



**Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Matemática**

**Bacharelado em Estatística**

**MONITORAMENTO DA TAXA DE  
MORTALIDADE POR CÂNCER DE  
MAMA NO BRASIL**

**Veronica Aparecida Souza Barros**

**Uberlândia-MG**

**2021**



**Veronica Aparecida Souza Barros**

**MONITORAMENTO DA TAXA DE  
MORTALIDADE POR CÂNCER DE  
MAMA NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Estatística como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

Orientador: Profa. Dra. Aurélia Aparecida de Araújo Rodrigues

**Uberlândia-MG**

**2021**





**Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Matemática**

**Coordenação do Curso de Bacharelado em Estatística**

A banca examinadora, conforme abaixo assinado, certifica a adequação deste trabalho de conclusão de curso para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

Uberlândia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Aurélia Aparecida de Araújo Rodrigues

---

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

---

Profa. Dra. Mirian Fernandes Carvalho Araújo

**Uberlândia-MG  
2021**



# AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, por ter me dado saúde, determinação para alcançar meus objetivos e não desanimar ao longo da realização dessa graduação.

A minha família por todo o apoio e ajuda, que contribuíram muito para minha formação, pelo incentivo que nos momentos difíceis me ajudaram a ultrapassar pelos obstáculos encontrados. Agradecer meus pais, pois sem eles eu não teria conseguido entrar nessa universidade, por todo amor, ajuda e apoio que me deram durante toda a vida.

Aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado, pela amizade e apoio demonstrado ao longo dessa minha graduação.

A Universidade Federal de Uberlândia, seu corpo docente e administração por ter me dado essa oportunidade. Agradecer em especial a minha orientadora Aurélio Aparecida de Araújo Rodrigues por todo suporte, correções e incentivo, que não mediu esforços para me orientar nesse projeto.

Agradecer a todos que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha vida durante esse período de formação, muito obrigada.



# RESUMO

O câncer representa um grande problema de saúde pública em todo o mundo, no Brasil, o câncer de mama é o câncer mais comum entre as mulheres em todas as regiões. O objetivo desse trabalho é aplicar a metodologia de gráficos de controle no monitoramento da taxa de mortalidade de câncer de mama mensal no Brasil, disponíveis no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). A pesquisa utilizou indicadores sobre mortalidade em pacientes com câncer de mama registrados no SINAN, no período de Janeiro de 2017 a Junho de 2021 no Brasil. Verificou-se as condições de normalidade e independência e os gráficos de controle podem ser aplicados. Foi utilizado o gráfico de controle medidas individuais e amplitude móvel (X e AM) e o gráfico da média móvel ponderada exponencialmente (EWMA). Foram avaliados na fase 1 dados de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 e na fase 2 dados de janeiro de 2021 a junho de 2021. Na fase 1, no gráfico de X e AM, a taxa de óbito por câncer de mama estava fora de controle, após avaliação e exclusão dos pontos fora dos limites, o processo ficou em situação de controle estatístico, e obteve-se os parâmetros do processo em controle. Na fase 2 o gráfico de X e AM emitiu sinal de alerta em março de 2021 e abril de 2021, respectivamente. Na fase 1 do gráfico de EWMA utilizou-se os mesmos dados históricos em controle e os respectivos parâmetros já estabelecidos na fase 1 do Gráfico de X e AM. Na fase 2 o gráfico de EWMA não emitiu nenhum sinal de alerta, os parâmetros utilizados foram  $k = 2,7$  e  $\lambda = 0,1$ . Ambos os gráficos se mostraram adequados para o monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama.

**Palavras-chave:** Saúde Pública; Medidas individuais; Amplitude móvel; EWMA; Gráficos de controle.



# ABSTRACT

Cancer represents a major public health problem worldwide, in Brazil, breast cancer is the most common cancer among women in all regions. The objective of this research is to apply the methodology of control charts in monitoring the monthly breast cancer mortality rate in Brazil, available in the Information System for Notifiable Diseases (SINAN). The research used indicators of mortality in patients with breast cancer and registered in SINAN, in the period from January 2017 to June 2021 in Brazil. The conditions of normality and independence have been checked, and the control charts can be applied. The control chart individual measures and moving range (X and AM) and the exponentially weighted moving average (EWMA) chart were used. Phase 1 data from January 2017 to December 2020 and phase 2 data from January 2021 to June 2021 were evaluated. In phase 1, in the X and AM chart, the rate of death from breast cancer was out of control, after evaluation and exclusion of points outside the limits, the process was in a situation of statistical control, and the parameters of the process under control. In phase 2, the X and AM chart issued a warning signal in March 2021 and April 2021, respectively. Phase 1 of the EWMA chart used the same historical data in control and the respective parameters already established in phase 1 of the X and AM chart. In phase 2 the EWMA chart did not issue any warning signal, the parameters used were  $k = 2,7$  and  $\lambda = 0,1$ . Both charts have proven adequate for monitoring the breast cancer mortality rate.

**Keywords:** Public Health; Individual measurements; Moving range; EWMA; Control charts..



# SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>Lista de Figuras</b>  | <b>I</b>   |
| <b>Lista de Tabelas</b>  | <b>III</b> |
| <b>Lista de Abreviações e Símbolos</b>   | <b>V</b>   |
| <b>1 Introdução</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1 Objetivos . . . . .  | 2          |
| <b>2 Fundamentação Teórica</b>   | <b>5</b>   |
| 2.1 Qualidade . . . . .  | 5          |
| 2.2 Controle estatístico do processo (CEP) . . . . .                                 | 6          |
| 2.3 Teste de normalidade . . . . .   | 6          |
| 2.4 Autocorrelação . . . . .   | 7          |
| 2.5 Gráfico de Medidas Individuais (X) e Gráfico da Amplitude Móvel (AM) . . . . .   | 12         |
| 2.6 Gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (EWMA) . . . . .   | 13         |
| <b>3 Metodologia</b>   | <b>17</b>  |
| <b>4 Resultados</b>  | <b>21</b>  |
| 4.1 Análise descritiva . . . . .   | 21         |
| 4.2 Avaliação das pressuposições dos gráficos de controle, dados da fase 1 . . . . . | 22         |
| 4.3 Gráficos de X e AM, fase 1 e 2 . . . . .   | 26         |
| 4.4 Gráfico de controle EWMA, fase 1 e 2 . . . . .                                   | 33         |
| <b>5 Conclusões</b>  | <b>37</b>  |
| <b>Referências Bibliográficas</b>  | <b>39</b>  |
| <b>6 Apêndice</b>  | <b>43</b>  |



---

# LISTA DE FIGURAS

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.1  | Gráfico da série da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .                | 22 |
| 4.2  | Gráfico Qqplot da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .                  | 23 |
| 4.3  | Função de autocorrelação (FAC) da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .  | 24 |
| 4.4  | Função de autocorrelação (FACP) da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . . | 25 |
| 4.5  | Gráfico X e AM – no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 .  | 27 |
| 4.6  | Gráfico de X e AM – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .   | 28 |
| 4.7  | Gráfico de X e AM – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .   | 29 |
| 4.8  | gráfico X e AM – Fase 2, no período de janeiro de 2021 a junho de 2021   | 30 |
| 4.9  | Gráfico EWMA – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 . . . . .  | 33 |
| 4.10 | Gráfico EWMA – Fase 2, no período de janeiro de 2021 a junho de 2021   | 34 |



# LISTA DE TABELAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Gráfico de $\bar{X}$ versus gráfico de controle de EWMA . . . . .                                  | 15 |
| 3.1 | Taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil (X) e amplitude móvel (AM), por mês e ano. . . . . | 17 |



# LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

## LISTA DE ABREVIACÕES

|       |   |
|-------|---|
| ADF   | Dickey-Fuller Aumentado                         |
| AIH   | Autorização de Internaco Hospitalar            |
| AM    | Amplitude Móvel                                |
| CEP   | Controle estatístico do processo                |
| DF    | Dickey-Fuller                                   |
| EWMA  | Média Móvel Ponderada Exponencialmente        |
| FAC   | Função de autocorrelação                        |
| FACP  | Função de autocorrelação parcial                |
| INCA  | Instituto Nacional do Câncer                    |
| LIC   | Limite Inferior de controle                     |
| LM    | Limite Central                                  |
| LSC   | Limite Superior de controle                     |
| SINAN | Sistema de Informação de Agravos de Notificação |
| X     | Medidas Individuais                             |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|            |               |
|------------|---------------|
| $\mu$      | Média        |
| $\sigma^2$ | Variância     |
| $\sigma$   | Desvio-padrão |



# 1. INTRODUÇÃO

O câncer representa um grande problema de saúde pública em todo o mundo. O câncer com maior taxa de incidência no mundo é o câncer de pulmão [15]. E o câncer mais frequente no Brasil é o câncer de pele não melanoma, correspondendo por volta de 30% de todos os tumores malignos no Brasil [19]. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA), no Brasil, o câncer de mama é o câncer mais comum entre as mulheres em todas as regiões [17]. A incidência do câncer de mama aumenta em mulheres com mais de 40 anos de idade, abaixo dessa faixa etária a incidência é menor. Por isso é muito importante o diagnóstico precoce do câncer de mama, pois possibilita as chances de cura, quanto mais tarde for o diagnóstico, mais chances de ocasionar o estágio mais avançado da doença. Os sintomas mais comuns de câncer de mama são o aparecimento de nódulo, pele da mama avermelhada, alterações no mamilo, pequenos nódulos nas axilas ou no pescoço, saída espontânea de líquido anormal pelos mamilos [18]. Em 2018, o número de casos de câncer de mama registrados no Brasil foi de 59.700, com uma porcentagem de 29,5%, no qual o estado de São Paulo obteve o maior número de casos de câncer com 14.890 casos [27]. Em 2020, o número de casos de câncer de mama registrados no Brasil foi de 66.280, com uma porcentagem de 29,7%, no qual o estado de São Paulo obteve o maior número de casos de câncer, com 18.280 casos [28].

Para reduzir a taxa de mortalidade do câncer de mama, algumas estratégias são implantadas para a detecção precoce do câncer de mama, recomenda-se que as mulheres observem e apalpem suas mamas sempre que sentirem confortáveis para tal, sem a necessidade de técnicas específicas de autoexame de mama em um período específico do mês. Segundo o INCA, uma outra estratégia é o rastreamento, que é feito através de aplicação de teste ou exame em mulheres que não apresentaram sintomas da doença, com o propósito de encontrar alterações e, em seguida, encaminhá-las com resultados anormais para investigação diagnóstica. O rastreamento através da mamografia é recomendado para mulheres com idades entre 50 e 69 anos a cada dois anos, essa estratégia é focada para mulheres dessa faixa etária, em que estudos científicos mostraram evidências que há benefícios dessa estratégia na redução de mortalidade. Em países nos quais o programa de rastreamento foi implementados para cobrir a população-alvo, a taxa de mortalidade do câncer de mama tem diminuído [14].

Entre 80% e 90% dos casos de câncer estão associados a causas externas. As mudanças provocadas no meio ambiente pelo próprio homem, os hábitos e o comportamento podem aumentar o risco de diferentes tipos de câncer [20].

Ao se considerar as taxas de incidência do câncer de mama e as taxas de óbitos a elas rela-

cionadas, o cuidado consciente com a saúde traz benefícios para o indivíduo e para a sociedade. Com a redução das taxas de casos de câncer de mama, há redução nas taxas de óbitos por câncer de mama e nos gastos com tratamentos na Saúde Pública e Privada.

Os gráficos de controle estatísticos são cada vez mais usados para monitoramento da saúde, por exemplo, Henning et al., em 2012, utilizaram os gráficos de medidas individuais ( $X$ ), Somas Acumuladas (CUSUM) e Média Móvel Exponencialmente Ponderada (EWMA) no monitoramento das notificações dos casos de meningite no município de Joinville/SC, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2011. Todos os gráficos de controle utilizados mostraram-se viáveis para o monitoramento dos dados [10]. Jesus et al., em 2017, utilizaram os gráficos de medidas individuais ( $X$ ) e amplitude móvel (AM) com o propósito de analisar o monitoramento da taxa de infecção hospitalar da unidade de terapia intensiva neonatal de um hospital de grande porte no interior do estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016 [21].

O emprego de gráficos de controle no monitoramento contínuo das taxas de óbitos por câncer de mama permite identificar o aumento excessivo e descontrolado dessas taxas, em tempo real. Quando o aumento da taxa por câncer de mama for sinalizado pelo gráfico, deve-se investigar a natureza das causas atuantes no processo. Se for constatado que há causas especiais, provenientes de fatores externos controláveis atuando no processo, recomenda-se que intervenções sejam feitas para trazer o processo de volta aos níveis estatísticos. Neste caso, as causas especiais podem ser, por exemplo, obesidade e sobrepeso; sedentarismo; consumo de bebida alcoólica; exposição frequente a radiações ionizantes para tratamento (radioterapia) ou exames diagnósticos (tomografia, Raios-X, mamografia, etc), tabagismo, diagnóstico tardio e outras [16].

No monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama, em tempo real, há algumas intervenções possíveis para redução das causas especiais, são elas: campanhas de prevenção (praticar atividade física, manter o peso corporal adequado, evitar o consumo de bebidas alcoólicas, amamentar, não fumar e evitar o tabagismo passivo), campanhas para diagnóstico precoce (autoexame e mamografia de rastreamento) e oferta de tratamento adequado (cirurgia, radioterapia, quimioterapia, hormonioterapia e terapia biológica).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia de gráficos de controle no monitoramento da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Utilização dos gráficos de controle para medidas individuais e amplitude móvel ( $X$  e AM).

- 
- Utilização do gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (EWMA).
  - Investigar se o processo está fora de controle estatístico (Fase 1) e executar o monitoramento em tempo real (Fase 2).



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção, serão abordados alguns conceitos importantes sobre técnicas estatísticas para o desenvolvimento do presente trabalho.

### 2.1 QUALIDADE

A qualidade é um dos principais fatores para tomada de decisão de produtos e serviços, ela é definida de diversas formas por diversos autores diferentes. Montgomery (2004), traz três definições de qualidade [25].

“Qualidade significa adequação para uso.”

“Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade”.

“Melhoria da qualidade é a redução da variabilidade nos processos e produtos.”

Muitas pessoas contribuíram para a melhoria da qualidade, mas três principais pensadores tiveram destaques: W. Edwards Deming, Dr. Joseph H. Juran, Dr. Armand V. Feigenbaum [25].

Deming define a qualidade como “sentir orgulho pelo trabalho bem feito”, ele acreditava que a maioria das oportunidades de desenvolvimento na qualidade requer ações de gestão, ou seja, a responsabilidade pela qualidade está no gerenciamento [25].

Juran foi um dos criadores do controle estatístico de qualidade. Assim como Deming, Juran compartilha do mesmo pensamento de que a maior parte das oportunidades de desenvolver a qualidade está no gerenciamento e apenas uma pequena parte está realmente na força de trabalho [25].

Feigenbaum foi o criador do total quality control (Controle da qualidade total), ele acreditava que a qualidade é um processo organizacional, para fazê-la funcionar requer muito compromisso de gerenciamento, trabalho individual e em equipe [25].

Do quadro 1, são apresentadas algumas das principais contribuições desses pensadores.

