

MODELAGEM COMPUTACIONAL COM APLICAÇÕES PARA A ANÁLISE DE PADRÕES DE MANCHAS DE SANGUE

MARCELO DA SILVEIRA TORTOLERO ARAUJO LOURENÇO¹; LUCAS DOS SANTOS ROCHA²; ISRAEL BACHI³; MARCELO SCHRAMM⁴

¹*Universidade Federal de Pelotas – marcelotortolero16@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – lsrochad@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – bachiisrael@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – mschramm@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

Em cenas de crimes, principalmente quando se trata de crimes violentos, é comum a ocorrência de manchas de sangue. Por este motivo, existe uma subárea das ciências forenses que é a responsável por analisar os padrões de manchas de sangue, com base em interpretações referentes ao formato, à distribuição e à categorização dos padrões de manchas de sangue (PESCHEL et al., 2010).

Diversos trabalhos lidam com a análise de padrões de manchas de sangue de maneira experimental, utilizando diversas técnicas para simular os padrões em laboratório ou em cenas de crimes simuladas (BEHROOZ et al., 2011; BRUIN et al., 2011; ATTINGER et al., 2018), no entanto, ATTINGER et al. (2013) afirmam que é de suma importância que além de estudos experimentais também sejam realizados modelos matemáticos capazes de demonstrar a influência da dinâmica de fluidos e da transferência de calor sobre a geração dos padrões de manchas de sangue.

Visando a modelagem computacional através de métodos numéricos e, ainda proondo, alternativamente, saídas analíticas para resolução de problemas relacionados com a mecânica dos fluidos, transferência de calor e outras áreas correlatas que possam agregar ao estudo dos eventos físicos que regem o comportamento dos fluídos, mais precisamente para simulação de padrões de espalhamento de sangue, as ações do grupo de pesquisa se voltam à vasta bibliografia especializada e à criação de rotinas computacionais para atingir seus fins.

Sendo assim, o presente trabalho, cujo projeto ainda se encontra em fase de desenvolvimento, tem como objetivo a apresentação do tema e seus contornos, além de explicitar os princípios gerais metodológicos a serem empregados para a solução de problemas análogos ao problema principal, que diz respeito à modelagem computacional da transferência de calor e da dinâmica de fluidos na geração de padrões de manchas de sangue, bem como os resultados preliminares obtidos até o momento.

Nesta etapa inicial o grupo de pesquisa focou no desenvolvimento de conhecimento tanto teórico quanto de implementação computacional do projeto para que posteriormente esse ferramentário todo possa ser empregado a uma modelagem preditiva mais fidedigna do padrão de manchas de sangue em cenas de crimes reais.



2. METODOLOGIA

Para que o compreendimento dos tipos de problemas com os quais o presente projeto lida fosse atingido, muitas horas foram dedicadas ao estudo da mecânica dos fluidos apresentada por FOX et al. (2020), à transferência de calor e termodinâmica de BERGMAN et al. (2019) e AFONSO (2019), respectivamente, e à modelagem matemática proposta por BURDEN (2016). Durante esse período, reuniões virtuais foram realizadas para a discussão e esclarecimento dos tópicos estudados.

Dada a complexidade e a amplitude das temáticas estudadas, optou-se por subdividir o tema em três abordagens distintas, porém que serão complementares ao fim do projeto: (a) mecânica dos fluidos, (b) transferência de calor; e, (c) parâmetros termofísicos do sangue.

Códigos em Python e Scilab utilizando o Método de Diferenças Finitas (MDF) foram desenvolvidos com o intuito de resolver problemas de mecânica dos fluidos e transferência de calor análogos aos de interesse do projeto e, quando possível, foi realizada a solução analítica com efeito comparativo.

A formulação do método de diferenças finitas seguiu-se por quatro passos principais: 1) Discretizar o domínio espacial; 2) Avaliar a equação nos pontos discretos; 3) Substituir as derivadas por diferenças finitas; 4) Formular um algoritmo e implementá-lo em alguma linguagem de programação (LANGTANGEN & LINGE, 2016). Estes passos resultam em um sistema algébrico linear, de fácil resolução para a solução aproximada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos dos parâmetros termofísicos de ATTINGER et al. (2013), ELAD & EINAV (2004), PALENSKE & SAUNDERS (2002), POPPENDIEK et al. (1967), DUBEY (2019), RAYMOND et al. (1996), KIM et al. (2016) e LARKIN & BANKS (2014) foram implementados em linguagem Python para serem verificados e validados assim que os modelos de mecânica dos fluidos e transferência de calor estiverem implementados em sua forma final. O método das diferenças finitas é uma ótima forma de resolver problemas cuja solução analítica é impossível ou de difícil obtenção.

O exemplo mais próximo às condições que o sangue sofre escoando, caracterizado nas mudanças bruscas de parâmetros, meios heterogêneos, malha não uniforme e levando em conta evolução temporal, foi confeccionado como espelho do projeto, o qual demonstra como está o prosseguimento da pesquisa e quais critérios devem ser adicionados e/ou modificados no desenvolvimento dos parâmetros de abordagens futuras.

