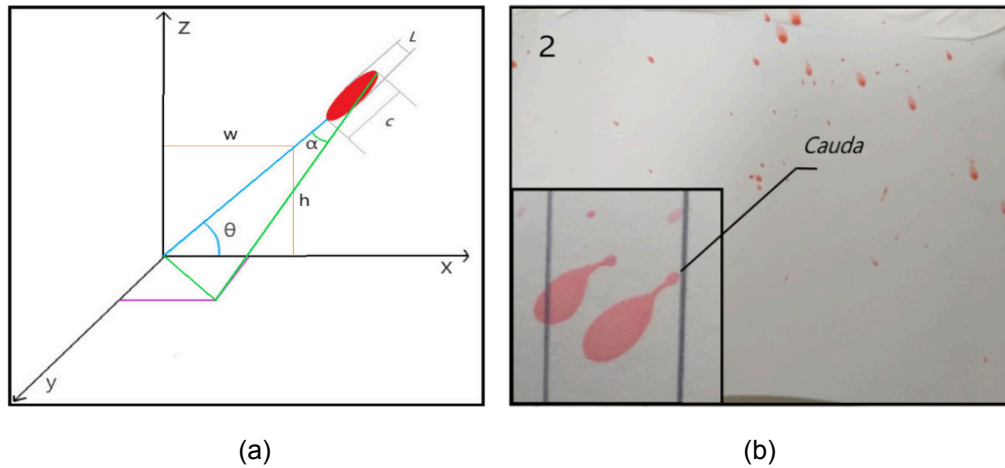


Figura 1: (a) Representação geométrica dos eixos e ângulos para análise de uma mancha de sangue, sendo um ângulo para a inclinação em relação a um referencial e outro para a direção do disparo. Ressalta-se que o ângulo  $\alpha$  indicará a direção de origem da mancha, ou seja, se houver uma cauda, sabe-se a localização de  $\alpha$ . (b) Representação da cauda de uma mancha de fluido, caso aponte para a direção da suposta origem, indica uma trajetória parabólica em relação a esta possível origem.

O comportamento da velocidade de impacto  $v$ , de um fluido viscoso, de acordo com IKEGAWA e Azuma (2004), é dado pela equação (3):

$$\frac{L}{D_0} = 1 + 0,55 \left( \frac{\rho v^2 L}{\sigma} \right)^{0,55} \exp \left( - \frac{1,45 \cdot \left( \frac{\rho v^2 L}{\sigma} \right)^{0,18}}{\left( \frac{\rho v L}{\mu} \right)^{0,18}} \right), \quad (3)$$

onde  $D_0$  representa a largura da cauda, e as demais grandezas são a viscosidade ( $\mu = 0,00116 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ), a tensão superficial ( $\sigma = 0,0720 \text{ N/m}$ ), a densidade ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) e aceleração de queda livre ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ), consideradas como constantes na reconstrução da trajetória.

Para ângulos próximos dos extremos de um eixo, a gota atinge a superfície com maior velocidade  $v$  e portanto, maior energia cinética. A equação (3) leva em consideração a energia adicional, e a exponencial com ajustes de seu espalhamento máximo  $L$  com base nas interações entre as forças envolvidas e relações empíricas ajustadas com as amostras dos experimentos. De acordo com HICKLIN *et al.* (2021), as características do sangue são relevantes para uma análise forense de uma cena de crime, principalmente o volume da mancha. Como explorado por SINGH *et al.* (2021), o uso de sangue artificial pode ser viável para experimentos desde que as propriedades a serem analisadas sejam semelhantes.

Para gerar as manchas, um ambiente experimental foi preparado: paredes foram cobertas com lona plástica, uma cadeira e base de madeira de espessura 5 cm, também cobertos, foram colocados próximos às paredes. O cômodo foi medido para definir a origem de cada mancha em coordenadas cartesianas. Folhas de papel foram afixadas em posições variadas para obter amostras. Uma amostra de 5 ml de sangue artificial (água e corante) foi disposta acima da base de madeira. Vestindo roupa plástica e óculos de proteção, golpes de martelo foram desferidos na amostra, espalhando fluido nas folhas de papel.