**Quadro 1: Principais contribuições para a qualidade**

| Gurus             | Principais contribuições   |
|-------------------|--|
| W. Edwards Deming | Ciclo de Deming (PDCA) [22]  |
| Joseph Juran      | Trilogia da qualidade: planejamento, controle e melhoria da qualidade [30] |
| Armand Feigenbaum | Controle da qualidade total [23]   |

Assim, percebe-se como a qualidade é importante para empresas, produtos, processos e pessoas, com base nela é possível compreender, desenvolver, projetar, produzir e comercializar

produtos que sejam mais práticos e favoráveis para o consumidor [2].

## 2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

O controle estatístico do processo (CEP) é uma ferramenta de qualidade que tem como objetivo reduzir ou eliminar possíveis causas de variação, com isso é possível identificar e corrigir o processo. O CEP é uma ferramenta muito importante para que as empresas tenham previsibilidade, garantindo mais segurança e alcançando um processo estável atingindo a meta desejada, com exceção das causas aleatórias do processo, o CEP permite estabilidade no processo, eliminando riscos ou acidentes [7].

Podemos classificar as causas do processo em dois grupos.

Causas aleatórias: são causas aleatórias e inevitáveis que não podem ser previstas, identificadas ou corrigidas. Quando apenas as causas aleatórias afetam o processo, suas variáveis estão dentro dos limites de controle [7].

Causas especiais: os motivos especiais ocorrem devido a certas falhas ou motivos facilmente identificáveis, como um desajuste de uma máquina. Portanto, pode ser corrigido o mais rápido possível nas condições observadas para evitar nova instabilidade no processo após o ajuste [7].

As principais ferramentas utilizadas no CEP são:

- Histograma;
- Folha de controle;
- Gráfico de Pareto;
- Diagrama de causa e efeito (Ishikawa);
- Fluxograma;
- Diagrama de dispersão;
- Gráfico de controle.

Neste trabalho foi usado a ferramenta de gráfico de controle.

## 2.3 TESTE DE NORMALIDADE

Seguir normalidade é um dos requisitos para utilizar o gráfico de controle, para verificar se os dados seguem normalidade utiliza-se algumas técnicas, como por exemplo, gráfico de Q-Qplot, histograma, teste Kolmogorov-Smirnov, teste Lilliefors, entre outros. Neste trabalho foi utilizado o teste de lilliefors para testar normalidade dos dados.

### 3.3.1 - Teste de Lilliefors

O teste de lilliefors verifica a normalidade dos dados, é um teste não paramétrico baseado no teste de Kolmogorov-Smirnov. As hipóteses testadas são:

$H_o$ : os dados seguem distribuição normal

$H_1$ : os dados não seguem distribuição normal

A estatística do teste é dada por:

$$D_n^* = \sup_{-\infty < z < +\infty} |F_n - F_o(Z)|$$

onde  $F_n$  é a função de distribuição da amostra depois de estandardizada, i.e., definida para as variáveis aleatórias  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ .  $F_o$  é a função de distribuição  $N(0,1)$ . A hipótese  $H_o$  é rejeitada, para um nível de significância  $\alpha$ , se:

$$P(D_n^* \geq D_{n,\alpha}^* | H_o \text{ é verdadeira}) = \alpha \quad [1]$$

## 2.4 AUTOCORRELAÇÃO

Para a utilização do gráfico de controle, é necessário que as observações atendam as hipóteses de normalidade e independência, satisfeitas essas condições, é possível a utilização dos gráficos de controle. Se o pressuposto de independência das observações for violada reduz a aplicabilidade dos gráficos. O pressuposto de normalidade não foi exigido quando Shewhart criou os gráficos de controle, quando violado os gráficos irão funcionar razoavelmente bem [8].

A autocorrelação é quando uma observação num determinado momento está relacionada às observações passadas. Pode-se identificar a autocorrelação através da função de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP). A função de autocorrelação mede o grau de correlação de uma variável, em um instante  $t$  e  $t + 1$ , permitindo a análise do grau de irregularidade do sinal [9]. Isso nos mostra o quão fortemente as observações de hoje estão correlacionadas com os valores passados, e como essas observações do passado afetam os valores futuros. A função de autocorrelação parcial é uma correlação condicional entre as observações de uma série temporal que são separadas por  $k$  unidades de tempo ( $y_t$  e  $y_{t+1}$ ) [24].

### 2.4.1 - Teste de independência

O teste Box-Ljung, para testar independência, é utilizado para avaliar as seguintes hipóteses:

$H_o$ : Não há correlação, são independentes e identicamente distribuídas (iid)

$H_1$ : Há correlação, não são independentes e identicamente distribuídas (iid)

A expressão para o teste estatístico será:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{\hat{r}_k^2}{n-k}$$

Onde  $r_k$  é a autocorrelação estimada da série no lag  $k$ , e  $m$  é o número de lags que está sendo testado.

O teste estatístico segue uma distribuição qui-quadrado, em que, se rejeita a hipótese nula se  $Q > \chi^2$ . [3]

### 2.4.2 - Teste de Dickey-Fuller

Utiliza-se o teste de Dickey-Fuller para verificar se a série é ou não estacionária. Tem-se dois tipos de teste, o teste de Dickey-Fuller (DF) e o Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que é uma extensão do teste DF. Considere a série  $Z_t$ :

$$Z_t = \rho Z_{t-1} + a_t; -1 \leq \rho \leq 1 \quad (2.1)$$

em que  $a_t \sim RB(0, \sigma^2)$ ,  $a_t$  é um termo de erro de ruído branco definido por um processo aleatório estacionário com média zero e variância constante.

Se  $\rho = 1$  a série é dita não estacionária, caracterizando um passeio aleatório (sem deslocamento), logo o processo apresenta uma raiz unitária e se  $|\rho| < 1$  a série é estacionária, ou seja, não apresenta raiz unitária, logo as hipóteses testadas será,  $\rho = 1$  ou  $\rho \neq 1$ . Reformulando a série  $Z$ , pois não se pode usar o teste t usual para testar  $\rho = 1$ , logo a equação será:

$$Z_t - Z_{t-1} = \rho Z_{t-1} - Z_{t-1} + a_t = (\rho - 1)Z_{t-1} + a_t \quad (2.2)$$

Reescrevendo a equação:

$$\Delta Z_t = \delta Z_{t-1} + a_t \quad (2.3)$$

em que  $\delta = (\rho - 1)$

Utilizando a equação 2.3 para testar a presença de uma raiz unitária, admite-se três diferentes equações de regressão.

$Z_t$  é um passeio aleatório:

$$\Delta Z_t = \delta Z_{t-1} + a_t \quad (2.4)$$

$Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento:

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \delta Z_{t-1} + a_t \quad (2.5)$$

$Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística:

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Z_{t-1} + a_t \quad (2.6)$$

em que  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são constantes e  $t$  é a variável tendência.

Hipóteses a serem testadas:

$H_0 : \delta = 0$ , existe pelo menos uma raiz dentro do círculo unitário

$H_1 : \delta < 0$ , não existem raízes dentro do círculo unitário

Se a hipótese nula for rejeitada em que  $Z_t$  é um passeio aleatório, quer dizer que a série é estacionária com média zero. Se  $Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento, a série é estacionária com média diferente de zero. E se  $Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística, testa-se  $\delta < 0$  (nenhuma tendência estocástica) e  $\beta_2 \neq 0$  (a existência de uma tendência determinística).

Assim, para obter o valor da estatística do teste ( $t$ ), estima-se as equações: 2.3 ou 2.5 ou 2.6, pelo método MQO. Para se obter a estatística  $\tau$  divide-se o coeficiente estimado de  $Z_{t-1}$  em cada caso pelo seu erro padrão.

$$\tau = \frac{\hat{\delta}}{S(\hat{\delta})} \quad (2.7)$$

em que,

$$S(\hat{\delta}) = \frac{S}{(\sum_{t=2}^n Z_{t-1}^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (2.8)$$

e

$$S^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=2}^n (\Delta Z_t - \hat{\delta} Z_{t-1})^2 \quad (2.9)$$

é o estimador de  $\sigma^2$  na regressão da equação 2.3.

Rejeita-se a hipótese nula se o valor calculado  $\tau$  for menor que o valor crítico nas estatísticas de Dickey-Fuller. Não se rejeita a hipótese nula de que  $\delta = 0$  se a estatística  $\tau$  for maior que o valor crítico, logo, existe pelo menos uma raiz dentro do círculo unitário. [26]

### Dickey-Fuller Aumentado

O teste Dickey-Fuller aumentado (ADF) é realizado por meio da extensão das 3 equações (2.3, 2.5 e 2.6) adicionando os valores defasados da variável dependente  $D_{Zt}$ :

$Z_t$  é um passeio aleatório:

$$\Delta Z_t = \delta Z_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.10)$$

$Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento:

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \delta Z_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.11)$$

$Z_t$  é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística:

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Z_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.12)$$

em que,  $\varepsilon_t \sim RB$  e  $\Delta Z_{t-i} = Z_{t-i} - Z_{t-i-1}$

Para se testar a articulação das hipóteses sobre os coeficientes Dickey e Fuller ofereceram três estatísticas  $F$  adicionais ( $f_1, f_2$  e  $f_3$ , em que, são construídas da mesma maneira que os testes  $F$ ).

$$\phi_i = \frac{[SSR(restrito) - SSR(irrestrito)]/r}{SSR(irrestrito)/(T - k)} \quad (2.13)$$

Onde, SSR (restrito) é a soma dos quadrados dos resíduos do modelo restrito,

SSR (irrestrito) é a soma dos quadrados dos resíduos do modelo irrestrito (modelo completo),

$r$  é o número de restrições,

$T$  é o número de observações utilizadas,

$k$  é o número de parâmetros estimados no modelo irrestrito.

Compara-se o valor calculado de  $f_i$  com o valor apropriado informado no Dickey e Fuller (1981) [26], que permite determinar o nível de significância no qual a restrição é vinculativa

$H_o$ : os dados são gerados pelo modelo restrito

$H_1$ : os dados são gerados pelo modelo irrestrito

Rejeita-se a hipótese nula se o valor calculado de  $f_i$  for maior que citado por Dickey e Fuller e portanto conclui que a restrição é vinculativa.

O objetivo do teste ADF é usar o número mínimo de defasagens que garantem que os resíduos não estejam correlacionados e, em seguida, escolher o valor de  $m$  que minimiza o critério de informação de Akaike (AIC). De acordo com este critério, o modelo de melhor ajuste é o modelo com o valor mais baixo. As hipóteses e a estatística do teste ADF são iguais às usadas no teste de Dickey-Fuller. [26]

### 2.4.3 - Teste cox-stuart

O teste de cox-stuart conhecido também como teste do sinal, é utilizado para verificar a existência de tendência.

As hipóteses testadas são:

$H_o = P(Z_i < Z_{i+c}) = P(Z_i > Z_{i+c}), \forall_i$ , não existe tendência

$H_1 = P(Z_i < Z_{i+c}) \neq P(Z_i > Z_{i+c}), \forall_i$ , existe tendência

Para aplicar o teste de tendência, segue alguns passos:

1 – Agrupa-se  $N$  observações em pares  $(Z_1, Z_{c+1}), \dots, (Z_n, Z_{N-c}, Z_N)$ , sendo  $N$  o número

de observações e  $c = \frac{N}{2}$  caso o número de observações seja par e  $c = \frac{N+1}{2}$  caso o número de observações seja ímpar.

2 – Associa-se o sinal + ou – para cada par, o sinal de + para ( $Z_i < Z_{i+c}$ ) e o sinal de – para ( $Z_i > Z_{i+c}$ ), eliminando-se os empates. Ou seja, para cada par, compare o primeiro valor da observação com o segundo valor da observação e atribuindo símbolos de acordo com o sinal correspondente. Em seguida adote  $n$  igual ao número de pares em que  $Z_i \neq Z_{i+c}$ .

3 – Para a tomada de decisão, utiliza-se a distribuição binomial se  $n \leq 20$  e para  $n > 20$  utiliza-se distribuição normal.

A estatística  $Z$  para a aproximação da distribuição normal é dada por:

$$Z = \frac{M - np}{\sqrt{npq}} \quad (2.14)$$

em que  $p = q = \frac{1}{2}$

Desta forma, rejeita-se  $H_0$  se  $|Z| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ . [26]

#### 2.4.4 - Teste de fisher

Para testar a existência de sazonalidade utiliza-se o teste de fisher. Serão testadas as hipóteses:

$H_0$ : não existe sazonalidade

$H_1$ : existe sazonalidade

A estatística de teste é dada por:

$$g = \frac{\max[I_p]}{\sum_{p=1}^{N/2} I_p} \quad (2.15)$$

em que  $I_p$  é o valor do periodograma no período  $p$  e  $N$  é o número de observações da série.

A estatística de teste de fisher é dada por:

$$z_\alpha = 1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^{I/(n-1)} \quad (2.16)$$

em que  $\alpha$  é o nível de significância do teste e  $n = \frac{N}{2}$ .

Se  $g > z_\alpha$ , rejeita-se  $H_0$ , concluindo dessa forma que existe sazonalidade correspondente ao período  $p$ . Periodograma se refere a um gráfico em que percebe-se a presença de picos, se caso estiverem entre os 12 primeiros períodos, podem indicar sazonalidade. [26]

## 2.5 GRÁFICO DE MEDIDAS INDIVIDUAIS (X) E GRÁFICO DA AMPLITUDE MÓVEL (AM)

Para os gráficos de X e AM as amostras são de tamanho  $n = 1$ , ou seja, baseia-se em apenas uma única amostra, pois não é apropriado agrupar amostras. São utilizadas em processos com taxa de produção muito lenta ou com pouca variabilidade [25]. Os gráficos de X e AM é indicado para monitorar a média e a variabilidade do processo, respectivamente. A saber que o gráfico de X e AM é particularmente eficiente para detectar grandes alterações, nesses parâmetros.

Os limites de controle para o gráfico de medidas individuais(X) é definido como:

$$LSC_X = \hat{\mu} + 3\hat{\sigma}_o \quad (2.17)$$

$$LM_X = \hat{\mu}_o \quad (2.18)$$

$$LIC_X = \hat{\mu} - 3\hat{\sigma}_o \quad (2.19)$$

$LSC_x$  : Limite superior para o gráfico de medidas individuais.

$LM_x$  : Limite médio para o gráfico de medidas individuais.

$LIC_x$  : Limite inferior para o gráfico de medidas individuais.

Para estimar a variabilidade do processo utilizamos duas observações consecutivas, definiu-se a amplitude móvel (AM), como:

$$AM_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (2.20)$$

Para os limites de controle do gráfico da amplitude móvel vamos considerar  $n = 2$ :

$$LSC_{AM} = \mu_{AM} + 3\sigma_{AM} \quad (2.21)$$

$$LM_{AM} = \mu_{AM} \quad (2.22)$$

$$LIC_{AM} = \max[0, (\mu_{AM} - 3\sigma_{AM})] \quad (2.23)$$

$LSC_{AM}$  : Limite superior para o gráfico de amplitude móvel.

$LM_{AM}$  : Limite médio para o gráfico de amplitude móvel.

$LIC_{AM}$  : Limite inferior para o gráfico de amplitude móvel.

