

# Teoria do Risco

## Aula 10

Danilo Machado Pires  
danilo.pires@unifal-mg.edu.br



DANILO MACHADO PIRES  
LEANDRO FERREIRA  
LEONARDO HENRIQUE COSTA  
REINALDO ANTONIO GOMES MARQUES

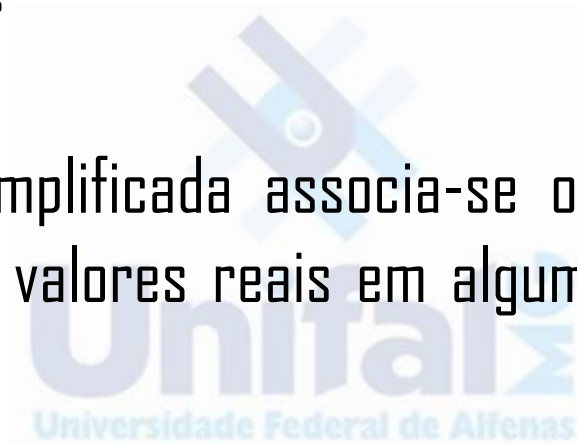
**TEORIA DO RISCO ATUARIAL**  
**FUNDAMENTOS E CONCEITOS**



<https://atuaria.github.io/portahalley/>

# Medida de Risco

- Ao se assumir um risco deve-se ter em mente a incerteza sobre o possível retorno.
- Busca-se estabelecer métodos e critérios para que se possa entender ou até mesmo antever situações futuras.
- De uma forma muito simplificada associa-se o risco a uma variável aleatória  $X$  que assume valores reais em algum conjunto de possíveis cenários financeiros.



# Medida de Risco

- Em um modelo probabilístico para o Risco ( $X$ ), pode-se voltar às atenções para a distribuição resultante de  $X$  e tentar mensurar o risco em termos de momentos ou quantis.
- As formas mais conhecidas e praticadas para a medida de riscos utilizam essa abordagem.



# Medida de Risco

- O coeficiente de variação em uma carteira de seguros serve como medida de risco para cada risco avaliado. Assim o coeficiente de variação associado ao Risco  $X$  é dado por:

$$Cv_X = \frac{\sqrt{\text{var}(X)}}{E(X)}$$

- É um indicador do grau de dispersão de valores, independentemente de sua escala e unidades de medida.
  - O coeficiente de variação pode ser usado para comparar a variação de vários processos e fenômenos.

# Medida de Risco

- Exemplo

Considere dois **segurados** (I e II) que têm as distribuições de danos a veículos como mostradas por  $P_I(x)$  e  $P_{II}(x)$ .

Qual segurado representa maior risco para o segurador?

$$P_I(x) = \begin{cases} 0,75 & x = 0 \\ 0,15 & x = 5000 \\ 0,08 & x = 10000 \\ 0,02 & x = 15000 \end{cases} \quad P_{II}(x) = \begin{cases} 0,80 & x = 0 \\ 0,08 & x = 5000 \\ 0,07 & x = 10000 \\ 0,05 & x = 15000 \end{cases}$$

- A primeira vista supõem que o segurado *II* apresenta melhores chances imediatas de não sofrer sinistros...

$$E(X_I) = 0,75(0) + 0,15(5000) + 0,08(10000) + 0,02(15000) \\ = \text{R\$1850,00}$$

$$E(X_{II}) = 0,8(0) + 0,08(5000) + 0,07(10000) + 0,05(15000) \\ = \text{R\$1850,00}$$



- A primeira vista supõem que o segurado *II* apresenta melhores chances imediatas de não sofrer sinistros...

$$E(X_I) = 0,75(0) + 0,15(5000) + 0,08(10000) + 0,02(15000) = \text{R\$1850,00}$$

$$E(X_{II}) = 0,8(0) + 0,08(5000) + 0,07(10000) + 0,05(15000) = \text{R\$1850,00}$$

- A identificação do segurado que represente maior risco, ficará a cargo da variância verificada em cada uma das funções relativas aos segurados *I* e *II*.

$$E(X_I^2) = 0,75(0^2) + 0,15(5000^2) + 0,08(10000^2) + 0,02(15000^2) = 16250000,00$$

$$E(X_{II}^2) = 0,8(0^2) + 0,08(5000^2) + 0,07(10000^2) + 0,05(15000^2) = 20250000,00$$

$$\text{var}(X_I) = 16250000,00 - (1850,00)^2 = \text{R\$12826500,00}$$

$$\text{var}(X_{II}) = 20250000,00 - (1850,00)^2 = \text{R\$16827500,00}$$

- Com o uso do coeficiente de variação, pode-se obter a medida de risco:

$$CV_I = \frac{\sqrt{12826500}}{1850,00} = \frac{3581,55}{1850,00} = 1,93597$$

$$CV_{II} = \frac{\sqrt{16827500}}{1850,00} = \frac{4102,13}{1850,00} = 2,21737$$

- Conclui-se então que o segurado *II* representa maior risco ao segurador.
- O coeficiente de variação então estabelece uma relação da variabilidade dos dados em unidades de sua média. Assim quanto maior a variabilidade maior será o seu coeficiente de variação.



