

GRÁFICOS DE SHEWHART PARA MONITORAMENTO DE COVID-19 NA CIDADE DE RECIFE

Cristiano Ferraz

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Estatística, CASTLab
Av. Luiz Freire, s/n Cidade Universitária, Recife-PE
cferraz@castlab.org

Ademir J. Petenate

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Estatística
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 651, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - SP
ademir@unicamp.br

André Leite Wanderley

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Estatística, CASTLab
Av. Luiz Freire, s/n Cidade Universitária, Recife - PE
leite@castlab.org

Raydonal Ospina

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Estatística, CASTLab
Av. Luiz Freire, s/n Cidade Universitária, Recife - PE
raydonal@castlab.org

João Eudes M. Torres

Universidade Federal de Pernambuco, CASTLab
Av. Luiz Freire, s/n Cidade Universitária, Recife - PE
miqueiasjoaoeudes@gmail.com

Anna Peruzzi Moreira

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, CASTLab
Av. Aluizio da Silva Gomes, 50 - Novo Cavaleiros, Macaé - RJ
annperuzzi@hotmail.com

RESUMO

Gráficos de Shewhart são ferramentas estatísticas bem conhecidas e amplamente utilizadas para monitoramento de processos e serviços em diversas áreas, incluindo indústria e produção, saúde, governo e bem-estar social. Apesar de seu potencial de análise, tem sido pouco utilizados para monitorar epidemias. Este artigo revisita os principais conceitos por detrás do método, discute como eles podem ser adaptados para serem empregados em estudos epidemiológicos, e apresenta exemplos de Gráficos de Shewhart utilizados para monitoramento de dados de COVID-19 em Recife.

PALAVRAS CHAVE. SARS-CoV-2; Controle Estatístico de Processos.

ABSTRACT

Shewhart Charts are well known statistical tools aimed to monitor processes and services, widely used in a variety of areas including industry and production, health, government and social security. Despite its analytical power, they have been underutilized to monitor epidemics. This article reviews major concepts concerning the method, discusses how they can be adapted to epidemiological studies and presents Shewhart Charts examples in use for monitoring COVID-19 data in Recife, Brazil.

KEYWORDS. SARS-CoV-2; Statistical Process Control.

1. Introdução

A pandemia de COVID-19 no mundo tem motivado diversos tipos de análises de dados buscando respostas úteis ao gerenciamento da situação e tomadas de decisão governamentais. No Brasil, um time de pesquisadores ligados ao CASTLab (castlab.org) e parceiros tem focado no estudo de métodos de controle estatístico de processos para o monitoramento de indicadores relacionados a evolução da doença e espalhamento do SARS-CoV-2.

A alta capacidade de transmissão do SARS-CoV-2, aliada à sua baixa taxa de letalidade, faz com que haja um alastramento da doença em velocidade muito maior do que as observadas com os vírus anteriores SARS-CoV e MERS-CoV. Uma das consequências desse fato é o altíssimo número de infectados em um curto espaço de tempo, que pode levar a uma quantidade de óbitos sem precedentes, se nenhuma medida é tomada. Esse quadro, agravado pela falta de vacina e de tratamento com eficácia comprovada, coloca a adoção de medidas de distanciamento social como recurso fundamental para atenuação da velocidade de contaminação da população, ao mesmo tempo que ressalta a importância de haver um monitoramento diário da evolução de indicadores. Ao monitorar dados de COVID-19, é estratégico empregar métodos com capacidade para fornecer respostas a duas perguntas-chaves:

- i) Com respeito a epidemia em curso, o cenário tem melhorado, piorado ou permanecido o mesmo?
- ii) As medidas que estão sendo tomadas estão levando a uma melhora da situação?

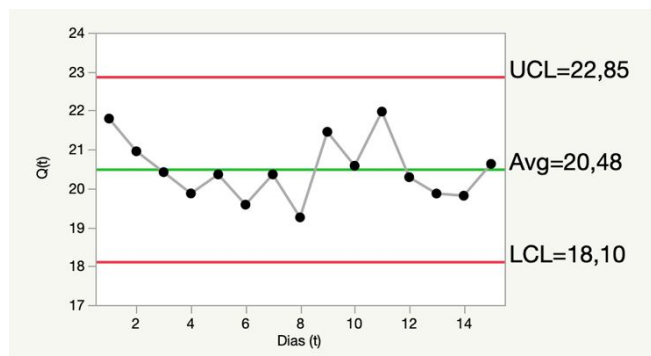
Este artigo tem como objetivos mostrar como Gráficos de Shewhart podem ser utilizados para fornecer respostas para as perguntas acima, e como o método tem sido empregado para monitorar a situação em Recife. Para tanto, além desta introdução, o artigo conta com mais três seções: a Seção 2 apresenta os princípios fundamentais por detrás do método, e como ele precisa ser adaptado para analisar indicadores de COVID-19. A Seção 3 apresenta exemplos de aplicação de monitoramento, considerando dados relativos a capital pernambucana, e a Seção 4 apresenta comentários finais.