Para estimar a média e o desvio-padrão do gráfico da amplitude móvel definiu-se como:

$$\hat{\mu}_{AM} = d_2 \hat{\sigma}_o \quad (2.24)$$

$$\hat{\sigma}_{AM} = d_3 \hat{\sigma}_o \quad (2.25)$$

onde,  $\hat{\sigma}_o = \frac{\overline{AM}}{d_2}$ , com  $d_2$  e  $d_3$  para  $n = 2$  e  $\overline{AM} = \sum_{i=2}^m \frac{AM_i}{m-1}$   
 $d_2$  e  $d_3$  são constantes que dependem exclusivamente de  $n$ . [8]

## 2.6 GRÁFICO DE CONTROLE DA MÉDIA MÓVEL PONDERADA EXPONENCIALMENTE (EWMA)

O gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA) tem como objetivo detectar pequenas alterações na média do processo. O gráfico de EWMA é geralmente utilizado para observações individuais, ele é similar ao gráfico de somas cumulativas (CUSUM), a performance dos dois gráficos é muito semelhante, no entanto, o gráfico de EWMA determina “peso” maior para informações mais recentes e “peso” menor para informações mais antigas. Segundo COSTA et al.(2005) [8], o gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada são plotados valores da estatística  $Y_i$ :

$$Y_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Y_{i-1} \quad (2.26)$$

Onde,  $0 < \lambda < 1$  é uma constante e  $X_i$  é o valor observado mais recentemente. O valor inicial é o valor alvo do processo com  $Y_o = \mu_o$ .

A variância da variável  $Y_i$  é dada por:

$$\sigma_{Y_i}^2 = \sigma^2 \left( \frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)2_i] \quad (2.27)$$

Os limites de controle para o gráfico de EWMA é definido como:

$$LSC = \mu_o + k\sigma_o \sqrt{\left( \frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)2_i]} \quad (2.28)$$

$$LM = \mu_o \quad (2.29)$$

$$LIC = \mu_o - k\sigma_o \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)[1 - (1-\lambda)2_i]} \quad (2.30)$$

Onde,  $\mu_o$ ,  $\sigma_o$  é a média e o desvio-padrão do processo quando em controle. O fator  $k$  é a largura dos limites em controle e o  $\lambda$  é a constante de amortecimento. [8]

A Tabela 2.1, compara o desempenho de diferentes gráficos de controle de EWMA com o gráfico de controle  $\bar{X}$ , em termos do número médio de amostras até o sinal (NMA). Para menores valores de  $\lambda$ , o gráfico de EWMA detecta pequenos desajustes com maior rapidez [8].

Tabela 2.1: Gráfico de  $\bar{X}$  versus gráfico de controle de EWMA

| Número médio de amostras até o sinal (NMA) |                      |                  |                  |                  |
|--|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| $\frac{ \mu - \mu_0 }{\sigma/\sqrt{n}}$    | Gráfico de $\bar{X}$ | Gráfico de EWMA  |                  |                  |
|  | $\lambda = 1,00$     | $\lambda = 0,10$ | $\lambda = 0,20$ | $\lambda = 0,50$ |
|  | k = 3,00             | k = 2,701        | k = 2,859        | k = 2,978        |
| 0  | 370                  | 370              | 370              | 370              |
| 0,2  | 308                  | 123              | 162              | 238              |
| 0,4  | 200                  | 41,2             | 55,4             | 106              |
| 0,6  | 120                  | 20,9             | 25,3             | 49,6             |
| 0,8  | 71,6                 | 13,4             | 14,6             | 26,0             |
| 1,0  | 43,9                 | 9,74             | 9,80             | 15,2             |
| 1,2  | 27,8                 | 7,64             | 7,27             | 9,88             |
| 1,4  | 18,3                 | 6,3              | 5,77             | 6,96             |
| 1,6  | 12,4                 | 5,38             | 4,78             | 5,23             |
| 1,8  | 8,69                 | 4,70             | 4,10             | 4,15             |
| 2,0  | 6,30                 | 4,18             | 3,59             | 3,42             |
| 3,0  | 2,00                 | 2,76             | 2,31             | 1,85             |
| 4,0  | 1,19                 | 2,14             | 1,81             | 1,3              |

Fonte: COSTA et al. [8]



### 3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir dos dados disponíveis no site Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). O SINAN permite a realização do diagnóstico dinâmico da ocorrência de um evento na população, podendo fornecer subsídios para explicações causais dos agravos de notificação compulsória, além de vir a indicar riscos aos quais as pessoas estão sujeitas, contribuindo assim para a identificação da realidade epidemiológica de determinada área geográfica [6].

A pesquisa foi realizada utilizando indicadores sobre ocorrências de mortalidade em pacientes com câncer de mama e registradas no SINAN, no período de Janeiro de 2017 a Junho de 2021 em todas as regiões do Brasil [4].

A taxa de mortalidade é a razão entre a quantidade de óbitos e o número de AIH (Autorização de Internação Hospitalar) aprovadas, computadas como internações, no período, multiplicada por 100 [5].

Para calcular a Amplitude móvel (AM) foram utilizadas duas observações consecutivas, definida como:

$$AM_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (3.1)$$

Os dados utilizados estão na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil (X) e amplitude móvel (AM), por mês e ano.

|               | Mês       | Ano  | Taxa (X) | $AM_{48obs}$ | $AM_{47obs}$ | $AM_{46obs}$ |
|---------------|-----------|------|----------|--------------|--------------|--------------|
| <b>FASE 1</b> | Janeiro   | 2017 | 49,52    | -            | -            | -            |
|               | Fevereiro | 2017 | 43,71    | 5,81         | 5,81         | 5,81         |
|               | Março     | 2017 | 40,59    | 3,12         | 3,12         | 3,12         |
|               | Abril     | 2017 | 37,36    | 3,23         | 3,23         | 3,23         |
|               | Maiο      | 2017 | 41,25    | 3,89         | 3,89         | 3,89         |
|               | Junho     | 2017 | 36,45    | 4,8          | 4,8          | 4,8          |
|               | Julho     | 2017 | 42,91    | 6,46         | 6,46         | 6,46         |
|               | Agosto    | 2017 | 40,81    | 2,1          | 2,1          | 2,1          |
|               | Setembro  | 2017 | 43,09    | 2,28         | 2,28         | 2,28         |

|          | Mês       | Ano    | Taxa (X) | $AM_{48obs}$ | $AM_{47obs}$ | $AM_{46obs}$ |
|----------|-----------|--------|----------|--------------|--------------|--------------|
| FASE 1   | Outubro   | 2017   | 41,62    | 1,47         | 1,47         | 1,47         |
|          | Novembro  | 2017   | 39,62    | 2            | 2            | 2            |
|          | Dezembro  | 2017   | 43,86    | 4,24         | 4,24         | 4,24         |
|          | Janeiro   | 2018   | 45,87    | 2,01         | 2,01         | 2,01         |
|          | Fevereiro | 2018   | 42,5     | 3,37         | 3,37         | 3,37         |
|          | Março     | 2018   | 42,92    | 0,42         | 0,42         | 0,42         |
|          | Abril     | 2018   | 38,78    | 4,14         | 4,14         | 4,14         |
|          | Maio      | 2018   | 40,16    | 1,38         | 1,38         | 1,38         |
|          | Junho     | 2018   | 40,61    | 0,45         | 0,45         | 0,45         |
|          | Julho     | 2018   | 43,03    | 2,42         | 2,42         | 2,42         |
|          | Agosto    | 2018   | 42,83    | 0,2          | 0,2          | 0,2          |
|          | Setembro  | 2018   | 44,15    | 1,32         | 1,32         | 1,32         |
|          | Outubro   | 2018   | 41,73    | 2,42         | 2,42         | 2,42         |
|          | Novembro  | 2018   | 42,44    | 0,71         | 0,71         | 0,71         |
|          | Dezembro  | 2018   | 40,29    | 2,15         | 2,15         | 2,15         |
|          | Janeiro   | 2019   | 42,37    | 2,08         | 2,08         | 2,08         |
|          | Fevereiro | 2019   | 45,08    | 2,71         | 2,71         | 2,71         |
|          | Março     | 2019   | 40,65    | 4,43         | 4,43         | 4,43         |
|          | Abril     | 2019   | 42,86    | 2,21         | 2,21         | 2,21         |
|          | Maio      | 2019   | 41,59    | 1,27         | 1,27         | 1,27         |
|          | Junho     | 2019   | 43,15    | 1,56         | 1,56         | 1,56         |
|          | Julho     | 2019   | 42,51    | 0,64         | 0,64         | 0,64         |
|          | Agosto    | 2019   | 38,27    | 4,24         | 4,24         | 4,24         |
|          | Setembro  | 2019   | 41,75    | 3,48         | 3,48         | 3,48         |
|          | Outubro   | 2019   | 40,45    | 1,3          | 1,3          | 1,3          |
|          | Novembro  | 2019   | 40,33    | 0,12         | 0,12         | 0,12         |
|          | Dezembro  | 2019   | 44,23    | 3,9          | 3,9          | 3,9          |
|          | Janeiro   | 2020   | 46,33    | 2,1          | 2,1          | 2,1          |
|          | Fevereiro | 2020   | 42,12    | 4,21         | 4,21         | 4,21         |
|          | Março     | 2020   | 48,11    | 5,99         | 5,99         | 5,99         |
|          | Abril     | 2020   | 44,56    | 3,55         | 3,55         | 3,55         |
|          | Maio      | 2020   | 36,694   | 7,866        | 7,866        | 7,866        |
| Junho    | 2020      | 54,89* | 18,196*  | -            | -            |              |
| Julho    | 2020      | 46,28* | 8,61     | 9,586*       | -            |              |
| Agosto   | 2020      | 42,27  | 4,01     | 4,01         | 5,576        |              |
| Setembro | 2020      | 44,31  | 2,04     | 2,04         | 2,04         |              |
| Outubro  | 2020      | 44,09  | 0,22     | 0,22         | 0,22         |              |
| Novembro | 2020      | 41,25  | 2,84     | 2,84         | 2,84         |              |
| Dezembro | 2020      | 44,95  | 3,7      | 3,7          | 3,7          |              |

|                                      | Mês       | Ano  | Taxa (X) | $AM_{48obs}$ | $AM_{47obs}$ | $AM_{46obs}$ |
|--------------------------------------|-----------|------|----------|--------------|--------------|--------------|
| <b>FASE 2</b><br><b>(TEMPO REAL)</b> | Janeiro   | 2021 | 48,86    | 3,91         | 3,91         | 3,91         |
|                                      | Fevereiro | 2021 | 42,99    | 5,87         | 5,87         | 5,87         |
|                                      | Março     | 2021 | 34,71    | 8,28         | 8,28         | 8,28         |
|                                      | Abril     | 2021 | 44,48    | 9,77         | 9,77         | 9,77         |
|                                      | Maior     | 2021 | 39,52    | 4,96         | 4,96         | 4,96         |
|                                      | Junho     | 2021 | 43,42    | 3,9          | 3,9          | 3,9          |

Fonte: SINAN [4]

Nota: \*observações que foram excluídas durante o planejamento (fase 1)

No próximo capítulo será apresentada a análise da taxa de mortalidade de câncer de mama da tabela 3.1, a partir das técnicas estatísticas (estatística descritiva e testes estatísticos), posteriormente, serão implementados os gráficos de controle: medidas individuais (X), amplitude móvel (AM), e a média móvel exponencialmente ponderada (EWMA).

Todas as análises foram realizadas no Software estatístico R [29].

Na aplicação de gráficos de controle para monitoramento de processos, o sinal de alerta (ponto fora dos limites) é indicativo de que há causas especiais (controláveis) atuando no processo, neste caso o processo está fora de controle. As causas especiais devem ser reduzidas ou eliminadas para trazer o processo de volta ao controle. No contexto do monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama, as causas especiais podem ser os fatores ambientais e comportamentais e os fatores reprodutivos e hormonais, vide Quadro 1. A idade é também um dos fatores de risco mais importantes para a doença (cerca de quatro em cada cinco casos ocorrem após os 50 anos). Outros fatores que aumentam o risco da doença são: [13]

### Quadro 2: Fatores que aumentam o risco do câncer de mama

| <b>Fatores ambientais e comportamentais</b>   |
|---|
| Obesidade e sobrepeso   |
| Inatividade física*   |
| Consumo de bebida alcoólica   |
| Exposição frequente a radiações ionizantes para tratamento (radioterapia) ou exames diagnósticos (tomografia, Raios-X, mamografia, etc) |
| Tabagismo - há evidências sugestivas de aumento de risco  |
| <b>Fatores da história reprodutiva e hormonal</b>   |
| Primeira menstruação antes de 12 anos   |
| Não ter tido filhos   |
| Primeira gravidez após os 30 anos   |
| Parar de menstruar (menopausa) após os 55 anos  |
| Uso de contraceptivos hormonais (estrogênio-progesterona)   |
| Ter feito reposição hormonal pós-menopausa, principalmente por mais de cinco anos   |
| <b>Fatores genéticos e hereditários**</b>   |
| História familiar de câncer de ovário   |
| Casos de câncer de mama na família, principalmente antes dos 50 anos  |
| História familiar de câncer de mama em homens   |
| Alteração genética, especialmente nos genes BRCA1 e BRCA2   |

Fonte: INCA [11]

\*Não realizar ao menos 150 minutos por semana de atividade física de intensidade moderada. Para maiores informações, consulte o Guia de Atividade Física para a população brasileira [12].

\*\*A mulher que possui um ou mais fatores genéticos/hereditários apresenta risco elevado de desenvolver câncer de mama. Apenas 5 a 10% dos casos da doença estão relacionados a esses fatores.

Atenção: a presença de um ou mais desses fatores de risco não significa que a mulher terá necessariamente a doença. [11]

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

O resumo estatístico para a taxa de mortalidade de câncer de mama no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 (FASE 1) estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Medidas estatísticas

|                                     |                          |       |
|-------------------------------------|--------------------------|-------|
| <b>Medidas de tendência central</b> | Média                    | 42,60 |
|                                     | Mediana                  | 42,47 |
| <b>Medidas de variabilidade</b>     | Variância                | 10,27 |
|                                     | Desvio-padrão            | 3,20  |
|                                     | Coefficiente de variação | 7,52  |
|                                     | Amplitude                | 18,44 |
| <b>Medidas de posição</b>           | 1º quartil (Q1)          | 40,64 |
|                                     | 2º quartil (Q2)          | 42,47 |
|                                     | 3º quartil (Q3)          | 44,10 |

Fonte: Autoria própria (2021)

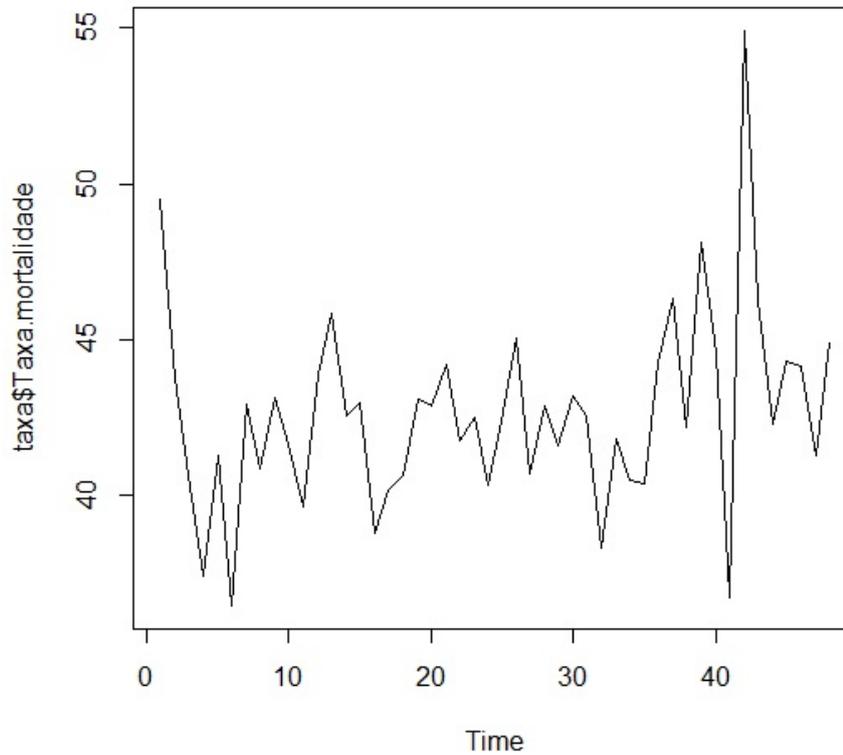
Do Quadro 3, tem-se que, a taxa de mortalidade por câncer de mama no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 foi em média 42,60 por mês.