Simulações numéricas de escoamento em meios heterogêneos nos revelam o comportamento em que os parâmetros variam com a posição, e o escoamento em uma malha não uniforme, a malha dos pontos discretizados é randômica, dessa maneira criou-se um código em Python relacionando esses dois casos, resolvendo uma condição de contorno de Robin para meio heterogêneo e malha não uniforme, observando assim uma diminuição da temperatura conforme essa malha não uniforme é percorrida. Também estudou-se o caso de simulações de escoamento transiente em relação a equação de Burgers construindo um código em Python, em que além das variáveis de posição, os parâmetros alteram-se em função do tempo.



4. CONCLUSÕES

É comum que os padrões de manchas de sangue sejam estudados experimentalmente através de ensaios de laboratório. Desta forma, o escopo do projeto mostra-se promissor para tal aplicação por apresentar uma abordagem com potencial para complementar os estudos experimentais relacionados à análise dos padrões de manchas de sangue, tendo em vista que não demanda tantos recursos e a facilidade de implementação. Além disso, é necessário destacar a relevância que um modelo matemático robusto pode apresentar em um contexto como este, tendo em vista que as simulações numéricas obtidas até momento foram relativas a diferentes comportamentos isolados, porém já é possível observar que existem relações entre eles.

Sendo assim, o grupo almeja aumentar a complexidade dos problemas análogos ao tema central do projeto através da inserção de tópicos referentes à transferência de calor, nos aproximando cada vez mais de uma modelagem realista do problema principal, buscando verificar e validar os modelos dos parâmetros termofísicos do sangue, e por consequência, relacionar a influência que tais parâmetros possuem sobre os padrões de manchas de sangue corriqueiramente encontrados em cenas de crimes reais.

Entender a influência desses parâmetros pode auxiliar no aumento da acurácia das interpretações por parte dos cientistas forenses. Futuramente, o grupo pretende implementar os modelos em seu acoplamento final, para que a cinemática e dinâmica da problemática do projeto possa ser modelada computacionalmente em sua totalidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, C. **Termodinâmica para engenharia** (Vol. 14). FEUP edições, 2012.

ATTINGER, D., MOORE, C., DONALDSON, A., JAFARI, A., & STONE, H. A. Fluid dynamics topics in bloodstain pattern analysis: comparative review and research opportunities. **Forensic science international**, 231(1-3), 375-396, 2013.

ATTINGER, D., LIU, Y., BYBEE, T., & DE BRABANTER, K. A data set of bloodstain patterns for teaching and research in bloodstain pattern analysis: Impact beating spatters. **Data in brief**, 18, 648-654, 2018.

BEHROOZ, N., HULSE-SMITH, L., & CHANDRA, S. An evaluation of the underlying mechanisms of bloodstain pattern analysis error. **Journal of forensic sciences**, 56(5), 1136-1142, 2011.

BERGMAN, T. e LAVINE, A. **"Incropera-Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa."** 8a Edição ed. Grupo GEN, 2019.

BURDEN, Richard L., J. Douglas Faires, and Annette M. Burden. **Análise numérica**. Cengage Learning, 2016.

DE BRUIN, K. G., STOEL, R. D., & LIMBORGH, J. C. **Improving the point of origin determination in bloodstain pattern analysis**. **Journal of forensic sciences**, 56(6), 1476-1482, 2011.



DUBEY, I. S. **A Study of the Impact of the Physical Properties of Blood on the Interpretation of Bloodstain Patterns in Forensic Investigations**, 2019.

ELAD, D., & EINAV, S. Physical and flow properties of blood. **Standard handbook of biomedical engineering and design**, 3-1, 2003.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., and MITCHELL, J. W. **Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics**. John Wiley & Sons, 2020.

KIM, S., MA, Y., AGRAWAL, P., & ATTINGER, D. How important is it to consider target properties and hematocrit in bloodstain pattern analysis?. **Forensic science international**, 266, 178-184, 2016.

LANGRTANGEN, H. P; e LINGE, S; **Finite Difference Computingwith PDEs - A Modern Software Approach**, 2016.

PESCHEL, O., KUNZ, S. N., ROTHSCHILD, M. A., & MÜTZEL, E. Blood stain pattern analysis. **Forensic science, medicine, and pathology**, 7(3), 257-270, 2011.

POPPENDIEK, H. F., RANDALLI, R., BREEDEN, J. A., CHAMBERS, J. E., & MURPHY, J. R. Thermal conductivity measurements and predictions for biological fluids and tissues. **Cryobiology**, 3(4), 318-327, 1967.

PALENSKE, Nicole M.; SAUNDERS, David K. Comparisons of blood viscosity between amphibians and mammals at 3 C and 38 C. **Journal of thermal biology**, v. 27, n. 6, p. 479-484, 2002.

RAYMOND, M. A.; SMITH, E. R.; LIESEGANG, J. The physical properties of blood--forensic considerations. **Science & Justice**, v. 36, n. 3, p. 153-160, 1996.

LARKIN, Bethany AJ; BANKS, Craig E. Exploring the applicability of equine blood to bloodstain pattern analysis. **Medicine, Science and the Law**, v. 56, n. 3, p. 190-199, 2016.