2. Gráficos de Shewhart para COVID-19

Gráficos de monitoramento de Shewhart, também chamados de gráficos de controle, consistem essencialmente de um conjunto de pontos dispostos ao longo do tempo, acompanhados de duas linhas equidistantes de uma linha central, chamadas de limites de controle. A Figura 1 ressalta esses elementos básicos. Os pontos correspondem a valores observados de um indicador (estatística) $Q(t)$ ao longo do tempo t (dias). A linha central corresponde ao valor médio de $Q(t)$, e

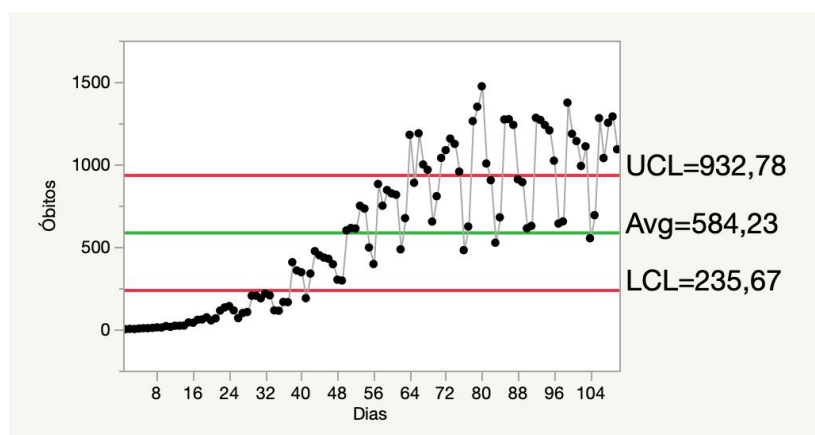
as linhas que definem os limites superior (UCL) e inferior (LCL) são determinadas adicionando-se e diminuindo-se respectivamente $k \times \sigma_Q$ ao valor correspondente a linha central, k representando uma constante, e σ_Q o desvio-padrão da estatística $Q(t)$.

Figura 1. Gráfico de Shewhart para $Q(t)$



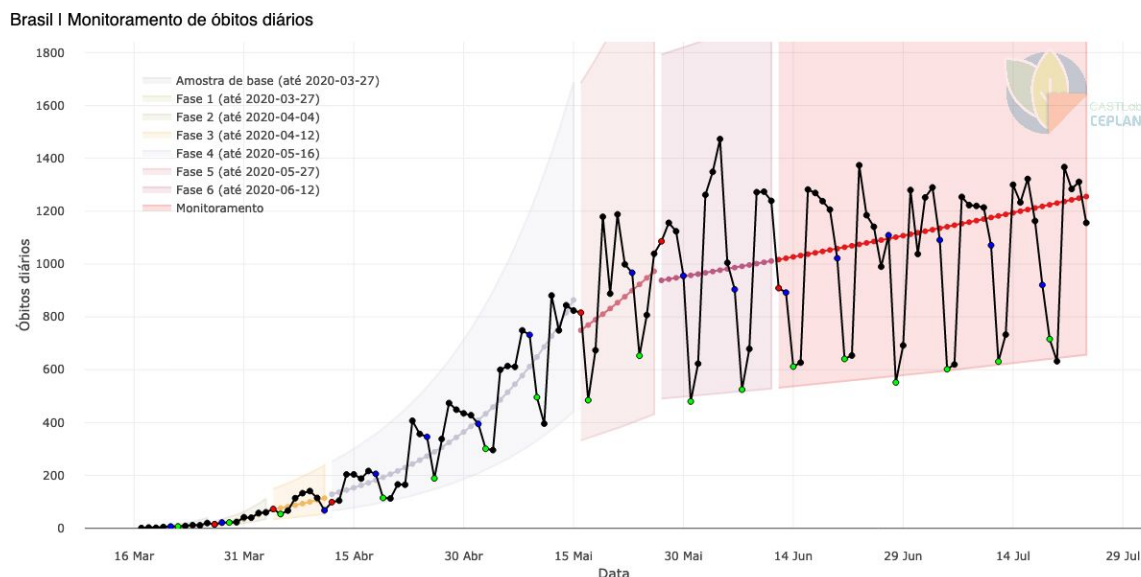
Adotar o procedimento padrão para dados relacionados a epidemias é inapropriado devido ao comportamento observado por diversos indicadores importantes. A Figura 2 ilustra o problema, usando dados de óbitos diários por COVID-19 no Brasil.