De acordo com a mediana, a taxa de mortalidade é de 42,47 por mês.

O coeficiente de variação foi de 7,52%, o que representa uma baixa dispersão dos dados.

Na Figura 4.1, apresenta-se o gráfico da série temporal da taxa de mortalidade por câncer de mama.

Figura 4.1: Gráfico da série da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

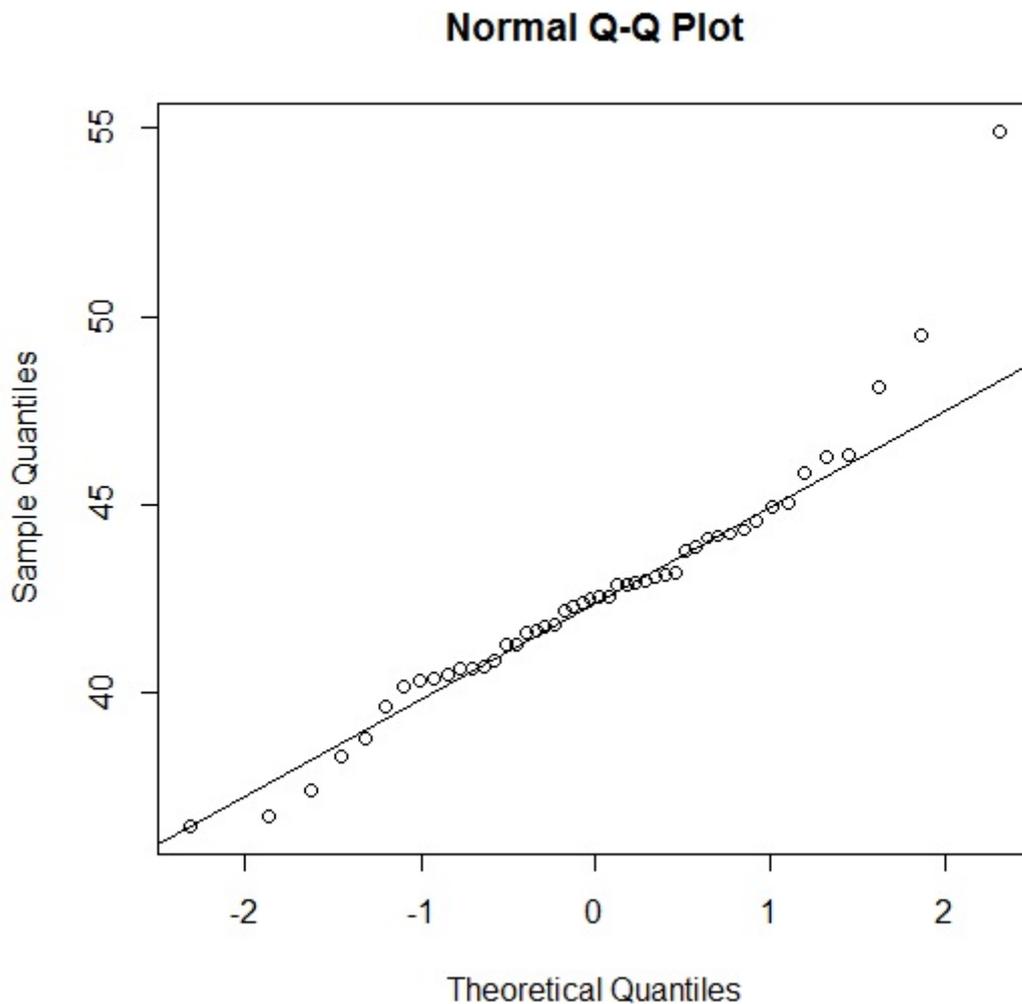
De acordo com o gráfico da Figura 4.1, observa-se um pico na observação 42, com taxa de mortalidade igual a 54,89. Pela análise visual pode-se observar que esta taxa de mortalidade por câncer não apresenta padrões ou ciclos. Adicionalmente, serão feitos os testes para avaliar a sazonalidade, estacionariedade e a presença de tendências.

## 4.2 AVALIAÇÃO DAS PRESSUPOSIÇÕES DOS GRÁFICOS DE CONTROLE, DADOS DA FASE 1

### 4.2.1 - TESTE DE NORMALIDADE

Na Figura 4.2 apresenta-se o gráfico Q-Qplot e o teste Lilliefors para testar a normalidade da taxa de mortalidade por câncer de mama.

Figura 4.2: Gráfico Qqplot da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

$H_0$ : Taxa de mortalidade por câncer possui distribuição normal.

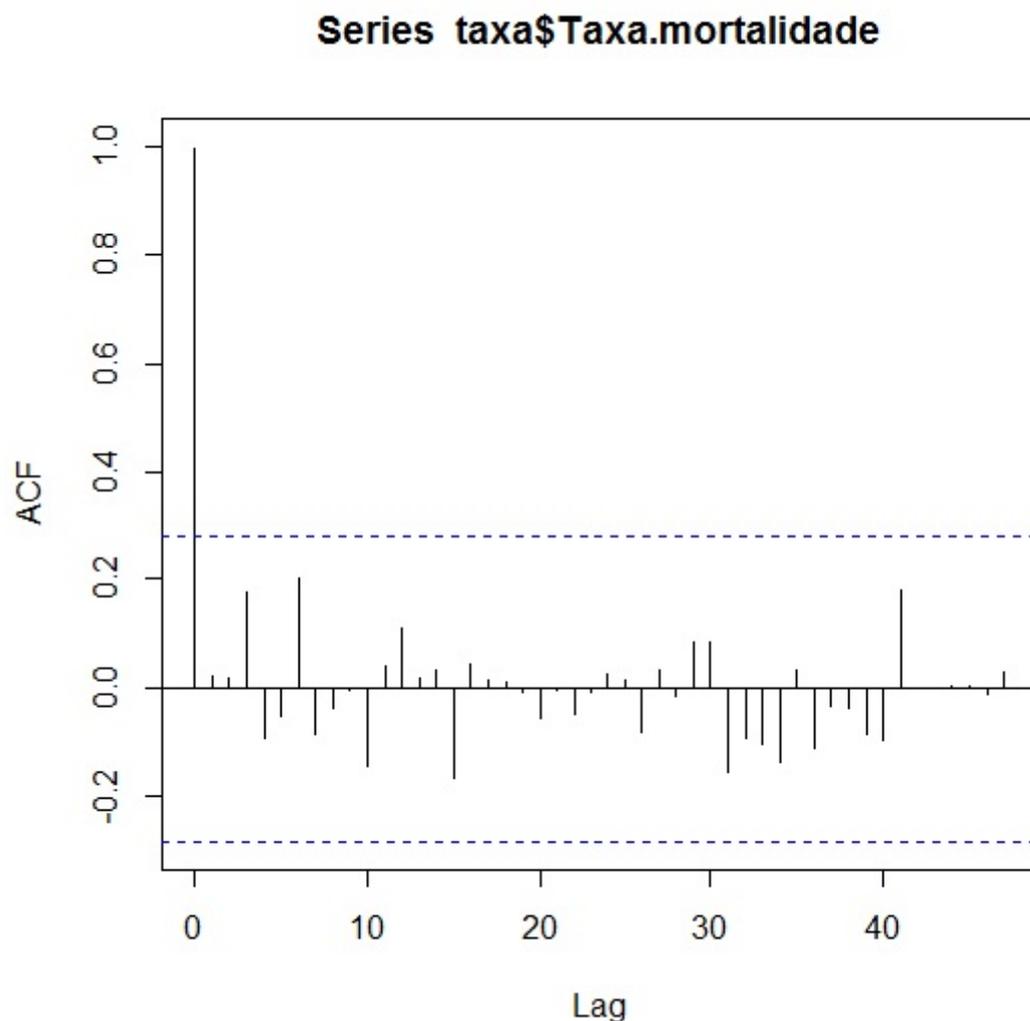
$H_1$ : Taxa de mortalidade por câncer não possui distribuição normal.

Pelo teste de Lilliefors ( $p$ -valor: 0,07903) e pelo gráfico Normal Q-Q Plot, com 5% de significância pode-se observar que há evidências que os dados seguem uma distribuição normal. Utilizando os 48 valores do período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020

### 4.2.2 - AUTOCORRELAÇÃO

Na Figura 4.3, apresenta-se o gráfico da função FAC da taxa de mortalidade por câncer de mama.

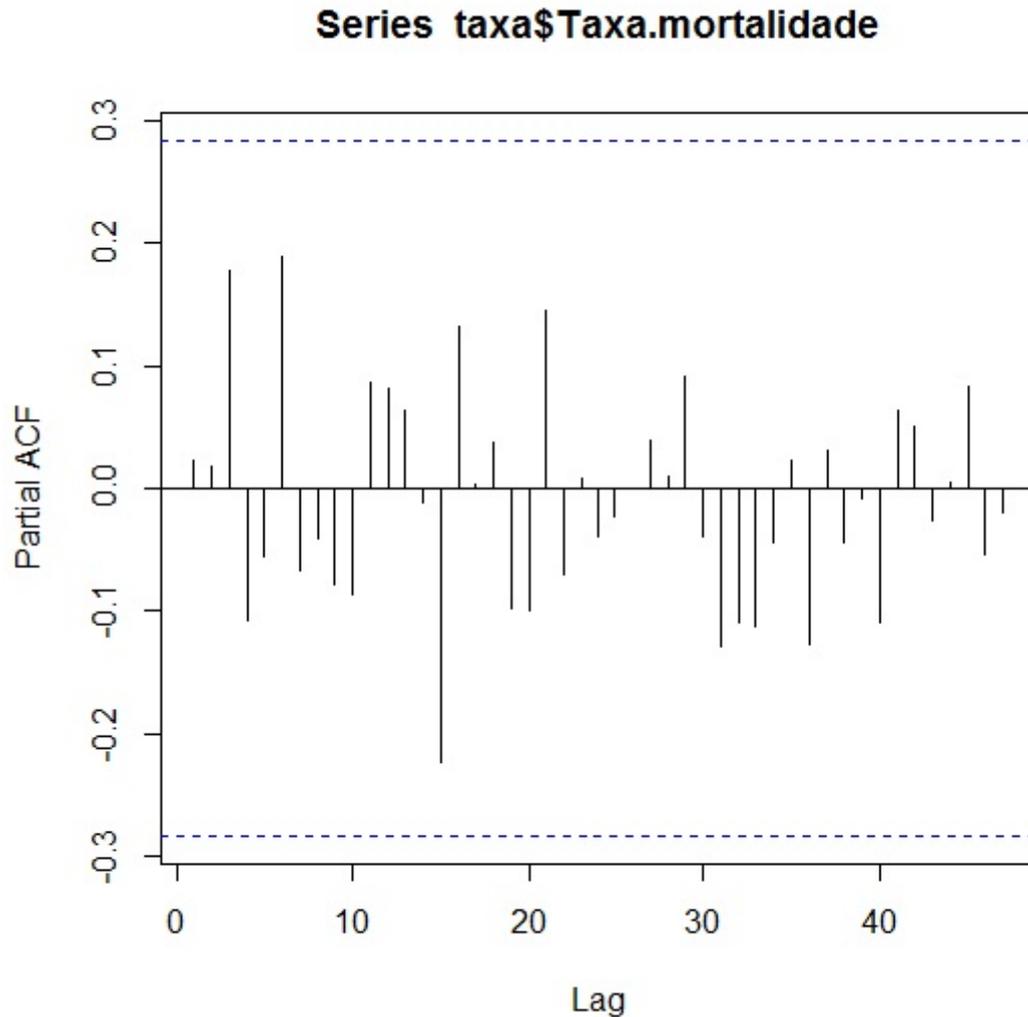
Figura 4.3: Função de autocorrelação (FAC) da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Figura 4.4, apresenta-se o gráfico da função FACP da taxa de mortalidade por câncer de mama.

Figura 4.4: Função de autocorrelação (FACP) da taxa de mortalidade de câncer de mama no Brasil, janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

Pelo gráfico da função de autocorrelação (FAC e FACP), pode-se observar que não há indícios de autocorrelação, pois os valores da taxa de mortalidade por câncer estão dentro dos limites do gráfico e não há comportamento indicando autocorrelação.

E pelo teste de box-ljung ( $p$ -valor= 0,857), ao nível de significância de 0,05, confirma-se que os dados são independentes.

Assim sendo, as condições (normalidade e independência) para gráficos de controle foram atendidas, com isso, os gráficos de controle podem ser aplicados, sem necessidade de padronizar os valores.

Adicionalmente serão avaliadas a estacionariedade, tendência e sazonalidade da série.

Para verificar estacionariedade foi utilizado o teste de Dickey Fuller Aumentado (ADF), pelo teste de ADF ( $p$ -valor= 0,04679), ao nível de significância de 0,05, tem-se evidências de

que os dados são estacionários.

Para verificar tendência foi utilizado o teste de Cox-stuart que resultou em p-valor de (p-valor= 0,6171), ao nível de significância de 0,05, tem-se evidências de que os dados não apresentaram tendência.

Para verificar sazonalidade foi utilizado o teste de fisher em que o p-valor foi de (p-valor= 0,8663829), ao nível de significância de 0,05, tem-se evidências de que os dados não apresentaram sazonalidade.

### 4.3 GRÁFICOS DE X E AM, FASE 1 E 2

Para a obtenção de gráficos de controle foram feitas 2 abordagens, veja no Quadro 4:

**Quadro 4: Abordagens do processo (fase 1 e fase 2)**

|               | FASE 1 | FASE 2                                 |
|---------------|--------|--|
| <b>CASO 1</b> | X e AM | X e AM (limites fixos conforme fase 1) |
| <b>CASO 2</b> | EWMA*  | EWMA                                   |

Fonte: Autoria própria (2021)

Nota: \*Gráfico EWMA foi construído com as 46 observações do processo em controle da fase 1 do gráfico X e AM.

