

## **Segunda avaliação**

### **MODELAGEM E SIMULAÇÃO EM ATUÁRIA 1A**

**Alunos:**

**Caio Leonardo Do Nascimento Mesquita**

**Gabriel Dantas de Leon**

#### **INTRODUÇÃO:**

Este trabalho será dividido em duas partes, na primeira abordaremos um artigo científico que se utiliza de técnicas de simulação de modo a tentar melhorar e analisar aspectos do mercado de saúde suplementar usando dados de uma cidade situada no nordeste brasileiro. Na segunda parte, utilizamos técnicas de simulação para fazer uma previsão para o preço de três ações que são negociadas na bolsa de valores brasileira, cada uma das empresas pertencentes a um setor econômico diferente. A previsão apresenta duas projeções: uma otimista e outra pessimista. Assim, temos mais informação para a tomada de decisão sobre a compra ou venda da ação.

#### **APRESENTAÇÃO DO ARTIGO:**

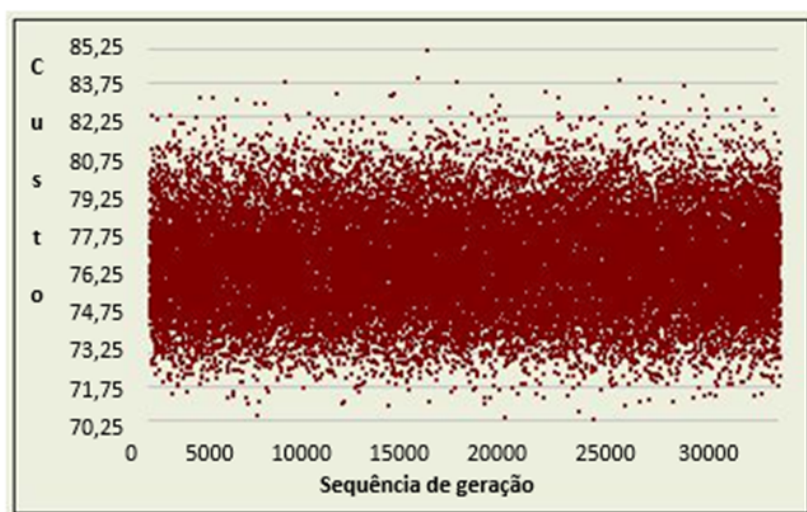
O artigo que será apresentado: “Determinação do preço assistencial em planos de saúde utilizando simulação” (escrito pelos autores David Gradwohl de Macêdo, Emílio Capelo Júnior e Elias Pereira Lopes Júnior) tem como objetivo mostrar um procedimento simplificado para a determinação dos custos assistenciais per capita e mostrar também a importância do tamanho do grupo segurado para o carregamento técnico de solvência. Ele se utiliza da técnica da simulação de Monte Carlo usando dados passados, compostos por aproximadamente 114.000 usuários que ficaram estáveis durante o período de doze meses, fornecidos por uma operadora de saúde da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará.

Os autores utilizaram em sua metodologia métodos estatísticos e experimentais. Eles subdividiram os seus dados em seis categorias: exames, consultas, terapias, outros procedimentos, internações e outras despesas médicas. Para cada uma das categorias, eles observaram a frequência dos custos relacionados, o que pode ser observado de forma resumida na imagem abaixo:

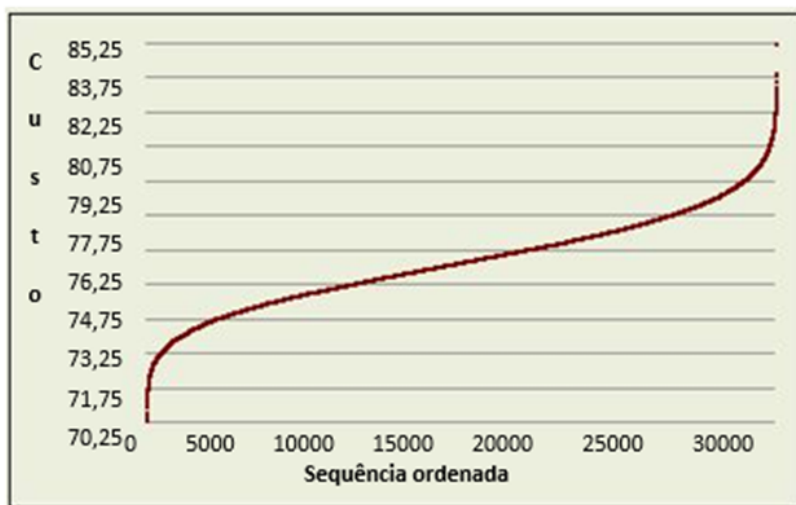
	A	B	C	D	E	F
1	R\$	Freq.	Probabilidade	Intervalo		R\$
2				Início	Fim	
3	0,00	77.438	0,68312	0	0,68312	0,00
4	16,12	3	0,00003	0,68312	0,68315	16,12
5	25,00	1.098	0,00969	0,68315	0,69283	25,00
6	25,20	122	0,00108	0,69283	0,69391	25,20
...	...	...	...	...	...	...
159	285,60	1	0,00001	0,99995	0,99996	285,60
160	289,20	1	0,00001	0,99996	0,99997	289,20
161	295,80	1	0,00001	0,99997	0,99997	295,80
162	329,40	1	0,00001	0,99997	0,99998	329,40
162	329,40	1	0,00002	0,99998	1	336,00
TOTAL	113.359					