## EXEMPLO

- Considere duas carteiras de seguros A e B, sendo que as distribuições do total de indenizações para as duas carteiras são dadas por:

$$f_A(s) = 3e^{-3s} - 6e^{-2s} + 3e^{-s}$$

com

$$M_{S_A}(t) = \frac{3}{(1-t)} - \frac{6}{(2-t)} + \frac{3}{(3-t)}$$

e

$$P_B(s) = \begin{cases} 0,14 & s = 0 \\ 0,2279 & s = 1 \\ 0,2075 & s = 2 \\ 0,1625 & s = 3 \\ 0,1078 & s = 4 \\ 0,0627 & s = 5 \\ 0,0369 & s = 6 \\ 0,0265 & s = 7 \\ 0,0148 & s = 8 \\ 0,0072 & s = 9 \\ 0,0038 & s = 10 \\ 0,0011 & s = 11 \\ 0,0003 & s = 12 \\ 0,001 & s = 13 \end{cases}$$



- Qual dessas carteiras representa maior risco para o segurador?

- Embora as carteiras apresentem diferentes valores é preciso calcular o custo de risco para cada uma delas na forma:

$$E(S_A) = \frac{dM_{S_A}(t)}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{3}{(1-t)^2} - \frac{6}{(2-t)^2} + \frac{3}{(3-t)^2} \Big|_{t=0} = 3 - \frac{6}{4} + \frac{3}{9} \approx \mathbf{1,833}$$

$$\begin{aligned} E(S_B) &= 0 + 0,2279 + 0,4150 + 0,4875 + 0,4312 + 0,3135 + 0,2214 + 0,1855 + 0,1184 \\ &+ 0,0648 + 0,0380 + 0,0121 + 0,0036 + 0,0130 = \mathbf{2,53} \end{aligned}$$

- Baseado no primeiro momento verifica-se que o esperado de indenizações em  $B$  é substancialmente maior que  $A$  ....



$$E(S_A) \approx 1,833 \quad E(S_B) = 2,53$$

$$E(S_A^2) = \left. \frac{d^2 M_{S_A}(t)}{dt^2} \right|_{t=0} = \frac{6}{(1-t)^3} - \frac{12}{(2-t)^3} + \frac{6}{(3-t)^3} \Big|_{t=0} = 6 - \frac{12}{8} + \frac{6}{27} \approx 4,73$$

$$\begin{aligned} E(S_B^2) &= 0 + 0,2279 + 0,8300 + 1,4625 + 1,7248 + 1,5675 + 1,3284 + 1,2985 + 0,9472 + 0,5832 \\ &+ 0,38 + 0,1331 + 0,0432 + 0,1690 = 10,6953 \end{aligned}$$

➤ Assim

$$var(S_A) = 4,73 - (1,83)^2 = 1,372$$

$$var(S_B) = 10,69 - (2,53)^2 = 4,2891$$

➤ Com o uso do coeficiente de variação, pode se obter o maior risco ao segurador

$$CV_A = \frac{\sqrt{1,372}}{1,833} = 0,639 \quad CV_B = \frac{\sqrt{4,2891}}{2,53} = 0,8185$$

➤ Agora sim é possível afirmar que a carteira B possui maior risco que a Carteira A.

# Medida de Risco

- Na teoria do portfólio, o coeficiente de variação é usado como uma medida relativa do risco associado ao investimento em um ativo específico ou carteira de ativos.
- O coeficiente de variação é particularmente útil em uma situação em que duas apólices tem diferentes níveis de risco (desvio padrão).



# Medida de Risco

- Em geral, uma medida de risco é uma função mapeando um risco  $X$  em um número real não-negativo  $\rho(X)$ .



# Medida de Risco

- A medida de risco para uma variável aleatória  $X$  é matematicamente um mapeamento funcional a um número real.
- Uma das possibilidades é o preço pago para a cobertura de um risco financeiro (prêmio).
- Outra é a probabilidade de ruína para um determinado capital inicial dado.



# Medida de Risco

- O matemático Philippe Artzner (1999) elencou alguns axiomas que torna uma medida de risco coerente.
- Transitividade invariante,
- Subaditividade,
- Homogeneidade positiva e
- Monotonicidade.



# Medida de Risco

## ➤ Transitividade invariante

Se  $c$  é uma constante, temos que

$$\rho(X + c) = \rho(X) + c$$

## ➤ Subaditividade

Para todo  $X_1$  e  $X_2$ ,

$$\rho(X_1 + X_2) \leq \rho(X_1) + \rho(X_2)$$

## ➤ Homogeneidade Positiva

Para todo  $\lambda \geq 0$  e todo  $X$ ,

$$\rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$$

## ➤ Monotonicidade

Para todo  $X$  e  $Y$  com  $X \leq Y$  com probabilidade 1, temos que

$$\rho(X) \leq \rho(Y)$$