**FASE 1:** dados de janeiro de 2017 a dezembro de 2020 (inicialmente, 48 valores).

**FASE 2:** dados de janeiro de 2021 a junho de 2021 (simulando em tempo real) (6 valores).

#### 4.3.1 - CASO 1 – Fase 1: Gráfico de X e AM

A Fase 1 refere-se ao planejamento para estabelecimento dos parâmetros do processo em controle, os quais são utilizados para calcular os limites do gráfico de controle para o monitoramento em tempo real (FASE 2).

Inicialmente, conforme dados disponíveis na Tabela 2.1 o gráfico de X e AM foi obtido para os 48 valores, janeiro de 2017 a dezembro de 2020, veja na Figura 4.5

Dos gráficos da Figura 4.5, tem se que:

Gráficos de X: LIC= 34,02, LM =  $\mu_o = 42,60$ , LSC= 51,19

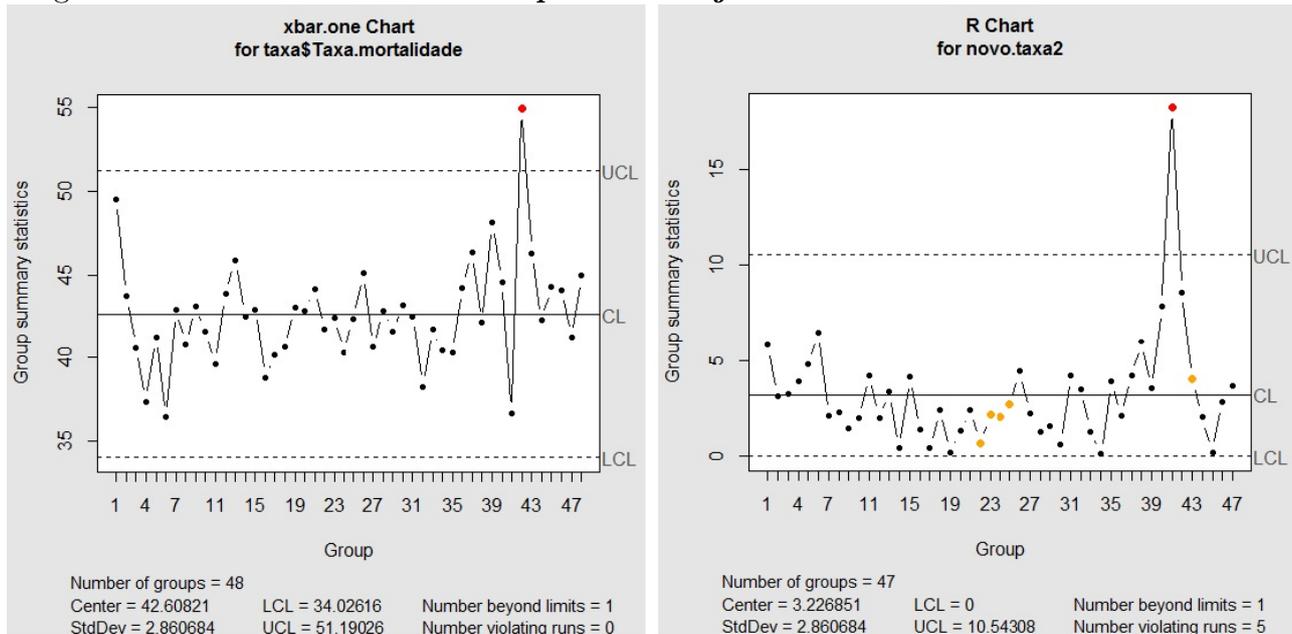
Gráficos de AM: LIC= 0, LM= 3,22, LSC= 10,54

Parâmetros do processo:  $\mu_o = 42,60$ ,  $\sigma_o = 3,20$

Na Figura 4.5, observa-se que no gráfico de medidas individuais (X) sinaliza uma situação fora de controle estatístico no mês de junho de 2020, a taxa de mortalidade por câncer de mama é igual a 54,89, em que, encontra-se acima do limite superior de controle (LSC = 51,19).

Esse ponto fora de controle deve ser investigado para saber se ele está fora de controle estatístico devido a causas especiais ou causas aleatórias. Se encontrada a causa do descontrole, o procedimento é excluir o ponto. Se não encontrada a causa do descontrole, pode-se optar por manter ou excluir o ponto.

Figura 4.5: Gráfico X e AM – no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020

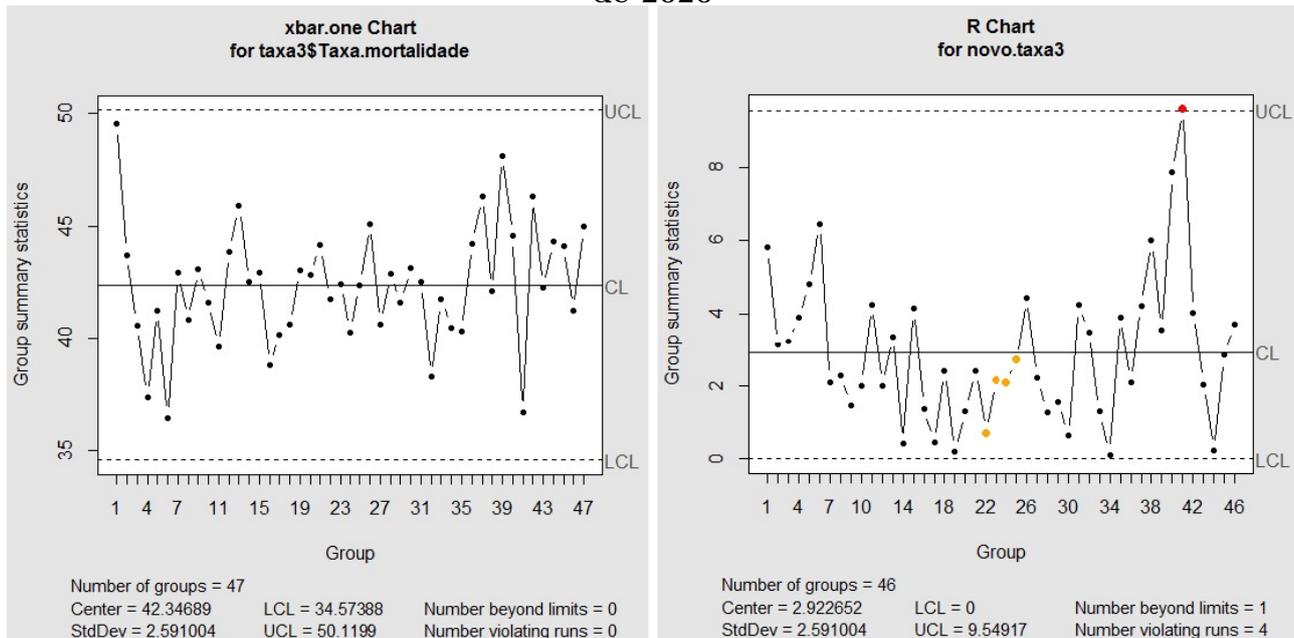


Fonte: Autoria própria (2021)

Neste trabalho, não foi possível constatar que tenha ocorrido causa especial atuando no processo a qual tenha provocado o aumento na taxa de mortalidade, pode ser que tenha ocorrido atraso no registro e a atualização ocorreu na sequência. Adicionalmente, a variabilidade foi impactada, o que pode ser visto no gráfico da amplitude móvel (AM), no qual também sinaliza uma situação fora de controle estatístico no mês de junho de 2020,  $18,196 > LSC (10,54)$ , decidiu-se excluir o ponto fora dos limites, referente ao mês de junho.

Para os 47 valores restantes, foi construído o gráfico X e AM, veja na Figura 4.6.

Figura 4.6: Gráfico de X e AM – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

Dos gráficos da Figura 4.6, tem-se que:

Gráficos de X: LIC= 34,57, LM =  $\mu_o = 42,34$ , LSC= 50,11

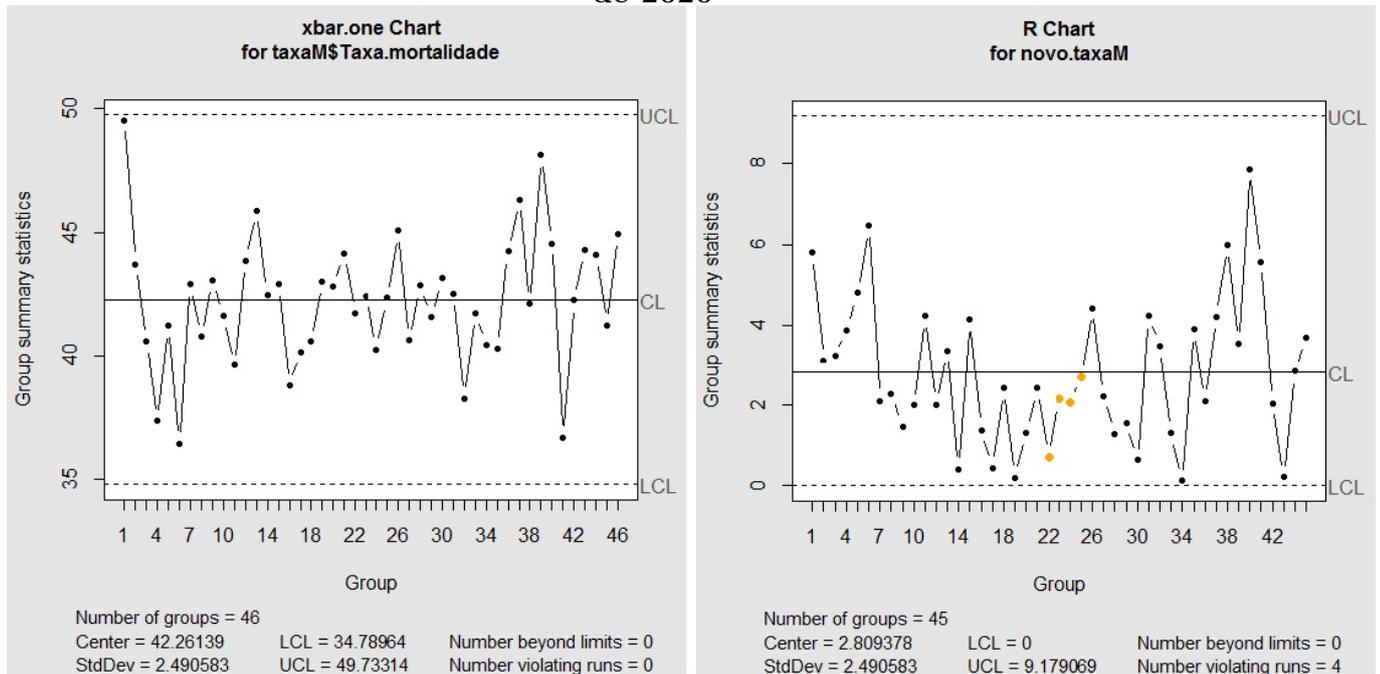
Gráficos de AM: LIC= 0, LM= 2,92, LSC= 9,54

Parâmetros do processo:  $\mu_o = 42,34$ ,  $\sigma_o = 2,59$

Ao analisar os gráficos de medidas individuais (X) e amplitude móvel (AM) sem a observação do mês de junho de 2020 apresentado na Figura 4.6, observa-se que o gráfico de X não apresenta valores fora dos limites, logo está sinalizando uma situação dentro do controle estatístico. Todavia é possível verificar que o gráfico de amplitude móvel (AM) apresentou um ponto fora dos limites, ou seja, sinalizando uma situação fora de controle estatístico,  $9,586 > LSC = 9,54$ , que por sua vez é referente ao mês de julho de 2020 em que se encontra uma taxa de mortalidade por câncer de mama de 46,28. No gráfico AM foi sinalizado o descontrole na variabilidade, assim sendo, mesmo não sendo possível encontrar as causas especiais, decidiu-se por excluir a respectiva taxa de mortalidade do mês julho, 46,28.

Para os 46 valores restantes, foi construído o gráfico X e AM, na Figura 4.7.

Figura 4.7: Gráfico de X e AM – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

Ao analisar os gráficos de medidas individuais (X) e amplitude móvel (AM) sem a observação do mês de julho de 2020 ilustrado na Figura 4.7, observa-se que ambos os gráficos apresentaram valores dentro dos limites, logo está sinalizando uma situação dentro do controle estatístico.

Dos gráficos da Figura 4.7, tem-se que:

Gráficos de X: LIC= 34,78, LM =  $\mu_o = 42,26$ , LSC= 49,73

Gráficos de AM: LIC= 0, LM= 2,80, LSC= 9,17

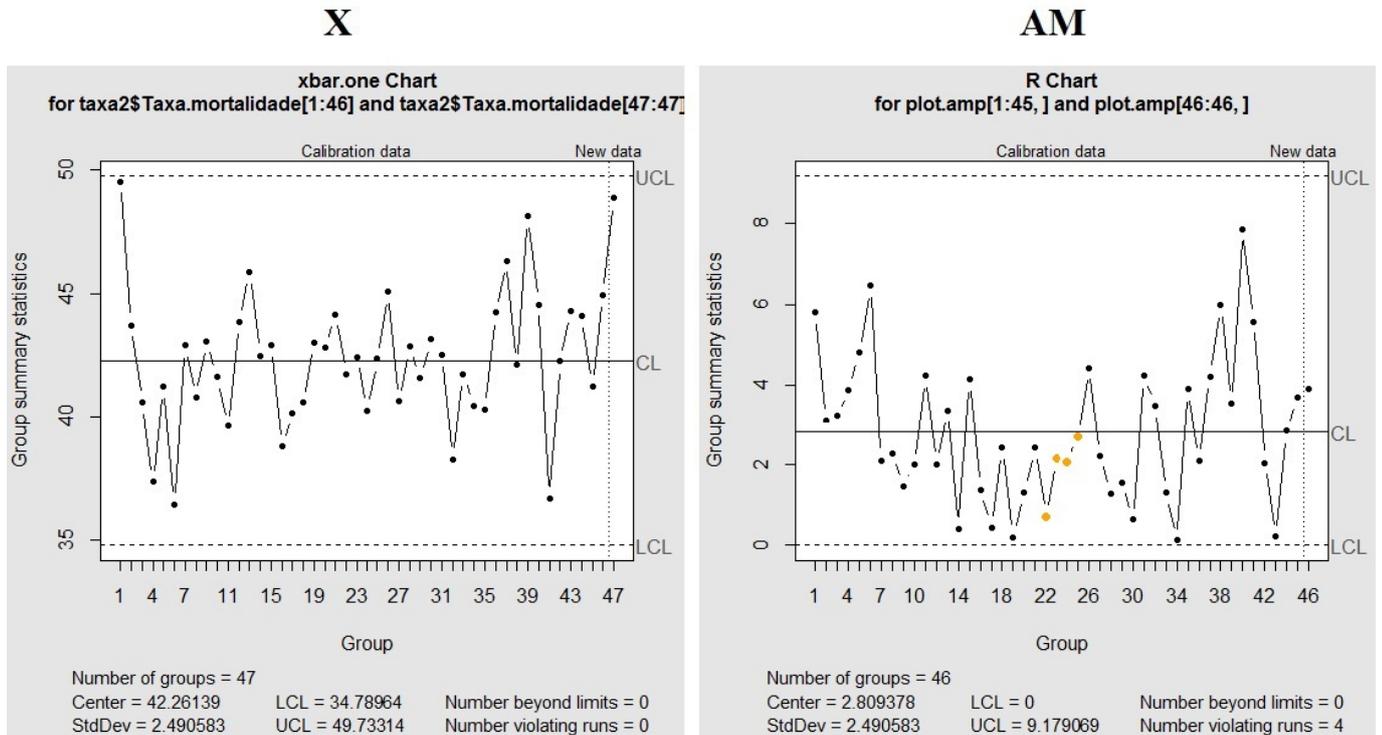
Parâmetros do processo em controle:  $\mu_o = 42,26$ ,  $\sigma_o = 2,49$

No monitoramento em tempo real, o gráfico mostrará um sinal de alerta quando a taxa de mortalidade por câncer no respectivo mês ficar fora dos limites, em caso de aumento na taxa de mortalidade por câncer, quando a taxa for superior à 49,73 ou amplitude móvel maior que 9,17.