Após secagem, ângulos e origens das manchas foram analisados. O experimento foi repetido 5 vezes. Em uma delas, 2 folhas foram colocadas a

diferentes distâncias, gerando padrões usados para determinar largura, comprimento, ângulos e direção das trajetórias. Em outro experimento, 4 golpes próximos foram aplicados com 5 ml por gota, criando padrões em folhas de papel localizadas em outros pontos, utilizados para ajustar a velocidade na eq. (3). Isso permitiu comparar trajetórias parabólicas de diferentes distâncias com a metodologia de SINGH *et al.* (2021). Para melhor compreensão, a figura 2 mostra uma reconstituição conceitual da trajetória e uma fotografia do experimento.

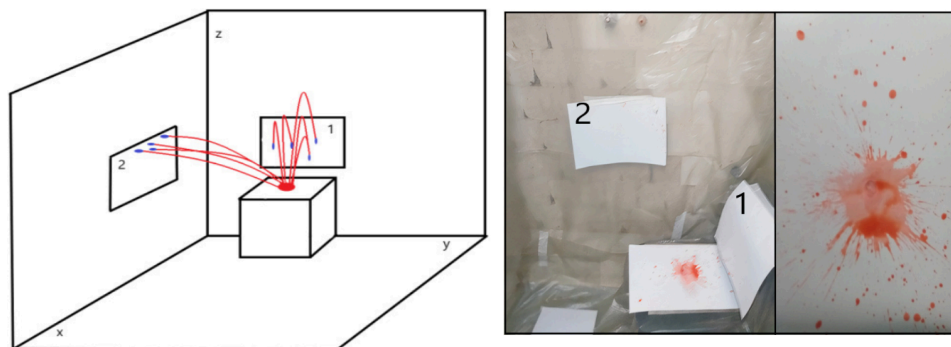


Figura 2: (a) Reconstituição conceitual da trajetória que estamos analisando sem utilizar os dados coletados, feita no programa Paint 3D. (b) Experimento realizado utilizando apenas um golpe no recipiente, a partir deste experimento reconstruiremos a trajetória.

Os parâmetros empíricos foram configurados a partir do segundo teste, e os cálculos ajustados para o primeiro. Com os dados coletados, inserimos as informações em um programa em Python para realizar os cálculos, utilizando os dados de reconstrução para determinar a origem da mancha no plano xz.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com LAAN *et al.* (2015), a origem reconstruída é determinada a partir da área de convergência, baseada na área de intersecção das trajetórias. A área de intersecção é encontrada a partir da média das coordenadas com intersecção em uma matriz com tais coordenadas. Foram efetuadas medidas com uso de um paquímetro e uma régua, a fim de verificar a diferença causada por estes métodos de aferição na reconstrução da cena, conforme figura 3.

