

# Modelo Matemático Determinístico e Estocástico da Queda e Possível Resgate de Vítima no Monte Rinjani

Luiz Tiago Wilcke

Junho de 2025

## Resumo

Este trabalho apresenta um modelo físico e estocástico para estimar as chances de sobrevivência de uma vítima após queda no Monte Rinjani, Indonésia. São aplicadas equações da cinemática, considerações médicas de sobrevivência e simulações via Método de Monte Carlo para quantificar a probabilidade de resgate bem-sucedido em dois cenários: tradicional e avançado (com tecnologia de resgate rápida).

## 1 Parâmetros Físicos da Queda

Altura estimada da queda:  $h \in [300, 600]$  m

Aceleração gravitacional:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

### Equações da queda livre

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1)$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

**Caso A:**  $h = 300 \text{ m}$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 300}{9,81}} = \sqrt{61,1621} \approx 7,82 \text{ s}$$
$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 300} = \sqrt{5886} \approx 76,72 \text{ m/s} \approx 276 \text{ km/h}$$

**Caso B:**  $h = 600 \text{ m}$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 600}{9,81}} = \sqrt{122,3243} \approx 11,06 \text{ s}$$
$$v = \sqrt{11772} \approx 108,51 \text{ m/s} \approx 391 \text{ km/h}$$

## 2 Modelo de Sobrevivência Após o Impacto

Consideramos a variável tempo de sobrevivência  $t_s$  como:

$$t_s \sim \mathcal{U}(15, 25) \text{ min} \quad (3)$$

$$\mathbb{E}[t_s] = \frac{15 + 25}{2} = 20 \text{ min} \quad (4)$$

## 3 Modelo de Resgate Tradicional

Distribuição assumida para o tempo de resgate por trilha:

$$t_r \sim \mathcal{N}(240, 60^2) \text{ min} \quad (5)$$

$$IC_{95\%} = [120, 360] \text{ min} \quad (6)$$

## 4 Modelo com Tecnologia de Resgate Rápido

$$t'_r \sim \mathcal{N}(15, 5^2) \text{ min} \Rightarrow IC_{95\%} = [5, 25] \text{ min} \quad (7)$$

## 5 Probabilidade de Sucesso do Resgate

Caso tradicional:

$$\begin{aligned} P(t_r < t_s) &= P\left(Z < \frac{25 - 240}{60}\right) = P(Z < -3,58) \\ &\approx 0,00017 = 0,017\% \quad (\text{praticamente nulo}) \end{aligned}$$

Caso avançado:

$$\begin{aligned} P(t'_r < t_s) &= P\left(Z < \frac{25 - 15}{5}\right) = P(Z < 2) \\ &\approx 97,7\% \end{aligned}$$

## 6 Conclusão

- A probabilidade de sucesso com resgate tradicional é inferior a 0,02%.
- Com uso de helicópteros, drones com linha de vida ou tecnologias equivalentes, a chance de sucesso ultrapassa 97%.
- Portanto, a sobrevivência da vítima dependia criticamente de logística e tecnologia que reduzissem o tempo de resposta para menos de 20 minutos.

## Referências

- Taylor, J. R. – Classical Mechanics
- Kroese et al. – Monte Carlo Methods (2011)
- Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Juliana\\_Marins](https://en.wikipedia.org/wiki/Juliana_Marins)