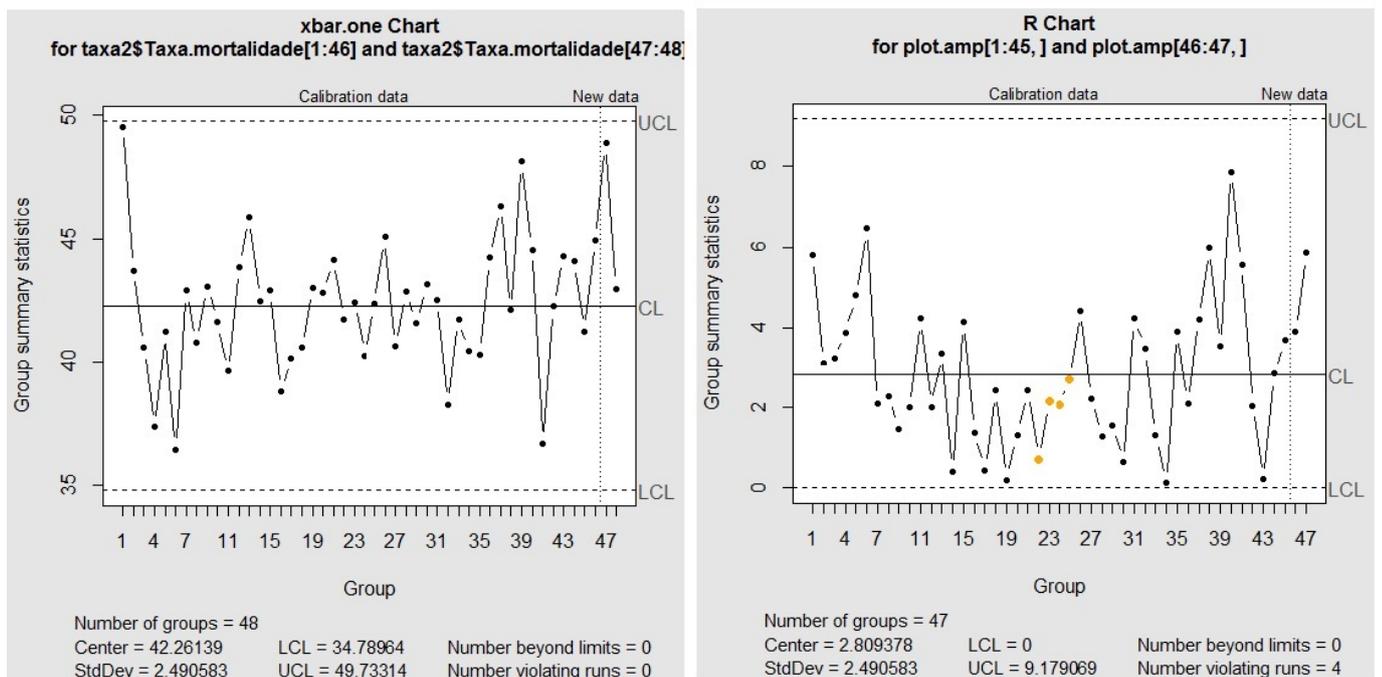
4.3.2 - CASO 1 – Fase 2: gráfico X e AM

Na Figura 4.8, apresenta-se o monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama em tempo real com o Gráfico de X e AM.

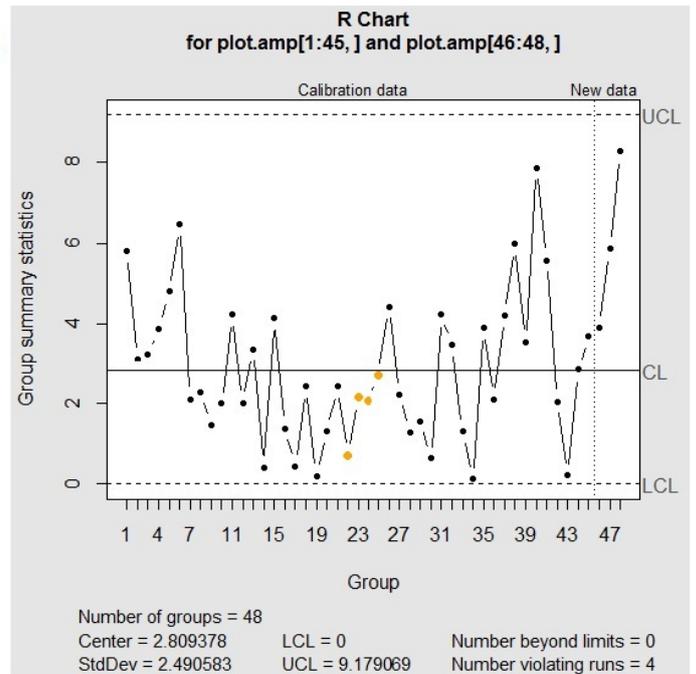
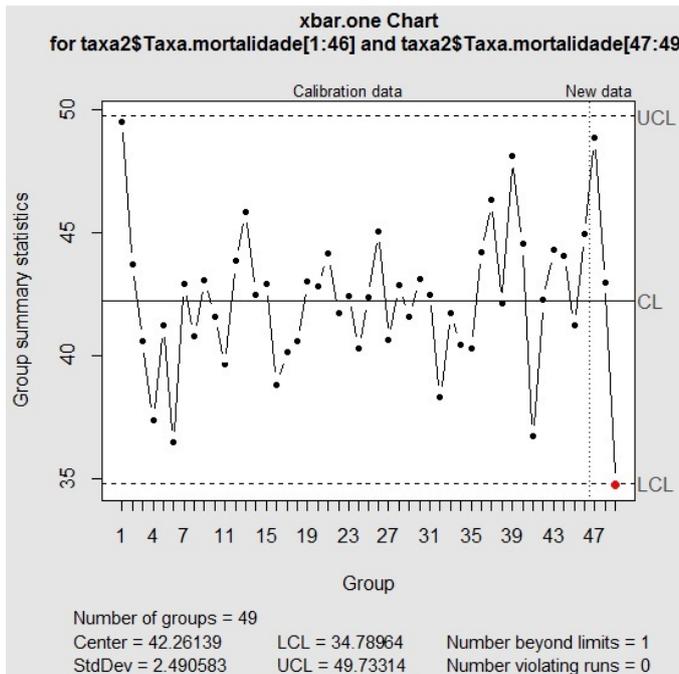
Figura 4.8: gráfico X e AM – Fase 2, no período de janeiro de 2021 a junho de 2021



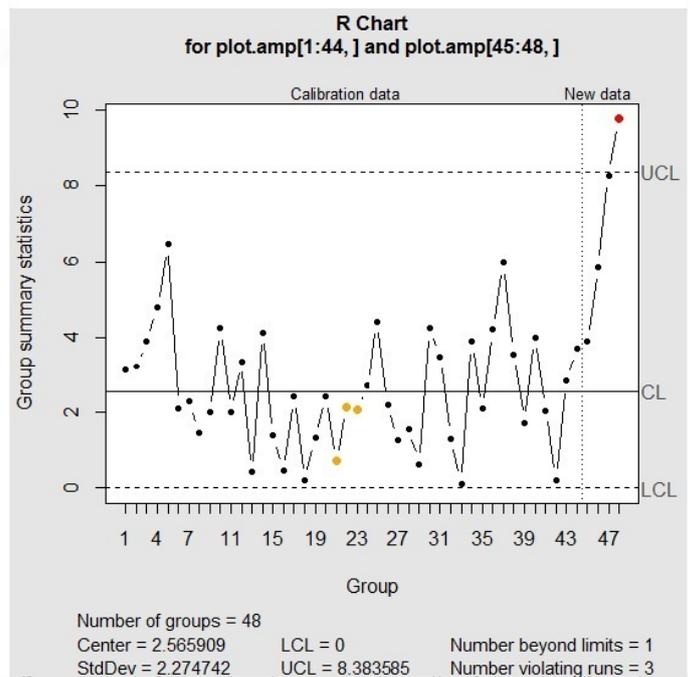
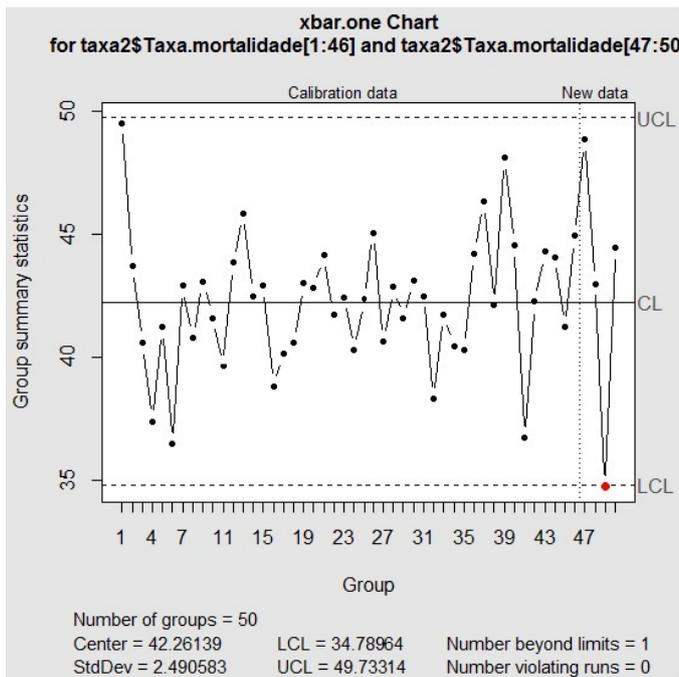
4.8.a) Fase 2 - janeiro/2021



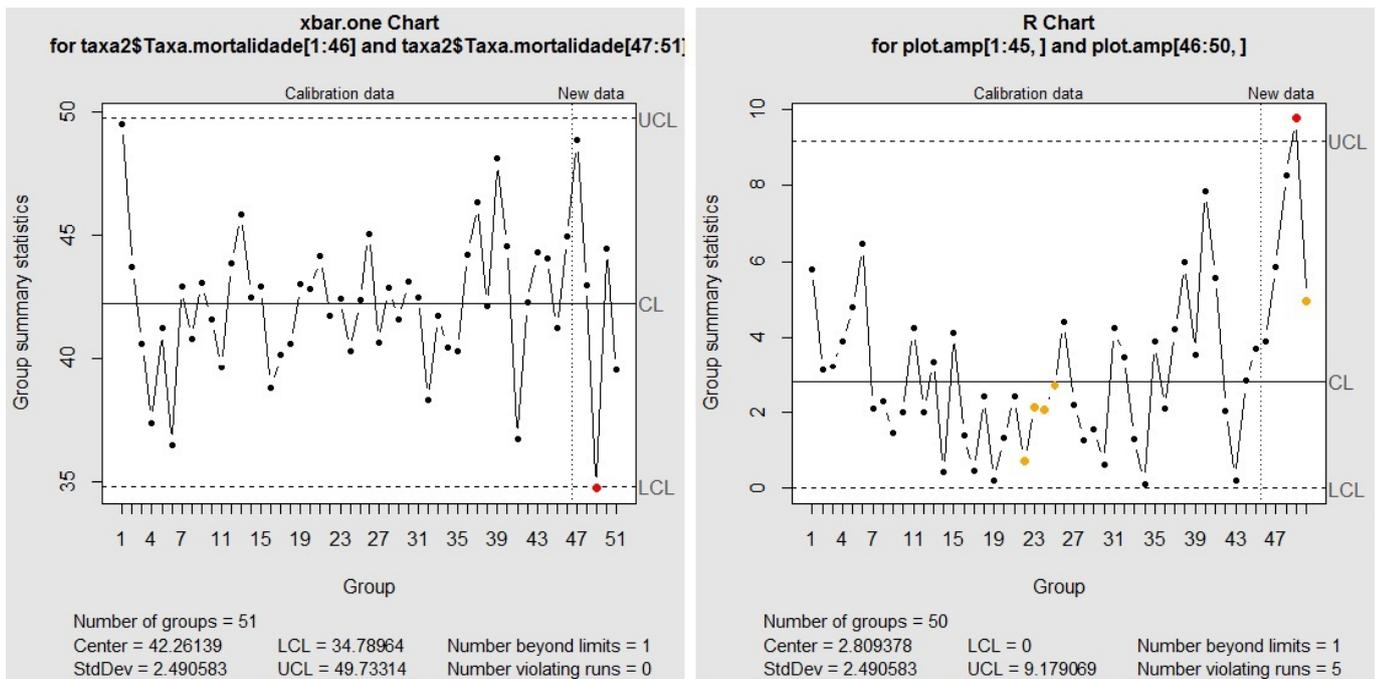
4.8.b) Fase 2 - fevereiro/2021



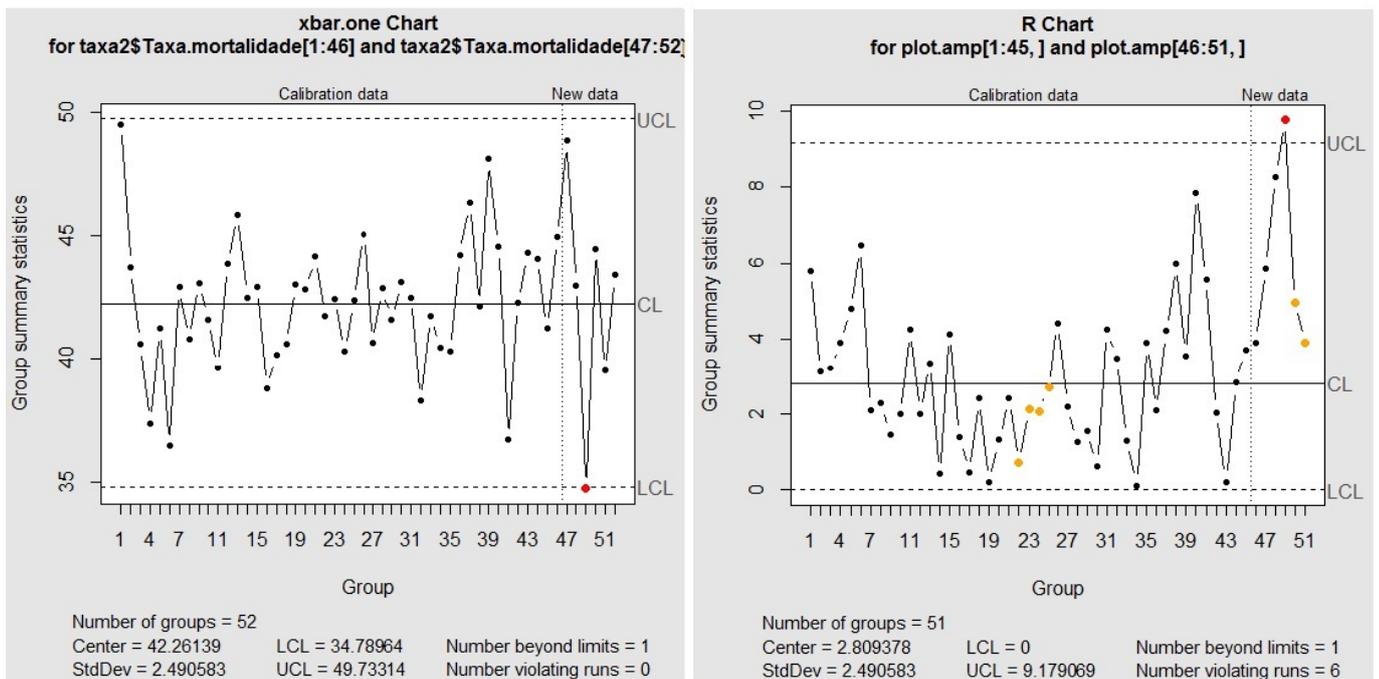
4.8.c) Fase 2 - março/2021



4.8.d) Fase 2 - abril/2021



#### 4.8.e) Fase 2 - maio/2021



#### 4.8.f) Fase 2 - junho/2021

Fonte: Autoria própria (2021)

No monitoramento em tempo real, no gráfico simultâneo X e AM, ocorreram pontos fora dos limites nos dois gráficos nos meses de março e abril de 2021, respectivamente, caracterizando um sinal de alerta. No gráfico de X, a taxa de mortalidade por câncer de mama igual a 34,71 foi menor que o LIC (35,48) indicando a redução expressiva nessa taxa. Neste caso não há necessidade de ação para evitar que a taxa continue reduzindo.