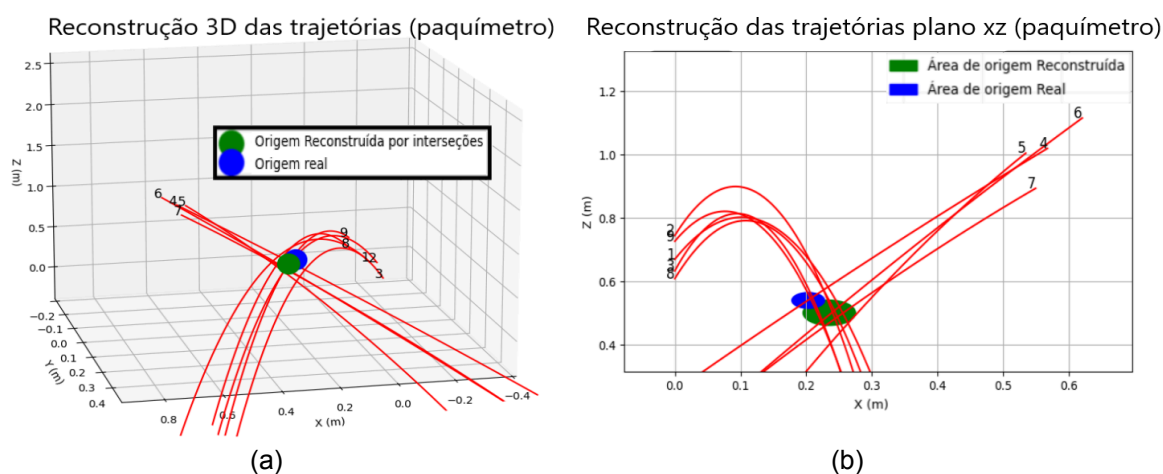


Figura 3: (a) Trajetórias em 3D reconstruídas para os valores de  $L$ ,  $D_0$ , ângulos e direção coletados utilizando paquímetro. A área azul representa a origem real e a verde a reconstruída. (b) e (d) Trajetórias sem paralaxe do plano xz onde a área verde representa as origem reconstruída a partir de seus respectivos dados e a azul sendo a origem real.

Os métodos não são precisos fora da faixa de velocidades de 1,47 m/s a 12,0 m/s, ao dependerem das constantes empíricas. Um raio de 1,5 m da origem foi estabelecido como horizonte de precisão ideal, com comparações feitas no segundo experimento.

#### 4. CONCLUSÕES

O desvio médio em relação à área de origem real no plano xz, na figura 3, foi de 8,76% para o paquímetro. Os desvios podem estar ligados à ausência de componentes variados no experimento e aos métodos de coleta e tratamento de dados. Os resultados podem ser úteis para futuras reconstruções de cenas com manchas de trajetórias parabólicas, além de ampliar a aplicação da metodologia em diferentes contextos forenses.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HICKLIN, R. A. et al. Accuracy and reproducibility of conclusions by forensic bloodstain pattern analysts. **Forensic Science International**, v. 325, p. 110856, 2021. DOI: 10.1016/j.forsciint.2021.110856.

BUCK, U. et al. 3D bloodstain pattern analysis: Ballistic reconstruction of the trajectories of blood drops and determination of the centres of origin of the bloodstains. **Forensic Science International**, v. 206, p. 22-28, 2011.

GOEDE, T. C. et al. Effect of Wetting on Drop Splashing of Newtonian Fluids and Blood. **Langmuir**, v. 34, 2017. DOI: 10.1021/acs.langmuir.7b03355.

IKEGAWA, M.; AZUMA, H. Droplet Behaviors on Substrate in Thin-Film Formation Using Ink-Jet Printing. **JSME International Journal Series B-fluids and Thermal Engineering**, v. 47, p. 490-496, 2004. DOI: 10.1299/jsmeb.47.490.

LAAN, N. et al. Maximum diameter of impacting liquid droplets. **Physical Review Applied**, v. 2, p. 044018, 2014.

SINGH, P. et al. Blood pattern analysis - a review and new findings. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, v. 11, 2021. DOI: 10.1186/s41935-021-00224-8.

KABALIUK, N. et al. Experimental validation of a numerical model for predicting the trajectory of blood drops in typical crime scene conditions, including droplet deformation and breakup, with a study of the effect of indoor air currents and wind on typical spatter drop trajectories. **Forensic Science International**, v. 245, p. 107-120, 2014. DOI: 10.1016/j.forsciint.2014.10.020.

LAAN, N. et al. Bloodstain Pattern Analysis: implementation of a fluid dynamic model for position determination of victims. **Scientific Reports**, v. 5, p. 11461, 2015. DOI: 10.1038/srep11461.

KUNDU, P. K.; COHEN, I. M. Fluid mechanics. Burlington: Elsevier, 2008.