Após isso, os pesquisadores geraram números pseudo aleatórios entre 0 e 1 e dependendo em qual dos intervalos demonstrados nas colunas “D” e “E” os números gerados se encontravam, os autores tomavam o valor em reais correspondente aos que estavam apresentados na coluna “A”.

Com isso eles geraram 30.000 resultados como pode ser observado na imagem abaixo:



ao ordenar os dados:



Com isso eles verificaram que em 90% dos casos os custos assistenciais ficavam igual ou abaixo do valor de R\$78,41.

Em seguida o artigo faz, baseado neste valor, uma análise de como o tamanho da carteira de clientes influencia no valor que deve ser cobrado, o que pode ser observado no quadro abaixo:

Tamanho da carteira	113.359 Usuários	10.000 Usuários	1.000 Usuários
Valor Máximo	R\$ 85,15	R\$ 116,62	R\$ 252,24
Valor Mínimo	R\$ 68,78	R\$ 55,24	R\$ 40,35
Máximo – Mínimo	R\$ 16,38	R\$ 61,38	R\$ 211,89
Confiança para valor R\$78,41	90%	67,94%	66,24%
Valor para 90% de confiança	R\$ 78,41	R\$ 85,02	R\$ 101,97
Valor reajustado	R\$ 79,21	R\$ 85,89	R\$ 103,01
Var. % em relação a R\$79,21	0,00%	8,43%	30,05%

Em suas conclusões os autores acreditam ter sido bem sucedidos em seus objetivos, mostrando uma forma mais simples de calcular os custos assistenciais e demonstrando a importância do tamanho da carteira de clientes para o carregamento técnico de solvência.

Artigo disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1197/811>

### **SIMULAÇÃO APLICADA:**

Neste exemplo nós faremos uma previsão de cenários pessimistas e otimistas para o preço de três ações que são negociadas na bolsa de valores brasileira, sendo

elas: ITUB3 (ação da empresa Banco Itaú Unibanco S.A., pertencente ao setor bancário), PETR4 (ação da empresa Petróleo Brasileiro S.A., pertencente ao setor petrolífero) e SULA11 (ação da empresa Sul América S.A., pertencente ao setor securitário). O período que foi utilizado na análise foi entre os dias 16/12/20 e 14/12/21, sendo respectivamente considerados os dias 0 e 263 da análise. Para realizar a simulação utilizamos o método de Monte Carlo aplicando os valores das ações dos últimos doze meses. Para tal, seguimos os seguintes passos:

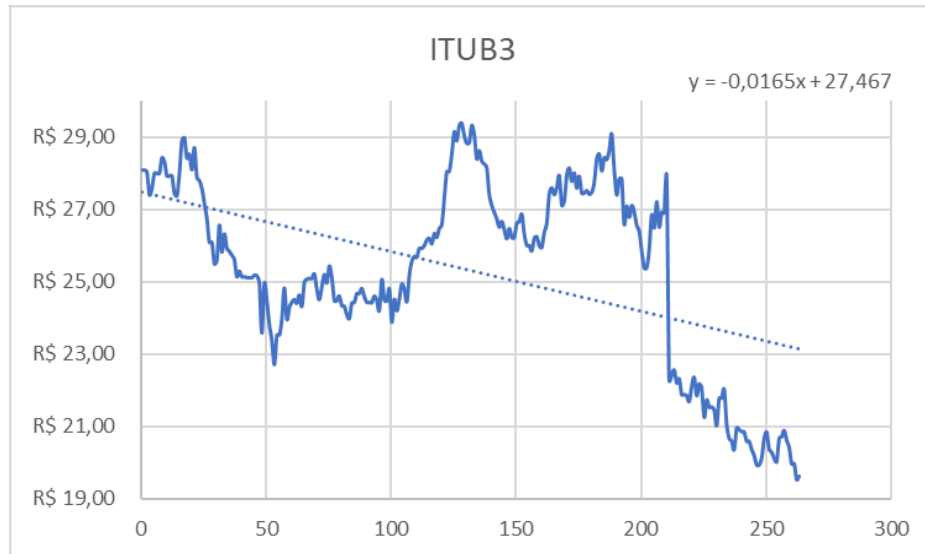
- 1) Calculamos uma linha de tendência para os preços;
- 2) calculamos os valores correspondentes à linha para cada uma das observações para em seguida gerar um vetor de dados correspondente à diferença entre o valor da observação e o valor calculado pela reta de tendência;
- 3) calculamos o valor o desvio padrão das diferenças;
- 4) geramos números pseudo aleatórios entre 0 e 1 e fizemos manipulações neles para que assumissem valores capazes de modelar o comportamento do preço das ações; para isso nós utilizamos a distribuição normal. Calculando o valor desejado através da equação  $y = a \cdot x + b + (-2 \cdot \sigma + 4 \cdot \sigma \cdot (N))$ , sendo “N” um número pseudo aleatório e “ $a \cdot x + b$ ” a equação da reta de tendência com “x” sendo o número do dia. Esses valores multiplicam o desvio padrão pois o intervalo de confiança  $[-2 \sigma; 2 \sigma]$  possui um  $\alpha$  de 5%; -2 corresponde ao limite inferior do intervalo e 4 à distância entre os limites do intervalo  $(2 - (-2) = 4)$ ;
- 5) todo este método foi para realizar uma simulação em um único dia. Precisamos repetir o método para todos os dias observados de forma a obter uma simulação. Neste estudo, fizemos um total de 33 simulações;
- 6) apenas os valores dos último dia são os que interessam, pois são os valores mais recentes de cada simulação. Calculamos a média entre estes 33 valores, e também o desvio padrão;
- 7) o cenário otimista se dá através da fórmula “média +  $2 \cdot \sigma / \sqrt{33}$ ” enquanto cenário pessimista se dá através da fórmula “média -  $2 \cdot \sigma / \sqrt{33}$ ”.

### **CÓDIGO NO R PARA ITUB3:**

```
setwd("C:/Users/caiol/Desktop/UFPE/R")
dados = read.csv("ITUB3.csv", header = TRUE, sep = ";")
mod = lm(formula = ITUB3 ~ dias,data = dados)
coef = coef(mod)
delta = c()
p = 264
for(i in 1:p){
  delta[i] = abs(dados$ITUB3[i] - ((coef[2]*dados$dias[i])+coef[1]))
}
dp = var(delta)**(1/2)
y = c()
k = 33
for(j in 1:k){
  x = c()
  for(i in 1:p){
    r = runif(1)
    x[i] = coef[2]*dados$dias[i] + coef[1]+(-2*dp + (4 * dp * r))
  }
  y[j] = x[p]
}
media = mean(y)
dpy = var(y)**(1/2)
otimista = media + (2*dpy/(33**(1/2)))
pessimista = media - (2*dpy/(33**(1/2)))
```

Vejam os nossos resultados:

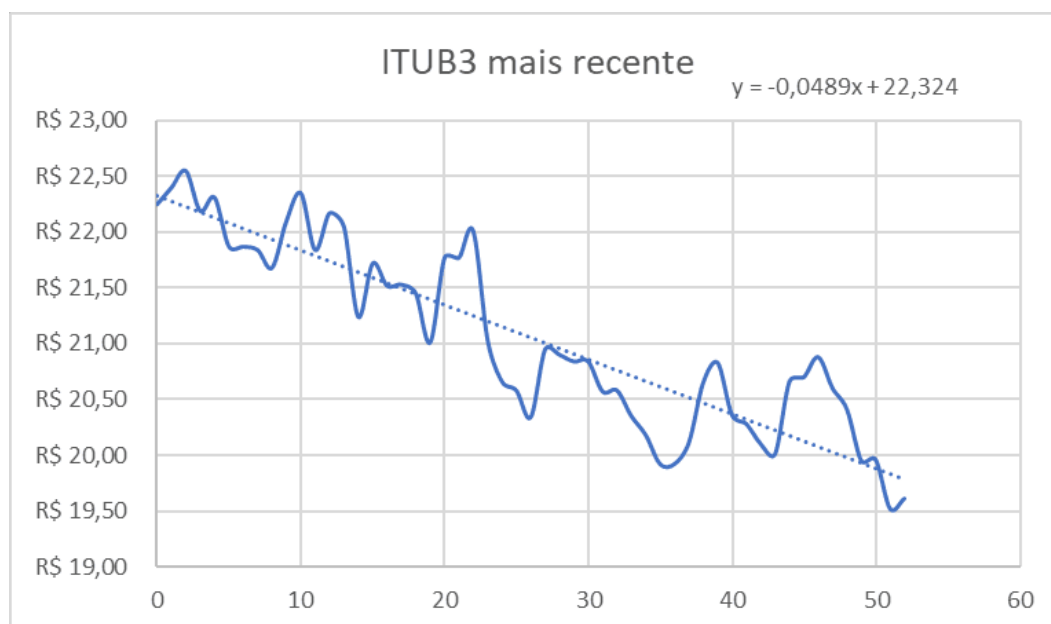
Para a ação ITUB3 observando todo o período obtemos os seguintes resultados:



previsão otimista:R\$23.83

previsão pessimista:R\$22.97

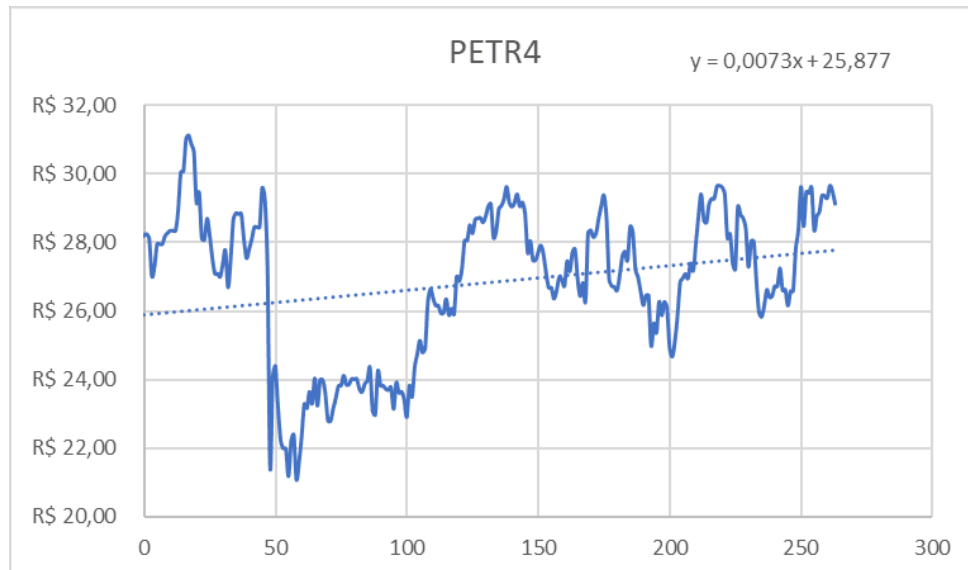
Como houve uma queda muito brusca no preço, passamos a analisar um período mais curto,começando no dia 04/10/21, que equivale ao 211ºdia da sequência, para que pudéssemos obter um resultado mais próximo à realidade atual da ação. Com isso conseguimos os resultados abaixo:



previsão otimista:R\$19.82

previsão pessimista: R\$19.63

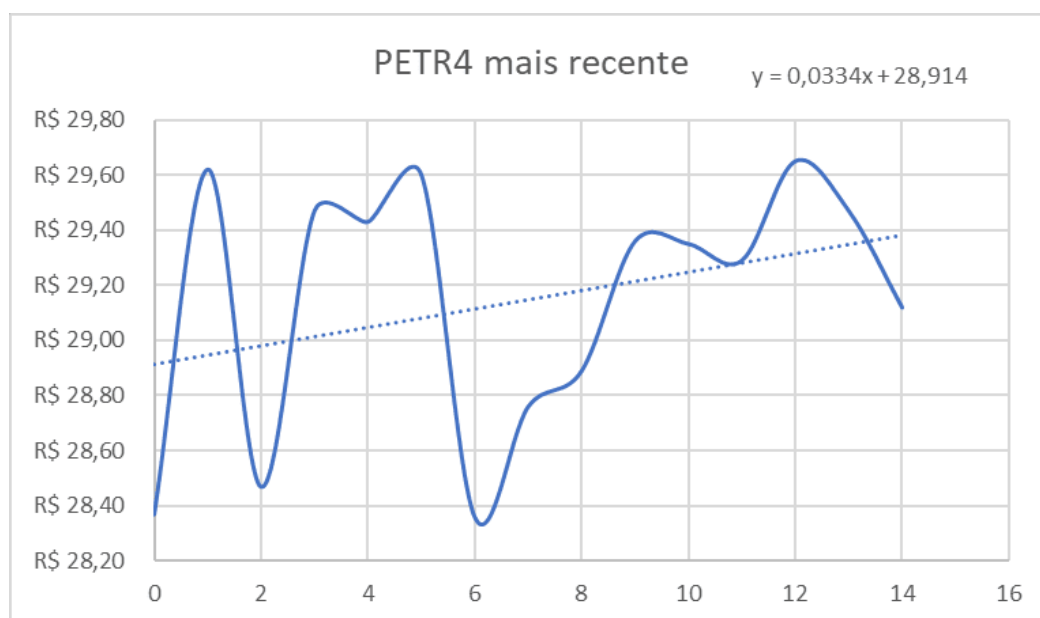
Para a ação PETR4 observando todo o período obtemos os seguintes resultados:



previsão otimista: R\$28.18

previsão pessimista: R\$28.18

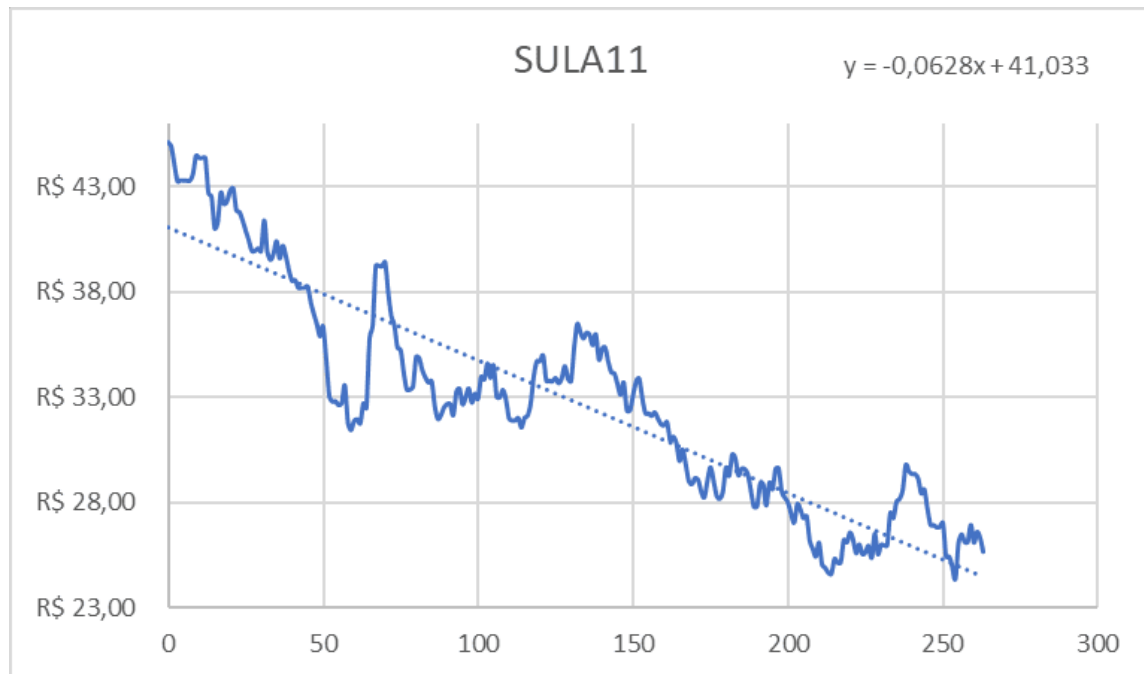
Como existiu uma oscilação muito grande no preço da ação durante o período estudado, fizemos um recorte para analisar o período mais recente de forma a diminuir o efeito da oscilação para a previsão. O recorte iniciou no dia 24/11/21, que equivale ao 249º dia da análise. O resultado obtido está demonstrado abaixo:



previsão otimista:R\$29.45

previsão pessimista:R\$29.27

Para a ação SULA11 observando todo o período obtemos os seguintes resultados:



previsão otimista:R\$25.21

previsão pessimista:R\$24.13

### CONCLUSÃO:

Conforme foi possível observar no decorrer do trabalho, a simulação é uma ferramenta muito útil podendo ser utilizada em diversas situações, como por exemplo para lastrear uma tomada de decisão sobre a compra ou venda de uma ação, ou como forma de melhor observar um fenômeno que seria impossível de ser visto de forma empírica na vida real, como a base de dados de quase 114.000 usuários para 1.000.