

Implementação e Validação via Método de Monte Carlo da Probabilidade de Formação Triangular em Segmentos Unitários

Joao Victor Silva de Sousa¹

Jamily de Lima Ribeiro²

Fabio Rivas Correia Cervino³

Departamento Acadêmico de Educação Básica e Formação de Professores

Instituto Federal do Amazonas

Manaus, Brasil

14 de janeiro de 2026

Palavras-chave: Probabilidade Geométrica; Método de Monte Carlo; Python; Desigualdade Triangular; Simulação Computacional.

Resumo

Este trabalho investiga o clássico problema da probabilidade geométrica popularizado por Wagner (1997) como "problema do macarrão": qual a probabilidade de três segmentos obtidos a partir de dois cortes aleatórios em um segmento unitário formarem um triângulo? A condição matemática é a satisfação simultânea da desigualdade triangular (Dolce & Pompeo, 2013), onde cada lado deve ser menor que a soma dos outros dois. O objetivo foi desenvolver uma abordagem dupla: primeiro, uma atividade prática com estudantes; segundo, uma validação computacional rigorosa via método de Monte Carlo.

Realizamos duas oficinas durante a Semana da Matemática de 2025 no IFAM-Campus Manaus Centro, envolvendo aproximadamente 40 alunos, abrangendo desde o ensino médio até a graduação. Em cada sessão de 60 minutos, os participantes manipularam fisicamente segmentos de espaguete, realizando cortes aleatórios, medições com réguas e verificação da possibilidade de formação triangular. Esta abordagem, inspirada em metodologias ativas para o ensino de probabilidade geométrica (Kayser et al., 2024), permitiu aos estudantes vivenciarem concretamente as condições matemáticas da desigualdade triangular.

Para complementar e validar os resultados práticos, implementamos uma simulação computacional abrangente utilizando Python 3.14. Adotamos o método de Monte Carlo (Metropolis & Ulam, 1949) seguindo as boas práticas estabelecidas por Robert e Casella (2004). Foram realizadas $n = 200.000$ simulações independentes, garantindo reprodutibilidade através de semente fixa. Em cada simulação, geramos dois pontos de corte uniformes, calculamos os três segmentos resultantes (a, b, c com $a + b + c = 1$), e verificamos a satisfação das três desigualdades triangulares.

A simulação produziu uma estimativa de probabilidade de $\hat{P} = 0,250245$ com intervalo de confiança de 95% de $[0,248347; 0,252143]$, confirmando com alta precisão o valor teórico esperado de $P = 0,25$. Além desta

¹e-mail: 2024007388@ifam.edu.br

²e-mail: 2025004120@ifam.edu.br

³e-mail: fabio.rivas@ifam.edu.br

validação numérica, a análise computacional revelou uma propriedade geométrica significativa: os triângulos formados apresentam forte tendência à equilateridade, com coeficiente de variação médio de apenas 10,24%. Esta descoberta quantitativa amplia a compreensão do problema inicialmente apresentado por Wagner (1997).

A abordagem prática, baseada na manipulação direta de segmentos de espaguete, permitiu aos participantes vivenciarem concretamente as condições da desigualdade triangular. A integração entre o experimento concreto e a posterior visualização dos resultados da simulação computacional possibilita uma apreciação tanto de natureza empírica da probabilidade quanto do rigor de métodos computacionais, criando uma ponte efetiva entre intuição prática e validação matemática.

Concluímos que a abordagem integrada desenvolvida, combinando experimentação prática com validação computacional via método de Monte Carlo, constitui uma estratégia pedagógica eficaz e replicável para o ensino da probabilidade geométrica. As principais contribuições são: (1) validação computacional rigorosa do resultado teórico; (2) descoberta da tendência à equilateridade dos triângulos formados; (3) desenvolvimento de um framework pedagógico que conecta experiência concreta com análise computacional; (4) produção de recursos educacionais que facilitam a replicação da metodologia em outros contextos.

A metodologia desenvolvida pode ser estendida para outros problemas de probabilidade geométrica e adaptada para diferentes níveis educacionais. O sucesso da integração entre prática e computação sugere caminhos promissores para a modernização do ensino de matemática, alinhando-se com as demandas contemporâneas por abordagens que desenvolvam simultaneamente intuição prática e pensamento computacional.

Referências

- [1] DOLCE, O.; POMPEO, J. N. *Fundamentos de matemática elementar 9: geometria plana*. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.
- [2] KAYSER, T. A. R.; BALTAZAR, R.; SILVA, L. S. da. *Explorando a Probabilidade Geométrica: o caso do Problema do Macarrão*. Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, v. 14, n. 2, p. 1–15, 2024. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/periodicos/index.php/ripem/article/view/3898>. Acesso em: 14 jan. 2026.
- [3] METROPOLIS, N.; ULAM, S. *The Monte Carlo Method*. Journal of the American Statistical Association, v. 44, n. 247, p. 335–341, 1949.
- [4] ROBERT, C. P.; CASELLA, G. *Monte Carlo Statistical Methods*. 2nd ed. New York: Springer, 2004.
- [5] WAGNER, E. *Probabilidade geométrica: o problema do macarrão e um paradoxo famoso*. Revista do Professor de Matemática, v. 34, p. 6-11, 1997. Disponível em: <https://rpm.org.br/cdrpm/34/6.htm>. Acesso em: 14 jan. 2026.