Por outro lado, no gráfico de AM, a amplitude móvel igual a 9,77 foi maior que LSC (9,17),

indicando aumento expressivo na variabilidade. De fato, a taxa de mortalidade aumentou de 34,71 (março) para 44,48 (abril).

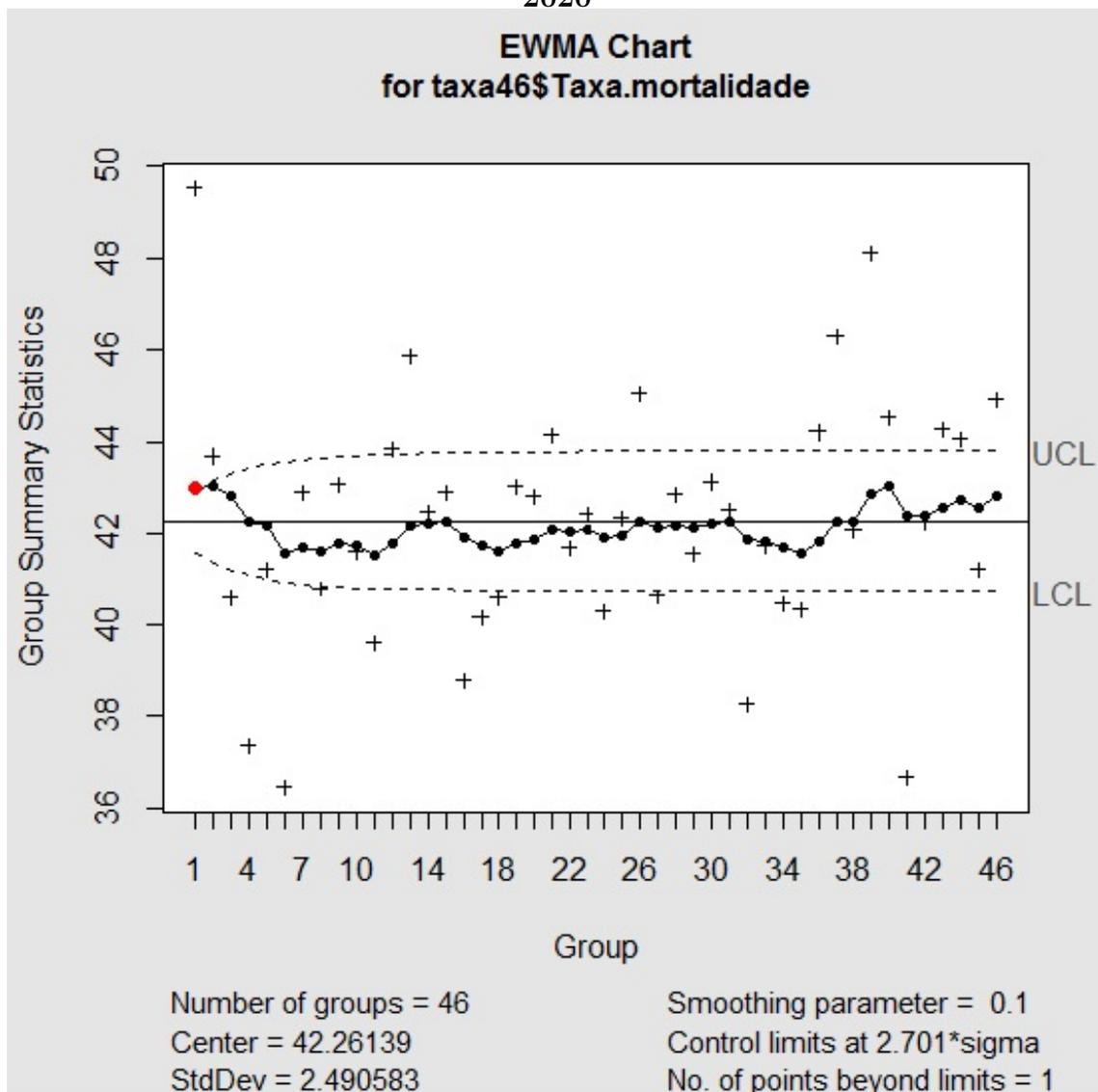
Na prática, um sinal de alerta orienta para a adoção de medidas que impeçam a continuidade do aumento da taxa de mortalidade por câncer de mama. Vide medidas possíveis no Quadro 2.

## 4.4 GRÁFICO DE CONTROLE EWMA, FASE 1 E 2

### 4.4.1 - CASO 2 – EWMA (fase 1, 46 observações) e EWMA (fase 2)

Na Figura 4.9, é apresentado o Gráfico EWMA o qual foi construído com as 46 observações do processo em controle estabelecido na Fase 1 do gráfico X e AM. (CASO 1)

Figura 4.9: Gráfico EWMA – Fase 1, no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: Autoria própria (2021)

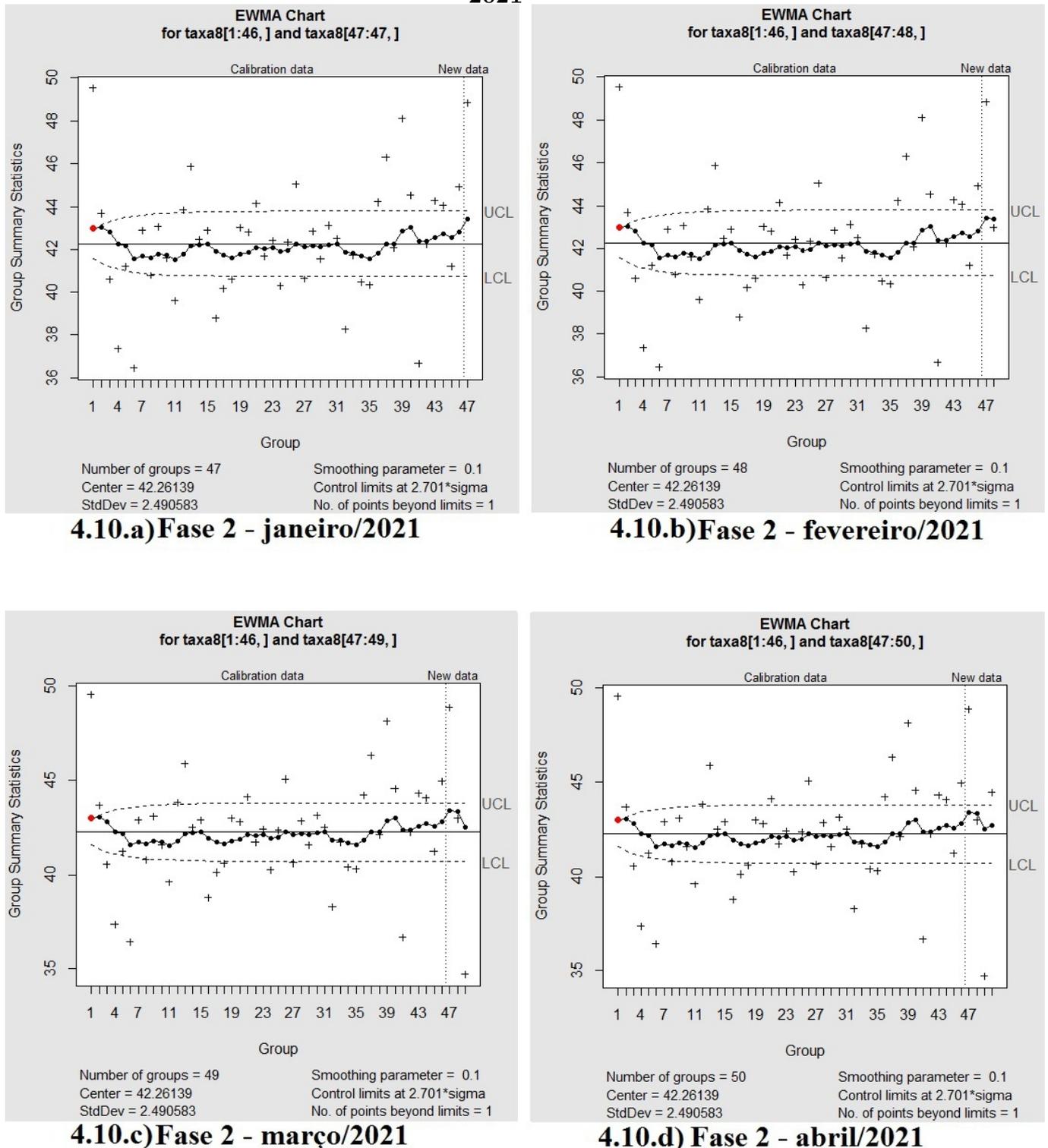
Na Figura 4.9, observa-se que no gráfico de EWMA sinaliza uma situação fora de controle

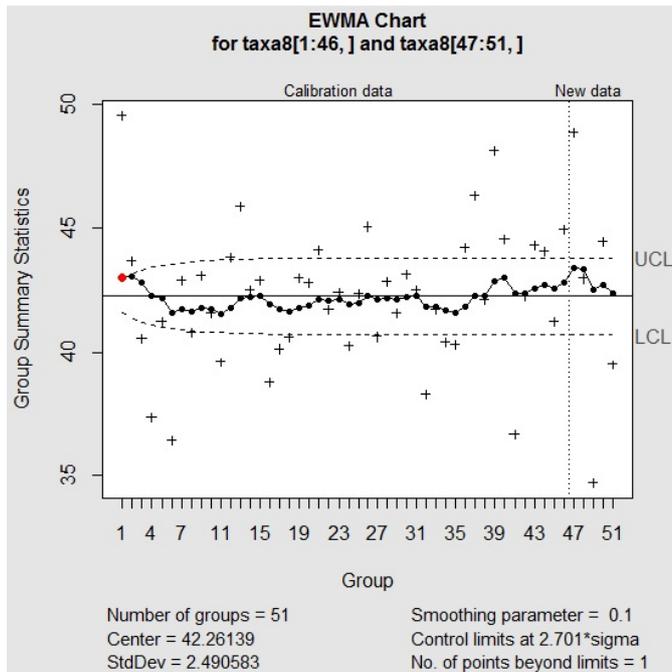
estatístico no mês de janeiro de 2017, porém, nessa fase 1 (planejamento) o gráfico de EWMA não é adequado para estimar média e desvio padrão, assim o ponto será mantido.

Esse gráfico foi desenvolvido com  $k = 2,701$  e  $\lambda = 0,1$ , conforme Tabela 2.1.

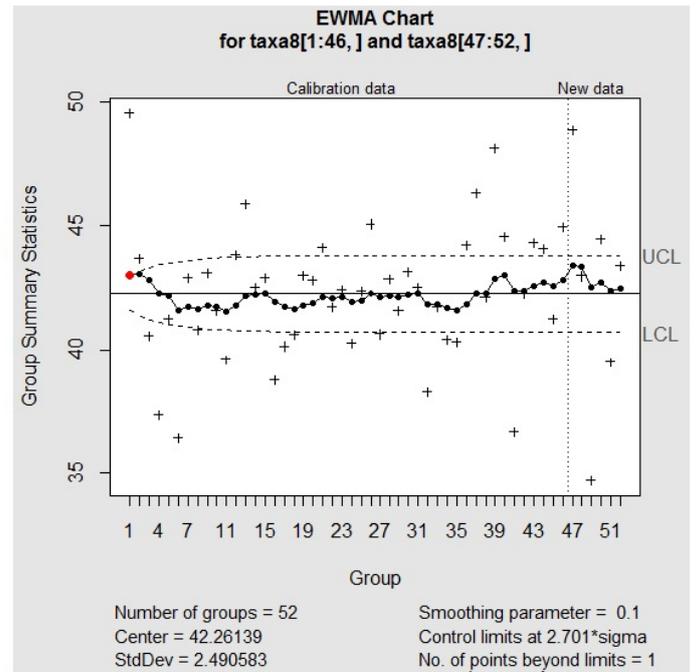
Na Figura 4.10, apresenta-se o monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama em tempo real com o Gráfico EWMA.

Figura 4.10: Gráfico EWMA – Fase 2, no período de janeiro de 2021 a junho de 2021





**4.10.e) Fase 2 - maio/2021**



**4.10.f) Fase 2 - junho/2021**

Fonte: Autoria própria (2021)

No monitoramento em tempo real, o gráfico de EWMA não emitiu nenhum sinal de alerta, indicando que o processo está em uma situação de controle estatístico.

Na prática, o sinal de alerta indica a necessidade de intervenção, com a adoção de medidas que impeçam a continuidade do aumento da taxa de mortalidade por câncer de mama. Vide medidas no Quadro 2.



## 5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi propor um método para monitorar a taxa mensal de óbitos por câncer de mama, no Brasil através de gráficos de controle. Foram utilizados dois tipos de gráficos, o gráfico X e AM (simultâneo) e o Gráfico EWMA.