Figura 2. Gráfico de Shewhart sem adaptação, para óbitos diários por COVID-19 no Brasil



Lloyd P. Provost (API Associates in Process Improvement) adaptou o Gráfico de Shewhart para situações em que indicadores crescem exponencialmente. O gráfico adaptado, descrito em [Perla et al.2020], é um híbrido em que numa fase de pré-crescimento os limites de monitoramento são os usuais até a identificação de um ponto outlier, que representa o início do crescimento exponencial. Desse ponto em diante o método consiste em decompor as observações em partes sistemática e aleatória, estimando os limites de monitoramento apenas sobre a componente residual, e convertendo os valores para a escala original. [Ferraz et al. 2020] propõem utilizar o método adaptado, inclusive na fase de pré-crescimento, permitindo uma análise por fases identificadas pelo usuário. Sugerem ainda que, para efeito de monitoramento, seja adotada a regra do deslocamento como critério de seleção de fases. Utilizando essa regra para simular um monitoramento prospectivo no gráfico de evolução de óbitos diários no Brasil, fases são identificadas após a observação de sete pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central, resultando na Figura 3.

Figura 3. Gráfico de Shewhart para óbitos diários no Brasil



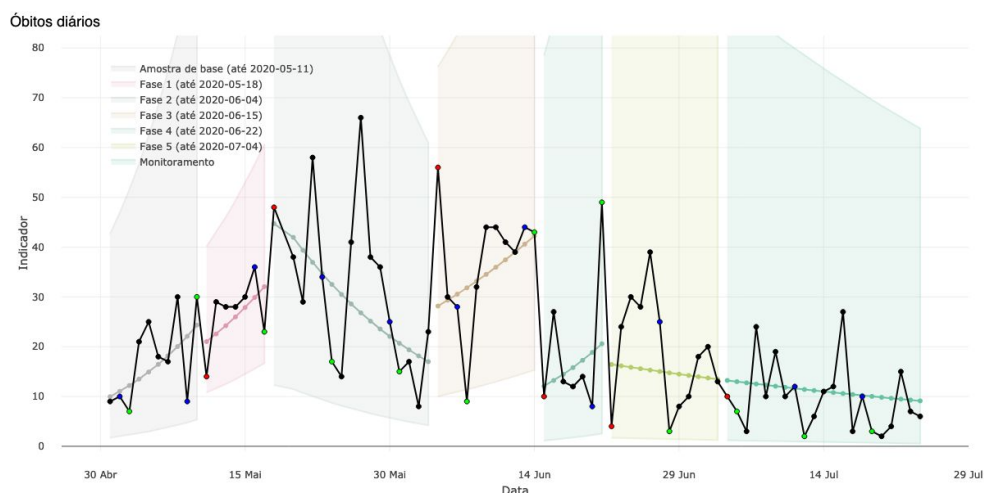
Observando a linha central na Figura 3, percebe-se que a situação atual, no que diz respeito a óbitos por COVID-19 no Brasil, é de uma tendência de crescimento que permanece inalterada desde o final de maio. É possível também perceber o crescimento exponencial de mortes até 15 de maio. A observação da flutuação dos pontos em torno da linha central são reflexos de variação de causa comum.

3. Monitoramento de dados epidemiológicos

Monitorar processos epidemiológicos significa desenvolver um sistema de tomada de decisões a partir de um fluxo de informações dosadas ao longo do tempo. No caso da epidemia de COVID-19, a cada dia são registrados valores de indicadores, que são avaliados com base nos limites de controle de um Gráfico de Shewhart. A adoção de regras tradicionais de Controle Estatístico de Processos, como a do deslocamento, auxilia nessa avaliação, com o intuito de detectar momentos com grande potencial de representar pontos de mudanças no processo epidemiológico. É possível, no entanto, que após acumular informações suficientes, haja uma reavaliação desses momentos, levando em consideração uma percepção global do processo, que antes não era possível. Recife tem adotado Gráficos de Shewhart para monitorar diversos indicadores, utilizando a regra do deslocamento como critério de avaliação, acompanhada de uma análise de sensibilidade feita por especialistas quando há informação acumulada ao longo do tempo.

