

# Distribuição e Esperança Condicional

## Cálculo de Probabilidade 2

Tailine J. S. Nonato

### Conteúdo

#### Função de Distribuição Condicional

Dado um espaço de probabilidade  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$ . Onde  $B \subseteq \Omega$  e  $P(B) > 0$ . A probabilidade condicional de  $A$  dado  $B$  é definida como:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Quando  $B$  é fixado,  $P(\cdot|B)$  é uma probabilidade sobre  $\mathcal{A}$ .

Se  $X$  é uma variável aleatória discreta, define-se a função de distribuição acumulada de  $X$  como:

$$F_{X|B}(x) = P(X \leq x|B)$$

$$F_{X|B}(x) = \frac{P(\{X \leq x\} \cap B)}{P(B)}$$

Onde:

$$X \in \{X_1, \dots\}$$

$$B_i = (X = x_i)$$

E a função de distribuição marginal de  $X$  é dada por:

$$F_X(x) = P(X \leq x)$$

$$F_X(x) = \sum_{i \geq x_i} P(X \neq x_i|B_i) * P(B_i)$$

$$F_X(x) = \sum_{i \geq x_i} P(X = x_i) * F_{X|B_i}(x)$$

## Esperança Condicional

Se  $X$  é uma variável aleatória discreta, a esperança condicional de  $X$  dado  $B$  é definida como:

$$E(X|B) = \sum_i x_i * P(X = x_i|B)$$

Se  $X$  é uma variável aleatória contínua, a esperança condicional de  $X$  dado  $B$  é definida como:

$$E(X|B) = \int_{-\infty}^{\infty} x * dF_{X|B}(x)$$

Se  $F(X|B) \exists$

$$E(X|B) = \int_{-\infty}^{\infty} x * f_{X|B}(x) dx$$

A esperança condicional conta com algumas propriedades, sendo elas:

- i.  $E(X|B) = E(X)$  se  $X$  é independente de  $B$
- ii.  $E(aX + bY|B) = aE(X|B) + bE(Y|B)$
- iii.  $E(E(X|B)) = E(X)$
- iv.  $E(XY|B) = E(X|B)E(Y|B)$  se  $X$  e  $Y$  são independentes de  $B$
- v.  $E(X|B) = E(X|C) \forall C \in \mathcal{A}$  tal que  $P(C) > 0$

## Exemplos

### Exemplo 1

Uma certa lâmpada tem vida em horas, tendo distribuição exponencial com parâmetro  $\lambda = 1$ . Uma pessoa acende a lâmpada e, enquanto a lâmpada estiver acesa, um dado honesto é jogado a cada 15 segundos.

- A. Qual o número esperado de “3”s lançados até a lâmpada se apagar?
- B. Qual o número esperado de lançamentos do dado até a lâmpada se apagar?
- C. Qual o número esperado de “3”s lançados até a lâmpada se apagar, dado que a lâmpada se apagou após 10 horas?
- D. Qual o número esperado de lançamentos do dado até a lâmpada se apagar, dado que a lâmpada se apagou após 10 horas?
- E. Qual o número esperado de “3”s lançados até a lâmpada se apagar, dado que a lâmpada se apagou após 10 horas e o primeiro lançamento do dado foi um “3”?

## Resposta A

Dividindo a resolução em passos, tem-se que:

1. Estabelecendo os objetos:

$X$  = tempo de vida da lâmpada

$$X \sim \text{Exp}(1)$$

$N$  = número de lançamentos até a lâmpada se apagar

$Y$  = número de “3”s lançados nos  $N$  lançamentos

2. Conectando informações:

$$N \sim \text{Geom}(1 - e^{-X})$$

$$Y|N \sim \text{Bin}(N, 1/6)$$

3. Calculando a esperança:

$$E(Y) = E(E(Y|N))$$

$$E(Y|N) = N * 1/6$$

$$E(Y) = E(N) * 1/6$$

4. Calculando a esperança de  $N$ :

Considerando  $\alpha = 15$  segundos ou  $\alpha = 1/240$  horas, tem-se uma progressão geométrica com razão  $e^{-\alpha}$ , logo  $P(X > n\alpha) = e^{-n\alpha}$ . Então:

$$E(N) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}$$

Por ser uma progressão geométrica,  $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}$  converge em  $\frac{1}{1-e^{-\alpha}}$ , logo:

$$E(N) = \frac{1}{1-e^{-\alpha}}$$

5. Substituindo os valores:

$$E(Y) = \frac{1}{1-e^{-\alpha}} * 1/6$$

$$E(Y) = \frac{1}{1-e^{-1/240}} * 1/6$$

$$E(Y) = 1/(1 - \exp(-1/240)) * 1/6$$

$$E(Y) \approx 40.083$$

### Resposta B

Utilizando as informações calculadas no item anterior, o número esperado de lançamentos do dado até a lâmpada se apagar é:

$$E(N) \approx 240.5$$

### Resposta C

Para calcular o número esperado de “3”s lançados até a lâmpada se apagar, dado que a lâmpada se apagou após 10 horas, tem-se que:

1. Estabelecendo os objetos:

$$X = 10 \text{ horas}$$

$$X \sim \text{Exp}(1)$$

$$N = \text{número de lançamentos até a lâmpada se apagar}$$

$$Y = \text{número de “3”s lançados nos } N \text{ lançamentos}$$

2. Conectando informações:

Utilizando a fórmula de Bayes, tem-se que:

$$E(Y|X = 10) = E(E(Y|N, X = 10))$$

...