Em geral, a utilização de gráficos de controle compreende duas fases. Neste trabalho, na fase 1, foram utilizados os dados históricos, janeiro de 2017 a dezembro de 2020, disponíveis no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), para estimar os parâmetros do processo em controle, ou seja, a média ( $\mu_o$ ) e o desvio padrão ( $\sigma_o$ ). Na fase 1, com o gráfico de X e AM, a taxa de óbito por câncer de mama estava fora de controle nesse período. Após avaliação e exclusão dos pontos fora dos limites, obteve-se  $\mu_o = 42,26$  e  $\sigma_o = 2,49$ . Posteriormente, com esses parâmetros foram obtidos os limites para o monitoramento em tempo real (fase 2). Os limites para o gráfico X e AM são:  $LIC_x = 34,78$ ;  $LM_x = 42,26$ ;  $LSC_x = 49,73$  e  $LIC_{AM} = 0$ ;  $LM_{AM} = 2,80$ ;  $LSC_{AM} = 9,17$ . Os limites para o gráfico EWMA são variáveis ao longo do tempo e dependem dos parâmetros  $\mu_o$ ,  $\sigma_o$ ,  $k$  (fator de abertura dos limites de controle) e  $\lambda$  (constante de amortecimento), por exemplo,  $k = 2,7$  e  $\lambda = 0,1$ .

Para o monitoramento em tempo real, na fase 2, o gráfico X e AM é eficiente pra detectar grandes alterações na média e na variabilidade do processo, respectivamente. O gráfico EWMA é indicado quando for desejável detectar pequenas alterações na média do processo. Neste trabalho, durante o monitoramento em tempo real, foram utilizados os dados de janeiro de 2021 a junho de 2021. Na fase 2 o gráfico de X e AM emitiu sinal de alerta em março de 2021 e abril de 2021, e o gráfico EWMA não emitiu nenhum sinal de alerta. Na prática, essa sinalização aponta para necessidade de ações/intervenções em tempo real e espera-se com isso impedir, preventivamente, que a taxa de óbitos por câncer de mama continue aumentando. Por exemplo, campanhas de prevenção, campanhas para diagnóstico precoce, oferta de tratamento adequado, etc. Ambos os gráficos se mostraram adequados para o monitoramento da taxa de mortalidade por câncer de mama.

### Trabalhos futuros

Os parâmetros do processo devem ser recalculados de tempos em tempos, neste caso deve-se repetir a metodologia da fase 1, visando atualizar os parâmetros  $\mu_o$  e  $\sigma_o$ , a qual deve usar os dados recentes do processo de registros de taxa de mortalidade por câncer de mama. Planejamento dos gráficos de controle, ou seja, avaliar o impacto de diferentes parâmetros  $k$  no gráfico X e AM e do  $\lambda$  e  $k$  no gráfico EWMA, bem como o efeito desses parâmetros na probabilidade de alarme falso e no poder do gráfico de controle.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *TESTES DE HIPÓTESES NÃO PARAMÉTRICOS*. [http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/textos/Testes\\_Nao\\_Parametricos.pdf](http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/textos/Testes_Nao_Parametricos.pdf), acessado em 11/08/2021.
- [2] Alecrim, D. A.: *Aplicação do controle estatístico do processo no envase de iogurte em uma indústria de laticínios na Paraíba*. Trabalho de conclusão de curso, 2015.
- [3] Bertolo: *Teste de Box-Ljung*, 2019. <http://www.bertolo.pro.br/MetodosQuantitativos/Previsao/pmc4481.htm>, acessado em 28/07/2021.
- [4] Brasil, S. d. M.: *Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)*, 2008. <https://datasus.saude.gov.br/>, acessado em 15/03/2021.
- [5] Brasil, S. d. M.: *Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)*, 2008. [http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/Morb\\_cau\\_ex\\_loc\\_int\\_2008.pdf](http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/Morb_cau_ex_loc_int_2008.pdf), acessado em 30/05/2021.
- [6] Brasil, S. d. M.: *Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)*, 2016. <http://portalsinan.saude.gov.br>, acessado em 09/04/2021.
- [7] Controle: *Controle estatístico de processo: o que é o CEP e para que serve?*, 2019. <https://blog.bomcontrole.com.br/controle-estatistico-processo-cep/>, acessado em 16/07/2021.
- [8] Costa, A. F. B., Epprecht, E. K. e Carpinetti, L. C. R.: *Controle Estatístico de qualidade*. Editora Atlas S.A, 2ª ed., 2005.
- [9] Filho, A. C. S. e Lima, F. G.: *A FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO E A ESCOLHA DO PASSO DA RECONSTRUÇÃO*. <https://legacy.unifacef.com.br/novo/publicacoes/iiforum/textos%20ep/antonio%20carlos%20e%20fabiano.pdf>, acessado em 11/08/2021.
- [10] Henning, E., Walter, O. M. F. C., Alves, C. C. e Samohyl, R. W.: *Aplicação de gráficos de Controle Estatístico de Processos para o monitoramento dos casos de meningite no município de Joinville*. 2017. <https://qualimetria.paginas.ufsc.br/files/2013/04/63-235-1-pb.pdf>, acessado em 01/10/2021.

- [11] INCA: *Câncer de mama*, 2021. <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-mama>, acessado em 01/10/2021.
- [12] INCA: *GUIA DE ATIVIDADE FÍSICA PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA*, 2021. [https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_atividade\\_fisica\\_populacao\\_brasileira.pdf](https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf), acessado em 02/10/2021.
- [13] INCA: *O que causa o câncer?*, 2021. <https://www.inca.gov.br/causas-e-prevencao/o-que-causa-cancer>, acessado em 01/10/2021.
- [14] INCA, P.: *Instituto Nacional do Câncer . Detecção precoce do câncer de mama*, 2020. <https://www.inca.gov.br/controle-do-cancer-de-mama/acoes-de-controle/deteccao-precoce>, acessado em 05/04/2021.
- [15] INCA, P.: *Instituto Nacional do Câncer . Introdução*, 2020. [https://www.inca.gov.br/estimativa/introducao#:~:text=0%20c%C3%A2ncer%20de%20pulm%C3%A3o%20%C3%A9,47%25\)%%20de%20casos%20](https://www.inca.gov.br/estimativa/introducao#:~:text=0%20c%C3%A2ncer%20de%20pulm%C3%A3o%20%C3%A9,47%25)%%20de%20casos%20), acessado em 05/04/2021.
- [16] INCA, P.: *Câncer de mama*, 2021. <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-mama>, acessado em 01/10/2021.
- [17] INCA, P.: *Instituto Nacional do Câncer . Conceito e magnitude do câncer de mama*, 2021. <https://www.inca.gov.br/controle-do-cancer-de-mama/conceito-e-magnitude#:~:text=A%20taxa%20de%20mortalidade%20por,%C3%B3bitos%2F100.000%20mulheres%20em%202019>, acessado em 05/04/2021.
- [18] INCA, P.: *Instituto Nacional do Câncer . Câncer de mama*, 2021. <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-mama>, acessado em 05/04/2021.
- [19] INCA, P.: *Instituto Nacional do Câncer . Câncer de pele não melanoma*, 2021. <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-mama>, acessado em 05/04/2021.
- [20] INCA, P.: *O que causa o câncer?*, 2021. <https://www.inca.gov.br/causas-e-prevencao/o-que-causa-cancer>, acessado em 01/10/2021.
- [21] Jesus, G.M.K., Campos, S.C.M., Barriga, G.D.C. e Meyer, A.S.: *Aplicação dos gráficos de controle para o monitoramento da taxa de infecção hospitalar*, 2017. [https://www.researchgate.net/publication/331175712\\_APLICACAO\\_DOS\\_GRAFICOS\\_DE\\_CONTROLE\\_PARA\\_O\\_MONITORAMENTO\\_DA\\_TAXA\\_DE\\_INFECCAO\\_HOSPITALAR](https://www.researchgate.net/publication/331175712_APLICACAO_DOS_GRAFICOS_DE_CONTROLE_PARA_O_MONITORAMENTO_DA_TAXA_DE_INFECCAO_HOSPITALAR), acessado em 01/10/2021.
- [22] LeandroMTR. <https://leandromtr.com/qualidade-edwards-deming/>, acessado em 23/08/2021.
- [23] Maestro: *Armand Feigenbaum: Biografia e principais contribuições*. <https://maestrovirtuale.com/armand-feigenbaum-biografia-e-principais-contribuicoes/>, acessado em 23/08/2021.

- [24] Minitab: *Interprete a função de autocorrelação parcial (PACF)*, 2019. <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/how-to/partial-autocorrelation/interpret-the-results/partial-autocorrelation-function-pacf/>, acessado em 01/11/2021.
- [25] Montgomery, D. C.: *Introdução ao controle estatístico de qualidade*. LTC editora, 4ª ed., 2004.
- [26] Paiva, D. A.: *Estudo de testes para tendência em séries temporais*. Dissertação de Mestrado, 2020.
- [27] Silva, J. A. G. da: *Estimativa 2018: Incidência de Câncer no Brasil*. Instituto Nacional do Câncer, pp. 58–59, 2018.
- [28] Silva, J. A. G. da: *Estimativa 2019: Incidência de Câncer no Brasil*. Instituto Nacional do Câncer, pp. 52–53, 2019.
- [29] Statistical Computing, Vienna, A. R Foundation for: *The R Project for Statistical Computing*, 2008. <http://www.R-project.org>, acessado em 15/03/2021.
- [30] Xavier, C.: *Principais Teóricos e suas contribuições para a gestão da qualidade – resumo / revisão*, 2018. <https://www.estrategiaconcursos.com.br/blog/principais-teoricos-e-suas-contribuicoes-para-a-gestao-da-qualidade-resumo-revisao/>, acessado em 23/08/2021.



## 6. APÊNDICE

Código do programa no software R.

-> Importando planilha de dados

```
taxa <- read.table("taxa-mort.txt", head=T, sep=", dec=".")
```

-> ESTATISTICAS DESCRITIVAS

-> Média

```
mean(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Mediana

```
median(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Variância

```
var(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Desvio-padrão

```
sd(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Quartis

```
summary(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Amplitude

```
range(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Coeficiente de variação

```
CV = 100*(sd(taxa$Taxa.mortalidade)/mean(taxa$Taxa.mortalidade))
```

-> Histograma

```
hist(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Teste de normalidade

```
qqnorm(taxa$Taxa.mortalidade)
```

```
qqline(taxa$Taxa.mortalidade)
```

Instalando pacote

```
install.packages("nortest")
```

```
library(nortest)
```

```
lillie.test(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Função de Autocorrelação(FAC E FACP)

Instalando pacote

```
install.packages("forecast")
```

```
require(forecast)
```

Gráfico da série

```
ts.plot(taxa$Taxa.mortalidade)
```

FAC

```
acf(taxa$Taxa.mortalidade, lag.max = 1000)
```

FACP

```
pacf(taxa$Taxa.mortalidade, lag.max = 1000)
```

-> Teste de independência

```
Box.test (taxa$Taxa.mortalidade, lag = 1, type = c ("Ljung-Box"), fitdf = 0)
```

-> Teste de estacionariedade

Instalando pacote

```
install.packages("tseries")
```

```
library(tseries)
```

```
adf.test(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Teste de Tendência

Instalando pacote

```
install.packages("trend")
```

```
library(trend)
```

```
cs.test(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Teste de sazonalidade

Instalando pacote

```
install.packages("Genecycle")
```

```
library(GeneCycle)
```

```
fisher.g.test(taxa$Taxa.mortalidade)
```

-> Instalando pacote

```
install.packages("qcc")
require("qcc")
```

-> CASO 1 - FASE 1 - GRAFICO DE X e AM - 48 OBSERVAÇÕES

```
taxa <- read.table("taxa-48obs.txt", head=T, sep=",", dec=".")
taxa
```

GRAFICO DE X

```
qcc(taxa$Taxa.mortalidade, type="xbar.one")
```

GRAFICO AM

```
novo.taxa2 = matrix(cbind(taxa$Taxa.mortalidade[1:length
(taxa$Taxa.mortalidade)-1],taxa$Taxa.mortalidade[2:length
(taxa$Taxa.mortalidade)]),ncol=2)
plot.amp.movel = qcc(novo.taxa2, type="R", plot = TRUE)
```

FASE 1 - GRAFICO DE X e AM - 47 OBSERVAÇÕES

```
taxa2 <- read.table("taxa-47obs.txt", head=T, sep=",", dec=".")
taxa2
```

GRAFICO DE X

```
qcc(taxa2$Taxa.mortalidade, type="xbar.one")
```

GRAFICO AM

```
novo.taxa3 = matrix(cbind(taxa2$Taxa.mortalidade[1:length
(taxa2$Taxa.mortalidade)-1],taxa2$Taxa.mortalidade[2:length
(taxa2$Taxa.mortalidade)]),ncol=2)
plot.amp.movel2 = qcc(novo.taxa3, type="R", plot = TRUE)
```

FASE 1 - GRAFICO DE X - 46 OBSERVAÇÕES

```
taxa3 <- read.table("taxa-46obs.txt", head=T, sep=",", dec=".")
taxa3
```

GRAFICO DE X

```
qcc(taxa3$Taxa.mortalidade, type="xbar.one")
```

GRAFICO AM

```
novo.taxa4 = matrix(cbind(taxa3$Taxa.mortalidade[1:length
(taxa3$Taxa.mortalidade)-1],taxa3$Taxa.mortalidade[2:length
(taxa3$Taxa.mortalidade)]),ncol=2)
```

```
plot.amp.movel3 = qcc(novo.taxa4, type="R", plot = TRUE)
```

## FASE 2 - GRAFICO DE X e AM - 46 OBSERVAÇÕES

### GRÁFICO DE X

```
taxa4 <- read.table("taxa-46obs-fase2.txt", head=T, sep=", dec=".")
```

```
taxa4
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:47])
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:48])
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:49])
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:50])
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:51])
```

```
qcc(taxa4$Taxa.mortalidade[1:46],type="xbar.one",newdata=taxa4$Taxa.mortalidade[47:52])
```

### GRÁFICO AM

```
taxa5 <- read.table("taxa-46obs-fase2.txt", head=T, sep=", dec=".")
```

```
taxa5
```

```
novo.taxaAM = matrix(cbind(taxa5$Taxa.mortalidade[1:length
```

```
(taxa5$Taxa.mortalidade)-1],taxa5$Taxa.mortalidade[2:length
```

```
(taxa5$Taxa.mortalidade)]), ncol=2)
```

```
plot.amp <- data.frame(novo.taxaAM)
```

```
attach(plot.amp)
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:46,])
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:47,])
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:48,])
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:49,])
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:50,])
```

```
plot.AM = qcc(plot.amp[1:45,], type="R", newdata=plot.amp[46:51,])
```

## -> CASO 2 - FASE 1 - GRAFICO DE EWMA - 46 OBSERVAÇÕES

```
taxa6 <- read.table("taxa-46obs.txt", head=T, sep=", dec=".")
```

```
taxa6
```

```
q <- ewma(taxa6$Taxa.mortalidade, lambda=0.10, nsigmas=2.701)
```

## FASE 2 - GRAFICO DE EWMA - 46 OBSERVAÇÕES

```
taxa8 <- read.table("taxa-46obs-fase2.txt", head=T, sep=", dec=".")
```

```
taxa8
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701,newdata=taxa8[47:47,], plot = TRUE)
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701, newdata=taxa8[47:48,], plot = TRUE)
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701, newdata=taxa8[47:49,], plot = TRUE)
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701, newdata=taxa8[47:50,], plot = TRUE)
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701, newdata=taxa8[47:51,], plot = TRUE)
```

```
q <- ewma(taxa8[1:46,], lambda=0.1, nsigmas=2.701, newdata=taxa8[47:52,], plot = TRUE)
```