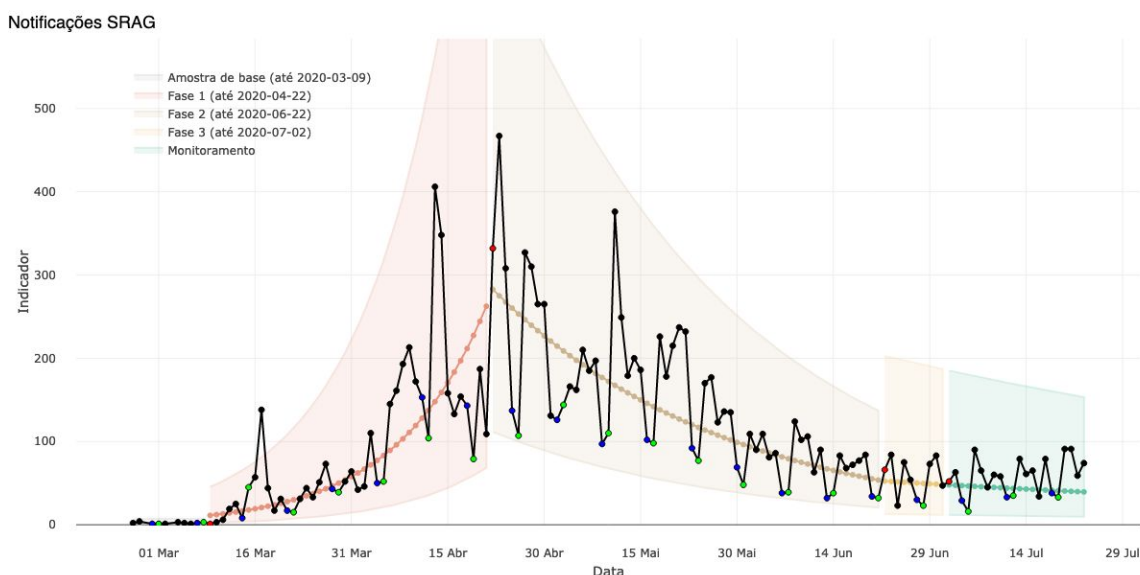
A Figura 4 mostra uma análise dos óbitos diários por COVID-19 em Recife, simulando o monitoramento prospectivo dos dados, apenas com a regra de deslocamento sendo usada para detecção de fases.

Figura 4. Gráfico de Shewhart para óbitos diários em Recife



Percebe-se, pela Figura 4, uma tendência decrescente de óbitos, em curso desde aproximadamente 22 de junho. É possível também observar uma tendência decrescente na Fase 2, cujo período pode ser associado às medidas de *lockdown* implementadas na capital e região metropolitana, considerando ser razoável assumir que seus efeitos seriam observados apenas após alguns dias de implementação na prática. Leituras realizadas sobre o mesmo gráfico, baseadas apenas na sensibilidade analítica de especialistas da equipe do CASTLab, são consistentes com a conclusão da Figura 4, de que a situação atual de Recife é de queda nos óbitos por COVID-19. Análises de outros indicadores, utilizando Gráficos de Shewhart adaptados, corroboram o bom momento pelo que passa a cidade, a época em que esse artigo é finalizado. Um deles é o número de notificações de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG). A Figura 5 apresenta uma análise retrospectiva desse indicador, com base apenas na sensibilidade de especialistas da equipe do CASTLab.

Figura 5. Gráfico de Shewhart de notificações diárias em SRAG em Recife



4. Considerações finais

Os exemplos mostrados a partir da experiência de Recife, ilustram o potencial de uso de Gráficos de Shewhart como ferramenta de grande importância para o monitoramento de dados de COVID-19. Ressalta-se, no entanto, que o enfrentamento da pandemia requer não apenas a adoção de métodos e técnicas de grande potencial para orientação de gestores, mas também o aprimoramento do processo de registros de dados e sistemas de medições.

Referências

Perla, R., Provost, S.M., Parry, G.J., Little, K., Provost, L.P. (2020). Understanding Variation in COVID-19 Reported Deaths with a novel Shewhart Chart application. *International Journal for Quality in Health Care*.

Ferraz, C., Petenate, A.J., Wanderley, A.L., Ospina, R., Torres, J. e Peruzzi-Moreira, A. (2020) COVID-19: Monitoramento por Gráficos de Shewhart. *Artigo aceito na Revista Brasileira de Estatística*.